UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DES SCIENCES

Département d'Ecologie et
Conservation de la Nature

EPIPHYTES VASCULAIRES ET PHOROPHYTES DE L'ECOSYSTEME URBAIN DE KISANGANI

Par

BOLA Mbele - Lokanda

DISSERTATION
Présentée en vue de l'obtention du Diplôme
d'Etudes Supérieures en Sciences (D.E.S.)
Option : BIOLOGIE
Orientation : Phytoécologie
Directeur : Prof. Dr. NYAKABWA
MUTABANA

ANNEE ACADEMIQUE 2001 - 2002

TABLE DES MATIERES

Dédicace
Remerciements
Epigraphe
Résumé
Summary
Liste des tableaux et des figures

1. INTRODUCTION GENERALE 1
1.1. Justification de l'étude 1
1.2. Problématique et objet de l'étude 2
1.3. Objectifs du travail 4
1.4. Intérêt de l'étude 5
1.5. Structure du travail 7

2. FONDEMENTS CONCEPTUELS ET FACTUELS DE L'ETUDE 8
2.1. Introduction 8
2.2. Les concepts de base 8
2.3. Généralités sur les épiphytes vasculaires 13
2.4. La littérature sur les épiphytes vasculaires 20
2.5. Hypothèses de la recherche 25

3. LES TRAITS CARACTERISTIQUES DU MILIEU D'ETUDE 28
3.1. Introduction 28
3.2. Localisation et géologie 28
3.3. Géomorphologie et sols de Kisangani 31
3.4. Hydrographie 32
3.5. Le climat 33
3.6. La végétation et la flore 36
3.7. La population humaine 38
3.8. La faune 40
3.9. Caractéristiques du milieu et épiphytes vasculaires 41

4. MATERIEL ET METHODES D'ETUDE 43
4.1. Introduction 43
4.2. Matériel 43
4.3. Méthodes d'étude 44

5. LES EFFECTIFS PHOROPHYTIQUES 57
5.1. Introduction 57
5.2. Les effectifs globaux des arbres ramifiés 57
5.3. Les effectifs des arbres ramifiés par espèce 62
5.4. Effectifs des arbres monocaules 66
5.5. Comparaison des arbres ramifiés et des monocaules 71
5.6. Discussion 72
5.7. Conclusion 74

6. CARACTERISTIQUES DES PHOROPHYTES 75
6.1. Introduction 75
6.2. Caractéristiques à modalités discriminantes 75
6.3. Caractérisstiques propres aux phorophytes 98
6.4. Comparaison des arbres ramifiés des avenues et ceux des parcelles 102
6.5. Caractéristiques des monocaules 104
6.6. Discussion 114
6.7. Conclusion 124

7. LA FLORE EPIPHYTIQUE RECENSEE 126
7.1. Introduction 126
7.2. Les espèces recensées 126
7.3. Analyse taxonomique 127
7.4. Caractéristiques bioécologiques 130
7.5. Flore épiphytique et types de phorophytes 133
7.6. Fréquence des espèces épiphytes vasculaires 135
7.7. Typologie des épiphytes vasculaires 141
7.8. Discussion 141
7.9. Conclusion 148

8. CARACTERISTIQUES DES EPIPHYTES VASCULAIRES ETUDIES 149
8.1. Introduction 149
8.2. L'ancrage 149
8.3. L'effort reproducteur 153
8.4. L'hydratation 156
8.5. Les adaptations morphologiques patentes 159
8.6. Le regroupement des espèces 161
8.7. Discussion 162
8.8. Conclusion 168

9. DISCUSSION GENERALE 169
9.1. Introduction 169
9.2. Les reseignements issus des hypothèses 169
9.3. Les paramètres analysés : pertinence et liaison 175
9.4. Comparaison des phorophytes et des non porteurs 178
9.5. Comparaison des espèces épiphytiques des milieux ouverts et forestiers 182
9.6. Essai de modélisation de l'épiphytisme en milieu ouvert 185
9.7. La succession 187
9.8. Le travail fait et les grandes théories sur l'épiphytisme 188
9.9. Conclusion 190

10. CONCLUSIONS GENERALES 192

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 196

ANNEXES

DEDICACE

Au Seigneur Jésus-Christ.

Avec l'encre de Ton sang si précieux, je me suis permis d'écrire, en dépit de mes insuffisances notoires, ce texte pour Ta gloire. Les imperfections qu'il comporte sont dues à mes limitations et à mes faiblesses. Cependant tout au long de sa réalisation Ta muse inspiratrice m'a guidé. Sois loué à jamais.

A M.G. NGONZI « Kali mamu » pour toutes ces années partagées ensemble.

A mes enfants Patrick, Hugues, Alice, Jonathan et David.

A mon père Patrice BOLA YENG'OLONKENDU qui a su nous communiquer, mes frères et moi, sa grande passion du savoir traduite par sa boulimie des livres.

A ma mère Léonie BONGONGO MOUBA pour son amour indéfectible et sa grande foi dans le Christ.

A mes petits frères et cousins en particulier BOLA YOKA et Pipina NSALE avec qui je vis à Kisangani.

Ceci est ma part d'affection et de gratitude.

A tous ceux qui, comme des bougies, se consument pour éclairer les autres. Sachez que votre lumière, si modeste soit-elle est importante : sans elle de nombreux autres humains seraient dans l'obscurité la plus totale.

Ce travail constitue ma marque de reconnaissance aux uns (Maîtres, aînés) et un probable stimulus pour les autres (cadets, disciples).

REMERCIEMENTS

La réalisation d'un travail de cette ampleur étant par essence une oeuvre collective, plusieurs personnes ont contribué à la réussite de celui-ci.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer ici notre profonde gratitude au Professeur NYAKABWA MUTABANA qui, en dépit de ses lourdes charges et responsabilités académiques, en a assuré la direction. Nos remerciements les plus sincères s'adressent aux Professeurs qui nous ont dispensé les cours de D.E.S.

Plusieurs spécialistes des épiphytes vasculaires, en particulier le Professeur David H. BENZING, ont mis à notre disposition une très abondante documentation. Nous tenons à les remercier.

Que nos collègues et amis de très longue date Gaston KIMBUANI, KATUALA GATATE B., Dido MUNGWANGONDI, ELASI RAMAZANI, Jean-Louis JUAKALY et jean KAKUNI MBUYI trouvent ici notre marque de reconnaissance.

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans le concours des botanistes Ernest BIZIMUNGU, Didier BULEDI, Odilon KATAOMBA, MASUMBUKO NDABAGAqui ont participé à la récolte des données de terrain. Qu'ils soient remerciés pour leur aide combien estimable.

Que les ingénieurs MBIFO, Matthieu BAFENO, FANDE, KABONGO et MABIALA qui ont fait la tâche ingrate de dépouiller les nombreuses fiches de terrain soient remerciés du tréfonds du coeur.

Nous disons merci au C.T. Dido MUNGWANGONDI et au Professeur TSHIMPANGA qui ont analysé chacun une partie de nos données.

Nous remercions aussi Claude BULAYA, Mademoiselle Micheline PANGA, Jean Roger AKEYE, Eric NDJELE, Célestin DANADU et Marc MUHAWA qui ont saisi et traité ce texte.

De nombreux amis nous ont apporté leur secours financier et matériel. Il s'agit de l'Ir John TOKOLE, Ir Pierre BOLONGUE, Ir Alain NTIAKULU, Patrick de l'OFIDA, SAGASA de la B.A.T., MORISHO RASHIDI de l'I.R.C., MUSEMA de la SNEL et Ir. Roger LUNDANDILA. Je vous dis merci « ex abundatia cordis ».

Nos pensées les plus nobles vont vers le Capitaine Célestin MATENDO qui nous a accompagné spirituellement tout au long de ce travail.

Enfin que tous ceux qui de loin ou de près, d'une manière ou d'une autre, nous ont soutenu, nous avons la joie de vous exprimer notre reconnaissance.

« In a work of this kind it is inevitable that many statements will prove to be wrong, and in some places the facts may prove to have been misinterpreted » (RICHARDS 1957). Nous faisons nôtre cette assertion de RICHARDS (1957).

Par conséquent, nous sollicitons l'indulgence dans tous ces cas.

BOLA MBELE LOKANDA

EPIGRAPHES

« Quand on dit que les troncs d'arbres au Congo ne présentent que peu ou pas d'épiphytes, c'est une erreur grave, que seuls les naturalistes qui ne se sont pas occupés spécialement de cette question peuvent commettre » (VAN OYE 1924 : 486).

« Attempts to analyse the structure and function of tropical forest ecosystems cannot be wholly successful until epiphytes are given due consideration » (BENZING 1983 : 11).

« Le travail que vous faites est très intéressant et utile. Le sujet est traité depuis longtemps ; il convient de le rajeunir par des points de vue nouveaux » (SCHNELL 1989, lettre à l'auteur datée du 5 mai). Et c'est ce que j'ai grandement tenté de faire.

RESUME

Les épiphytes vasculaires, végétaux supérieurs poussant sur d'autres plantes essentiellement les arbres, bénéficiant cependant d'une autonomie nutritionnelle (ce qui les différencie des parasites), sont caractéristiques des forêts équatoriales. Dans ces dernières, leur distribution non aléatoire semble étroitement liée à la disponibilité de la lumière. L'épiphytisme apparaît dans le contexte forestier comme la réponse adaptative des végétaux non sciaphiles de petite taille au déficit photique très prononcé dans le sous-bois.

Partant de ces faits, le travail réalisé se propose d'examiner le pattern de colonisation de ces plantes dans l'écosystème urbain de Kisangani où la lumière ne constitue plus un facteur limitant. A cet effet, nous avons procédé à un inventaire exhaustif des effectifs et à l'analyse des caractéristiques des arbres de parcelles et d'avenues des 6 communes de la ville de Kisangani.
A partir de la comparaison des traits des porteurs et de ceux des non porteurs se dégage le profile des arbres supports. Une étude concomitante de la flore portée par ces arbres a été menée.

Les résultats obtenus montrent qu'en dépit de la disponibilité photique suffisante, la distribution des épiphytes vasculaires ne s'effectue pas au hasard à Kisangani.
Certaines espèces d'arbres sont statistiquement plus colonisées qu'attendu. Ces arbres porteurs d'épiphytes vasculaires ou les phorophytes représentent en moyenne 38,39 % et 64,19 % respectivement pour les arbres ramifiés et les arbres monocaules (palmiers).
D'autre part, les arbres d'avenues ont plus de phorophytes que ceux des parcelles pour les arbres ramifiés. C'est la situation inverse qui s'observe pour les arbres monocaules. La répartition horizontale fait apparaître une distribution non homogène pour les arbres ramifiés, la commune Makiso ayant la moitié des effectifs phorophytiques.

Mangifera indica et *Elaeis guineensis* sont les supports à colonisation multiple prédominants pour les arbres ramifiés et les arbres monocaules.
Les données recueillies permettent d'inférer que la lumière, pour être essentielle dans la vie de ces végétaux, n'en constitue pas pour autant le facteur majeur.
D'autres paramètres interviennent grandement pour expliquer la répartition non aléatoire des épiphytes vasculaires. Les facteurs suivants agiraient sur la colonisation des arbres par ces végétaux : la circonférence et partant l'âge de l'hôte, le nombre de ramifications, le type de lieux de fixation, le rapport circonférence-hauteur de fût ainsi que l'architecture en boule de la cime consécutive à la dichotomisation raméale progressive, le rhytidome.
Les phorophytes se caractérisent par des grandes circonférences, un rhytidome rugueux, des branches formant des angles aigus mais supérieurs à 50°, un nombre plus élevé de principales ramifications et la nette prédominance des fourches comme lieux de fixation des épiphytes vasculaires.

La flore épiphytique de Kisangani est paucispécifique dominée par les Ptéridophytes. Deux espèces se démarquent par leur fréquence des autres : *Microgramma lycopodioides* (55,28 %) pour les arbres ramifiés et *Nephrolepis biserrata* (71,27 %) pour les arbres monocaules.
Les épiphytes vasculaires montrent enfin diverses adaptations morpho-physiologiques et un indice pondéro-hydrique élevé.

Mots-clés : Epiphytes vasculaires, phorophytes, Kisangani, arbres ramifiés, arbres monocaules, pattern de colonisation.

SUMMARY

VASCULAR EPIPHYTES AND PHOROPHYTES OF KISANGANI URBAN ECOSYSTEM

Superior vegetals, growing on other plants, essentially trees, benefiting however, of a nutvitional autonomy (which makes them different from parasits) the vascular epiphytes are characteristics of the equatorial forests. In the latter their non aleatory distribution seems closely related to the disponibility of the light. The epiphytism appears in a forestry context as the adaptive answer of the non sciaphiles plants of small size to a very large photic difficit in the underground.

Parting from these facts, the work achieved intends examining the colonisation pattern of those plants in the urban ecosystem of Kisangani where the light no longer constitutes a limitant factor. In this, we have made an exhaustive inventory of the numbers and the analysis of the characteristics of trees from compounds and streets of all the six twonships of Kisangani. From the comparison of the phorophytes features and those of the non porters results the profile of the tree-supports. A concomitant study on the flora beared by those trees has been led.

The results obtained show thad dispite the sufficient photic disponibility, the distribution of vascular epiphytes is not made at random in Kisangani. Some species of trees are statisticaly more colonized than expected. Those trees porters of vascular epiphytes or phorophytes represent in the average 38.39 % and 64.19 % respectively for ramified and the monocaules trees (palm(trees).

On the otherside, trees of streets have more phorophytes than those from compounds for braanched trees. For unbranched trees, the situation is reversed. The horizontal sharing out shows a non homogeneous distribution for the ramified trees. Makiso township having the average of the phorophytic numbers.

Mangifera indica and *Elaeis guineensis* are the supports in predominant multiple colonization for ramified trees and the unbranched trees. The data collected allow infering that the light being essential in those vegetals life does not constitute a major factor for it. Other parameters greatly interfere to explain the non aleatory sharing out of the vascular epiphytes. The following factors act on the colonization of trees by those plants : the circumference and parting from the age of the host, the number of ramifications, the type of the fixing places, the relation circumference-height of the trunk and the architecture in ball from the top to the progressive rameale dichotomization, the rhytidome, the phoropytes are characterised by the greate circumferences, a rugh rhytidome, branches forming sharp angles but exceding 50°, a highier number of he main ramification and the clear predominance of forks as the fixing places of the vascular epiphytes.

The epiphytic flora of Kisangani is paucispecific dominated by the Pteridophytes. Two species differentiate themselves from others by thir frequency : *Microgramma lycopodioides* (55.28 %) for the branched trees and *Nephrolepis biserrata* (71.27 %) for the unbranched trees. The vascular epiphytes finally show various morpho-physiologic adaptations and a high pondero-hydric sign (indication).

Key words : Vascular epiphytes, phorophytes, Kisangani, branched trees, unbranched trees, colonization patten.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

1. Tableaux **Page**

Tableau 5.1 : Effectifs des arbres ramifiés de l'échantillon 1 par commune 59
Tableau 5.2: Effectifs des arbres ramifiés de l'échantillon 2 par commune 60
Tableau 5.3 : Nombre moyen d'arbres ramifiés par parcelle pour les deux échantillons 61
Tableau 5.4: Taux d'effectifs des principaux arbres des parcelles 64
Tableau 5.5: Données sur les effectifs des arbres ramifiés des avenues 65
Tableau 5.6: Effectifs globaux des arbres monocaules 67
Tableau 5.7: Répartition par espèce des monocaules 69
Tableau 5.8: Comparaison des effectifs des arbres ramifiés et des monocaules 71
Tableau 6.1: Circonférences moyennes et écarts-types des arbres ramifiés de Kisangani 76
Tableau 6.2: Répartition des arbres ramifiés en classes de circonférence (en cm) 78
Tableau 6.3: Le groupement des % des classes de circonférence en deux principales classes 79
Tableau 6.4: Répartition des classes de circonférence pour *Mangifera indica* 80
Tableau 6.5: Pourcentages des classes regroupés de l'espèce *Mangifera indica* 81
Tableau 6.6: La répartition des arbres ramifiés de Kisangani en classes de hauteur totale (m) 88
Tableau 6.7: La hauteur moyenne de ramification (cm) des arbres ramifiés de Kisangani 89
Tableau 6.8: Le nombre de ramifications des arbres ramifiés de Kisangani 91
Tableau 6.9: Variation du nombre de fourches en % 92
Tableau 6.10:Les moyennes des angles des arbres ramifiés (en degrés) 92
Tableau 6.11:Valeurs moyennes du rapport circonférence-hauteur du fût des arbres ramifiés à Kisangani 95
Tableau 6.12:Données sur la position relative des arbres ramifiés de Kisangani en fonction de l'éclairement 96
Tableau 6.13:La stratification verticale des épiphytes vasculaires sur les arbres ramifiés de Kisangani 99
Tableau 6.14:Données sur les lieux de fixation des épiphytes vasculaires 100
Tableau 6.15:Nombre d'espèces épiphytes vasculaires par pied des principaux Phorophytes 101
Tableau 6.16:Comparaison des arbres ramifiés d'avenues et des parcelles en fonction de leurs caractéristiques 102
Tableau 6.17:Comparaison des effectifs des arbres ramifiés d'avenues et des parcelles 103
Tableau 6.18:Répartition des monocaules des parcelles en fonction des stades (1 à 4) 105
Tableau 6.19:Circonférences moyennes des arbres monocaules 106
Tableau 6.20:Classes de circonférence des monocaules des parcelles (1=30-60 cm, 2=61-90 cm, 3=91-120 cm, 4=>120 cm) 110
Tableau 6.21:Répartition par strates des monocaules des parcelles 111
Tableau 6.22:Nombre moyen d'espèces épiphytes par pied pour les arbres monocaules 112
Tableau 6.23:Les autres caractéristiques des monocaules des avenues (Commune Makiso) 114
Tableau 6.24:Comparaison des données de la stratification 119
Tableau 7.1. :Répartition taxonomique condensée de la flore épiphytique de Kisangani 128
Tableau 7.2. :Analyse taxonomique de la flore épiphytique par commune 129
Tableau 7.3: Caractéristiques écologiques de la flore épiphytique de Kisangani 131
Tableau 7.4: Fréquence des épiphytes vasculaires dans les 6 communes de Kisangani pour les arbres ramifiés 137
Tableau 7.5: Les types épiphytiques distingués 140
Tableau 7.6: Fréquence par commune des épiphytes vasculaires sur les arbres monocaules 141
Tableau 7.7. Comparaison des effectifs de la flore épiphytique 145
Tableau 8.1: Les pourcentages de différents types d'ancrage 152
Tableau 8.2 : Pourcentages moyens de l'effort reproducteur et de la partie fixatrice des épiphytes vasculaires étudiés 155
Tableau 8.3: Hydratation et I.P.H. des espèces épiphytes étudiés 158
Tableau 8.4: Pourcentages de l'abondance-dominance (AD) des arbres ramifiés 161
Tableau 8.5: Données des autres auteurs pour la détermination de l'I.P.H. 165
Tableau 9.1 : Matrice des intercorrélations entre les paramètres de l'épiphytisme analysés (N = 4775) 177
Tableau 9.2 : Résumé du test t de student pour les paramètres analysés. 178
Tableau 9.3 : Paramètres de comparaison des 9 phorophytes les plus fréquents 179

Tableau 9.4 : Différences entre les arbres monocaules et les arbres ramifiés 181
Tableau 9.5 : Les caractéristiques de 9 espèces épiphytes sciaphiles recensées dans la forêt de l'Ituri 182
Tableau 9.6 : Synthèse des caractéristiques de quelques épiphytes vasculaires typiques du milieu étudié 184

2. Figures

Fig.1.1: Schéma de la problématique du travail 3
Fig.3.1: Plan de la ville de Kisangani 29
Fig.3.2: Courbe ombrothérmique de Kisangani de 1970 à 1996 34
Fig.3.3: Evolution de la population de différentes communes de Kisangani 39
Fig. 4.1: Schéma montrant les différentes strates (= régions) distinguées pour les arbres ramifiés et monocaules 48
Fig. 6.1: Evolution des porteurs et des non porteurs des arbres ramifiés en fonction des classes de circonférence. 77
Fig. 6.2: Répartition en classes de circonférence des autres espèces 82-86
Fig. 6.3 : Répartition des angles en classes 94
Fig. 6.4: Pourcentage de types de rhytidome pour les porteurs et les non porteurs 97
Fig. 7.1: Composition floristique en relation avec les espèces des arbres monocaules 134
Fig. 9.1: Evolution des phorophytes chez les arbres ramifiés et les monocaules 180
Fig. 9.2: Groupes d'arbres portant des épiphytes vasculaires 181
Fig. 9.3: Modèle de l'épiphytisme en milieu urbain de Kisangani 186
Fig. 9.4: Schéma synthétisant la succession des épiphytes vasculaires à Kisangan 188
Fig. 9.5: Le travail réalisé par rapport aux théories classiques sur l'épiphytisme. 190

1. INTRODUCTION GENERALE

De par leur écologie et les remarquables adaptations morpho-physiologiques qu'ils manifestent, les épiphytes vasculaires ont toujours fasciné de nombreux botanistes depuis la publication des travaux précurseurs de SCHIMPER en 1888 (CURTIS 1952 : 551 ; BENZING 1986 : 23). Mais la compréhension précise de la valeur adaptative de ces végétaux particuliers n'est pourtant pas encore complètement établie.

L'examen de l'abondante littérature consacrée à ces plantes permet de rechercher la nature et les causes de ces lacunes.

Ce chapitre introductif vise à motiver la présente étude, à situer les problèmes qui y sont examinés et à montrer leur pertinence ainsi que l'intérêt à les aborder. Il détermine en outre les objectifs poursuivis et la structuration du travail adoptée.

1.1. Justification de l'étude

Si l'épiphytisme est connu depuis plus d'un siècle, les mécanismes qui régulent ce phénomène font encore l'objet de recherches et de spéculations. Car, note pertinemment bien à ce propos TIXIER (1966 : 34) : « L'épiphytisme est souvent considéré, à tort, comme facilement explicable. La bibliographie ne nous apporte que des renseignements fragmentaires. Malheureusement, à partir de ces prémices fragiles, on a bâti trop de théories, à la fois imprécises et rigides ».

Il en découle que la nécessité de tenter de dégager les lois générales régissant la distribution et le mode de vie de ces végétaux singuliers se ressent encore à ce jour. Comment en effet les plantes épiphytes vasculaires parviennent-elles à se maintenir et à se perpétuer dans les biotopes aussi extrêmes (habitats spéciaux au sens de GUILLAUMET 1967 : 56) que constituent les branches et les troncs des arbres ? La réponse à cette question cardinale n'est pas encore claire, mais les lois qui structurent les conditions de vie de ces plantes commencent à peine à être maîtrisées. Les timides tentatives réalisées, souvent sans idée directrice, n'ont donné lieu qu'à un amas de résultats épars. Ainsi 144 ans d'études sur les épiphytes vasculaires ne sont pas parvenus à dissiper de nombreuses zones d'ombre qui subsistent toujours.

La solution à cette interrogation fondamentale évoquée ci-dessus s'est heurtée pendant longtemps à deux écueils majeurs :

* l'inaccessibilité des épiphytes vasculaires ne permettant pas leur étude minutieuse ; et surtout,

* une conception excessivement limitée privilégiant l'étude des épiphytes vasculaires uniquement dans des formations forestières. Ce deuxième obstacle a durant toutes ces années renforcé le premier, conduisant pratiquement à une véritable circularité. JOHANSSON (1974 : 69) appuie ce point de vue en notant que le peu de connaissances sur l'écologie des épiphytes vasculaires des forêts est en grande partie imputable aux difficultés de les étudier.

Parallèlement à certains efforts de quantification ou de synthèses générales (BENZING 1990 par exemple), apports précieux indéniables, il semble également important de promouvoir un autre type de travaux. Il faudra entreprendre des recherches pouvant rendre possibles des comparaisons sur des bases plus larges et objectives des épiphytes vasculaires des milieux ouverts et ceux des biotopes forestiers. Ce qui permettra de mieux comprendre l'écologie complète de ces végétaux. D'où la pertinence des recherches portant sur les épiphytes vasculaires des milieux ouverts paraît-elle fondée.

1.2. Problématique et objet de l'étude

Les données disponibles à ce jour sur les épiphytes vasculaires proviennent essentiellement des recherches effectuées dans les forêts équatoriales. Le principal facteur écologique qui régit dans cet écosystème la distribution de ces végétaux est l'accessibilité sélective à la lumière (MOMMAERTS-BILLIET 1968 : 22). Cela laisse donc penser que cette forme végétale serait la réponse congrue des plantes de petite taille mais à forte demande photique dans le milieu sylvatique.

Mais dans les biotopes perturbés (les forêts de substitution, les jachères et particulièrement les agglomérations urbaines), ce facteur limitant étant absent, on s'attend à observer un autre mode de développement écologique des épiphytes vasculaires. On peut raisonnablement penser que la composition de la flore épiphytique d'une ville équatoriale comme Kisangani, son pattern de colonisation des arbres ainsi que ses conditions écologiques seront nettement différents de ceux des épiphytes vasculaires forestiers.

La figure 1.1 schématise de façon succincte la problématique de cette étude.

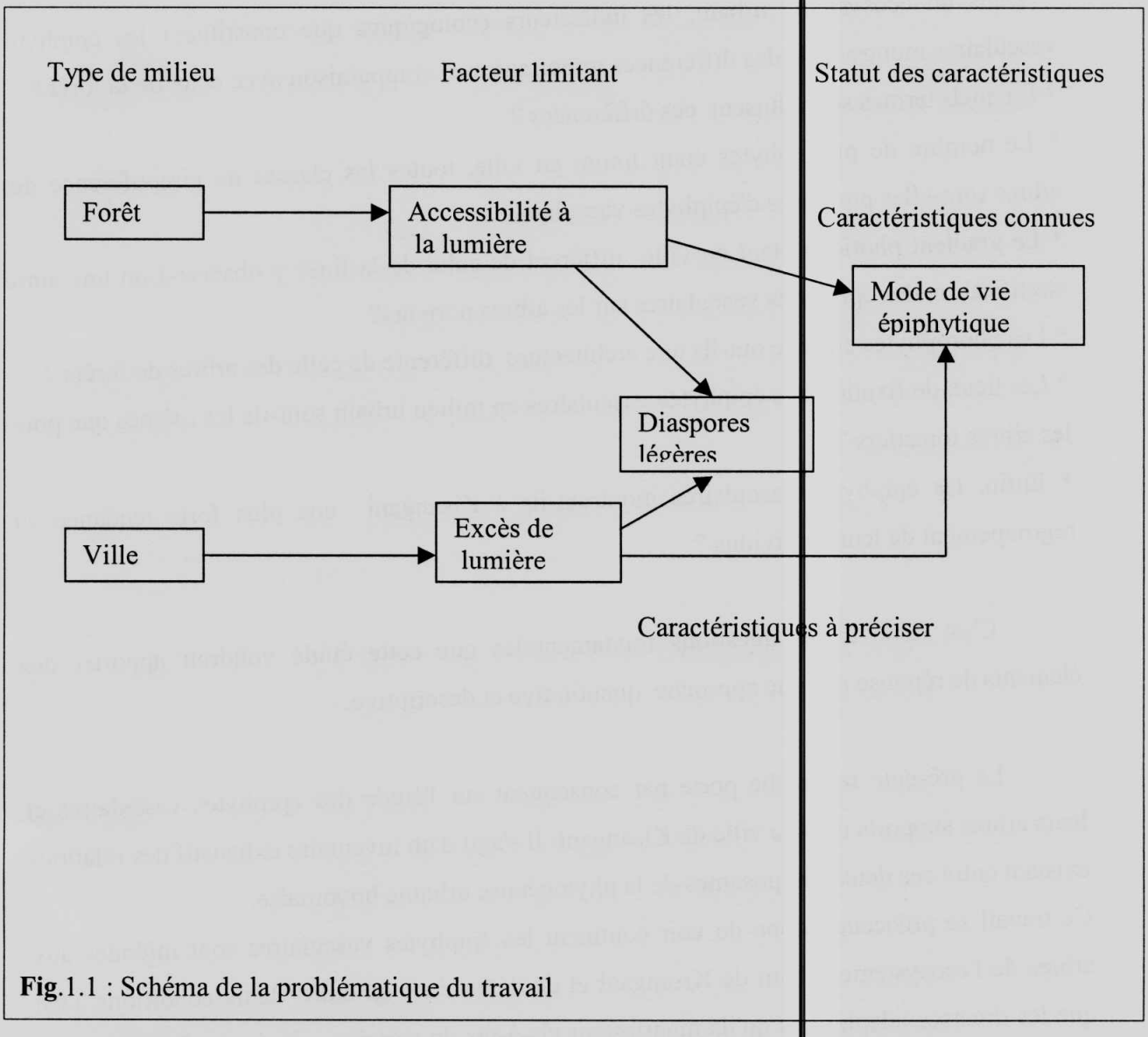


Fig.1.1 : Schéma de la problématique du travail

A l'avenant, un certain de nombre de questions se posent :

* Dans un écosystème urbain, les indicateurs écologiques que constituent les épiphytes vasculaires montrent-ils des différences importantes en comparaison avec ceux de la forêt ?
* En quels termes se traduisent ces différences ?
* Le nombre de phorophytes étant limité en ville, toutes les classes de circonférence des arbres sont-elles porteuses d'épiphytes vasculaires ?
* Le gradient photique étant en ville différent de celui de la forêt y observe-t-on une autre stratification des épiphytes vasculaires sur les arbres porteurs?
* Les phorophytes en ville ont-ils une architecture différente de celle des arbres de forêts ?
* Les lieux de fixation des épiphytes vasculaires en milieu urbain sont-ils les mêmes que pour les arbres forestiers ?
* Enfin, les épiphytes vasculaires montrent-ils à Kisangani une plus forte tendance au regroupement de leurs individus ?

C'est donc à ces questions fondamentales que cette étude voudrait apporter des éléments de réponse par une approche quantitative et descriptive.

La présente recherche porte par conséquent sur l'étude des épiphytes vasculaires et leurs arbres supports dans la ville de Kisangani. Il s'agit d'un inventaire exhaustif des relations existant entre ces deux composantes de la phytocénose urbaine boyomaise.
Ce travail se préoccupe donc de voir comment les épiphytes vasculaires sont inféodés aux arbres de l'écosystème urbain de Kisangani et de déterminer en outre leurs conditions ainsi que les diverses adaptations qu'ils manifestent vis-à-vis de certains principaux facteurs de ce milieu.

1.3. Objectifs du travail

Le rapport de recherche exposé ici se fixe comme objectifs de :

1. Faire un inventaire des épiphytes vasculaires et de leurs arbres porteurs dans la ville de Kisangani. Il en ressortira la liste de ces deux groupes de végétaux.

2. Caractériser les épiphytes vasculaires recensés du point de vue du mode de fixation, des diverses structures adaptatives développées, de l'effort reproducteur, du taux d'hydratation par organe en vue de la mise en évidence de ceux qui jouent un rôle important dans l'ancrage, le stockage de l'eau, la biomasse et la rétention des sols suspendus.

3. Déterminer les principales caractéristiques structurales des arbres supports (type d'écorce, architecture, etc) favorisant l'épiphytisme.

4. Elucider, indirectement à partir de la connaissance des exigences des plantes recensées et de leurs conditions écologiques en milieu ouvert, les facteurs qui sont à la base de la distribution tant horizontale que verticale des épiphytes vasculaires dans l'écosystème urbain de Kisangani.

1.4. Intérêt de l'étude

En dépit de son intérêt évident, la question des épiphytes vasculaires n'a pas encore fait l'objet d'un travail d'ensemble à Kisangani.

Ainsi les données disponibles à ce sujet sont-elles fragmentaires et dispersées dans quelques rares travaux traitant des épiphytes vasculaires d'une seule espèce phorophytique (BEBWA 1981 ; BEBWA et MANDANGO 1984 sur *Elaeis guineensis*) ou dans des plus vastes recherches consacrées à l'étude taxonomique des *Ficus* (MBALE 1984) et sur la flore et la végétation de Kisangani (NYAKABWA 1982).

Il y a donc nécessité de faire un travail d'ensemble plus approfondi pour combler ce vide.

Par ailleurs, ce travail fournit, par la corrélation qu'il tente d'établir entre les épiphytes vasculaires et leurs arbres supports, des renseignements originaux fort utiles sur la composition floristique de la ville de Kisangani en espèces arborescentes en termes quantitatifs et l'esquisse de leur architecture. De telles informations, pourtant indispensables pour une bonne gestion des arbres de la ville, en particulier ceux d'avenues sénescents, manquent cruellement. Ce travail pourra, tout au moins en partie, obvier cette lacune importante par la masse d'informations qui y sont contenues.

L'étude des épiphytes vasculaires s'avère aussi très utile dans l'élucidation de certains aspects de l'écologie forestière en raison de leur biologie plus simple que celle des végétaux terrestres (MEES 1960 : 77). Il s'ensuit que la connaissance de la flore épiphytique rend possibles des projections sur la réduction de la diversité biologique de ces végétaux lorsque les forêts sont détruites et substituées par un écosystème anthropique. Par conséquent vu leur rôle reconnu de véritables indicateurs du degré de l'état forestier (BUDOWSKI 1970 : 40 ; JOHANSSON 1974 : 6), la simple lecture d'une liste de la flore épiphytique permet d'estimer, à coup sûr, la nature forestière du biotope considéré. Bien plus, les épiphytes vasculaires, tout comme les épiphytes non vasculaires, peuvent efficacement jouer le rôle d'indicateurs dans la détection biologique des pollutions atmosphériques (OZENDA 1986 : 93).

La distribution des épiphytes vasculaires étant en rapport étroit avec les facteurs écologiques (MARCHE-MARCHAD 1965 : 155, TIXIER 1966 ; 141), l'étude de l'épiphytisme demeure d'un intérêt essentiel pour la compréhension des mécanismes adaptatifs développés par les végétaux supérieurs. Plus précisément, l'analyse de ces plantes dans un milieu où ce qui constitue le principal facteur limitant dans les forêts n'existe plus permettra de mieux déterminer la part de chaque paramètre intervenant dans le modèle explicatif de l'épiphytisme. Le principal apport de cette étude consiste de ce fait dans l'élargissement de la théorie explicative des épiphytes vasculaires qu'elle propose. Se situant dans la même perspective que les travaux antérieurs, cette étude a cependant une spécificité marquante. Elle réside dans la prise en compte du fait que les épiphytes vasculaires se développent également dans des milieux ouverts où la concurrence pour l'accès à la lumière est fortement réduite voire quasi nulle. Ainsi l'approche adoptée ici permet de mieux comprendre les exigences de l'épiphytisme de manière complète en milieu équatorial. Cette nouvelle conception de l'épiphytisme aurait une plus grande fécondité que celle de la théorie restreinte aux seuls écosystèmes forestiers. Elle réalise mieux la parfaite intégration des données recueillies dans différents écosystèmes et aboutit à une compréhension complète de l'épiphytisme.

Enfin, tout laisse penser que par l'approche suivie et la conjugaison des méthodes utilisées, ce travail suscitera des questions et des problèmes qui feront l'objet d'études similaires plus fines dans d'autres types de milieux.

1.5. Structure du travail

La structure donnée à ce rapport de recherches est différente de celle des travaux de fin d'études présentés à la Faculté. Contrairement à ceux-ci, ce travail a été subdivisé en 9 chapitres. En effet, les résultats qui commencent à partir du 5ème chapitre sont scindés en plusieurs chapitres séparés. Néanmoins les différentes méthodes utilisées forment un chapitre unique.

Chaque chapitre ainsi conçu commence par une petite introduction qui situe la question spécifique traitée et se termine par une brève discussion.
Après le chapitre introductif, les sources théoriques et factuelles de l'étude sont exposées au deuxième chapitre tandis que le troisième décrit brièvement le milieu d'étude. Le quatrième chapitre précise le matériel et les méthodes employés.
Le 5ème analyse les effectifs tant des arbres ramifiés que des arbres monocaules. Le 6ème chapitre rend compte des caractéristiques structurales de ces deux types d'arbres. Le 7ème chapitre traite de la flore épiphytique recensée. Le 8ème chapitre tente d'élucider les caractéristiques des épiphytes vasculaires inventoriés. Le 9ème chapitre est consacré à l'interprétation et à la discussion générale des résultats obtenus.
Enfin, il y aura la conclusion de l'étude suivie des références bibliographiques citées dans le texte.

Avant de clore ce chapitre, il faut noter que les auteurs sont cités dans les différents chapitres en précisant, quand c'est nécessaire, la page où se trouve l'information exploitée. Par contre, si un travail est repris sans cette précision, c'est que l'ensemble de l'étude ou plusieurs pages traitent de la question. Une exception cependant doit être relevée, celle du livre de TROCHAIN (1980) dont la pagination n'apparaît pas sur le document photocopié utilisé.

La problématique de l'étude étant clairement définie, il reste à formuler explicitement ses hypothèses. Cette nouvelle étape requiert comme préalables la définition des concepts-clés et l'examen critique de la littérature sur les épiphytes vasculaires.
Toutes ces tâches feront l'objet du prochain chapitre.

2. FONDEMENTS CONCEPTUELS ET FACTUELS DE L'ETUDE

« Pas de faits sans idées, pas d'idées sans faits » : ce principe de François Simiand exprime admirablement le caractère de toute recherche scientifique.

Maurice DUVERGER(1964 : 320).

2.1. Introduction

Toute recherche requiert un background théorique à partir duquel se dégageront des idées à vérifier ou hypothèses.

Ce second chapitre se propose de ce fait de préciser le sens des principaux termes employés dans ce travail, en particulier à circonscrire les épiphytes vasculaires en exposant leurs caractéristiques et en analysant des travaux consacrés à ces végétaux. Ce qui nous conduira, ainsi outillés, à la formulation des hypothèses dont les arguments reposeront sur cet acquis théorique présenté.

2.2. Les concepts de base

Il s'agira dans ce point d'une clarification des concepts afin d'éviter les contre-sens ou toute équivoque. Seront définis successivement les termes suivants : épiphytes vasculaires, phorophytes et écosystème urbain.

Ces trois concepts sont ceux repris dans le titre du présent travail.

1. Epiphytes vasculaires

Se fondant vraisemblablement sur l'étymologie du mot épiphyte (du grec épi = sur et phyton = plante), PELT (1981 : 13) entend par celui-ci des plantes poussant en l'air. En d'autres termes, d'après cet auteur, ce vocable désigne des végétaux se développant sur d'autres plantes.

Ce premier sens originel du substantif épiphyte serait à la base des expressions "plantes aériennes" utilisée en 1856 par CHATIN (WATSON et al. 1987 : 1 et 6) et "air plants" employée par les auteurs anglophones tels que NAYLOR (1945) et BENZING & RENFROW (1980) pour nommer les épiphytes vasculaires.

Mais l'analyse de cette définition étymologique fait ressortir certaines insuffisances notoires. Connaissant l'existence des plantes parasites qui répondent parfaitement bien à cette définition, on est en droit de s'interroger sur la pertinence et l'utilité pratique d'une telle caractérisation peu discriminante.

SCHNELL (1970 : 290) considère, pour sa part, les épiphytes vasculaires comme des plantes vivant sur d'autres végétaux, essentiellement des arbres, qui leur servent uniquement de supports auxquels elles n'empruntent aucune substance organique. La définition de SCHNELL, mieux élaborée que celle de PELT (1981 : 13), s'étend cependant aux végétaux hémi-parasites de tiges comme les *Loranthus*.
Une telle acception des épiphytes vasculaires a été aussi retenue par certains auteurs tels que GENTRY & DODSON (1987 b : 205) et TER STEEGE & CORNELISSEN (1989 : 331). C'est également cette dernière conception que BENZING (1990) a adoptée dans la plus récente monographie consacrée aux épiphytes vasculaires.
Toutefois, il faut relever que ce dernier auteur dans ses nombreuses publications antérieures (BENZING 1987 par exemple) utilise une définition plus restreinte de ce morphème. De même, SCHNELL (1970) dans l'illustration des épiphytes vasculaires ne cite que les espèces répondant au sens strict du mot épiphyte tel qu'adopté par MADISON (1977 : 2).
Les variations chez un même auteur prouvent à quel point il reste encore difficile de bien circonscrire le terme épiphyte vasculaire et partant d'avoir une unanimité sur sa définition. Elles attestent en plus le caractère polysémique de ce mot.
Pourtant, en dépit de la délicatesse de la tâche, il faut définir les épiphytes vasculaires pour une meilleure compréhension de la suite du texte.

Les épiphytes vasculaires peuvent être définis comme des plantes cormophytes pourvues de vaisseaux bien différenciés qui sont fixées sur les organes aériens (à l'exception des feuilles) des arbres ou arbustes. Par conséquent, ces végétaux n'entretiennent pas de relation directe avec le sol et ne tirent pas non plus leurs nutriments des plantes supports.

Les épiphytes vasculaires se distinguent ainsi nettement des hémi-parasites par leur totale autonomie nutritionnelle. Leurs racines ne franchissent jamais les assises protectrices de l'arbre hôte précisent TIXIER (1966 : 10) et MANGENOT (1973 : 120).
Il n'y a pas de ce fait, d'échanges nutritifs entre les épiphytes vasculaires et leurs supports ; leur approvisionnement en eau et en sels minéraux reste nettement externe à l'arbre hôte (TIXIER 1966 : 10).
BOULLARD (1988 : 154) note au sujet des rapports entre les épiphytes vasculaires et leurs porteurs qu'il s'agit d'une simple superposition d'apparence fortuite. Leur inféodation aux arbres supports ne représente en fait qu'une préférence non exclusive. Car dans certaines conditions, ces mêmes plantes peuvent vivre sur d'autres substrats supports tels que les rochers, les murs et les toits de maisons (OLIVIER 1930 : 3 ; JOHANSSON 1974 : 65).
En somme, l'épiphytisme peut être caractérisé comme un symphorisme chez les plantes supérieures à caractère quasi permanent dans les biotopes forestiers et connexes des régions tropicales.

Il faut enfin relever certains termes usités comme synonymes du mot épiphyte par de nombreux auteurs.
Il s'agit de : arboricoles, épixyles, corticoles, dendrophiles ou dendrophytes (VANDERYST 1921 : 962) et xylophiles dont la plupart sont plutôt des adjectifs que des substantifs. MEES (1960 : 77) emploie aussi l'appellation végétation des troncs d'arbres pour désigner les épiphytes vasculaires.

2. Phorophytes

La définition des épiphytes vasculaires donnée ci-haut suggère assez clairement que la vie épiphytique paraît inféodée préférentiellement aux plantes ligneuses. Les épiphytes vasculaires se développent principalement sur les arbres et dans une moindre mesure sur les arbustes (SCHNELL 1970 : 308).

Ces plantes ligneuses dressées qui supportent les épiphytes sont appelées techniquement les phorophytes. Ce dernier terme, englobant, signifie étymologiquement plantes qui portent (TROCHAIN 1980) les épiphytes vasculaires.

On retrouve dans certains rares cas, en forêt équatoriale, des épiphytes vasculaires poussant sur les lianes.

Dans les milieux anthropisés par contre, les épiphytes vasculaires croissent en grand nombre sur les palmiers, en particulier sur l'espèce *Elaeis guineensis*.

SCHNELL (1970 : 308-309) affirme que dans certaines conditions, les épiphytes vasculaires peuvent pousser sur des plantes herbacées. Il a cité le cas de l'Orchidée *Nienokuea microbambusa*, espèce arboricole affine des *Polystachya*, qui vit sur les touradons de la *Cyperaceae* rupicole *Afrotrilepis* (= *Eriospora) pilosa*. Cette Orchidée pourrait, d'après SCHNELL (1970 : 309), constituer un stade intermédiaire de passage de la vie rupicole à la vie épiphytique. Cette même *Cyperaceae* joue la fonction de phorophyte selon GUILLAUMET (1967 : 57) et JOHANSSON (1974 : 64).
Il n'existe pas, dans la flore locale, des cas similaires, tout au moins à notre connaissance.

Aussi, dans ce travail, par phorophyte, il faudra entendre un support ligneux dressé des épiphytes vasculaires. Il est donc à différencier des supports matériels, souvent accidentels, des épiphytes vasculaires.

Le mot phorophyte admet pour synonymes les expressions suivantes : arbre support, arbre porteur, arbre hôte et arbre soutien, cette dernière ayant été exclusivement utilisée par VANDERYST (1922 : B 68).

3. Ecosystème urbain

Le terme écosystème illustre de la manière la plus éclatante le cas d'un concept fourre-tout : tout est quasiment écosystème du morceau de bois pourrissant à l'océan ou à la ville.
Le concept écosystème, comme on le constate, échappe à une quelconque échelle du fait qu'il couvre une multitude de phénomènes naturels et semi-naturels.

La conjonction des mots écosystème et urbain est apparue au début à beaucoup d'écologistes particulièrement les botanistes, assez saugrenue et dépourvue de sens.

En effet, pendant longtemps, les écologistes ont étudié la nature en s'éloignant le plus possible des systèmes semi-naturels et des artefacts. Il en est résulté peu d'informations relatives aux phytocénoses urbaines. Ainsi, les études sur les épiphytes vasculaires des villes n'ont pas été initiées.

Mais de plus en plus, les écologistes tendent à mettre en évidence les interactions entre les êtres vivants et les conditions abiotiques dans les villes. L'application des connaissances écologiques à l'étude des villes marque, d'un certain point de vue, un retour aux origines de l'écologie (à titre de rappel oikos = maison et logos = discours ou science). Elle atteste en plus l'évolution en spirale ou mieux en hélice symptomatique de l'avenir des sciences botaniques (DUVIGNEAUD 1960).

La question cardinale demeure cependant : la ville constitue-t-elle un écosystème ? L'écosystème se définit comme un système fonctionnel qui inclut une communauté d'êtres vivants et son environnement. Ce système structurel et fonctionnel comprend de populations d'êtres vivants avec une prédominance très marquée des hommes et le biotope en interaction continue. Cet ensemble entretient des processus toujours renouvelés de production et de dégradation de matières et d'énergie.

De ce fait, rien ne s'oppose à considérer la ville comme un écosystème. Elle a d'ailleurs été appelée par DUVIGNEAUD (1980), l'un des pionniers de l'étude des villes, "Ecosystème Urbs" pour souligner son caractère complexe et artificiel à la fois.

Contrairement à la plupart des écosystèmes qui subissent grandement l'influence de leur environnement physique (relief, climat, substrat,...), l'écosystème urbain possède la particularité d'être sous la dépendance étroite d'un environnement socio-économique dont l'influence reste de loin plus déterminante. C'est l'exemple parfait de ce que certains écologistes appelent la noosphère.

2.3. Généralités sur les épiphytes vasculaires

Au seuil de cette tâche ardue - présenter les principales caractéristiques d'un groupe de plantes qui se dérobe au résumé - nous mettons pour ainsi dire en épigraphie cette remarque de HOLBROOK (1991 : 104) : « (Depiste) the recognition that epiphytes cannot easily summarized... ». HOLBROOK fait remarquer par là qu'il demeure encore difficile de synthétiser les informations sur les épiphytes vasculaires. Le caractère incomplet de nombreuses compilations antérieures prouve à suffisance la véracité de cette affirmation.

2.3.1. Place et rôle des épiphytes vasculaires dans les forêts tropicales

Les épiphytes vasculaires, au sens strict, ne sont représentés, en espèces et en individus, que dans les pays tropicaux particulièrement dans les forêts denses équatoriales.
D'une diversité de formes plus que d'autres groupes morphologiques végétaux, mais également d'une grande uniformité biologique (BENZING 1990 : 28), ils forment un ensemble de plantes intéressant pour différentes raisons.

Les épiphytes vasculaires constituent, avec les lianes, des plantes dépendantes non parasites caractéristiques des forêts tropicales (OBATON 1960 : 3). On les considère donc, avec les lianes, comme des marqueurs phytogéographiques de ces forêts.
Mais ils se différencient nettement des lianes. Bien que tous nécessitent la présence des arbres supports pour atteindre la lumière en forêt, les épiphytes vasculaires, à la différence des lianes, sont fixés sur leurs supports. Ils constituent par conséquent les seules plantes forestières qui échappent à l'influence directe du sol.
Dans les forêts équatoriales où ils abondent, ce sont les seuls végétaux conciliant deux caractéristiques apparemment antinomiques : une petite taille et une forte demande photique (RICHARDS 1957 :110 ; MICHALOUD et MICHALOUD - PELLETIER 1987 : 125). HOLBROOK (1991) traduit mieux que d'autres auteurs cette particularité remarquable des épiphytes vasculaires, en les qualifiant avec élégance et exactitude de " Smalls plants in high places".

L'absence de développement de ces végétaux au niveau du sous-bois en milieu forestier tropical constaté par plusieurs chercheurs confirme cette assertion. Ils seraient ainsi les seuls végétaux supérieurs vivant au sein d'une niche écologique spéciale (GUILLAUMET 1967 : 5 ; MICHALOUD et MICHALOUD - PELLETIER 1987 : 125) dans les conditions environnementales quasi extrêmes. On peut de ce fait les employer valablement, selon TIXIER (1966 : 141) et BUDOWSKI (1970), dans ces zones comme des indicateurs écologiques en vue soit de déterminer les facteurs du milieu, soit de discriminer les différents stades des forêts.

Comparés aux végétaux ligneux des forêts tropicales (arbres et lianes) et vus sous l'angle évolutif, les épiphytes vasculaires manifestent un mode de vie très avantageux (BENZING 1983 : 11 ; WILLIAMS - LINERA et LAWTON 1995 : 262).
Ils ont, en effet, acquis la capacité d'atteindre la canopée sans en contrepartie allouer une biomasse considérable subséquente, indispensable à la fabrication du bois que requiert un gros tronc (cas des arbres) ou une très longue tige et le développement d'une masse foliaire importante (cas des lianes).
Une telle faculté serait l'expression d'une stratégie végétale sans conteste supérieurement adaptée. Suivant l'interprétation du principe du coût - bénéfice qui demeure le fondement même de toute adaptation efficiente, ils fonctionnent donc merveilleusement à l'économie (PELT 1983 : 13).

Les épiphytes vasculaires participent pour une part importante, atteignant parfois 50 %, à la biodiversité des forêts tropicales humides (GENTRY et DODSON 1987 a et b ; HOLBROOK 1991 : 103). Ils y régulent le cycle biogéochimique de divers éléments minéraux par leur rétention pendant la saison sèche et leur libération progressive à compte-goutte (TROCHAIN 1980) durant la saison pluvieuse ainsi que leur rétention par les arbres (PARKER 1983 ; NADKARNI et MATELSON 1992 a et b ; COXSON et NADKARNI 1995 : 507).

Ce dernier rôle se traduit par une amélioration générale du bilan des éléments minéraux dans les forêts où ils se développent (POCS 1980 : 164-166).
Bien que de taille assez réduite, la biomasse des épiphytes vasculaires peut, dans certaines forêts, être équivalente à celle des feuilles des arbres (POCS 1976 et 1980 ; EDWARDS et GRUBB 1977 : 953 ; NADKARNI 1984 ; NADKARNI et MATELSON 1992 a et b).

2.3.2. Adaptations morphologiques des épiphytes vasculaires

Les épiphytes vasculaires doivent surmonter trois écueils majeurs, à savoir la difficulté de fixation sur les branches et troncs des arbres supports, l'exposition à la dessication et un sol très limité pour leur approvisionnement en éléments nutritifs (OLIVER 1930 : 2 ; JOHANSSON 1977 : 2 ; TROCHAIN 1980).
Comme on peut déduire logiquement de ce qui précède, la vie épiphyte implique, pour sa réalisation, l'acquisition d'un certain nombre de structures adaptatives.

Les épiphytes vasculaires possèdent à cet effet des diaspores légères à dispersion aérienne sans dormance à cause de leur peu de substances de réserve et ayant un large rapport surface - volume (MADISON 1977 : 9 ; BEBWA et MANDANGO 1984 : 147) capables d'atteindre la cime ou le tronc du phorophyte et de s'y fixer facilement (JOHANSSON 1974 : 2).

L'épiphytisme semble correspondre en outre à une forme de xérophilie se traduisant par des dispositifs spéciaux tels que la sclérophyllie, l'aphyllie (cas de *Rhipsalis baccifera* par exemple), des pseudo-bulbes ou en général l'hyperplasie des parenchymes aquifères et de la cuticule qui tous interviennent dans le maintien de l'eau (GAUSSEN & al. 1982 : 465).

Notons aussi que certaines espèces épiphytes montrent des adaptations apparentes dont la plus manifeste est le dimorphisme foliaire. Mais d'autres espèces n'ont pas d'adaptations apparentes.

Il faut enfin faire remarquer que les diverses structures développées par les épiphytes vasculaires ne leur sont pas spécifiques. La particularité essentielle de ces plantes de ce point de vue réside sans aucun doute dans la combinaison harmonieuse de la plupart des adaptations manifestées par plusieurs formes végétales vis-à-vis des contraintes auxquelles doivent faire face les plantes supérieures (OLIVER 1930 : 2 ; TROCHAIN 1980).

2.3.3. Effets sur les phorophytes et statut des épiphytes vasculaires

S'agissant des effets éventuels qu'auraient les épiphytes vasculaires sur des arbres supports, les avis divergent grandement selon les auteurs. Pour nombre de ceux-ci, ils n'ont aucun impact négatif sur les arbres qu'ils colonisent et seraient donc des commensaux (BENZING 1983 : 11).

Par contre, d'autres auteurs (COOK 1926, THOROLD 1952, RUINEN 1953, JOHANSSON 1977, BENZING & SEEMANN 1978) soutiennent qu'ils opèrent comme des parasites.

Plusieurs auteurs dont COOK (1926), RUINEN (1953) et JOHANSSON (1977) ont rapporté des signes similaires de la détérioration des arbres porteurs d'épiphytes vasculaires en particulier par des Orchidées.

Quoi qu'il en soit, ils agiraient en favorisant, par l'activation de la décomposition des écorces, l'installation des champignons, des bactéries ou des virus pathogènes (DUVIGNEAUD 1942 : 37) dans les tissus internes des arbres hôtes qui autrement en seraient exempts. En somme, les épiphytes vasculaires, dans certains cas, peuvent être considérés comme des parasites indirects (COXSON et NADKARNI 1995 : 498). Ce qui a pour conséquence inéluctable la réduction de la vigueur voire de la productivité des phorophytes (BENZING 1978 : 95).

L'examen de ces préjudices causés aux arbres supports par ces végétaux fait penser à une probable transition entre ce groupe de plantes et les saprophytes ou même aussi les parasites. Cette dernière comparaison, en dépit du phénomène nommé épiphytosis (semi-parasitisme) mis en évidence par RUINEN (1953) serait, faute de données véritablement irréfragables à ce jour, spécieuse d'après SCHNELL (1970 : 290).

Citant les divers traumatismes que subissent les grands arbres forestiers, HALLE et OLDEMAN (1970 : 4) notent "que parfois, dans les forêts riches en épiphytes, des branches maîtresses s'effondrent sous le poids de ces plantes" surtout lors des tornades et des orages intenses.
La chute de ces branches a pour résultat la formation des trouées et des chablis qui expliquerait, en partie du moins, le maintien de la forte diversité des plantes ligneuses en forêt tropicale (STRONG 1977 ; BENZING 1983 : 18). Les épiphytes vasculaires auraient incidemment un rôle, souvent méconnu si pas ignoré tout simplement, dans la sylvigenèse en régions tropicales.

Mais si séduisante que soit cette théorie pour l'apologie de la conservation de ces végétaux, elle est à nuancer car la chute de branches des arbres, avec ou sans épiphytes vasculaires, obéirait plutôt à une séquence ontogénétique conforme au modèle architectural de l'espèce (BENZING 1990 : 257). Ce "schedding" rythmé et programmé de branches exercerait en plus une pression sélective aboutissant à la maturation rapide des épiphytes qui développent, pour survivre, des stratégies reproductrices appropriées (MADISON 1977 : 11). Il en découle que dans les forêts tropicales, les épiphytes vasculaires constituent les rares végétaux présentant la sélection du type r (GENTRY et DODSON 1987 b : 210).

2.3.4. Occurrence systématique de l'épiphytisme

Bien que la distribution phytogéographique de l'épiphytisme soit éminemment tropicale, son occurrence systématique par contre se limite à 10 % seulement de familles de plantes supérieures de ces régions (MADISON 1977 : 10 ; KRESS 1986 : 3 ; WATSON et al. 1987 : 1 ; BENZING 1990 : 27).
L'épiphytisme, tout comme d'autres formes adaptatives, à l'exception sans nul doute des plantes insectivores (mieux connues sous l'appellation de plantes carnivores), ne se surimpose pas aux contours ou limites des taxons d'aucun système de classification (MADISON 1977 : 3 ; BENZING 1986 : 23).

D'une manière générale, les familles comprenant les épiphytes vasculaires sont parmi les plus évoluées exception faite de quelques unes comme celle des *Poaceae, Euphorbiaceae* et *Asteraceae* qui n'en possèdent presque pas.

Ainsi, par exemple, en Afrique centrale pour cette dernière famille, mise à part l'espèce *Solanecio kanzibiensis* (Humbert & Staner) C. Jeffrey, on ne connaît pas de vrais épiphytes (LISOWSKI 1991 : 16).

On compte au total 25. 000 espèces d'épiphytes vasculaires dont très peu de Gymnospermes (MADISON 1977 : 11 ; POCS 1980 : 165).

2.3.5. Ecologie édaphique des épiphytes vasculaires et relations avec la faune

Les épiphytes vasculaires poussent sur des substrats restreints particulièrement organiques pouvant atteindre dans certains cas 20 cm d'épaisseur (TROCHAIN 1980). Ces substrats résultent de l'accumulation des matériaux allochtones (débris tant végétaux qu'animaux et des matières minérales) apportés par les pluies, les vents ou des animaux (DELAMARE DEBOUTTEVILLE 1951 : 108 ; TROCHAIN 1980).

L'accumulation de ces "sols suspendus", selon l'expression consacrée de DELAMARE DEBOUTTEVILLE (1951), peut aussi être favorisée par la structure morphologique du support (cas d'écorces crevassées par exemple), l'architecture du phorophyte, la préexistence d'autres épiphytes ou le type d'épiphytes colonisant l'arbre.
Ces sols suspendus subissent une décomposition et une minéralisation plus lentes que celles des sols ordinaires adjacents de milieux forestiers. Ce qui aboutit à une lente libération progressive des éléments nutritifs qui y sont contenus (COXSON et NADKARNI 1995 : 507) et à la formation de l'humus (POCS 1980 : 164).
Ils sont, en outre, spatialement plus complexes et temporairement plus variables que les sols forestiers (INGRAM 1989 : 1).

Les sols suspendus semblent parfois plus riches que les sols forestiers contigüs (PUTZ et HOLBROOK 1986 : 65). En général, leur taux de matière organique apparaît de loin supérieur à celui des sols forestiers.

De ce point de vue, les épiphytes vasculaires sont, en milieu équatorial, probablement les seuls végétaux qui favorisent la formation de l'humus. Ils fonctionnent donc à l'opposé de la forte minéralisation des sols forestiers.
Mais certains de ces sols se singularisent par leurs déficiences notoires (cas des sols à *Platycerium angolense* et *P. stemaria* étudiés par BOYER 1956).

Il existe enfin certaines ressemblances manifestes entre les sols suspendus et les premiers stades de la pédogénèse sur la terre ferme : faible épaisseur, habitats extrêmes.

Les sols d'épiphytes sont d'un grand intérêt pour les zoologistes également puisqu'ils abritent une faune très spéciale et riche en espèces (MARCHE-MARCHAD 1965 : 156). Ils contiennent une microfaune analogue à celle des sols forestiers mais s'en différencient nettement par un fractionnement biocénotique qualitatif (DELAMARE DEBOUTTEVILLE 1951 : 109) et l'absence des Isopodes et Amphipodes (PAULIAN 1951 : 280 ; COXSON et NADKARNI 1995 : 506).

L'existence même des sols suspendus prouve à quel point les interactions s'établissant entre les épiphytes vasculaires et la faune sont importantes. Parmi les animaux jouant un rôle déterminant dans ces relations figurent les Termites et les Fourmis.
Les rapports de ces derniers avec les épiphytes vasculaires ont été étudiés par de nombreux auteurs tels que JANZEN (1974), HUXLEY (1980), LONGINO (1986) et Mc KEY et al. (1999).
Les abeilles, les oiseaux et certains rongeurs (LUMER 1980 ; LUMER & SCHOER 1986) participent aussi dans la pollinisation de nombreux épiphytes vasculaires.
Enfin, les milieux aquatiques formés par les bases foliaires des *Bromeliaceae* en rosette de l'Amérique du Sud renferment une faune spéciale connue sous le nom de *Phytotelmata* (BENZING 1990 : 241) : Urodèles du groupe de *Plethodontidae* et de nombreux moustiques (BENZING 1990 : 245). Ce qui pose, à cause de ce dernier groupe, un sérieux problème de santé publique dans les contrées où se développent ces épiphytes.

2.3.6. Phylogenèse de l'épiphytisme

Une dernière question fondamentale reste à envisager, celle de l'origine des épiphytes. Il y a lieu de répondre à la question : d'où viennent les épiphytes vasculaires ?
Disons-le tout de suite, la phylogénie de ces végétaux demeure à ce jour une question fort controversée en raison sans doute de son interprétation inexorablement conjecturale.
Reprenant l'argumentation de RICHARDS (1957 : 110) sans toutefois le citer, JOHANSSON (1974 : 2) résume cette polémique en exposant les points de vues de SCHIMPER, de WENT et de PITTENDRIGH.

BENZING (1990 : 78) tranche cette épineuse question en proposant l'origine polytopique de ces curieux végétaux. Pour cet auteur, les ancêtres des épiphytes actuels ont occupé plusieurs types de milieux et non un seul. Par ailleurs, du fait qu'à l'exception des *Vittariaceae*, on ne connaît pas des familles exclusivement constituées d'épiphytes vasculaires, on en déduit le caractère récent de l'épiphytisme (MADISON 1977 : 3 ; KRESS 1986 : 20 ; BENZING 1990 : 3 ; BELL et WOODCOCK 1991 : 330).

A l'appui de cette hypothèse, BENZING (1990 : 283) observe que la radiation chez les épiphytes vasculaires semble être plus importante que chez les arbres et les lianes. Cela constitue une preuve de plus de leur capacité d'adaptation.

En dernière analyse, il paraît plus logique, au vu de cette pluralité d'interprétations, de considérer la sélection écologique intense qui a présidé au développement des épiphytes vasculaires comme s'étant opérée suivant plusieurs modalités dans divers types de biotopes. Ces deux facteurs conjugués auraient contribué à la forte diversité des épiphytes actuels (BENZING 1986 : 23, GENTRY et DODSON 1987b : 210)

2.4. La littérature sur les épiphytes vasculaires

Relativement "Equivoque et inépuisable", l'épiphytisme demeure, parmi les recherches botaniques portant sur les régions tropicales, un thème récurrent (TIXIER 1966 : 17). Cet intérêt persistant pour ce phénomène s'est traduit par une abondante littérature qui lui a été consacrée à larges intervalles de temps (WOLF 1993 : 1).

Les études sur les épiphytes vasculaires sont variées non seulement à cause des problèmes techniques qu'ils posent et leurs diverses résolutions, mais aussi de la complexité, du grand nombre d'interrogations conceptuelles et de la multitude d'approches adoptées. Ce qui confirme l'assertion souvent répétée selon laquelle l'étude approfondie de la biologie des épiphytes vasculaires est un sujet très vaste (VAN OYE 1924 : 481). Aussi l'analyse pertinente des travaux antérieurs sur ce domaine ne peut-elle mieux se réaliser que de façon thématique critique.

De l'examen de la masse considérable de travaux sur l'épiphytisme vasculaire, quatre principales tendances interprétatives ressortent. Les études réalisées sur les épiphytes vasculaires peuvent donc se regrouper dans les rubriques ou approches suivantes : phytogéographique, morphologique, physiologique et écologique.

2.4.1. Le volet phytogéographique de l'épiphytisme

Les pionniers de l'étude des épiphytes vasculaires tels que SCHIMPER et WENT furent avant tout des phytogéographes. Ils furent particulièrement attirés par l'existence dans les régions tropicales de ces plantes et par la singularité de la niche écologique qu'elles occupent.
Par la suite, plusieurs auteurs ont également abordé l'analyse de l'épiphytisme sous l'angle phytogéographique. Tous ces travaux visaient à faire ressortir la répartition horizontale à l'échelle mondiale des épiphytes vasculaires. Cette répartition géographique montre assez clairement une relative spécialisation des régions tropicales à l'échelle continentale.

Ce qui a permis de tracer une esquisse floristico-géographique ou la chorologie de l'épiphytisme (SCHNELL 1970 : 294). TIXIER (1966 : 129) et GENTRY & DODSON (1987b : 220) la résument de façon plus précise comme suit : en Afrique, ce sont les Ptéridophytes et les Orchidées qui dominent. A ce fonds floristique commun s'ajoutent pour l'Amérique latine, les *Cactaceae* et les *Bromeliaceae* et pour l'Asie ainsi que l'Australie les *Asclepiadaceae* et les *Rubiaceae*.

Les études phytogéographiques les plus importantes ont été menées par GENTRY & DODSON (1987 a et b), BENZING (1989) pour les épiphytes vasculaires de l'Amérique

latine dans l'ensemble. DUNN (1941) et TODZIA (1986) ont inventorié ceux du Panama tandis qu'une étude similaire a été menée en Colombie par SUGDEN & ROBINS (1979). Les épyphites vasculaires d'autres pays de l'Amérique du Sud ont été étudiés par KELLY (1985) pour la Jamaïque, NADKARNI (1986) pour le Costa Rica, BILLIET (1989) et PROSPERI (1990) pour la Guyane française, TER STEEGE et CORNELISSEN (1989) pour le Mexique et VALVIDIA (1977) pour la région de Veracry. On note d'autres publications pour l'Asie (TIXIER 1966).

Les épiphytes vasculaires africains ont été étudiés par SCHNELL (1952), HARLEY (1956) et JOHANSSON (1974 et 1975) pour le Libéria, SANFORD (1968 et 1969) pour le Nigeria, HALL et BOWLING (1969) pour le Ghana et MICHALOUD & MICHALOUD - PELLETIER (1987) ont analysé les *Ficus* des forêts ivoiriennes.
Les épiphytes vasculaires du Congo, peu étudiés, ont néanmoins retenu l'attention des auteurs suivants : VANDERYST (1921 et 1922), VAN OYE (1924), LEBRUN (1937), BEBWA et MANDANGO (1984), MBALE (1984) pour les *Ficus* et plus récemment BIEDINGER et FISHER (1996).

Les traits marquants de la distribution géographique des épiphytes vasculaires sont d'après MADISON (1977 : 6) :

1) La relative pauvreté de la flore épiphytique africaine et la grande diversité des épiphytes vasculaires dans les régions néotropicales avec l'Asie comme intermédiaire et

2) La prédominance des Fougères et la faible proportion des Monocotylédones non Orchidées dans les régions paléotropicales.

Ce premier courant a été à l'origine de la plupart d'autres. Mais il n'a pas assez mis l'accent sur les particularités morphologiques des épiphytes vasculaires.

2.4.2. L'approche morphologique

L'intérêt pour l'étude des épiphytes vasculaires s'est exacerbé par la mise en évidence des xéromorphoses développées par ces végétaux si différents des autres. Ainsi, les

recherches sur les épiphytes vasculaires ont surtout porté sur la description des adaptations morphologiques de ce groupe de plantes.

Ces travaux ont été menés par GALLEMAERTS (1911), PESSIN (1925), OLIVER (1930) et NAYLOR (1945). D'autres auteurs, quelques années plus tard, compilent toutes ces observations en dégageant les caractéristiques morphologiques spécifiques aux épiphytes.
Il s'agit des publications de CURTIS (1952), RICHARDS (1957), SCHNELL (1970 : 290-315), MADISON (1977), TROCHAIN (1980), BENZING (1983, 1987 et 1990), PERRY (1984), LOWMAN & MOFFET (1993) et NADKARNI & LOWMAN (1995).
Cette ligne de recherches constituant l'aspect fondamental de l'étude des épiphytes vasculaires a conduit à leur meilleure connaissance et à leur classification suivant de nombreux critères (LEBRUN 1937 ; SCHNELL 1970 ; BENZING 1987 et 1990).

Cependant, l'organographie seule ne permet pas, à cause de son côté statique, de comprendre le fonctionnement de ces végétaux ni même de saisir la nature précise des adaptations qu'ils développent. Le manque d'informations sur l'aspect fonctionnel a été compensé par l'approche physiologique.

2.4.3 Le courant physiologique

L'épiphytisme apparaît également comme un problème physiologique (HOLBROOK 1991 : 103). Aussi de nombreuses études ont eu pour objectif ultime d'élucider le mode d'utilisation et les rapports entre ces plantes et l'eau. (HARRIS 1918 ; SCHNOCK 1972 ; SINCLAIR 1982 a et b, 1984).
Un accent particulier fut mis aussi sur l'étude de la photosynthèse des épiphytes vasculaires (HEW et WONG 1974 ; WONG et HEW 1976 ; STERBERG et al. 1987 ; HOLBROOK et PUTZ 1995).

Le caractère CAM (Crassulacean Acid Metabolism) de certains groupes de ces végétaux c'est-à-dire leur capacité exceptionnelle de fixer le CO_2 la nuit, ce qui constitue un atout adaptatif considérable sur le plan photosynthétique, a fait l'objet des études fines par WINTER et al. (1983), TING et al. (1985) ; BALL et al. (1991 a et b) et HOOK & PUTZ (1995).

Enfin des travaux particuliers dans ce domaine ont traité des effets de l'ozone et du dioxyde de soufre (BENZING et al. 1992) et des pigments (LANCE et GUY 1992) sur leur capacité photosynthétique.

L'examen attentif des trois premières approches de l'étude des épiphytes vasculaires met en évidence qu'elles ne prennent pas en compte leurs relations avec le milieu extérieur en particulier avec leurs porteurs. Pour obvier cette lacune, un nouveau courant s'est développé : l'approche écologique de l'épiphytisme.

2.4.4. La conception écologique des épiphytes vasculaires

Du fait de leur étroite dépendance des facteurs du milieu, les épiphytes vasculaires ne peuvent être valablement étudiés qu'en adoptant la vision écologique.
On distingue, parmi les travaux écologiques sur l'épiphytisme, plusieurs tendances.

De nombreux auteurs ont étudié l'écologie des épiphytes vasculaires par l'analyse de leurs relations avec le climat général (VAN OYE 1921 ; SHARP 1957 ; LUGO et SCATENA 1992).
Mais cette première orientation écologique n'établit nullement les rapports existant entre les épiphytes vasculaires et les arbres porteurs ou les types sylvatiques.
L'étude de la distribution des épiphytes vasculaires sur leurs porteurs a été tentée par HAZEN (1966), JOHNSON & AWAN (1972) et NYCHKA & NADKARNI (1990). Il ressort de ces travaux que les peuplements des épiphytes maintiennent des faibles densités et une forte biodiversité subséquente.

D'autres travaux cherchent à déterminer les nombreux facteurs qui contribuent à la distribution des épiphytes vasculaires (MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER 1987 ; TER STEEGE et CORNELLISSEN 1989).

Il faut enfin mentionner les travaux visant à préciser le rôle joué par les épiphytes vasculaires dans le cyclage des éléments biogènes des écosystèmes forestiers effectués par POCS (1976), EDWARDS et GRUBB (1977 : 953 et 958), PARKER (1983 et 1996),

NADKARNI (1986) ; COXSON et NADKARNI (1995) ou comme indicateurs de changements atmosphériques (LUGO et SCATENA 1992).

Aucune de toutes ces conceptions de l'épiphytisme brièvement présentées, bien que fondées sur des observations souvent minutieuses, ne peut se donner pour exclusive et totale. En outre, elles ne s'excluent pas non plus et traduisent une évolution conceptuelle dans l'effort général de mieux connaître ces végétaux.

Elles peuvent donc soit se compléter, soit se combiner. La présente étude tente de les intégrer, autant que faire se peut, pour mieux appréhender les épiphytes vasculaires de Kisangani. Elle évalue les différents paramètres explicatifs de l'épiphytisme dans le contexte d'un milieu ouvert où la lumière ne constitue plus un facteur limitant.

2.5. Hypothèses de la recherche

En fonction de leur importance, deux types de réponses provisoires ont été distingués. Il s'agit de deux hypothèses principales ou centrales et de cinq hypothèses secondaires.

A. Hypothèses principales

1. La distribution des épiphytes vasculaires dans l'écosystème urbain de Kisangani s'effectue de manière aléatoire. Du fait que la disponibilité photique ne constitue plus un facteur limitant, on s'attend à ce qu'il n'y ait pas de préférence dans la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires à Kisangani.

Procédure de vérification : elle sera faite par l'examen de la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires en tenant compte de plusieurs paramètres dont, entre autres : la distribution horizontale, les classes de circonférence, l'appartenance systématique.

2. La composition en épiphytes vasculaires de Kisangani est nettement différente de celle des biotopes forestiers. On présume que les conditions écoclimatiques en milieu urbain affecteraient la composition floristique du peuplement épiphytique.

Mode de contrôle : l'inventaire de la flore épiphytique de Kisangani et sa comparaison avec celle des forêts équatoriales déjà étudiées.

B. Hypothèses secondaires

1. Une nette différence s'observe dans la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires en fonction de leur architecture vis-à-vis de la lumière.
Il y a lieu de penser que les arbres présentant les caractères structuraux convergeant vers la réalisation des besoins épiphytiques en milieu éclairé soient plus colonisés que les autres.

Indicateurs objectifs d'appréciation : la comparaison de la flore épiphytique des arbres à architectures différentes.

2. La position relative des arbres déterminerait leur taux d'occupation par les épiphytes vasculaires. Les arbres dominants ou isolés seraient plus porteurs d'épiphytes vasculaires que les dominés.

Moyen d'évaluation : on procédera à la comparaison des arbres dominants ou isolés aux arbres ombragés du point de vue de leur colonisation par les épiphytes vasculaires.

3. Les arbres d'avenues portent plus d'épiphytes vasculaires (nombre d'espèces, abondance et fréquence) que ceux des parcelles dans les communes où ils se retrouvent. Ces arbres étant plus vieux, on prédit que leur fréquence épiphytique sera plus élevée que celle des arbres des parcelles.

Conditions de vérification : l'analyse comparée des arbres d'avenues et ceux des parcelles par l'utilisation des épiphytes vasculaires comme critère d'évaluation.

4. Un étagement différentiel des épiphytes s'observe sur les phorophytes de Kisangani. Cette zonation dépend du type d'arbre et du milieu considéré.

Procédure de contrôle : la comparaison de l'occupation de différentes parties ou strates (étages, régions ou zones) des arbres colonisés en fonction des types d'arbres et des milieux considérés.

5. L'importance de l'abondance des épiphytes vasculaires n'est pas la même.

Mode d'évaluation : l'examen comparé de l'abondance des espèces épiphytes par l'utilisation de différents paramètres.

La vérification de toutes ces hypothèses peut aboutir à des résultats différents suivant le milieu étudié. Elle a été tentée à Kisangani, milieu urbain qui présente les caractéristiques décrites au chapitre suivant.

3. LES TRAITS CARACTERISTIQUES DU MILIEU D'ETUDE

3.1. Introduction

Tout végétal se développe dans un système à trois compartiments : le substratum, la boîte noire que constitue la plante elle-même (COXSON et NADKARNI 1995 : 495) et l'atmosphère (BERGER 1971).

Deux principales catégories de plantes peuvent être distinguées :

1) Les plantes qui échappent à l'influence directe du sol (GUILLAUMET 1967 :37 ; BEBWA 1981: 1) : ce sont les végétaux aquatiques ou hydrophytes et les épiphytes vasculaires et

2) Les végétaux fixés sur le sol (les plantes terrestres).

Les épiphytes vasculaires sont, à l'opposé des hydrophytes, influencés significativement par les conditions climatiques (TIXIER 1966 : 141 ; LUGO et SCATENA 1992 : 124) et indirectement par le milieu édaphique par le biais des arbres porteurs (MARCHE-MARCHAD, 1965 : 155).

Ainsi, l'étude du milieu occupe une place primordiale dans la compréhension de l'écologie des épiphytes vasculaires.

Ce chapitre se propose de présenter les principales caractéristiques de l'écosystème urbain de Kisangani. Il traitera notamment de la localisation, la géologie, la géomorphologie, les sols, le climat et la biocénose de Kisangani.

3.2. Localisation et géologie

La ville de Kisangani, chef lieu de la Province Orientale, est située dans la partie nord-orientale de la cuvette congolaise. Elle a pour coordonnées géographiques 0°31' de latitude Nord et 25°11' de longitude Est.

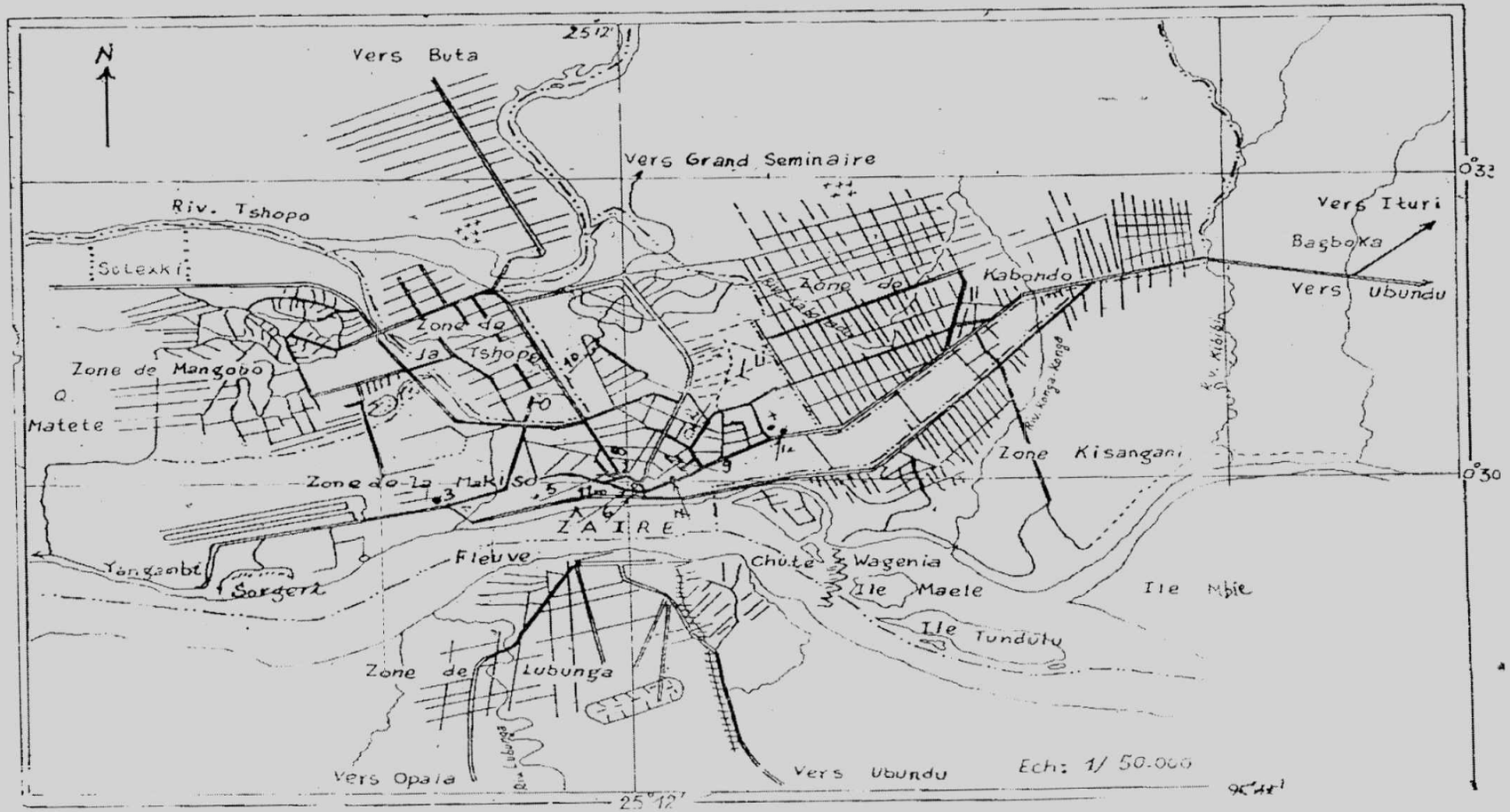


Fig. 3.1. - Plan de la ville de Kisangani. Source : Institut Géographique National.

De par ses coordonnées géographiques donc, Kisangani se trouve à cheval sur l'équateur (Figure 3.1). Sa cote altimétrique moyenne est de 396 m et varie de 376 m à 450 m (plateau arabisé au Sud-Est et le plateau médical à l'Ouest) et 460 m (plateau Boyoma au Nord-Est) d'après NYAKABWA (1982 : 33).

Les données relatives à la superficie totale couverte par cette ville varient de 1910 Km^2 (NYAKABWA 1982) à 2109 Km^2 d'après le rapport de l'INS (Institut National de la Statistique 1990 : 4).

Administrativement, cette ville se subdivise en six communes suivantes : Lubunga (852 Km^2), Tshopo (489 Km^2), Kabondo (449 Km^2), Kisangani (276 Km^2), Makiso (25 Km^2) et Mangobo (18 Km^2). Ces données sur la superficie de chaque commune, extraites du document de l'INS (1990), présentent au total une concordance parfaite avec celles de l'hôtel de ville.

Cette vaste étendue possède un sous-sol occupé par diverses formations géologiques qui seront caractérisées brièvement dans les lignes suivantes.

L'étude des formations géologiques de Kisangani peut être envisagée sous deux aspects différents mais complémentaires : l'angle purement géologique s'intéressant aux roches de cette ville et l'angle pédologique privilégiant l'étude des roches et des matériaux parentaux des sols qui s'y développent. Du point de vue strictement géologique, on distingue dans les formations géologiques de Kisangani deux principaux ensembles : les terrains de soubassement, plus anciens et les terrains de couverture relativement récents.

Les formations rocheuses du soubassement de Kisangani appartiennent au groupe de la Lindi (le Lindien d'après VERBEEK 1970) et à l'étage de Stanleyville (CAHEN 1954 ; VAN WAMBEKE 1958).

Formation précambrienne mise en accord avec deux autres de la même période, le Katangien et l'Oubangien (VERBEEK 1970), le Lindien constitue un ensemble de roches sédimentaires peu ou pas métamorphiques. Il comprend un système gréseux en surface et un système calcaire en profondeur.

Les principales roches du premier système sont donc des grès finement lités et des schistes gréseux, psammitiques calcaireux (SLUYS 1947 ; CAHEN 1954). Le second système, composé de minces bancs de calcaires fortement plissés, se localise essentiellement dans les sites des cours d'eau (VAN WAMBEKE 1958).

Il est constitué également des poudingues et des grès durs à proximité de Kapalata.
L'étage de Kisangani, d'âge jurassique supérieur, forme la série de Lualaba. Il constitue le soubassement rocheux du Sud de la région de Bengamisa et d'une partie de la ville de Kisangani (VAN WAMBEKE 1958).
Concernant les terrains de couverture, ils comprennent des alluvions récentes. Ce sont des divers dépôts récents qui occupent certains replats bordant les berges de la rivière Lindi et ses principaux affluents. Leur composition chimique et minéralogie dépendent de celle des roches découpées par les cours d'eau. Ces dépôts reposent sur une couche graveleuse à éléments fins, anguleux à subanguleux et composés principalement de quartz.
La géologie de Kisangani peut également être vue en fonction des matériaux ayant donné naissance aux sols en place. Sous cet angle, les formations géologiques à partir desquelles se sont constitué les sols de Kisangani sont essentiellement le sable de recouvrement des terrasses de la Lindi (particulièrement celui de Yangambi) et les alluvions.

3.3. Géomorphologie et sols de Kisangani

Bien que située dans une région de cuvette, la ville de Kisangani montre cependant une relative variabilité géomorphologique (NYAKABWA 1982 : 37) comprenant trois formes géomorphologiques.
Suivant BERCE (1964), on peut y distinguer les trois formes géomorphologiques suivantes : les dômes interfluviaux ou les plateaux, les basses terrasses et les alluvions récentes ainsi que les zones des replats. Ces formes géomorphologiques peuvent être caractérisées, selon NYAKABWA (1982) comme suit :

* Les plateaux sont constitués de sable de recouvrement de teinte ocre jaune, chargé de gros grains quartzeux et siliceux : plateau arabisé au Sud-Est, le plateau médical à l'Ouest et le plateau Boyoma au Nord-Est.

* Les basses terrasses et les alluvions récentes sont taillées par des rivières. Ce sont donc des terrasses fluviatiles.

* Les zones de replats se localisent sur les routes Kisangani-Buta, Kisangani-Ituri et les rails vers Ubundu.

La classification des sols de cette dition, basée sur la nature et l'origine du matériau parental et sur l'état de drainage du sol, a permis de définir plusieurs séries suivantes (VAN WAMBEKE 1958) : Baebiti (As), Bandele (S_1), Baleke (S_2), Badile (S_3), les séries des sols hydromorphes sablonneux (BTS) et sablo-argileux (BTA), Bambe (AR), Kapalata (L) et le complexe (M).

D'une manière globale, ces sols peuvent être classés en deux principaux groupes : les sols issus du substrat rocheux et ceux dérivés et se développant sur les alluvions.

Il en résulte que les sols de Kisangani sont en général des sols ferrallitiques, sablo-argileux et acides. Ils sont profonds et fortement lessivés par les eaux pluviales.

Ces sols renferment beaucoup de combinaisons à base de sable et subissent une altération chimique par latéralisation ou dissolution (NYAKABWA 1982).

3.4. Hydrographie

Le nom Kisangani, qui signifie du reste étymologiquement île, traduit à suffisance le fait que cette ville soit une presqu'île, un espace terrestre entouré de cours d'eau. En effet, située "à la courbe du fleuve" Congo, la ville de Kisangani a un réseau hydrographique dense, dominé par le fleuve Congo et son principal affluent, la Lindi (GOLAMA et SYMOENS 1990 : 145).

Le fleuve Congo traverse cette ville et la sépare en deux parties, isolant ainsi la plus vaste commune, celle de Lubunga, des autres. Son principal affluent, la Lindi, reçoit les eaux de la rivière Tshopo. Ce sont ces trois grands cours d'eau qui recueillent à leur tour des eaux de nombreux tributaires coulant pour la plupart à travers la ville.

On observe de chutes au niveau du pont de la rivière Tshopo et des cascades ou rapides sur le fleuve Congo au niveau des Pêcheries de Wagenia. LUBINI (1982 : 23) attribue leur origine à l'augmentation de la pente du sol provoquée par le rajeunissement du relief dans la cuvette.

3.5. Le Climat

"Les épiphytes vasculaires sont plus influencés par les facteurs du climat que les végétaux enracinés dans le sol" (TIXIER 1966 : 141).

Localisée à proximité de l'Equateur, comme le montrent ses coordonnées géographiques citées précédemment, la ville de Kisangani se place donc dans le domaine bioclimatique équatorial.

L'insolation mensuelle en dixièmes d'heures à Kisangani, d'après les données reprises par LUBINI (1982 : 29) varie de 31,5 % à 57 %. Ces valeurs, un peu faibles pour une région équatoriale, s'expliquent selon LUBINI (1982 : 29) par la continentalité de la région considérée. L'importance prépondérante de ce facteur climatique a été reconnue aussi par BERNARD (1945 : 47) ; mais ce dernier attribue cette faible insolation à plusieurs éléments dont, entre autres, la nébulosité élevée de l'ordre de 7 dixièmes en moyenne créant une forte opacité de l'atmosphère et le brouillard.

Du point de vue thermique, Kisangani se caractérise par une mégathermie quasi constante : les températures sont assez élevées et leurs variations peu perceptibles voire négligeables. La moyenne des températures moyennes mensuelles de 1970 à 1996 (annexe 1) s'élève à 24,49 ± 0,32° (avec une variance de 0,10). La moyenne annuelle des moyennes mensuelles des maxima durant la même période est de 30,75 ± 0,48° C (variance : 0,23). Les températures minimales mensuelles ont par contre pour moyenne 20,18 ± 0,59° C.

Du fait de cette très faible variation de températures mensuelles, c'est le régime pluviométrique qui est déterminant à Kisangani tant pour le climat général que pour la végétation comme dans d'autres régions équatoriales (BERNARD 1945 : 124 ; MULLENDERS 1954 : 29).

Les pluies sont abondantes à Kisangani mais leur répartition n'est nullement uniforme le long de l'année. Ainsi le régime udométrique (figure 3.2) accuse une double périodicité nettement perceptible.

Ces pluies abondantes sont, à la lecture de la figure 3.2, interrompues par deux petites saisons subsèches caractérisées par un relatif fléchissement des précipitations respectivement en janvier - février et en juin - août. Par contre, les deux périodes pluvieuses vont pour la première (très pluvieuse) de septembre à novembre et la deuxième relativement pluvieuse de février à mai.

De 1976 à 1996 (annexe 1), la moyenne des précipitations annuelles est de 1816,4 ± 298,88 mm (variance : 89,330). Le nombre de jours de pluie a été en moyenne de 117,1 ± 37,05. Les mois à faible nombre de jours sont janvier (5,25) et février (6,74). Le mois ayant la cote udométrique la plus élevée, d'après l'examen du tableau de l'annexe 1, est octobre avec 234,6 ± 82,8 mm et 14,89 ± 3,8 jours de pluies. Le mois humide d'après l'indice d'aridité de DE MARTONNE est celui qui est supérieur à 20 (HEDBERG 1995 : 20)

D'après les données du tableau en annexe 1, tous les mois sont humides à Kisangani. Cet indice, élaboré pour discriminer les vastes territoires entre eux, présente une faible sensibilité. Pour la mise en évidence des mois relativement secs, nous avons proposé un autre mode de calcul. Celui-ci fait ressortir que deux mois (janvier et février) pour la période revue (1976-1996) sont un peu secs, l'indice proposé étant négatif. Ces 2 mois se caractérisent effectivement par une diminution drastique des précitations et correspondent à la saison défavorable pour les végétaux. Cela se traduit par la chute des feuilles pour certaines espèces arborescentes. Les plus grandes valeurs des indices de DE MARTONNE et celui proposé se situent en septembre-novembre, période qui coïncide avec la grande saison pluvieuse (cfr figure 3.2).

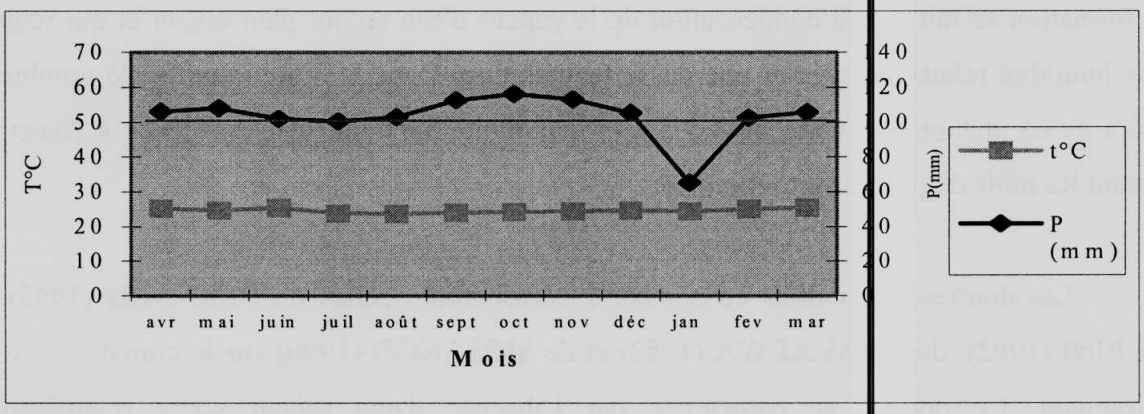


Fig. 3.2 : Courbe ombrothémique de Kisangani de 1970 à 1996

Etant située dans la cuvette centrale à humidité proverbiale, l'humidité relative moyenne annuelle de la ville de Kisangani avoisine 90 %. Elle est précisément, pour la période analysée ici, de 83,98 ± 1,34 %. Ce qui confirme son taux élevé et sa très faible variation au cours de l'année. Toutefois, on enregistre le taux le plus faible en février de l'ordre de 79,7 ± 3,14 %. Cette période coïncide par conséquent à celle de la réduction drastique des précipitations.

Le vent bien que faible dans la dition, doit être considéré parce qu'il joue un rôle primordial pour les plantes qui nous occupent. La pollinisation et même la dissémination de la plupart des épiphytes vasculaires sont assurées par le vent.
En outre, il contribue efficacement à la formation des sols suspendus (GUILLAUMET 1967 : 11). Cependant ne disposant pas des valeurs précises du vent à Kisangani, nous donnons à titre indicatif celles de Yangambi. La moyenne horaire annuelle de la vitesse du vent y est de 1952 à 1978 de 3,43 Km/h, à 2 m au-dessus du sol (LUBINI 1982 : 31). La plus grande vitesse, évaluée à 3,78 Km/h, a été enregistrée en mars et la plus faible, soit 3,06 Km/h en décembre. Les variations de la vitesse du vent sont très faibles au cours de l'année. Ce qui confirme le caractère particulièrement calme de la basse atmosphère dans la cuvette centrale. La circulation atmosphérique y résulte de trois courants aériens : l'harmattan, la mousson atlantique et l'alizé du Sud-Est. Ce sont les mêmes courants qui conditionnent le régime des vents à Kisangani.
Un autre élément climatique, jouant un rôle aussi déterminant dans l'alimentation en eau des épiphytes vasculaires comme appoint des pluies, est à mentionner. Il s'agit du brouillard dont la formation se fait par la condensation de la vapeur d'eau autour d'un noyau et qui requiert une humidité relative élevée et une basse température. Dans la dition étudiée, le nombre de jours de ce phénomène varie de 4,5 à 19,5 par mois. Sa fréquence est élevée à Kisangani durant les mois de juin et surtout juillet.

Les données recueillies en annexe 1 corroborent celles de BERNARD (1945), de LUBINI (1982), de NYAKABWA (1982) et de MOSANGO (1990) sur le climat général de Kisangani. Ce dernier se caractérise par l'absence d'une saison sèche régulièrement déterminée. Il n'y a par conséquent pas dans ce climat de mois véritablement secs, ceux-ci étant définis, pour rappel, comme ayant des précipitations inférieures à deux fois la température mensuelle.

Ainsi, le climat de Kisangani se classe dans le type Af de KÖPPEN défini par la température moyenne du mois le plus froid supérieure à 18° C et la hauteur des pluies du mois le plus sec supérieure à 60 mm. Ce qui correspond à la classe B de THORNTHWAITE.
En outre, les caractéristiques climatiques de la région de Kisangani présentent des valeurs intermédiaires entre celles du centre de la cuvette centrale et les données climatiques des régions montagneuses de l'Est du pays. LUBINI (1952 : 39) reconnaît justement que la région dans laquelle est comprise la ville de Kisangani constitue une zone située au piémont de grandes montagnes de l'Est du Congo. Elle jouit d'un climat de transition entre le climat équatorial continental et le climat tropical de montagne.

Cette localisation intermédiaire se reflète également dans la richesse épiphytique médiane de la région de Kisangani par rapport aux deux autres citées ci-haut.
Enfin, il faut relever le caractère légèrement perturbé du climat de Kisangani (faible humidité relative et un fort éclairement) en comparaison avec celui des forêts environnantes.
Néanmoins dans l'ensemble, ces caractéristiques climatiques sont similaires à celles des milieux forestiers et n'en présentent pas des différences significatives. Elles sont proches du climat général de la forêt équatoriale tel qu'il ressort des études de GERMAIN & EVRARD (1956) et de GERARD (1960).

3.6. La végétation et la flore

La végétation originelle de Kisangani, la forêt ombrophile, a été profondément modifiée par l'action anthropique. Elle a laissé place à beaucoup de groupements rudéraux herbacés, adventices, post-culturaux et de nombreux arbres tant relictuels qu'introduits.
Les végétations rudérale et ségétale sont essentiellement herbacées. Les groupements rudéraux, dispersés sur toute la ville, montrent une forte concentration dans la commune Makiso. Les jachères herbacées, dominées par *Panicum maximum*, se concentrent dans tous les espaces vides exploités par l'agriculture tandis que les jachères arbustives et les recrus forestiers se localisent à la périphérie de la ville. On trouve aussi aux alentours de la ville quelques rares lambeaux de la forêt primaire et des groupements sur sols hydromorphes.

La flore de cette ville se caractérise par les traits saillants suivants :

* Le contraste frappant entreson état actuel et son état originel. La flore forestière initiale, essentiellement arborescente et guinéenne, a été substituée par une flore herbacée à large distribution géographique. La flore urbaine de Kisangani étudiée de façon approfondie par NYAKABWA (1982), comprend 1354 espèces. Sa modification se traduit par la prédominance des plantes herbacées (51,5 %) dont les végétaux des milieux ouverts et cultivés couvrent 71,3 %. Les plantes de forêts, très faiblement représentées en individus, ne couvrent plus que 14 % du total.

* Une forte proportion de la flore cultivée. Elle est évaluée à 438 espèces, soit 32 % de la flore totale urbaine. Parmi les plantes cultivées, figurent de nombreuses espèces d'arbres introduits telles que *Mangifera indica*, *Persea americana*, *Syzygium cuminii*, *Tectona grandis*, *Delonix regia, Peltophorum pterocarpum*, *Cassia siamea*, *Jacaranda mimosifolia*, *Cocos nucifera* et *Roystonia regia*.

* Une agriculture urbaine principalement vivrière épousant en gros l'architecture coloniale de Kisangani : au centre on cultive des plantes herbacées et à la périphérie domine la culture des plantes pérennes et vivaces.

Des vastes champs de manioc s'observent principalement dans les zones périphériques de la ville. Cette dernière plante fait la jonction de ces deux grandes parties. Mais sa culture vise des objectifs différents : au centre de la ville, la production des feuilles essentiellement pour l'autosubsistance et à la périphérie celle des racines tubéreuses pour des visées commerciales surtout.

Les données relatives aux principales plantes alimentaires cultivées à Kisangani combinées à celles des arbres plantés montrent la même distribution concentrique qui traduit l'architecture coloniale de la ville :

- Au milieu, la commune de la Makiso, centre d'affaires, du commerce et de l'administration ayant de nombreux arbres d'avenues vétustes et des plantes ornementales, une agriculture urbaine caractérisée par des plantes vivrières.

- Les autres communes forment la deuxième couche. Les caractéristiques mises en évidence pour la commune de la Makiso s'y retrouvent mais à un faible degré.

- A la périphérie, on note l'absence des arbres plantés et une agriculture urbaine périphérique à plantes vivaces.

3.7. La population humaine

L'analyse des données de la démographie humaine s'avère indispensable pour la compréhension de l'écologie d'une ville. Car l'anthroprocénose constitue sans conteste la principale composante de l'écosystème urbain, l'homme y étant en effet le facteur écologique super dominant.

La population de Kisangani, comme celle d'autres villes congolaises, semble assez hétérogène. Elle comprend plusieurs tribus autochtones du district de la Tshopo et de la Province Orientale mais aussi celles venant d'autres provinces du Congo. A coté de ces tribus congolaises vivent de nombreux étrangers de diverses nationalités (BOLA et SZAFRANSKI 1991 : 102).

En dépit de la très faible et variable crédibilité accordable aux statistiques officielles au Congo mais étant les seules disponibles, la brève analyse faite ici se fonde sur les données démographiques obtenues à l'Hôtel de ville de Kisangani.

Evaluée à 105,666 habitants en 1959, la population boyomaise a subi une forte croissance après l'indépendance (en 1960) du fait que "les obstacles administratifs instaurés par le colonisateur à l'égard de l'immigration urbaine tombèrent" (STREIFFELER et al. 1986 : 32).

Il en a résulte "la fin des contraintes administratives dans les déplacements de population depuis l'indépendance en 1960" (DE SAINT-MOULIN 1975 : 45). Elle a atteint en 1998 le chiffre de 549,709 habitants. En 40 ans donc, la population de Kisangani a été multipliée par 5,2 alors que les infrastructures de base de la ville n'ont pas évolué d'un iota. Son taux de croissance demeure en moyenne de 5 % pour l'ensemble de la ville en 1998. Ce taux a cependant atteint plus de 10 % pour la commune Kisangani et 8 % pour celle de la Makiso. La commune Mangobo, la plus peuplée, a connu par contre, pour la même année, le plus faible taux de croissance de l'ordre de 1 % (Figure 3.3 ; annexe 2).

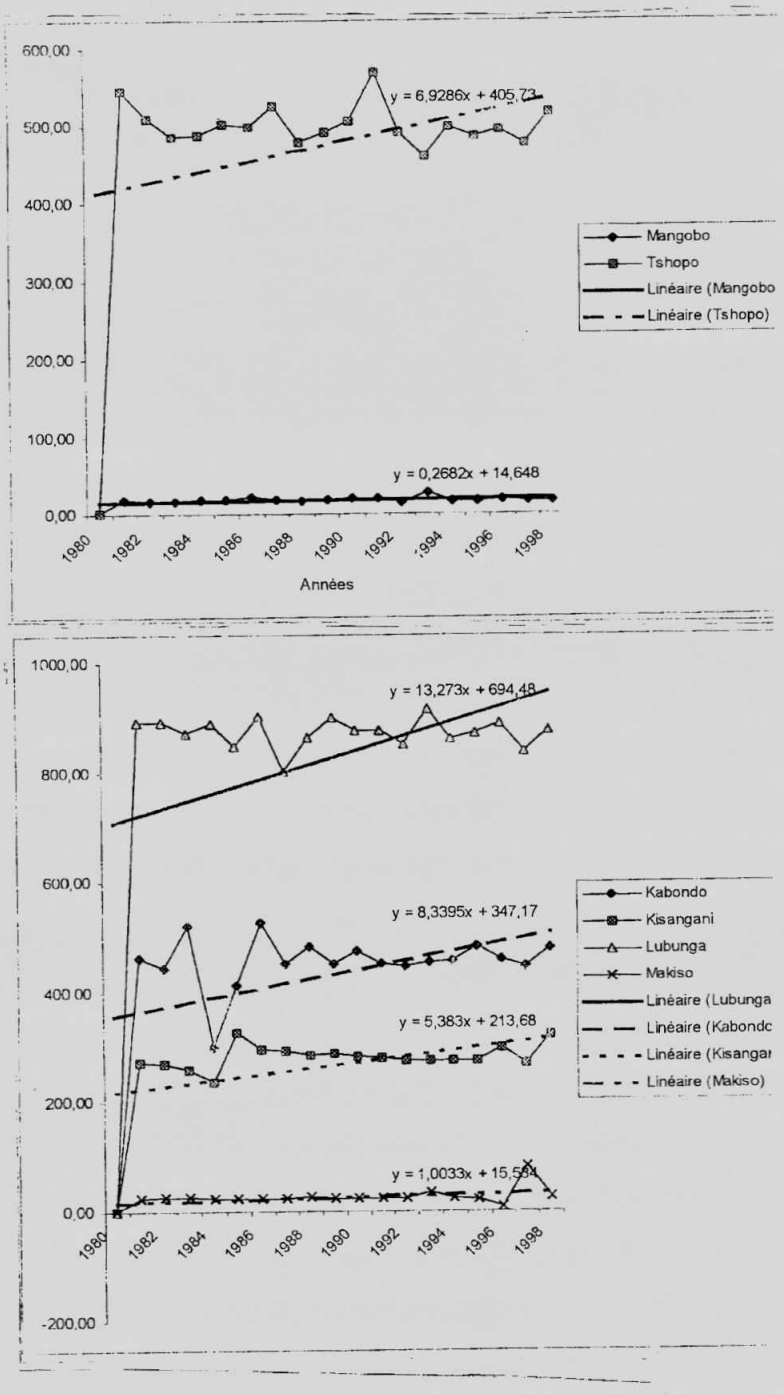


Fig. 3.3. - Évolution de la population de différentes communes de Kisangani de 1980 à 1998.

La répartition de la population, selon les communes, apparaît par conséquent assez disproportionnée. En 1998, par exemple, à Mangobo on a enregistré 172,507 habitants ; ce qui représente 31,38 % de l'ensemble de la ville.
Elle est suivie par la commune Lubunga avec 100,987 habitants, soit 18,37 % du total. La commune Kisangani est la moins peuplée avec 43,432 habitants, soit 7,9 % de la population totale.

La densité moyenne de la population de Kisangani en 1998 était de 260,65 habitants au Km^2. Mais ce chiffre est multiplié par 3677 et par 8,07 respectivement pour les communes Mangobo et Makiso. Les 4 autres communes ont eu une densité inférieure à 200 habitants au Km^2.
L'examen de la répartition socio-professionnelle de la population de Kisangani semble être révélateur des relations existant entre celle-ci et son environnement. Il fait apparaître, en effet, la part importante de l'agriculture urbaine qui se traduit éloquemment par la proportion élevée de la population active qu'elle occupe. Ce qui renforce la crédibilité des observations antérieures qui soulignaient que la population active de cette ville exerce plus les activités du secteur primaire que les autres (STREIFFELER et al. 1986 : 33).
On dénombrait en 1985, 14 % des agriculteurs. Ce taux, il va sans dire, n'a fait qu'augmenter avec la destruction du tissu économique et la réduction de la main-d'œuvre subséquente à la fermeture ou à la délocalisation de quelques rares industries locales. Tous ces facteurs ont contribué à la paupérisation croissante de cette population qui n'a comme palliatif logique que de s'adonner à l'agriculture et aux activités du secteur informel (ou d'économie populaire).
La conséquence la plus palpable en est la rurbanisation de Kisangani ou pour reprendre l'expression correcte de NGUB'USIM et STREIFFELER (1986) « la question paysanne en milieu urbain ».

3.8. La faune

La faune urbaine de Kisangani se caractérise par son regroupement en 4 catégories suivantes :

1. Les animaux de compagnie : en nombre assez réduit en comparaison avec ce qu'on observe en Europe, ils ont en plus de leur qualité de fidèles compagnons de l'homme une fonction

essentielle. Ce sont des animaux anthropophiles ayant la fonction de gardien (le cas du chien) ou intervenant dans la lutte contre les rats dans les maisons (le cas du chat).

2. Les animaux en captivité dans des cages ou attachés : c'est le cas des singes ou des animaux du jardin zoologique de Kisangani.

3. Les animaux domestiques : ils sont élevés par l'homme en ville pour la subsistance ou la commercialisation. Il s'agit notamment des poules, des canards, des chèvres, des porcs, des moutons, des lapins, etc. Apparemment leur nombre est en nette croissance.

4. Les animaux sauvages : la faune sauvage de Kisangani se caractérise par l'absence des grands Mammifères et la présence notable des petits Mammifères, des Oiseaux, des Reptiles, des Insectes... Certains représentants de cette catégorie (Chauve-souris, Oiseaux, Fourmis et Termites) ont des rapports assez étroits avec les épiphytes vasculaires. Notons aussi la présence d'une importante ichtyofaune : de nombreux poissons se développent dans le dense réseau hydrographique de Kisangani.

3.9. Caractéristiques du milieu et épiphytes vasculaires

Les données du milieu exposées ici ont un rapport étroit avec les épiphytes vasculaires.

1. L'aérologie de l'épiphytisme couvre la région étudiée ; Kisangani est donc compris dans la zone chorologique des épiphytes vasculaires.

2. Le climat général qui règne dans cette ville répond aux conditions requises par les épiphytes vasculaires pour leur développement.

Bien que cette grande étendue de 2109 Km^2 ait été en grande partie emblavée et soit devenue quasiment une mégatrouée, les conditions climatiques qui y règnent sont similaires à celles des forêts environnantes.

3. Mais en dépit de la destruction de l'écosystème forêt pour sa substitution par la ville, existent encore à Kisangani de nombreux arbres, lieu de fixation et de croissance de la flore épiphytique.

A l'avenant, la probabilité qu'il y ait développement des épiphytes vasculaires dans cette ville est particulièrement élevée. Il y a lieu cependant de s'interroger sur la modification que la perturbation de l'écosystème forêt a subie pour l'installation de la ville et son impact sur la flore et la végétation épiphytiques. Au total donc, la dition de Kisangani et sa flore arborescente offrent les conditions rendant possible la vérification des facteurs incriminés comme paramètres principaux pour expliquer la distribution des épiphytes vasculaires :

- part de la circonférence, des fourches et autres caractères structuraux et archicteturaux des arbres ;
- diverses modalités du rhytidome, de la densité foliaire ;
- arbres à croissance rapide versus arbres à croissance lente ;
- arbres sempervirents versus arbres cadifoliés, etc.

Une telle étude nécessite l'emploi de certaines techniques pour que soient atteints les objectifs fixés. Cette approche méthodologique est exposée dans le chapitre suivant.

4. MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

4.1. Introduction

L'obtention des données fiables et reproductibles sur les épiphytes vasculaires de la ville de Kisangani nécessite l'emploi des méthodes efficientes, logiquement conçues et suffisamment éprouvées.
La seule méthode, au sens strict du terme, utilisable à cet effet demeure sans contredit la méthode d'observation.

Les modalités d'application de celle-ci varient beaucoup au point qu'on les considère comme des méthodes distinctes (sensu lato), c'est-à-dire en fait qu'il s'agit des techniques. C'est donc cette deuxième acception du mot méthode qui a été retenue ici.

L'application d'une méthode en botanique se fait toujours au moyen d'un matériel approprié. Celui de cette étude est succinctement décrit avant la présentation détaillée des méthodes utilisées dans la collecte et l'analyse des données.

4.2. Matériel

Dans le cadre de ce travail, des milliers d'arbres (17754) ont été mesurés à travers tout l'écosystème urbain de Kisangani et leurs caractéristiques structurales analysées. L'étude couvre la période de 1987 à 2000 de façon discontinue.
De nombreux épiphytes portés par certains de ces phanérophytes érigés ont été ainsi observés.
Le matériel d'herbiers tant de certains arbres que des épiphytes vasculaires a été recueilli pour des besoins d'identification et conservé à l'herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani.
Dans certains cas critiques, assez peu du reste, les jumelles étaient utilisées pour une meilleure identification des arbres sur pied ou de leurs épiphytes vasculaires.
La détermination du taux d'hydratation des organes de certains épiphytes vasculaires ayant fait l'objet d'études plus poussées s'est fait par séchage à l'étuve à 105° C du matériel végétal préalablement pesé jusqu'à l'obtention du poids sec constant.

4.3. Méthodes d'étude

4.3.1. Le principe méthodologique retenu

Dans l'étude des épiphytes vasculaires, en fonction des moyens matériels disponibles, deux principales approches méthodologiques sont à distinguer. Il s'agit de l'observation éloignée à partir du sol des épiphytes vasculaires et la deuxième qui requiert un équipement spécial permettant de monter sur les arbres pour réaliser des observations rapprochées.

La première, moins onéreuse et la plus usitée, a fourni le plus de données sur les épiphytes vasculaires comme le confirment LOWMAN et MOFFETT (1993 : 104) en notant que "until recently, most of our knowledge about forest ecosystems has been based on observations from ground level". Cette approche présente néanmoins des faiblesses marquantes mises en évidence par JOHANSSON (1974 : 59), entre autres, les méprises ou erreurs éventuelles d'identification et la non observation des épiphytes vasculaires de taille réduite en milieu forestier peu éclairé. Cependant, elle offre l'avantage important de permettre l'observation de nombreux arbres et convient parfaitement en milieu ouvert et éclairé comme celui d'un écosystème urbain.

Les limites de la deuxième approche, mieux connue sous le nom anglais de "mountaineering techniques "peuvent se résumer comme suit : l'équipement coûteux qu'elle impose et le nombre très réduit des arbres à observer.

Avec les "mountaineering techniques" donc, l'observation des épiphytes vasculaires étant proche, on gagne en profondeur (précision des observations) ce qu'on perd en étendue (nombre d'observations à réaliser).

Dans cette étude, la première approche a été adoptée et appliquée, une meilleure connaissance floristique permettant d'obvier ses inconvénients. En plus de l'avantage évident qu'offre le fort éclairement en ville, il faut ajouter un autre : la taille peu élevée des arbres. Tous ces atouts, non réalisés en milieu forestier, rendent possibles des observations fiables en ville.

4.3.2. Méthodes employées

A. Les méthodes de récolte des données

Les données exposées dans ce travail ont été récoltées de diverses façons en fonction du problème posé.

1. Les méthodes d'étude floristique

Les différentes prospections et les travaux de terrain entrepris depuis 1987 nous ont conduit à observer et à collectionner un très abondant matériel qui a fait l'objet de trois types d'identification.

- Sur pied

L'identification des arbres et des épiphytes vasculaires connus et banals s'est réalisée directement sur le terrain.

- Par comparaison

Il convient de noter que très peu d'espèces ont été identifiées par l'utilisation de cette méthode. Il s'agit essentiellement de quelques espèces du genre *Ficus*.
L'identification par comparaison n'est possible que s'il existe des herbaria disposant du matériel bien conservé et avec des identifications fiables. A cet effet les herbaria de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani et du Centre de Formation en Recherche et Conservation Forestière (CEFRECOF)/ Epulu (Ep) ont été consultés.

- Par l'utilisation des Flores disponibles

L'étude attentive des Flores s'est avérée indispensable cependant pour la confirmation définitive de ces déterminations.

Du fait aussi de la non représentation de certains taxons surtout de la famille des *Orchidaceae* dans les herbaria précités, nous nous sommes astreint à les déterminer au moyen de quelques Flores à notre possession et dans certains cas grâce à l'appui de quelques spécialistes qui ont vérifié nos identifications.

2. L'étude des arbres

Les épiphytes vasculaires étant par définition non autoportants, l'étude faite devait, pour mieux appréhender leur écologie, absolument prendre en compte les arbres porteurs.
Le choix des arbres étudiés s'est opéré de façon strictement aléatoire en fonction de l'homogénéité de la composition arborescente de chaque quartier.

Cependant, les arbres présentant un angle de moins de 45° par rapport à la verticale étaient écartés. Car ils sont susceptibles de porter plus d'épiphytes que d'ordinaire introduisant ainsi un biais dans les résultats (CATLING et LEFKOVITCH 1989 : 35). La circonférence des arbres (> 30 m) retenus est mesurée à 1,30 m de hauteur.
D'autres paramètres, en particulier structuraux, ont été notés pour chaque arbre. Ce sont les éléments suivants :

- la hauteur totale de l'arbre par estimation par plusieurs observations et par conversion de la circonférence en hauteur,
- la position et le nombre des branches maîtresses. Elle se détermine par l'angle qu'elles forment par rapport au tronc,
- la hauteur de ramification,
- le nombre de principales fourches,
- la position relative de l'arbre considéré,
- la forme du rhytidome,
- la densité du feuillage,
- le tempérament de l'espèce vis-à-vis de la lumière,
- sa phénologie,
- son statut dans la flore urbaine : plante relictuelle ou introduite.

3. Les observations sur les épiphytes vasculaires

Pour chaque espèce épiphyte vasculaire, outre son identification ou sa récolte, les caractères ci-après sont notés :

- L'abondance - dominance

Caractère analytique qualitatif de la végétation, elle exprime l'espace relatif occupé par l'ensemble des individus d'une espèce. Le coefficient proposé par BRAUN-BLANQUET est utilisé pour le traduire, les coefficients employés sont les suivants :

5 : l'espèce recouvre plus de 75% de la surface
4 : l'espèce occupe plus de 50 à 75% de la surface
3 : l'espace couvert par l'espèce est de plus de 25 à 50% de la surface
2 : l'espèce recouvre plus de 5 à 25% de la surface
1 : l'espèce occupe plus de 1 à 5 % de la surface
+ : individus de l'espèce rares, recouvrant moins de 1 % de la surface.

Les espèces ayant le coefficient le plus élevé sont dites dominantes.
Le recours à l'abondance - dominance plutôt qu'au comptage se justifie dans le cas des épiphytes vasculaires. Pour certaines espèces de ces plantes, il est difficile de déterminer avec précision les limites des individus (JOHANSSON 1974 : 71).

*** La strate ou région de fixation de l'épiphyte vasculaire**

Les palmiers, présentant des caractéristiques nettement différentes de celles des autres arbres, ont été traités séparément. Cela a permis de ce fait l'utilisation de la terminologie proposée par HALLE et OLDEMAN (1970) pour ces deux catégories d'arbres : arbres monocaules pour désigner les palmiers et arbres ramifiés pour les autres.
La catégorisation de différentes strates (régions) des arbres ramifiés et monocaules est faite suivant respectivement JOHANSSON (1974 : 69), TER STEEGE et CORNELISEN (1989 : 333) pour les premiers et VAN OYE (1924 : 494) pour les seconds (palmiers). Cette catégorisation est illustrée à la figure 4.1.

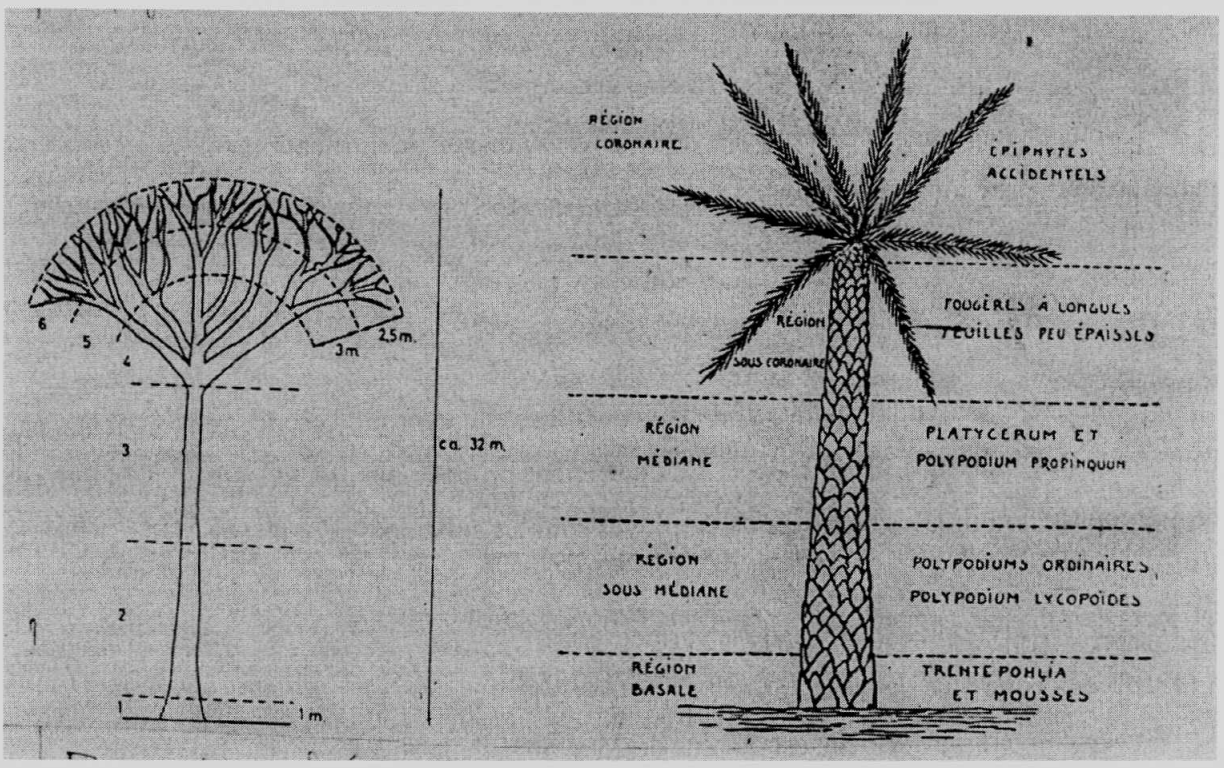


Fig. 4.1 : Schéma montrant les différentes strates (= régions) distinguées pour les arbres ramifiés et monocaules

* les 4 stades des arbres monocaules ont été définis en fonction de la présence et de la longueur des bases foliaires persistantes comme suit :

- stade 1 : bases foliaires persistantes longues,
- stade 2 : bases foliaires persistantes courtes
- stade 3 : présence de quelques bases foliaires plus réduites
- stade 4 : absence totale des bases foliaires

*** Le lieu de fixation des épiphytes vasculaires : fourches, branches, tronc, creux sur l'arbre.**

*** Les types d'épiphytes vasculaires**

L'épiphytisme se traduit par une diversité de formes rendant possibles certains regroupements. Ainsi, plusieurs classifications de ces plantes ont été proposées par divers auteurs.

La typologie adoptée dans ce travail combine plusieurs paramètres à savoir la nature et la durée de fixation sur le phorophyte (autonomie ou non par rapport au support et durée de celle-ci) d'une part et de l'autre l'adaptation à l'humidité atmosphérique.

Cette classification se fonde sur celle de LEBRUN (1937) améliorée par SCHNELL (1970). Elle distingue les catégories suivantes :

a. Les épiphytes authentiques ou stricts

Ce sont des épiphytes vasculaires qui demeurent toute leur vie indépendante du sol ; ils se nourrissent exclusivement de matières qu'ils trouvent à la surface du support. Se rangent dans cette catégorie :

(1) Les épiphytes mésophiles ou les mésophytes

Il s'agit des plantes épiphytes vasculaires caractérisées par leur amplitude (valence) écologique très large vis-à-vis de l'humidité atmosphérique (MEES 1960 : 85).
Elles sont soumises à des variations sensibles de l'humidité atmosphérique sans pour autant endurer de périodes de dessèchement prolongées (EVRARD 1968 : 68).

(2) Les épiphytes sclérophiles ou xérophytes

Entrent dans cette catégorie des espèces nettement héliophiles vivant dans une atmosphère quasi sèche et ayant développé, de façon plus manifeste que la catégorie précédente, des mécanismes adaptatifs à cet effet. Les plantes faisant partie de ce groupe sont par conséquent les plus exposées à des périodes prolongées de dessication (EVRARD 1968 : 68).

b. Les épiphytes semi-stricts ou préférentiels

Appartiennent à cette catégorie des épiphytes vasculaires exigeant une humidité atmosphérique élevée. Ces plantes sont aussi terrestres pour la plupart et transgressent sur les troncs d'arbres lorsque les conditions écologiques le permettent (MEES 1960 : 86). Il s'agit en général des épiphytes sciaphiles vivant dans des endroits ombragés ou à la base des troncs.

Faisons remarquer que les catégories ci-dessus sont à considérer dans leur relativité, c'est-à-dire les unes par rapport aux autres et non dans leur absolue pour laquelle le terme xérophile en milieu équatorial paraît sans aucun doute exagéré (TROCHAIN 1980) ; cette subdivision n'est donc que très générale (VAN OYE 1924 : 486).

c. Les hémi-épiphytes

Cette catégorie comprend des plantes sans contact avec le sol au début de leur vie mais qui l'établissent après (hémi-épiphytes primaires) ou qui rompent le contact avec le sol à la fin de leur vie (hémi-épiphytes secondaires) selon BENZING (1990 : 32) et WILLIAMS-LINERA & LAWTON (1995 : 256).

d. Les épiphytes accidentels ou occasionnels

Font partie de cette dernière catégorie des plantes normalement terrestres mais qui peuvent se développer sur les arbres. En général, elles n'atteignent pas leur maturité comme épiphyte (OLIVER 1930 : 6 ; BENZING 1990 : 32) et leur fréquence est assez faible.

*** Le mode d'ancrage**

La vie épiphytique dépend grandement de la réussite de l'ancrage sur les phorophytes. Pour se fixer et coloniser leurs hôtes, les épiphytes vasculaires ont développé divers dispositifs. Ces derniers sont les suivants :

- fixation par un rhizome plus ou moins long donnant naissance aux crampons ou aux racines adhésives,
- fixation par un rhizome court,
- fixation par des racines attaches,
- fixation par un système radiculaire très développé de racines adventives,
- fixation par des racines devenant plus tard étrangleuses.

*** Le mode de rétention de l'eau**

Le milieu ou la niche écologique occupé par les épiphytes vasculaires dispose de l'eau par intermittence.

Les épiphytes vasculaires doivent stocker de l'eau en quantité variable et dans divers organes suivant l'espèce.

Pour déterminer la quantité d'eau emmagasinée dans ces organes, le degré d'hydratation pour les principaux types épiphytiques reconnus a été calculé en pourcentage suivant la formule classique :

$$H\,(\%) = \frac{PF - PS}{PF}$$

où H = le taux d'hydratation

PF = le poids frais et PS = le poids sec

* La mesure des parties fixatrices et "aériennes" ou mieux non fixatrices en vue d'établir leur rapport. Ce qui rend possible l'appréciation de l'importance de l'allocation de biomasse à cette fonction essentielle. Une comparaison avec les types d'ancrage en ressortira.

b* Pour les arbres et les épiphytes vasculaires ont été aussi déterminés :

(i) Le type biologique

Il constitue l'expression de la vitalité et de l'efficience d'une espèce dans l'occupation et l'exploration des biotopes (GERMAIN et EVRARD 1956 : 52). La détermination des types biologiques était faite sur le terrain. La classification suivie est celle de RAUNKIAER adaptée aux régions tropicales par LEBRUN (1947).

Les types biologiques reconnus sont les suivants :

* Les phanérophytes : il s'agit des plantes ligneuses, arborescentes essentiellement, dont les bourgeons aériens se situent à plus de 40 cm du sol.
* Les chaméphytes : plantes à bourgeons aériens situés à moins de 40 cm du sol.
* Les hémicryptophytes : plantes à bourgeons persistants au niveau du sol.
* Les thérophytes : ce sont des plantes annuelles dépourvues de bourgeons persistants et à cycle végétatif court.

(ii) Distribution géographique

Elle se définit comme la répartition des espèces végétales selon leur provenance ou origine géographique, les plantes se développant dans une même contrée peuvent être chorologiquement différentes.

La détermination de la distribution géographique, essentiellement bibliographique, permettra d'évaluer le caractère guinéen ou non de la flore recensée. Les distributions suivantes ont été reconnues :

* espèces guinéennes,
* espèces afrotropicales,
* espèces paléotropicales,
* espèces pantropicales,
* espèces afro-malgaches.

(iii) Types de dissémination

Elément essentiel dans la vie d'un végétal, la dissémination joue un rôle primordial dans la survie et l'expansion d'une plante. Végétaux des milieux particuliers, il est indispensable de considérer les épiphytes vasculaires sous cet angle. Car ils doivent s'adapter à la vie aérienne ; ce qui suppose avant tout qu'ils ont développé des diaspores leur permettant d'atteindre la frondaison ou le tronc des arbres hôtes.

Par le terme diaspore (lancer autour étymologiquement), il faut entendre tout organe qui reproduit un autre individu et assure aussi la dissémination d'une espèce végétale.

La classification adoptée pour discriminer les types de diaspores des épiphytes vasculaires est celle de MOLINIER basée sur le mode et l'agent de dissémination de la diaspore. C'est donc une classification synécologique, naturelle qui ne préjuge pas de l'efficacité de la structure morphologique de la diaspore. Ce système repose uniquement sur la morphologie et le mode d'expulsion de la diaspore par la plante-mère. Ainsi, elle nécessite des observations sur le terrain. Les catégories distinguées sont :

(a) Anémochorie (An) : il s'agit des diaspores légères disséminées par le vent (Planeurs légers,Plg);
(b) Autochorie (Aut) : dissémination assurée par la projection de la diaspore par un mécanisme de déhiscence explosive. A ce type sont rattachés aussi les différents types de multiplication végétative (par rhizomes, bulbes ou stolons) ;
(c) Barochorie (Bar) : c'est le mécanisme de dissémination des diaspores lourdes assuré par la pesanteur ;
(d) Zoochorie (Zoo) : dissémination réalisée par les animaux qui transportent les fruits d'un lieu à un autre. C'est le cas notamment des Fourmis. Dans ce mode se démarque en particulier la Dyszoochorie (Dys).

B. Les méthodes employées dans l'analyse des données

Sont reprises ici dans les grandes lignes les procédures utilisées dans le traitement des données en vue de leur transformation en résultats, seule forme valable et convenable sur laquelle peuvent porter les interprétations.

1. L'analyse floristique

Une liste cumulative des différentes espèces arborescentes et des épiphytes vasculaires recensées dans les 6 communes de l'écosystème urbain de Kisangani est établie (annexe 3). Le regroupement des espèces en taxons supérieurs à partir de la famille se fait suivant le système de classification désormais quasi classique de CRONQUIST (1993) pour les Angiospermes. Pour les Ptéridophytes, c'est le système de PICHI SERMOLLI (1983) qui a été suivi.
Les autres paramètres qui en découlent n'ont fait l'objet que du calcul des pourcentages ou des rapports.

2. Données indirectement obtenues

Un certain nombre d'informations essentielles sont obtenues indirectement à partir des données primaires recueillies. Elles sont précisées dans les lignes qui suivent :

- Le rapport phorophytique qui se définit comme le rapport du nombre de phorophytes observés sur le nombre de phorophytes attendus. Il indique l'importance de phorophytes et donc représente la proportion des arbres porteurs d'épiphytes vasculaires. S'il est supérieur à 0 ce que les phorophytes observés dépassent en nombre ceux attendus.
- L'effort reproducteur qui se calcule à partir des données de biomasse des épiphytes vasculaires retenus comme représentant des groupes écologiques. Il se définit comme l'allocation de biomasse à la reproduction. Pratiquement, on le mesure en faisant le rapport entre le poids total des organes reproducteurs et le poids total des parties "aériennes" de la plante (tige + feuille).

Il faut rappeler que le groupe écologique est par définition, un ensemble d'espèces à affinités écologiques semblables, c'est-à-dire qui concordent approximativement dans leur compétition vis-à-vis des facteurs stationnels. C'est donc un groupe d'espèces indicatrices de certaines conditions du milieu.

- La diversité relative est un indice qui met en évidence les familles les plus diversifiées pour les épiphytes vasculaires. Cet indice se calcule par la formule suivante

$$\text{Diversité spécifique} = 100 \times \frac{\text{Nombre d'espèces de la famille}}{\text{Nombre total des espèces}}$$

- Autres données indirectes :

* les classes de distribution de la circonférence ;
* le nombre moyen d'épiphytes vasculaires par espèce arborescente ;
* le coefficient orchidologique : le rapport entre le nombre d'espèces des Orchidaceae sur le nombre total d'espèces épiphytes vasculaires ;
* la hauteur du houppier calculée en faisant la différence entre la hauteur totale et la hauteur du fût de l'arbre ;
* la surface du houppier calculée en considérant le houppier comme un cylindre. Ce calcul donne une surface théorique naturellement supérieure à la surface réelle ;

$$\frac{\text{surface x diamètre}}{3}$$

* le volume du houppier : il se calcule comme suit :
* la capacité du houppier d'une espèce (le produit du volume avec le coefficient de la densité du feuillage) est estimée de 1 à 10 ;
* l'indice pondéro-hydrique obtenu par plusieurs calculs à partir de l'hydratation de chaque organe des épiphytes vasculaires ;
* la fréquence spécifique qui correspond au nombre de fois qu'apparaît une espèce sur le nombre total ;
* la capacité phorophytique d'une espèce support : elle est la somme de la fréquence totale par région des épiphytes sur un arbre porteur ;
* le coefficient phorophytique ou le pouvoir total de porter les épiphytes vasculaires pour un arbre se calcule comme suit : (fréquence du porteur (%) + nombre moyen d'espèces épiphytes en % + capacité phorophytique en %) / 3.

Son échelle varie de 0 à 3 ;

* en additionnant le coefficient phorophytique et la compacité du houppier (en log), on obtient la réussite phorophytique d'une espèce arborescente.

3. Analyse statistique

Les données recueillies ont été traitées de deux façons : manuellement et à l'ordinateur. Du fait que ces informations à traiter sont en nombre considérable (matrice de 17.754 x 14), l'application de méthodes d'analyse des données s'est avérée impérieuse. Pour chaque type de données, la moyenne et l'écart-type ont été calculés.

Afin d'éviter la subjectivité dans l'interprétation des données sur les paramètres structuraux des arbres porteurs et non porteurs, certaines techniques statistiques ont été utilisées. En effet, pour les différentes comparaisons, du fait que les données analysées sont non paramétriques dans l'ensemble, le test de chi- carré a été employé. Nous avons en outre recouru à l'ANOVA et à la comparaison des groupes contrastés.

La mise au point du protocole de prise de données brutes ayant été progressive, les différentes catégories analysées n'ont pas les mêmes effectifs. Toutefois pour chaque paramètre considéré, un nombre important d'échantillons, conformément à la loi du grand nombre, exigence fondamentale en biologie végétale, a été analysé.
Les résultats de ces analyses sont présentés en détail dans les chapitres qui suivent. Les premiers résultats, exposés au chapitre 5, sont relatifs aux effectifs des phorophytes enregistrés.

5. LES EFFECTIFS PHOROPHYTIQUES

5.1. Introduction

Les épiphytes vasculaires étant liés à leurs porteurs, l'étude de l'épiphytisme doit prioritairement considérer les phorophytes. La première étape logique dans la compréhension des épiphytes vasculaires consiste donc à déterminer le mode de répartition tant horizontale que systématique que ces végétaux présentent.

Parce que cet aspect fondamental a été longtemps négligé par les auteurs qui ont étudié les épiphytes vasculaires, rares sont à ce jour les données disponibles sur les phorophytes.
Pour la mise en évidence de telles informations, la distribution des arbres porteurs d'épiphytes vasculaires dans l'écosystème urbain de Kisangani a été tentée. Elle a permis d'établir une esquisse globale de l'épiphytisme dans cette ville. Il est par conséquent question, dans ce chapitre, d'examiner les effectifs globaux des phorophytes et leur répartition par commune et par espèce. Mais le nombre de phorophytes ne ressort mieux que comparé à celui des non porteurs.
A cet effet, une distinction est faite entre les arbres des parcelles et ceux des avenues. Les catégories de base considérées restent, cependant, morphologiques : les arbres ramifiés et les arbres monocaules.

5.2 Les effectifs globaux des arbres ramifiés

Les effectifs des arbres ramifiés présentés ici proviennent de deux échantillons différents. Le premier porte sur 100 parcelles choisies au hasard dans chaque commune. Par contre, le nombre de parcelles du deuxième échantillon, le plus large, a été obtenu par extrapolation du nombre total d'individus recensés ; il couvre 229 parcelles par commune. La plupart des analyses faites ici se fondent sur le premier échantillon à cause de son caractère précis. Les résultats de ces échantillons sont résumés dans les tableaux 5.1 et 5.2.
L'examen de ces deux tableaux révèle que 37,60 % et 39,18 % du total des arbres ramifiés inventoriés portent les épiphytes vasculaires à Kisangani. Ce pourcentage varie cependant en fonction de la commune considérée.

La commune Makiso a le plus grand nombre d'arbres ramifiés, soit respectivement 31,69 % et 36,35 % de l'ensemble. Les pourcentages des phorophytes y atteignent 68,73 % et 63,97 %. Elle domine (tabl. 5.1), toutes les autres communes tant pour les arbres des parcelles que pour ceux des avenues.

D'une manière générale, on retiendra aussi à la lecture du tableau 5.1 que les arbres d'avenues sont plus colonisés par les épiphytes vasculaires que ceux des parcelles (X2 = 945,6806 DL = 1, est hautement significatif au seuil de 1 %). Les effectifs les plus faibles pour ces derniers sont réalisés dans les communes Lubunga (5,46 %) et Tshopo (4,20 %). Dans les parcelles, les arbres ramifiés porteurs d'épiphytes vasculaires sont en nombre inférieur à celui des non porteurs. La commune Makiso est la seule à avoir plus de phorophytes observés qu'attendus dans les parcelles.

Le rapport phorophytes non supports est supérieur à 1 pour les arbres ramifiés des avenues uniquement (Tshopo, Makiso et Lubunga). Son taux est particulièrement élevé dans la commune Makiso (6,74) suivi de celui de la commune Lubunga (4,59). Pour ces deux communes, ces arbres sont plus gros et vieux car datant de l'époque coloniale pour la plupart.

Pour les parcelles, ce rapport approche de 1 pour la seule commune Makiso (0,92). Ce qui montre qu'il y a beaucoup de phorophytes dans les parcelles de cette commune mais leur nombre n'excède pas celui des non porteurs.

Concernant l'indice phorophytique, qui traduit le rapport entre le nombre de phorophytes observés sur celui attendu, on remarque qu'il est supérieur à 1 pour les arbres ramifiés d'avenues et pour ceux des parcelles de la commune Makiso (1,28).

Il y a lieu de faire observer également que cet indice reste faible pour les arbres des avenues de Mangobo, la seule commune où il est inférieur à celui des parcelles de la Makiso (1,11 contre 1,28).

Cela se confirme d'ailleurs par le faible X2 (4,174 ; DL = 1) enregistré pour cette même catégorie. La différence observée entre les phorophytes et les non supports des avenues de cette commune serait faible.

Tableau 5.1 : Effectifs des arbres ramifiés de l'échantillon 1 par commune

Commune		Nombre				%		Rapport Phorophyte / non porteurs	Indice phorophytique	X^2	dl = 1
		Total	Phorophytes	Non porteurs	Porteurs attendus	Absolu	Phorophytes				
Kabondo	(1)	1275	215	1060	479	26,65	11,95	0,20	0,45	560,02	p < 0,000
Kisangani	(1)	660	35	625	248	13,8	1,95	0,06	0,14	527,42	p < 0,000
Lubunga	(1)	261	34	227	98	5,46	1,89	0,15	0,35	142,72	p < 0,000
	(2)	274	225	49	103	5,73	12,51	4,59	2,18	119,05	p < 0,000
Makiso	(1)	711	341	370	267	14,86	18,95	0,92	1,28	1,18	p = 0,28
	(2)	805	701	104	303	16,83	38,97	6,74	2,31	442,74	p < 0,000
Mangobo	(1)	351	93	258	132	7,34	5,17	0,36	0,70	77,56	p < 0,000
	(2)	162	68	94	61	3,39	3,78	0,72	1,11	4,17	p = 0,04
Tshopo	(1)	201	34	167	76	4,20	1,89	0,20	0,45	88,005	p < 0,000
	(2)	84	53	31	32	1,76	2,95	1,71	1,66	5,76	p = 0,0026
Total		4784	1799	2985	1799	100,02	100,01	0,60	1,00		

1 : Dans 100 parcelles $X^2 = 429,0031$ $X^2 = 1104,95$

2 : Dans les avenues $X^2 = 180,0763$ $X^2 = 446,31$

Tableau 5.2 : Effectifs des arbres ramifiés de l'échantillon 2 par commune

Commune	Nombre				%		Rapport Phorophyte	Indice	X^2	Dl = 1
	Total	Phorophytes	Non porteurs	Porteurs attendus	Absolu	Porophytes	/ non porteur	Phorophytique		
Kabondo	2406	482	1924	942	22,00	11,25	0,25	0,51	864,24	P < 0,000
Kisangani	1824	158	1666	715	16,68	3,69	0,09	0,22	1246,75	p < 0,000
Lubunga	1171	548	623	459	10,71	12,79	0,88	1,19	4,80	p < 0,028
Makiso	3975	2543	1432	1557	36,35	59,36	1,78	1,63	310,52	p < 0,000
Mangobo	916	321	595	359	8,38	7,49	0,54	0,89	81,96	p < 0,000
Tshopo	642	232	410	251	5,87	5,42	0,57	0,92	49,35	p < 0,000
Total	10934	4284	6650	4283	99,99	100,00	0,64	1,00	511,98	P < 0,000

$X^2 = 2146,138$

Les mêmes tendances générales observées se retrouvent en gros dans l'échantillon 2 (tabl. 5.2) où les données sont regroupées par commune sans qu'une distinction soit faite entre les avenues et les parcelles. Ces deux échantillons donc se ressemblent.

Dans le tableau 5.3 sont reprises les moyennes des arbres ramifiés par commune pour les deux échantillons. La lecture de ce tableau montre qu'il y a plus d'arbres ramifiés par parcelle à Kabondo (12,67 et 10,51). Suivent les communes Makiso (7,11 et 8,14) et Kisangani (6,60 et 7,97). Le chiffre de Kabondo semble plus élevé à cause sans doute du nombre d'individus de l'espèce Newbouldia laevis formant des haies vives dans certaines parcelles.

Tableau 5.3 : Nombre moyen d'arbres ramifiés par parcelle pour les deux échantillons

Communes	**Echantillon**	
	1	2
Kabondo	12,67	10,51
Kisangani	6,60	7,97
Lubunga	2,57	2,47
Makiso	7,11	8,14
Mangobo	3,51	4,00
Tshopo	2,01	2,80
Moyenne	5,75	5,98
Ecart-type	3,99	3,33

Le X^2 calculé (tabl. 5.1 et 5.2) pour l'ensemble des communes en vue de comparer les effectifs des phorophytes et des non supports montre qu'il est hautement significatif au seuil de 1 %. La distribution des épiphytes vasculaires sur les arbres à Kisangani apparaît donc non aléatoire. Elle serait fortement liée aux caractéristiques des arbres. Ce qui pousse à rejeter l'hypothèse centrale stipulant que la distribution des épiphytes à Kisangani serait faite de manière hasardeuse. Comment ces tendances générales observées en analysant les effectifs globaux des arbres ramifiés se traduisent-elles en considérant les espèces ?

5.3. Les effectifs des arbres ramifiés par espèce

Au total 31 espèces pour les parcelles et 25 pour les avenues ont été recensées. Elles peuvent être considérées comme étant les principaux phorophytes de Kisangani. Mise à part l'espèce Psidium guajava, ce sont d'une manière générale des arbres.
Ces arbres sont, en majorité, cultivés à l'exception de deux espèces spontanées (Ficus vallis - choudae et Albizia chinensis) inventoriées dans les parcelles de la commune Makiso.

Aussi bien pour les parcelles que pour les avenues, Mangifera indica domine en nombre d'individus dans toutes les communes à l'exception de celle de Mangobo pour les avenues où l'on note la nette prépondérance de Peltophorum pterocarpum (20,59 % contre 51,47).
Dans les tableaux 5.4 et 5.5 sont repris les résultats de l'analyse des effectifs par espèce des arbres ramifiés respectivement pour les parcelles et pour les avenues.

Les espèces les plus fréquentes dans les parcelles des 6 communes sont Mangifera indica (présence = 100 %), Spondias cytherea (Présence = 83,33 %), Persea americana (Présence = 66,67 %).
Deux espèces ont une présence moyenne ; il s'agit de Dacryodes edulis et Cassia siamea. Il est à noter que les deux espèces spontanées recensées dans la seule commune Makiso ont une très faible fréquence (16,67%).

Le pourcentage de Mangifera indica, la principale espèce, oscille entre 33,95 % (Kabondo) et 85,29 % (Tshopo). Son importance semble augmenter en raison inverse de la biodiversité des arbres recensés.
Le rapport phorophyte / non support varie de 0,23 (Kisangani) à 5,21 (Makiso). L'indice phorophytique montre que le nombre de phorophytes observés de Mangifera indica dépasse en général celui attendu. Cela suggère que Mangifera indica, outre sa fréquence et son abondance élevées, est l'arbre offrant des conditions idoines pour le développement des épiphytes vasculaires à Kisangani. Les autres espèces ont moins d'individus phorophytes.

Pour les avenues (tabl. 5.4), les espèces les plus abondantes sont dans l'ordre décroissant : Mangifera indica, Cassia siamea, Millettia laurentii, Peltophorum pterocarpum et Millettia versicolor.

Le rapport phorophytes sur non porteurs pour Mangifera indica varie de 0,34 (Mangobo) à 27,58 (Makiso) et à 50,50 (Lubunga). Il est à faire remarquer que ce rapport pour ces deux dernières communes indique toute l'importance de cette espèce dans les avenues. Son indice phorophytique reste dans l'ensemble à peine supérieur à 1 sauf pour la commune de Mangobo où il atteint 0,61.

Pour l'ensemble de la ville, on observe que 3 espèces possèdent le rapport phorophyte / non supports et l'indice phorophytique égale ou supérieur à 1 : Mangifera indica (2,38 et 1,11), Peltophorum pterocarpum et Spondias cytherea (1,00 pour les deux).

Les arbres ramifiés constitués par plusieurs axes (HALLE et OLDEMAN 1970 : 26) possèdent une structure nettement différente de celle des arbres non ramifiés ou monocaules. Cette différence morphologique influe-t-elle sur la capacité qu'ont ces catégories à porter les épiphytes vasculaires ? Autrement dit, les arbres monocaules présentent-ils un autre pattern, au point de vue des effectifs, dans leur colonisation par les épiphytes vasculaires que celui des arbres ramifiés ?

Pour répondre à cette question, une analyse des phorophytes des arbres monocaules à Kisangani est faite au point suivant.

Tableau 5.4 : Taux d'effectifs des principaux arbres des parcelles

N°	Espèces	Communes																	
		Makiso			Lubunga			Mangobo			Tshopo			Kabondo			Kisangani		
		%	R	I	%	R	I	%	R	I	%	R	I	%	R	I	%	R	I
1	*Mangifera indica*		5,21	1,76	82,35	0,46	2,33	78,49	0,90	1,78	85,29	0,47	1,93	33,95	1,11	3,17	62,86	0,23	3,67
2	*Persea americana*							4,30	0,19	0,57	5,88	0,11	0,50	7,44	0,14	0,73	2,86	0,02	0,50
3	*Syzygium cuminii*	7,33	0,66	0,83				3,23	0,06	0,21				2,79	0,10	0,50	11,43	0,06	1,00
4	*Spondias cytherea*	1,76	0,40	0,60				2,15	0,11	0,33	2,94			1,40	0,06	0,33	8,57	0,09	1,50
5	*Dacryodes edulis*							4,30	0,44	1,33	2,94	-	0,50				8,57	0,14	3,00
6	*Cassia siamea*	15,25	0,68	0,84	11,76	0,12	0,80	2,15	0,22	0,67									
7	*Terminalia catappa*	1,47	0,16	0,14							2,94	0,03	0,20	1,46	0,02	0,13			
8	*Newbouldia laevis*													32,09	0,32	1,44	2,86	0,02	0,33
9	*Acacia kirkii*													10,70	3,83	4,60			
10	*Millettia laurentii*	2,64	2,64	2,25										3,26	7,00	7,00			
11	*Myrianthus arboreus*													2,79	0,50	3,00			
12	*Psidium guajava*	0,29	0,03	0,06										1,40	0,06	0,33			
13	*Acacia auriculiformis*													1,40	0,00	1,50			
14	*Lagerstroemia speciosa*	0,59	-	2,00													2,86	0,00	0,14
15	*Flacourtia indica*				2,94	-	0,50												
16	*Terminalia chelubola*				2,94	0,00	0,50												
17	*Citrus limon*							2,15	0,11	0,33									
18	*Artocarpus incisa*	0,29	1,00	1,00				1,08	0,13	0,50									
19	*Annona muricata*							1,08	0,50	1,00									
20	*Hura crepitans*	3,23	0,92	1,00															
21	*Tectona grandis*	2,64	-	2,25															
22	*Callistemon speciosus*	2,35	-	2,00															
23	*Millettia versicolor*	1,47	1,00	1,00										1,40	0,17	1,00			
24	*Peltophorum pterocarpum*	2,05	-	2,33															
25	*Spondias mombini*	0,88	0,75	1,00															
26	*Ficus vallis-chondea*	1,76	3,00	1,50															
27	*Albizia chinensis*	1,47	-	2,50															
28	*Adenanthera pavonina*	1,47	-	2,50															
29	*Chamaecyparis piscifira*	0,59	0,50	0,67															
30	*Terminalia superba*	0,88	-	3,00															
31	*Averrhoa carambola*	0,59	0,50	0,67										1,61	0,02	0,11			

Tableau 5.5 : Données sur les effectifs des arbres ramifiés des avenues

N°	Espèces	Communes											
		Makiso			Lubunga			Mangobo			Tshopo		
		%	R	I	%	R	I	%	R	I	%	R	I
1	*Mangifera indica*	47,22	27,58	1,11	88,89	50,00	1,19	20,59	0,34	0,61	58,49	2,38	1,11
2	*Cassia siamea*	11,98	7,64	1,01				2,94	0,20	0,40	3,77	0,22	0,29
3	*Millettia versicolor*	2,43	3,40	0,89				4,41	-	3,00	11,32	-	1,50
4	*Milletia laurentii*	2,43	3,40	0,89				1,47	0,20	0,33			
5	*Acacia kirkii*	1,71	2,40	0,80				4,41	0,75	1,00			
6	*Syzygium cuminii*	1,14	2,00	0,80							1,89	0,33	0,33
7	*Peltophorum pterocarpum*	0,43	3,00	0,75				51,47	1,35	1,35	15,09	2,00	1,00
8	*Spondias cytherea*	0,43	3,00	0,75	0,44	0,50	0,50				1,89	1,00	1,00
9	*Terminalia catappa*	0,43	1,00	0,60							1,89	-	1,00
10	*Hura crepitans*	0,43	1,50	0,75				2,94	-	2,00			
11	*Plumeria acuminata*	0,57	4,00	1,00									
12	*Artocarpus incisa*		0,33	0,25	0,89	1,00	0,67						
13	*Hydnocarpus anthelmin.ticum*	2,59	-	1,13									
14	*Tectona grandis*	18,26	16,00	1,08									
15	*Spondias mombin*	2,85	10,00	1,05				4,41	-	3,00			
16	*Delonix regia*	1,71	3,00	0,86									
17	*Callistemon speciosus*	1,00	3,50	0,88									
18	*Newbouldia laevis*	1,00	1,75	0,70									
19	*Acacia auriculiformis*	0,71	0,83	0,50									
20	*Syzygium jambos*										3,77	-	2,00
21	*Jacaranda mimosifolia*										1,89	-	1,00
22	*Lagerstroemia speciosa*							7,35	1,25	1,25			
23	*Terminalia superba*				9,33	1,00	0,62						
24	*Flacourtia indica*				0,44	-	1,00						
25	*Albizia chinensis*	0,57	0,36	0,31									

5.4. Effectifs des arbres monocaules

L'analyse des effectifs des arbres monocaules suit la même structure que celle faite au point précédent. Seront ainsi examinés successivement les effectifs globaux et les effectifs par espèces.

5.4.1. Les effectifs globaux des arbres monocaules

Dans l'ensemble comme l'indique le tableau 5.6, les effectifs globaux des arbres monocaules sont particulièrement marqués par la prépondérance de la commune Makiso (42,68 %).
Celle-ci est accentuée du fait que c'est la seule commune ayant des arbres monocaules sur les bords des avenues, en l'occurrence au centre ville. Les arbres monocaules des avenues de la commune Makiso représentent 14,05 % de l'ensemble. Vient ensuite la commune Kabondo avec 27,11 % de l'effectif total. Les deux autres communes étudiées ont chacune moins de 16 % de l'ensemble.

Le pourcentage des phorophytes, comparé à celui des effectifs globaux, montre une augmentation pour 3 communes (Tshopo, Kisangani et Kabondo) et une diminution pour la commune Makiso. Cette décroissance apparaît nettement marquée pour les monocaules des avenues de 14,05 % à 6,58 %. En outre, en terme de pourcentage absolu des phorophytes dans chaque commune, celui-ci est très élevé (plus de 70 %) pour les 3 communes précitées. La commune Makiso a 59,69 % des phorophytes parmi les monocaules des parcelles et 30,07 % pour ceux des avenues. Ces valeurs relativement faibles indiquent que dans cette dernière commune les arbres monocaules sont plus vieux.

S'agissant du rapport phorophytes non supports, la séquence observée est la suivante : Kisangani > Kabondo > Tshopo > Makiso. En dépit de ce rapport supérieur à 1, l'indice phorophytique par contre n'atteint cette valeur que pour les communes Kisangani, Kabondo et Tshopo.

Tableau 5.6. : Effectifs globaux des arbres monocaules

Commune	Nombre				%		Rapport Phorophyte	Indice	X^2	dl = 1
	Total	Phorophytes	Non porteurs	Porteurs attendus	Absolu	Porophytes	(non porteurs)	phorophytique		
Kabondo (1)	552	411	141	354	27,11	31,45	2,91	1,16	132,07	p < 0,000
Kisangani (1)	324	247	77	208	15,91	18,90	3,21	1,19	89,80	p < 0,000
Makiso (1)	583	348	235	374	28,63	26,63	1,48	0,93	21,90	p < 0,000
(2)	286	86	200	184	14,05	6,58	0,43	0,47	45,44	p < 0,000
Tshopo (1)	291	215	76	187	14,29	16,45	2,83	1,15	66,40	p < 0,000
Total	2036	1307	729	1307	99,99	100,01	1,79	1,00	164,09	P < 0,000

(1) pour les parcelles $X^2 = 1104,95$ $p < 0,000$

(2) pour les avenues $X^2 = 363,5837$ $X^2 = 446,31$ $p < 0,000$

A la lumière de ce qui précède, il apparaît que l'effectif des arbres monocaules phorophytes est assez proche de celui qui est attendu. Pour l'ensemble, la comparaison de cet indice avec les valeurs du X2 confirme leur non liaison.
Il y a lieu de noter aussi les faibles valeurs (0,43 et 0,47) des arbres monocaules des avenues respectivement pour le rapport phorophytes non porteurs et l'indice phorophytique.

Les résultats du calcul du X2 mettent en évidence le caractère non aléatoire de la distribution des épiphytes vasculaires sur les arbres monocaules de Kisangani. La valeur pour l'ensemble atteint 363,5837, ce qui est hautement significatif au seuil de 1 %.
Quelles sont les informations fournies par l'analyse de chaque espèce ?

5.4.2. Répartition des arbres monocaules par espèces

Dans l'ensemble, s'obseve une nette dominance de l'espèce Elaeis guineensis (67,73 %) sur l'effectif total. Mais cette prépondérance du palmier à huile se manifeste uniquement pour les parcelles (74,51 %) et non pour les avenues où cette espèce ne comprend que 26. 22 % du total (tabl. 5.7).
Pour toutes les 4 communes étudiées, Elaeis guineensis domine également en nombre de phorophytes. Son rapport phorophytes / non supports varie de 2,18 (Makiso) à 13,20 (Tshopo). Le faible taux de la commune Makiso se justifie, une fois de plus, dans la mesure où existent dans cette commune de vieux palmiers à huile (stade 4 essentiellement) que des jeunes. Les épiphytes vasculaires se fixent préférentiellement sur les restes des bases foliaires chez Elaeis guineensis. Les vieux individus en étant dépourvus, on comprend aisément le faible pourcentage de phorophytes dans cette catégorie.

Les arbres monocaules des avenues, limités à la seule commune Makiso, sont dominés par Roystonia regia (46,85 %) et Sabal umbraculifera (19,23 %) en ce qui concerne les effectifs totaux. Cependant, l'espèce Elaeis guineensis y présente une dominance marquée pour les phorophytes (70,93 %). Roystonia regia qui vient en tête en nombre total ne participe plus que pour 25,58 % et Sabal umbraculifera pour seulement 1,16 % des phorophytes.

Tableau 5.7 : Répartition par espèce des monocaules

Espèces	Communes																				Total				
	Tshopo					Makiso					Kisangani					Kabondo									
A. Parcelles	NT	P	NP	R	I	NT	P	NP	R	I	NT	P	NP	R	I	NT	P	NP	R	I	NT	P	NP	R	I
1. *Elaeis guineensis*	145	132	13	13,20	1,23	451	309	142	2,18	1,37	263	238	25	9,52	1,19	445	349	96	3,64	1,05	1304	1028	276	3,72	1,23
2. *Cocos nucifera*	103	63	40	1,58	0,83	65	21	44	0,48	0,66	34	4	30	0,13	0,15	12	6	6	1,00	0,67	214	94	120	0,78	0,69
3. *Raphia gilletii*						1	0	1	0,00	0,00	24	5	19	0,26	0,28	88	49	39	1,26	0,74	113	54	59	0,92	0,74
4. *Ravenalla madagascariensis*	41	20	21	0,95	0,67	41	8	33	0,24	0,40											82	28	54	0,52	0,52
5. *Cycas circinalis*	2	0	2	0,00	0,00	8	5	3	1,67	1,25						4	4	0	-	1,33	14	9	5	1,80	1,00
6. *Roystonia regia*						13	3	10	0,30	0,43											13	3	10	0,30	0,38
7. *Areca catechu*											2	0	2	0,00	0,00	3	3	0	-	1,50	5	3	2	1,50	1,00
8. *Borassus aethiopum*						3	2	1	2,00	2,00	1	0	1	0,00	0,00						4	2	2	1,00	0,67
9. *Encephalartos lautentianus*						1	0	1	0,00	0,00											1	0	1	0,00	0,00
Sous-total$_1$	291	215	76	2,83	1,00	583	348	235	1,48	1,20	324	247	77	3,21	1,00	552	411	141	2,91	1,00	1750	1221	529	2,31	1,09
B. Avenues																									
1. *Roystonia regia*						134	22	112	0,20	0,33											134	22	112	0,20	0,26
2. *Elaeis guineensis*						75	61	14	4,36	1,65											75	61	14	4,36	1,27
3. *Sabal umbraculifera*						55	1	54	0,02	0,04											55	1	54	0,02	0,03
4. *Cocos nucifera*						21	1	20	0,05	0,09											21	1	20	0,05	0,08
5. *Borassus aethiopum*						1	1	0	-	1,00											1	1	0	-	1,00
Sous-total$_2$						286	86	200	0,43	0,60											286	86	200	0,43	0,47
TOTAL	291	215	76	2,83	1,00	869	434	435	1,00	1,00	324	247	77	3,21	1,00	552	411	141	2,91	1,00	2036	1307	729	1,79	1,00

NT = Nombre total ; P = Phorophytes ; NP = Non porteurs ; R = Rapport phorophytes/non porteurs ; I = Indice phorophytique

L'examen des données des parcelles reprises au tableau 5.7 fait ressortir dans l'ensemble que le rapport des phorophytes / non supports est de 2,31. Ce qui se traduit par deux arbres monocaules phorophytes pour un seul non porteur.
Mais ce rapport diffère grandement en fonction des espèces variant de 3,72 pour Elaeis guineensis à 0,30 pour Roystonia regia. Par ailleurs, le nombre de phorophytes attendus est en général inférieur à celui observé sauf pour Elaeis guineensis (1,23).
Les espèces Areca catechu et Cycas circinalis présentent l'indice phorophytique de 1, c'est-à-dire que le nombre de phorophytes observés équivaut à celui attendu.

En tenant compte de la distribution du rapport phorophytes / non supports par commune pour l'ensemble des espèces, on constate que c'est la commune Kisangani en présente la valeur la plus élevée (3,21). Elle est suivie des communes Kabondo (2,91) et Tshopo (2,83).
La plus faible valeur de ce rapport est enregistrée par la commune Makiso (1,48). Ce qui prouve, une fois encore, le faible nombre de phorophytes de cette commune due essentiellement à un effectif fort élevé des vieux arbres monocaules. Enfin, on note dans toutes les 4 communes, la prédominance de l'espèce Elaeis guineensis dans les parcelles. Mais celle-ci demeure plus prononcée pour les communes Tshopo (13,20) et Kisangani (9,52).

Pour les arbres monocaules des avenues, 5 espèces ont été répertoriées parmi lesquelles Elaeis guineensis domine en nombre de phorophytes. Son rapport phorophytes / non supports de 4,36 est à ce propos assez révélateur.
La valeur de ce rapport pour toutes les autres espèces reste inférieure à 1. Roystonia regia, en particulier, qui a le plus grand effectif total de cette catégorie de monocaules ne présente qu'un rapport de 0,20.

L'analyse globale faite ici a bien montré que les deux catégories d'arbres considérées n'ont pas le même pattern dans la colonisation de leurs individus par les épiphytes vasculaires. Pour confirmer cette affirmation, une étude comparée plus fouillée est nécessaire ; elle est faite au point suivant.

5.5. Comparaison des arbres ramifiés et des monocaules

Jusqu'à ce niveau, les effectifs des phorophytes des arbres ramifiés et monocaules ont été examinés séparément. La comparaison de leurs effectifs, qui n'est pas sans intérêt, aboutit à certaines informations saillantes résumées au tableau 5.8.

Tableau 5.8 : Comparaison des effectifs des arbres ramifiés et des monocaules

Paramètres	Arbres	
	ramifiés	Monocaules
% Phorophytes	37,60	64,19
Rapport phorophytes/non porteurs	0,60	1,79
Nombre moyen par parcelle	6	4
Espèce dominante	*Mangifera indica*	*Elaeis guineensis*
% espèce dominante	30,16	64,05
% espèce dominante parmi les phorophytes	67,43	92,02

Il apparaît au tableau 5.8 que les monocaules présentent un pourcentage élevé de phorophytes parmi lesquels l'espèce dominante occupe 92,02 %. Leur nombre, par contre, par parcelle est relativement inférieur à celui des arbres ramifiés. Il en ressort également que pour les deux catégories, la distribution des épiphytes vasculaires ne s'effectue pas de façon aléatoire.

La comparaison de ces deux catégories en utilisant le rapport arbres ramifiés sur monocaules montre que pour les communes, la valeur est supérieure à 1 pour Makiso et Kabondo. Les communes Tshopo et Mangobo ont des valeurs inférieures à 1 (respectivement 0,69 et 0,37). Pour ces communes, dans les parcelles, le nombre de phorophytes des arbres ramifiés est toujours inférieur à celui des arbres monocaules. Pour les avenues, la situation inverse s'observe dans la commune Makiso. On peut en conclure que cette commune a des vieux arbres ramifiés et monocaules le long des avenues, le rapport arbres ramifiés sur arbres monocaules phorophytes étant de 8,15.

5.6 Discussion

Compte tenu du manque de données bibliographiques relatives aux effectifs des phorophytes, la discussion faite ici sera sommaire. Cette absence d'informations sur les phorophytes est imputable à l'approche, essentiellement descriptive mettant l'accent sur les épiphytes vasculaires que sur leurs porteurs, suivie par de nombreux auteurs.

Le pourcentage de phorophytes obtenu dans ce travail, soit en moyenne 38,39 % et 64,19 % respectivement pour les arbres ramifiés et les arbres monocaules, paraît légèrement supérieur à celui des arbres forestiers. RICHARDS (1957 : 112-113) donne des valeurs de plusieurs biotopes forestiers ; en moyenne le taux de phorophytes est de 19,5 % d'après nos calculs. JOHANSSON (1974 : 59) trouve 52,1 % des phorophytes dans la forêt primaire et 14,8 % dans la forêt secondaire au Libéria (800 à plus de 1300 m d'altitude). Ce pourcentage plus élevé que tous les autres se justifie par l'altitude du territoire étudié par JOHANSSON (1974 : 7).
VAN OYE (1921 : 176) note en effet que « la flore épiphytique des troncs d'arbres diffère encore quantitativement et qualitativement d'après l'altitude ». Ce que confirment aussi les données recueillies dans les montagnes du Kivu et du Rwanda par BIEDINGER et FISHER (1996). MICHALOUD et MICHALOUD - PELLETIER (1987) au Parc national de Tai (Côte d'Ivoire) ont trouvé 20,6 % de l'effectif total des 160 espèces colonisées par les Ficus. MIGENIS et ACKERMAN (1993) étudiant les Orchidaceae dans les forêts inondées de Porto Rico ont inventorié 8,2 % de phorophytes.
Plus récemment, dans les forêts sur sols hydromorphes des environs de Kisangani, KATAOMBA (2001) a recensé 36,13 % de phorophytes. Ces données trop fragmentaires ne permettent nullement des comparaisons sérieuses.

Les résultats de ce travail montrent aussi que nonobstant les conditions d'éclairement suffisantes, tous les arbres ne sont pas colonisés par les épiphytes vasculaires à Kisangani. Ce qui confirme la pertinence de l'affirmation de RICHARDS (1957 : 112) qui écrit « It should be noted that even under favourable conditions only a small proportion of the trees in normal rain forest bear vascular epiphytes ». Comme pour les biotopes forestiers, l'analyse des phorophytes indique

la prédominance très manifeste du support arboré. Les phorophytes sont de ce fait principalement des arbres ; très peu d'arbustes portent des épiphytes vasculaires à Kisangani.

La comparaison des arbres ramifiés et des monocaules sous d'autres aspects aboutit aux mêmes conclusions que celles du point 5.5. Elle montre que chez les arbres monocaules, le pourcentage des phorophytes est nettement plus élevé que celui des non porteurs exception faite pour la commune Makiso. Cela s'explique par le vieillissement des arbres monocaules, en particulier ceux d'avenues. Par contre, pour les arbres ramifiés, la commune Makiso et à un moindre degré celle de Lubunga ont le pourcentage de phorophytes supérieur à celui des non porteurs. Pour les 4 communes pour lesquelles le rapport des pourcentages des arbres ramifiés sur celui des arbres monocaules a été calculé, il est supérieur à 1 pour la seule commune Makiso. En d'autres termes, dans cette commune les épiphytes sont plus portés par les arbres ramifiés que par les arbres monocaules. C'est plutôt l'inverse qui est observé pour les 3 autres communes. Leurs phorophytes sont observés plus chez les arbres monocaules en particulier l'espèce Elaeis guineensis.

Le phorophyte très prédominant à Kisangani parmi les arbres ramifiés est Mangifera indica. Aucune étude antérieure n'a mis en évidence l'importance de Mangifera indica comme phorophytes. C'est même l'inverse qui a été observé par JOHANSSON (1974 : 62) dans les villages du Liberia. Il note en effet que « the common mango tree ; Mangifera indica, has a very poor or non-existent epiphyte flora ». En revanche, le rôle de phorophyte dominant pour les arbres monocaules au Congo a été reconnu à Elaeis guineensis par VAN OYE (1924 :486) pour qui cette espèce prend la même place biologique que Arenga saccharifera aux Indes nerlandaises (Indonésie). Ce rôle a été indirectement déterminé par BEBWA et MANDANGO (1984). Le cas du palmier à huile, Elaeis guineensis, prouve à suffisance que les arbres monocaules peuvent compenser leur faible nombre d'axes par un nombre important de bases foliaires persistantes. La densité de ces dernières provient du nombre d'hélices foliaires (HALLE et OLDEMAN 1970 :15).

Certaines raisons justifient la supériorité numérique, en terme des espèces Mangifera indica et Elaeis guineensis. La préférence de Mangifera indica est due à ses caractéristiques suivantes : c'est un arbre fruitier produisant à certaines périodes de nombreux fruits, sempervirent, à croissance moyenne, forme un ombrage compact, choisi par le colonisateur. Elaeis guineensis possède parmi les arbres monocaules des propriétés similaires.

En plus, c'est une espèce guinéenne subpontanée fournissant de nombreux produits à multiples usages (utilisations).

Du fait que floristiquement pour les monocaules, il existe une différence entre les autres communes de la ville de Kisangani et celle de la Makiso, on peut valablement reconnaître deux groupes de communes. Le premier est constitué par la Makiso et le deuxième formé par les 5 autres Communes. La limitation du nombre de Communes étudiées dans ce travail ne préjudicie nullement la connaissance exacte des arbres monocaules de Kisangani.

5.7 Conclusion

Ce chapitre a montré que 38,39 % et 64,19 % des arbres ramifiés et des monocaules respectivement portent des épiphytes vasculaires à Kisangani. Du point de vue de la répartition systématique, il en ressort que deux espèces ont une place biologique primordiale.

Il s'agit de Mangifera indica pour les arbres ramifiés et de Elaeis guineensis pour les arbres monocaules. Il ressort sans ambiguité de l'étude des phorophytes qu'il y a une prédominance très manisfeste du support arboré. Les phorophytes sont essentiellement des arbres. Très peu d'arbustes portent des épiphytes vasculaires à Kisangani. La limitation de ceux-ci n'est pas due au critère de choix des espèces, à savoir la circonférence > 30 cm à 1,30 m2 du sol.

Le pourcentage des phorophytes chez les arbres monocaules est plus élevé que celui des arbres ramifiés bien que l'abondance de ces derniers soit légèrement supérieure. On constate en outre que l'espèce dominante chez les arbres monocaules monopolise pratiquement l'effectif des phorophytes (92,02 %).

Ainsi, en dépit de la disponibilité photique suffisante à Kisangani, la distribution des phorophytes n'est nullement aléatoire. Ce qui va à l'encontre des hypothèses et des théories déduites des données sur les forêts. On peut, sur cette base, penser qu'il y aurait préférence de certains arbres par rapport à d'autres dans leur colonisation par les épiphytes vasculaires. Toutes ces données autorisent le rejet de la première hypothèse centrale.

La recherche des paramètres explicatifs de la préférence de certains arbres fera l'objet du chapitre qui suit.

6. CARACTERISTIQUES DES PHOROPHYTES

6.1. Introduction

La distribution non aléatoire des effectifs phorophytiques mise en évidence au chapitre précédent a une implication fondamentale. Elle suggère, en effet, que certaines espèces de la flore urbaine de Kisangani offriraient, plus que d'autres, des conditions optimales au développement des épiphytes vasculaires. Ces espèces auraient par conséquent des caractéristiques propres ou des modalités de celles-ci qui ne se retrouvent nullement chez les arbres non supports. Ceci se justifie dans la mesure où pour les épiphytes vasculaires « The factors of the macro-habitat being equal, the cause of the differences liees in the factors of the micro-habitat » (BILLINGS et DREW 1938 : 325). Pour les épiphytes vasculaires, ce sont les arbres porteurs qui détermineraient les conditions microclimatiques. D'où l'intérêt patent d'identifier avec précision et d'examiner en détail les traits fondamentaux caractéristiques des phorophytes.

En outre, les propriétés communes aux phorophytes ne ressortent mieux que comparées à celles des arbres non porteurs d'épiphytes vasculaires. C'est ce qui justifie l'approche comparative retenue dans ce chapitre.

Les arbres monocaules, à cause sans nul doute du nombre réduit de leurs axes, ne montrent pas une forte gamme de caractéristiques. Aussi, l'accent sera-t-il mis sur celles des arbres ramifiés. Parmi ces dernières, seront distingués d'une part, les traits morphologiques dont seules les modalités différencient les phorophytes des non supports, et de l'autre, ceux qui sont spécifiques aux phorophytes (stratification, lieux de fixation des épiphytes vasculaires,...).
Enfin, une analyse, du reste sommaire, des caractéristiques des arbres monocaules sera faite.

6.2. Caractéristiques à modalités discriminantes

Parmi les caractéristiques à modalités discriminantes, il faut distinguer la circonférence, les hauteurs diverses, les nombres de ramifications et de fourches, les angles que forment les branches, le rapport circonférence-hauteur du fût et le rhytidome.

6.2.1. La circonférence

Critère sélectif important des arbres retenus (circonférence $\geq$ 30 cm, à 1,30 m du sol), l'analyse des données sur la circonférence des arbres ramifiés de Kisangani est faite en deux étapes principales : les moyennes et la répartition en classes. Les données moyennes sont présentées au tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Circonférences moyennes et écarts-types des arbres ramifiés de Kisangani.

Communes	Catégories	N	Moyenne	Ecart-type	t-Student
Kabondo	Porteurs	215	151,25	35,82	14,80***
	Non porteurs	1051	109,00	47,87	
	Ensemble	1266	116,18	48,69	
Kisangani	Porteurs	35625	174,92	42,55	16,59***
	Non porteurs	660	70,99	35,67	
	Ensemble	259	76,50	42,91	
Lubunga	Porteurs	259	332,52	52,49	34,92***
	Non porteurs	276	120,86	79,77	
	Ensemble	535	218,87	122,00	
Makiso	Porteurs	1042	374,95	451,21	8,45***
	Non porteurs	479	230,36	214,76	
	Ensemble	1521	329,69	398,50	
Mangobo	Porteurs	161	166,83	36,41	14,95***
	Non porteurs	352	113,91	38,90	
	Ensemble	513	130,52	45,34	
Tshopo	Porteurs	87	258,18	341,70	2,20***
	Non porteurs	190	203,86	42,84	
	Ensemble	277	241,59	286,66	
	Porteurs	1799	310,02	356,21	20,24***
Ensemble de la Ville	Non porteurs	2976	131,95	143,27	
	Ensemble	4775	199,03	260,82	

*** Très hautement significatif au seuil de $p < 0,01$

La lecture du tableau 6.1 révèle que les phorophytes ont en moyenne une plus grande circonférence que les non porteurs pour toutes les communes. Les résultats de l'application du test t de student sont très hautement significatifs. En d'autres termes, les différences des moyennes de circonférences observées entre les phorophytes et les non porteurs ne sont pas dues au hasard. Ainsi la circonférence permet de discriminer en gros les porteurs et les non porteurs. Mais c'est particulièrement au niveau de la commune Makiso que sont observées les plus grandes valeurs. Viennent ensuite les communes Tshopo et Lubunga. C'est dans ces trois communes qu'ont été inventoriés de nombreux spécimens de vieux arbres. Par contre, dans les communes Mangobo, Kabondo et Kisangani, les arbres encore jeunes ont de petites circonférences.

Toutefois à Mangobo, les arbres étudiés le long de quelques avenues sont autant grands que ceux d'autres communes.

Ces valeurs moyennes montrent des fortes variations que traduisent leurs écarts-types. Le coefficient de variation (rapport de l'écart-type sur la moyenne) atteint plus de 100 % pour les phorophytes des communes Makiso et Tshopo respectivement 120,34 % et 132,35 %. De telles variations n'ont pas été notées chez les arbres ne portant pas d'épiphytes vasculaires.
Elles seraient dues à la diversité des arbres porteurs appartenant du reste à plusieurs espèces ayant des dimensions et des âges nettement différents. Ces valeurs moyennes occultent en outre une répartition non homogène par classes. Il y a donc lieu d'examiner comment se répartissent les arbres ramifiés en fonction des classes de circonférence établies arbitrairement.

Au total, 6727 arbres ont été analysés du point de vue de la répartition de leurs circonférences en 4 classes (Tabl. 6.2). D'une manière générale, à la lumière de ce tableau, il apparaît nettement que le nombre de phorophytes augmente avec l'accroissement progressif de la circonférence. Cette tendance s'observe pour toutes les communes. En plus, le nombre de phorophytes est en relation inverse avec celui des arbres non porteurs : plus le nombre de phorophytes croît, plus marquée est la diminution du nombre des non porteurs (Fig. 6.1).

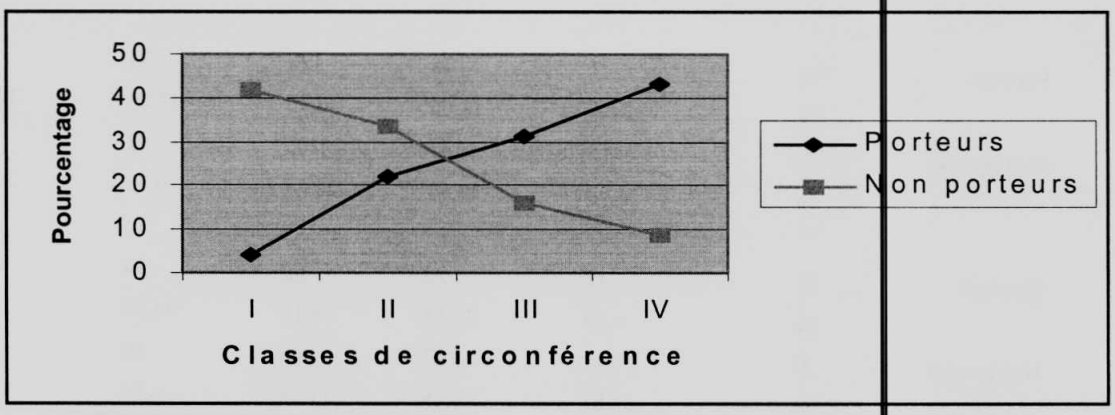


Fig. 6.1 : Evolution des porteurs et des non porteurs des arbres ramifiés en fonction des classes de circonférence.

Tableau 6.2 : Répartition des arbres ramifiés en classes de circonférence (en Cm).

Communes	Catégories		Classes de circonférences				Total
			30-90	91-150	150-200	>210	
Kabondo							
	Porteurs	N	11	59	83	72	225
		%	4,89	26,22	36,89	32,00	100,00
	Non porteurs	N	446	269	130	41	886
		%	50,34	30,36	14,67	4,63	100,00
Kisangani							
	Porteurs	N	6	53	85	22	166
		%	3,61	31,93	51,20	13,25	100,00
	Non porteurs	N	355	143	44	18	560
		%	63,39	25,54	7,86	3,21	100,00
Lubunga							
	Porteurs	N	4	24	37	169	234
		%	1,71	10,26	15,81	72,22	100,00
	Non porteurs	N	75	151	97	87	410
		%	18,29	36,83	23,66	21,22	100,00
Makiso							
	Porteurs	N	56	304	350	519	1229
		%	4,56	24,74	28,48	42,23	100,00
	Non porteurs	N	607	598	277	163	1645
		%	36,90	36,35	16,84	9,91	100,00
Mangobo							
	Porteurs	N	7	38	127	154	326
		%	2,15	11,66	38,96	47,24	100,00
	Non porteurs	N	116	167	105	42	430
		%	26,98	38,84	24,42	9,77	100,00
Tshopo							
	Porteurs	N	12	50	63	99	224
		%	5,36	22,32	28,13	44,20	100,00
	Non porteurs	N	211	117	45	19	392
		%	53,83	29,85	11,48	4,85	100,00
Ensemble de la ville							
	Porteurs	N	96	528	745	1035	2404
		%	3,99	21,96	30,99	43,05	100,00
	Non porteurs	N	1810	1445	698	370	4323
		%	41,87	33,43	16,15	8,56	100,00

La comparaison de la fluctuation des effectifs lors du passage d'une classe de circonférence à l'autre montre que la distribution n'est pas homogène. Le taux d'accroissement est très élevé de la première à la deuxième classe de l'ordre de 450,36 % dans l'ensemble. De la 2ème classe à la 3ème, il est de 41,12% et atteint 38,92 % pour le passage de la 3ème à la dernière classe pour les phorophytes. En revanche, comme on devait s'y attendre, la tendance inverse s'observe pour les non porteurs. Dans l'ensemble, lors du passage de la 1ère classe à la 2ème, les effectifs des arbres non porteurs connaissent une baisse de 20,17 %.

La diminution continue pour les deux autres passages de -51,70 % et -46,99 %. Le rapport de l'effectif phorophytique sur celui des non porteurs montre une progression quasi exponentielle de 0,05 à 2,80 (0,50-0,37, -1,07-2,80). Ce rapport évolue de façon particulière : dans les 2 premières classes il est inférieur à 1 et dans les deux dernières, il devient supérieur à 1. Ce qui nous autorise à regrouper ces classes deux à deux.

L'agrégation des pourcentages de ces 4 classes en deux principales, tel qu'il ressort de l'examen du tableau 6.3, traduit encore mieux ces tendances générales esquissées.

Tableau 6.3 : Le groupement des % des classes de circonférence en deux principales classes.

Communes	Porteurs		Non porteurs	
	A	B	A	B
Kabondo	31,11	68,89	80,70	19,30
Kisangani	35,54	64,46	88,93	11,07
Lubunga	11,97	88,03	55,12	44,88
Makiso	29,30	70,70	73,25	26,75
Mangobo	13,81	86,19	65,82	34,18
Tshopo	27,68	72,42	83,68	16,32
Ensemble de la ville	25,95	70,05	75,30	24,70

La classe B est 2,85 fois plus importante que celle des arbres à petite circonférence (≤ 150 cm = classe A) pour les phorophytes. Par contre, elle est 3, 05 fois moins représentée que la classe A pour les non porteurs.

Les pourcentages des porteurs sont en général supérieurs à 70 % pour la classe B exception faite pour deux communes (Kabondo et Kisangani) où l'on dénombre de très nombreux arbres à faible circonférence. Ce qui confirme les données des moyennes de circonférence reprises au tableau 6.1.

Une analyse similaire faite pour l'espèce dominante *Mangifera indica* peut aussi être d'un grand intérêt. Elle pourrait confirmer les tendances générales décrites, voire les renforcer. Les données qui en ressortent sont présentées au tableau 6.4.

Tableau 6.4 : Répartition des classes de circonférence pour *Mangifera indica*

Communes		Classes de circonférence				Total
Catégories		30-90	91-150	150-200	>210	
Kabondo						
Porteurs	N	0	13	40	54	107
	%	0,00	12,15	37,38	50,47	100,00
Non porteurs	N	41	55	67	26	189
	%	21,69	29,10	35,45	13,76	100,00
Kisangani						
Porteurs	N	0	17	40	12	69
	%	0,00	24,64	57,97	17,39	100,00
Non porteurs	N	49	70	34	15	168
	%	29,17	41,67	20,24	8,93	100,00
Lubunga						
Porteurs	N	1	5	19	145	170
	%	0,59	2,94	11,18	85,29	100,00
Non porteurs	N	6	27	57	32	122
	%	4,92	22,13	46,72	26,23	100,00
Makiso						
Porteurs	N	4	18	164	351	537
	%	0,74	3,35	30,54	65,36	100,00
Non porteurs	N	51	102	66	36	255
	%	20,00	40,00	25,88	14,12	100,00
Mangobo						
Porteurs	N	0	20	46	37	103
	%	0,00	19,42	44,66	35,92	100,00
Non porteurs	N	4	32	82	41	159
	%	2,52	20,13	51,57	25,79	100,00
Tshopo						
Porteurs	N	0	17	33	78	128
	%	0,00	13,28	25,78	60,94	100,00
Non porteurs	N	25	28	26	15	94
	%	26,60	29,79	27,66	15,96	100,00
Ensemble de la ville						
Porteurs	N	5	90	342	677	1114
	%	0,43	7,83	29,74	58,89	100,00
Non porteurs	N	176	314	332	165	987
	%	17,83	31,81	33,64	16,72	100,00

Mangifera indica, comme le démontre bien ce tableau, a peu de phorophytes compris dans les classes de 30-90 et de 91-150 cm de circonférence. Par contre, dans les deux classes à circonférence supérieure à 150 cm, le nombre de phorophytes de cette espèce est très élevé, atteignant dans l'ensemble 91,74 %.

Pour la commune Makiso en particulier, le pourcentage de ces deux classes (de 151 - 210 et > 210 cm de circonférence) mises ensemble s'élève à 95,90 %. Pour toutes les autres communes, il est supérieur à 80 % à l'exception de la commune Tshopo (75,36 %). Ces divers pourcentages, particulièrement élevés, confirment la dominance de *Mangifera indica* parmi les phorophytes des arbres ramifiés de Kisangani. C'est sans conteste, parmi les arbres ramifiés de cette ville, le support prédominant des épiphytes vasculaires.

Dans le tableau 6.5, les données relatives à la répartition des classes de circonférence de *Mangifera indica* sont regroupées en vue de mieux faire ressortir les tendances faiblement mises en évidence par le tableau 6.4.

Tableau 6.5 : Pourcentages des classes regroupés de l'espèce *Mangifera indica*

Communes	**% des classes regroupées**			
	Porteurs		Non porteurs	
	A	B	A	B
Kabondo	12,15	87,85	50,79	49,21
Kisangani	24,64	75,36	70,84	29,17
Lubunga	3,53	96,47	27,05	72,95
Makiso	4,09	95,60	60,00	40,00
Mangobo	19,42	80,58	22,65	77,36
Tshopo	13,28	86,72	56,39	43,62
Ensemble de la ville	8,26	91,74	49,64	50,36

Les renseignements fournis par le tableau 6.5 concordent avec les tendances générales déjà mises en relief. Bien plus, ces tendances sont davantage renforcées pour l'espèce dominante des arbres ramifiés qu'est *Mangifera indica*. Ainsi chez les porteurs, la classe A n'a plus que 8,26 % et la classe B atteint 91,74 % pour l'ensemble de la ville. Chez *Mangifera indica* donc, les phorophytes dominent dans les classes à circonférence supérieure à 150 cm. Très peu d'arbres de faible circonférence portent des épiphytes vasculaires.

Les données des autres espèces sont résumées dans les figures 6.2 (a, b, c, d, e).

L'examen des courbes de distribution des classes de circonférence aboutit en gros à la différenciation de 4 groupes suivants :

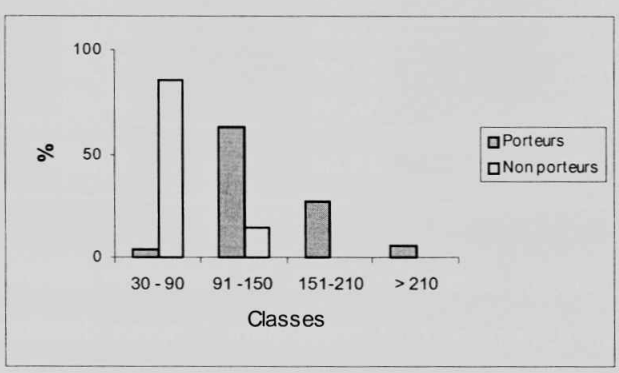
1) Espèces à classes de circonférence montrant un étalement complet ; toutes les 4 classes de circonférence ont des représentants. C'est le groupe qui a le plus d'espèces : *Millettia versicolor*, *Ficus vallis-choudae*, *Syzygium cuminii*, *S. guineense*, *S. jambos*, *Adenanthera pavonina*, *Persea americana*, *Cassia siamea*, *Hura crepitans*, *Terminalia catappa*, *Spondias cytherea*.

2) Espèces dont les classes de circonférence sont limitées aux deux premières. Il s'agit des espèces : *Hydnocarpus anthelminticum*, *Newbouldia laevis*, *Citrus limon*, *Psidium guajava*, *Plumeria rubra* et *P.acuminata*.

3) Espèces à circonférences concentrées dans les deux dernières classes de circonférence. Il s'agit des espèces : *Spondias mombin*, *Peltophorum pterocarpum* et *Terminalia superba*.

4) Espèces caractérisées par la circonférence comprise dans les deux classes intermédiaires. Ce groupe est constitué des espèces dont *Callistemon speciosus* est le type.

Tectona grandis



Hydnocarpus anthelminticum

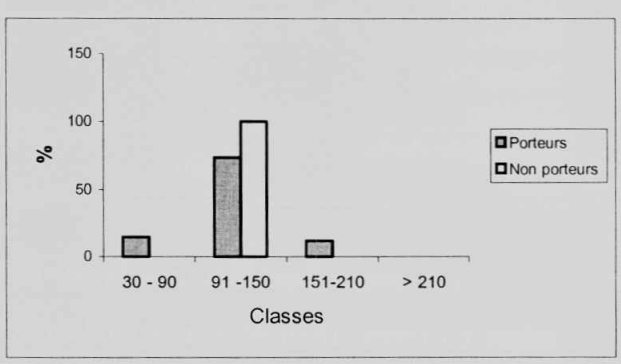
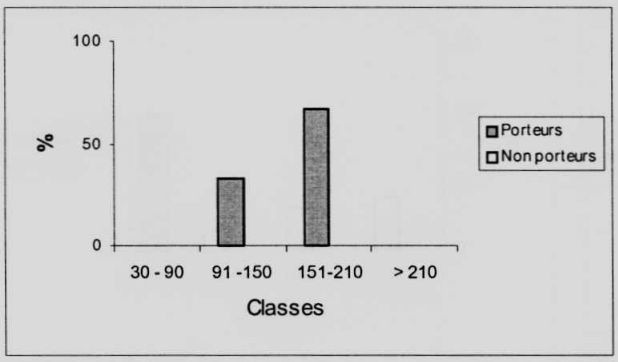
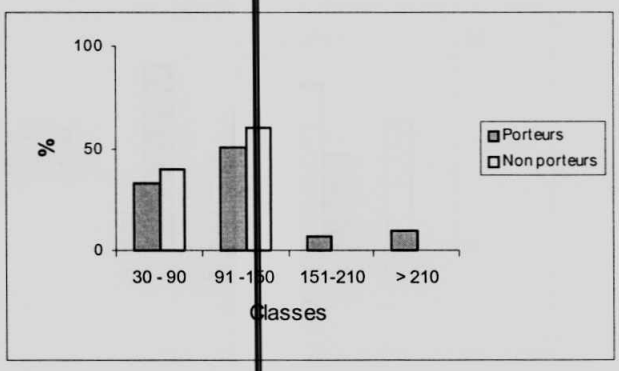


Fig. 6.2 a

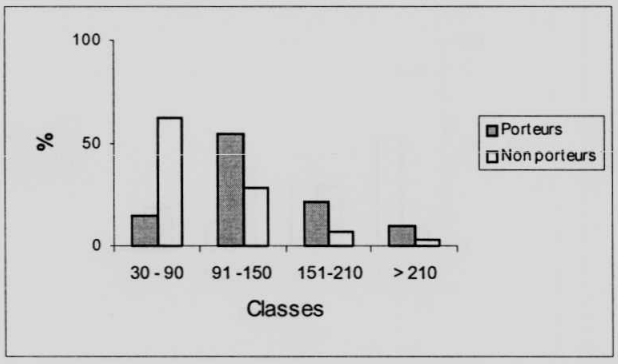
Callistemon speciosus



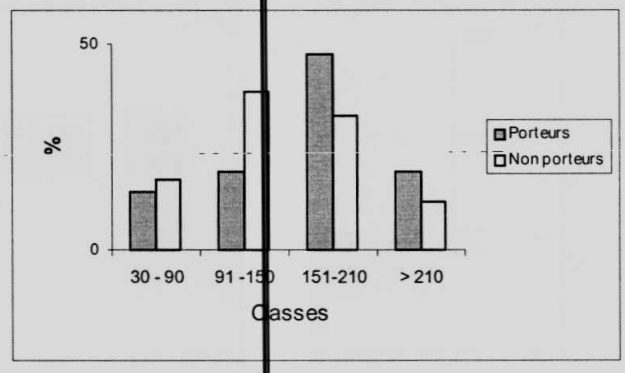
Millettia versicolor



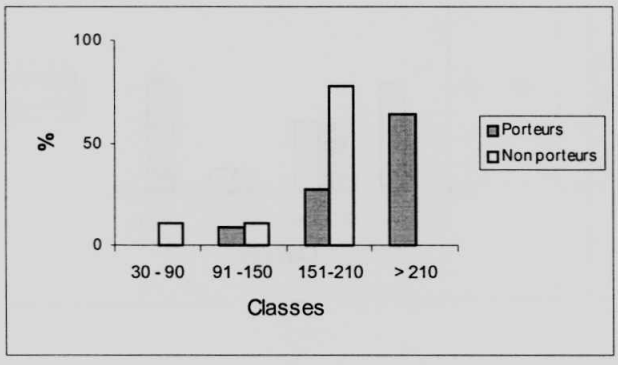
Persea americana



Spondias cytherea



Spondias mombin



Syzygium cuminii

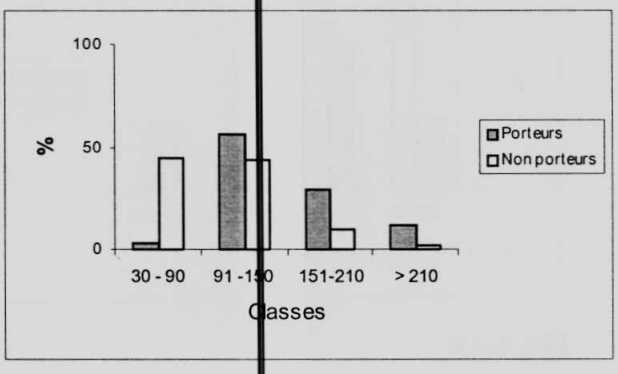
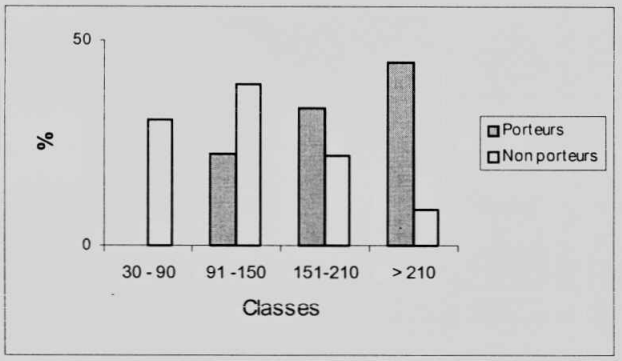
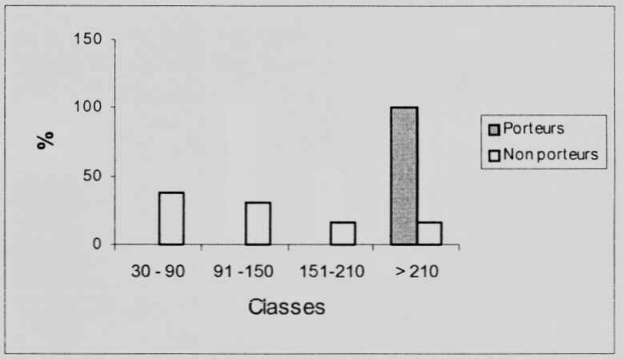


Fig. 6.2 b

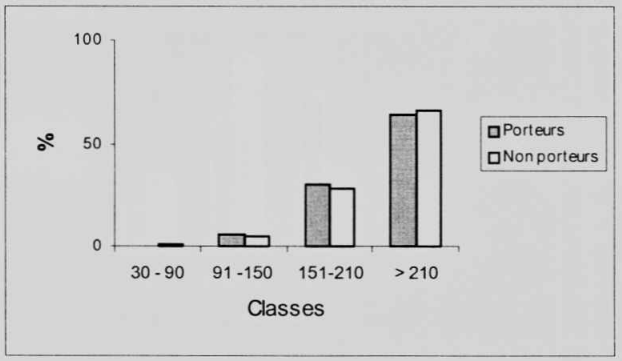
Syzygium guineense



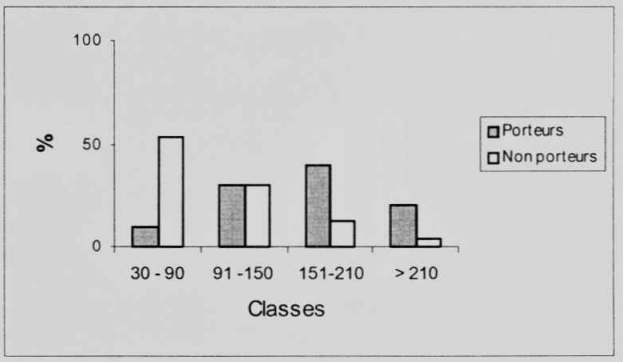
Syzygium jambos



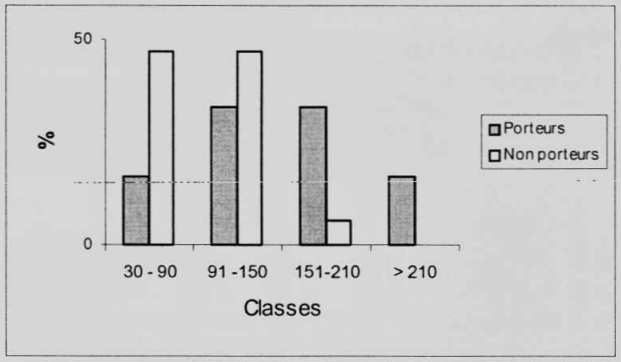
Peltophorum pterocarpum



Artocarpus incisa



Dacryodes edulis



Ficus vallis-choudae

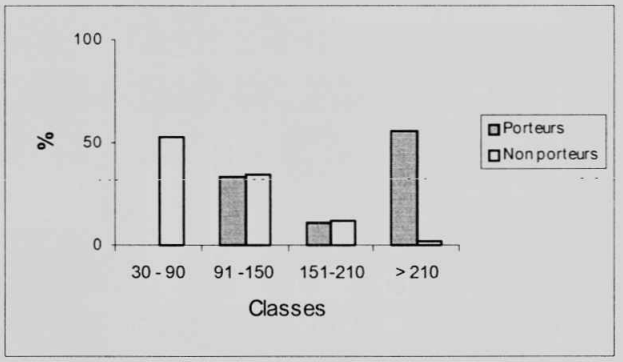
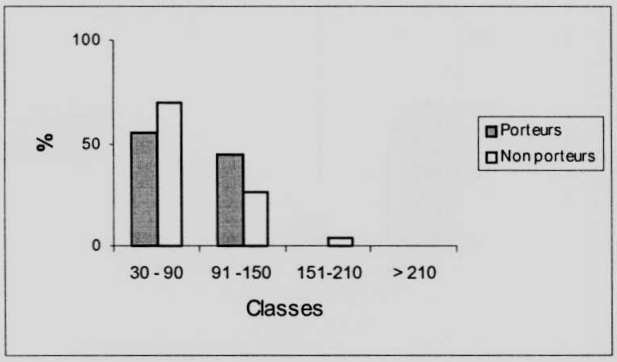
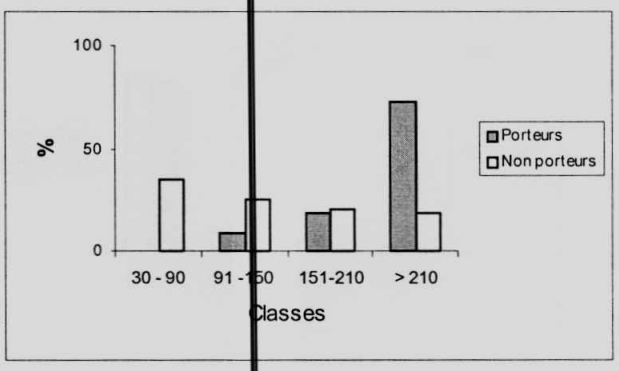


Fig. 6.2 c

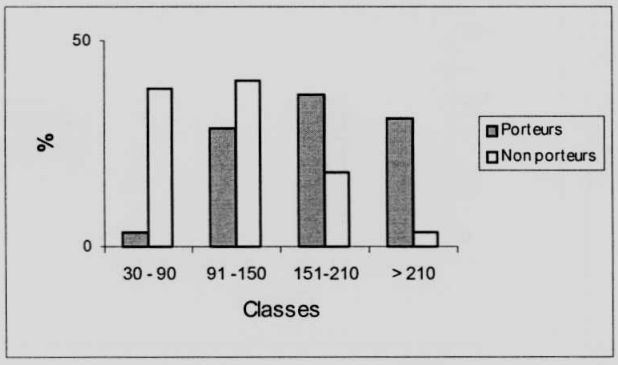
Newbouldia laevis



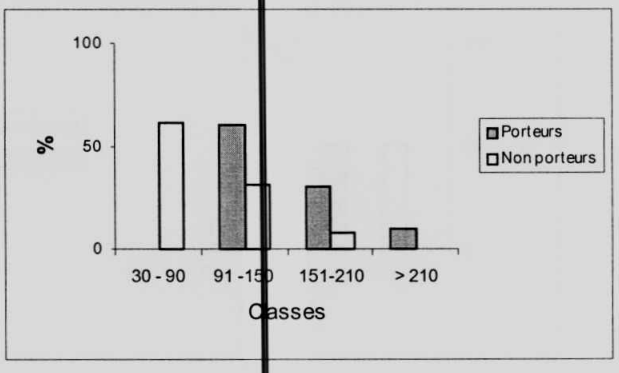
Hura crepitans



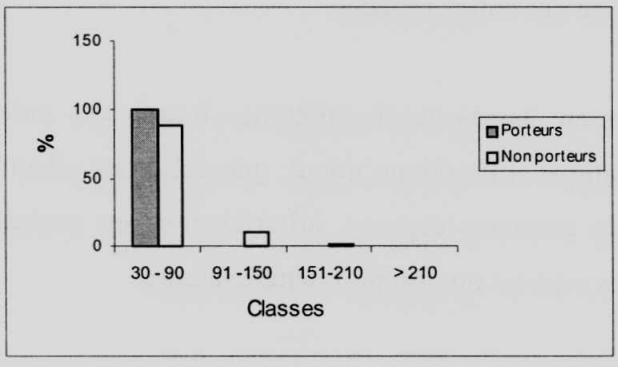
Cassia siamea



Adenanthera pavonina



Citrus limon



Terminalia catappa

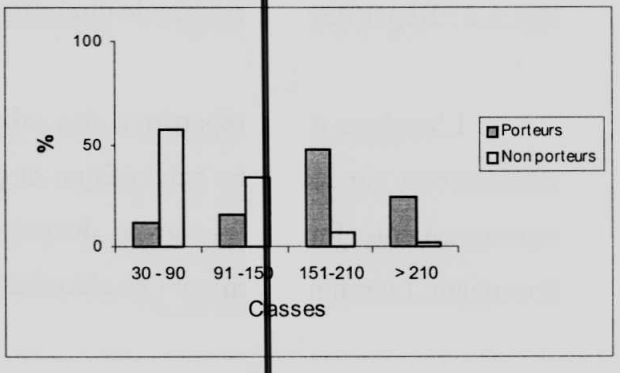
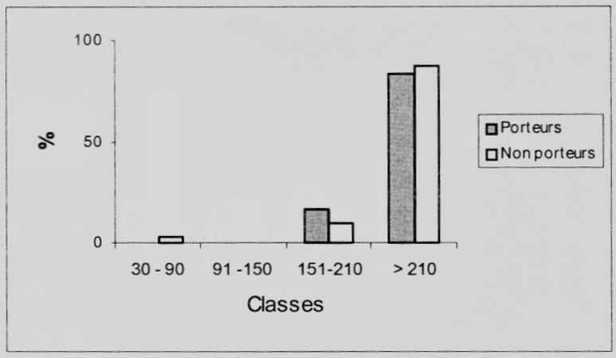
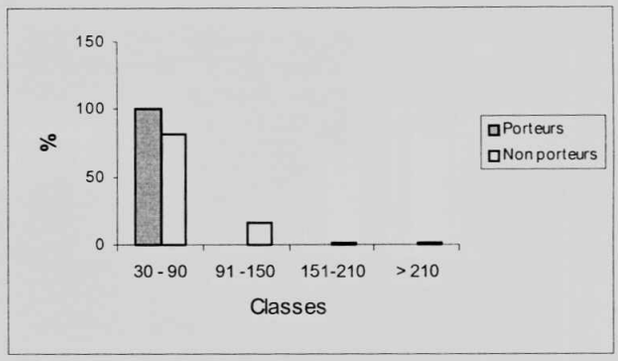


Fig. 6.2 d

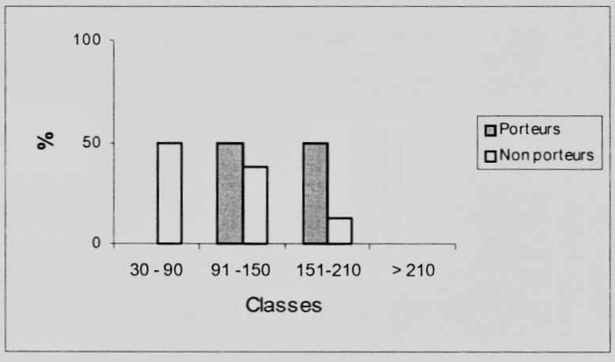
Terminalia superba



Pisidium guajava



Plumeria acuminata



Plumeria rubra

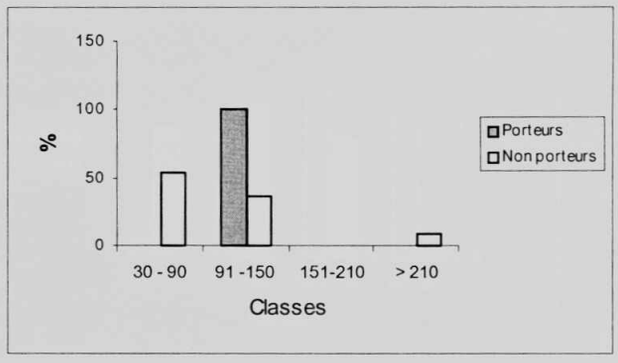


Fig. 6.2 e

Fig. 6.2 : Répartition en classes de circonférence des autres espèces.

L'analyse de la répartition des arbres en classes de circonférence fournit des indications intéressantes sur les plans scientifique et pratique. Elle donne mieux que celle des effectifs, des renseignements fort utiles sur le devenir de certaines espèces, arborescentes en particulier, à Kisangani. Le renouvellement des effectifs des espèces du groupe 1 semble assuré.

Les espèces du groupe 2 sont des petits arbres et surtout des arbustes. Parmi ces espèces, *Hydnocarpus anthelminticum* n'est plus cultivé. Il en est de même pour les arbres du groupe 3. Le renouvellement de ces arbres n'est donc pas bien garanti. Ils sont appelés à disparaître ou tout au moins à connaître une réduction importante de leurs effectifs dans un avenir proche.

D'une manière générale, l'allure de ces courbes établit que les porteurs se situent dans les classes de circonférence plus grande. Ceci confirme, une fois de plus, les résultats précédents relatifs à la répartition en classes de circonférence des arbres de Kisangani.

6.2.2 Les hauteurs

Deux types de hauteurs ont été analysés. Il s'agit de la hauteur totale et de la hauteur de ramification aussi appelée hauteur du fût.

1. La hauteur totale

La hauteur totale des arbres ramifiés, à cause de son énorme variation, a nécessité sa répartition en un grand nombre de classes déterminées arbitrairement.
Dans l'ensemble, les classes à hauteur élevée dominent. Ce qui s'explique aisément du fait que le critère retenu dans le choix des plantes à étudier, à savoir la circonférence à 1,30 m supérieure ou égale à 30 cm, élimine les arbres de faible hauteur particulièrement les arbustes.

Ainsi, la classe de 2 à 4 m ne représente que 1,59 % de l'échantillon analysé contre respectivement 33,02 % et 36,64 % pour les deux dernières classes (14 - 16 et > 16 m). Par ailleurs, la comparaison sommaire de la hauteur des phorophytes et des non supports fait clairement apparaître que les premiers ont globalement des hauteurs plus élevées.
La hauteur étant corrélée à la circonférence, ce résultat semble logique et est en accord avec celui obtenu pour la circonférence.
Les phorophytes de l'écosystème urbain de Kisangani se recrutent essentiellement dans les classes à grosse circonférence, celles-ci étant en général de hauteurs plus élevées que les autres.

Le tableau 6.6 résume toutes les données sur la hauteur totale des arbres ramifiés de Kisangani.

Globalement, les arbres les plus élevés sont ceux des avenues tels que : *Mangifera indica*, *Tectona grandis* et *Peltophorum pterocarpum*. Il faut relever que le pied le plus élancé appartient à l'espèce *Milicia excelsa* inventoriée dans une parcelle de la commune Makiso.

Tableau 6.6 : La répartition des arbres ramifiés de Kisangani en classes de hauteur totale (m)

Communes		Classes de hauteur								
		2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	> 16	Total
Kabondo										
Porteurs	N	3	5	18	31	38	37	44	46	222
	%	1,35	2,25	8,11	13,96	17,12	16,67	19,82	20,72	100,00
Non porteurs	N	14	85	167	143	190	146	86	68	899
	%	1,56	9,45	18,58	15,91	21,13	16,24	9,57	7,56	100,00
Kisangani										
Porteurs	N	1	10	38	32	51	35	2	2	171
	%	0,58	5,58	22,22	18,71	29,82	20,47	1,17	1,17	99,99
Non porteurs	N	9	113	490	126	91	24	0	0	859
	%	1,61	20,21	33,99	22,54	16,28	4,49	1,07	0,00	99,99
Lubunga										
Porteurs	N	0	2	4	1	10	10	34	173	234
	%	0,00	0,85	1,71	0,43	4,27	4,27	14,53	73,93	99,99
Non porteurs	N	0	6	39	15	44	50	100	157	411
	%	0,00	1,46	9,94	3,65	10,71	12,17	24,33	38,20	100,01
Makiso										
Porteurs	N	7	10	66	245	187	240	243	207	1 205
	%	0,58	0,83	5,48	20,33	15,52	19,92	20,17	17,18	100,01
Non porteurs	N	21	175	274	344	174	233	167	97	1 485
	%	1,41	11,78	18,45	23,16	11,72	15,69	11,25	6,53	99,99
Mangobo										
Porteurs	N	2	2	12	29	45	56	64	85	295
	%	0,68	0,68	4,07	9,83	15,25	18,98	21,69	28,81	99,99
Non porteurs	N	0	3	23	30	51	96	143	158	504
	%	0,00	0,60	4,56	5,95	10,12	19,05	28,37	31,35	100,00
Tshopo										
Porteurs	N	0	0	6	8	23	43	75	64	219
	%	0,00	0,00	2,74	3,65	10,50	19,63	34,25	29,22	99,99
Non porteurs	N	0	5	51	54	116	70	65	32	393
	%	0,00	1,27	12,98	13,74	29,52	17,81	16,54	8,14	100,00
Ensemble ville										
Porteurs	N	13	29	144	346	354	421	462	577	2 346
	%	0,55	1,24	6,14	14,75	15,09	17,75	19,69	24,60	100,01
Non porteurs	N	44	387	1044	712	666	619	567	512	4 551
	%	0,97	8,50	22,94	15,64	14,63	13,60	12,46	11,25	99,99

1. La hauteur de ramification

A l'opposé des arbres forestiers, la hauteur de ramification des arbres ramifiés de la ville de Kisangani tel qu'il ressort du tableau 6.7 est particulière. Leur ramification se faisant tôt, ces arbres apparaissent courtement branchus.

Dans l'ensemble, la hauteur du fût est en moyenne inférieure à 2 m et celle des phorophytes supérieure à la hauteur de ramification des non porteurs. Mais en considérant les communes, on s'aperçoit vite que la différence n'est pas évidente et que pour la majorité de celles-ci ce sont au contraire les arbres non porteurs qui ont une hauteur du fût légèrement plus grande.

Tableau 6.7 : La hauteur moyenne de ramification (cm) des arbres ramifiés de Kisangani

Communes	Catégories	N	Moyennes	Ecart-type	Moyenne et écarts-type() ensemble	t-student
Kabondo	Porteurs	215	148,05	39,97	149,85	-0,59NS
	Non porteurs	1051	150,20	77,55	(72,55)	
Kisangani	Porteurs	35	74,94	25,70	66,54	2,22 S
	Non porteurs	625	66,07	22,89	(23,11)	
Lubunga	Porteurs	259	109,85	74,58	116,50	-1,57 NS
	Non porteurs	276	122,73	112,09	(95,91)	
Makiso	Porteurs	1042	191,35	130,24	214,80	2,47 S
	Non porteurs	479	266,35	158,76	(143,99)	
Mangobo	Porteurs	161	127,58	59,53	139,03	-3,07 HS
	Non porteurs	352	144,27	51,42	(54,59)	
Tshopo	Porteurs	87	70,37	49,34	100,81	-4,50 THS
	Non porteurs	190	114,18	84,65	(78,21)	
Ensemble de la ville	Porteurs	1799	160,62	113,25	151,12	10,96 THS
	Non porteurs	2976	145,39	109,37	(111,08)	

Les phorophytes de la commune Makiso présentent, en moyenne, la hauteur du fût la plus élevée approchant à peu près 2 m. Ayant la plus grosse circonférence, il y a lieu d'inférer que leurs branches sont les plus grosses et que le niveau de ramification, avec la croissance de l'arbre, subirait des variations temporaires très minimes.

Deux espèces ont un fût se ramifiant à plus de 5 m en moyenne : *Terminalia catappa* et *T. superba* surtout. Ce qui indiquerait que la hauteur de ramification, tout en dépendant des facteurs du milieu, varie en fonction de l'espèce. Toutefois les données recueillies prouvent que dans l'écosystème urbain de Kisangani la hauteur du fût des arbres est très réduite.

6.2.3. Nombre d'éléments

Deux éléments pouvant avoir un impact sur la colonisation des arbres ramifiés par les épiphytes vasculaires ont été étudiés. Les paramètres considérés dans cette rubrique sont le nombre de ramifications et le nombre de fourches. Ces deux éléments déterminent l'architecture générale des arbres ramifiés à Kisangani.

1) Le nombre de ramifications

La brève analyse faite ici se fonde sur les données reprises au tableau 6.8. pour lequel les effectifs sont les mêmes que ceux du tableau 6.7.

Le nombre moyen pour l'ensemble de la ville est de 2,11 et les porteurs ont en moyenne deux principales ramifications. Le tronc se subdivise donc en deux branches de grosses dimensions. Chez les non supports, par contre, la moyenne atteint 2,27 due essentiellement à l'apport de 3 espèces du genre *Terminalia* qui ont souvent plus de 5 ramifications.

Le tableau 6.8 fait apparaître un phénomène particulièrement intéressant que manifestent les arbres ramifiés de Kisangani : la dichotomisation raméale progressive. Le court fût se subdivise en deux branches qui, à leur tour formeront deux autres branches mais dans un plan perpendiculaire au premier et ainsi de suite. Ce qui déterminera un certain nombre de fourches dont les principales sont analysées du point de vue quantitatif ci-dessous.

2) Le nombre de fourches

Jouant un rôle primordial dans la fixation des épiphytes vasculaires (voir plus loin le point sur les lieux de fixation p.99), il est important de connaître le nombre de fourches.

Dans le tableau 6.9 sont présentées les données sur le nombre de fourches des arbres ramifiés de Kisangani. Il en ressort quelques indications importantes.
D'une manière générale, les arbres ayant 1 à 2 fourches ne portent pas assez ou pas du tout d'épiphytes vasculaires. D'où la proportion des porteurs pour ces deux catégories est très réduite. Une exception est à relever cependant. C'est le cas de la commune Mangobo où on a enregistré 23,77 % et 36,23 % pour ces deux classes. Ces pourcentages s'expliquent par l'élagage continu des rameaux de *Peltophorum pterocarpum*. Lorsque la reprise de ceux-ci se réalise, il y a production d'une seule ou de deux principales fourches. C'est la classe de 3 fourches qui est la plus représentée tant pour les phorophytes que pour les non porteurs. La différence entre les porteurs et les non porteurs ; en considérant ce paramètre, n'apparaît pas assez nettement. La principale raison de ce manque de différence est due à l'architecture générale des arbres qui reste dans les grandes lignes constante. Au total subséquemment, qu'ils portent des épiphytes vasculaires ou non, ces arbres montrent globalement le même nombre de principales fourches.

Tableau 6.8 : Le nombre de ramifications des arbres ramifiés de Kisangani.

Communes	Nombre de ramifications						t-student
	Ensemble arbres		Porteurs		Non porteurs		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Kabondo	2,26	0,87	2,01	0,14	2,32	0,95	-10,00THS
Kisangani	1,95	0,22	2,00	0,00	1,95	0,22	5,42THS
Lubunga	2,70	0,59	2,04	0,26	2,33	0,60	-7,42THS
Makiso	3,82	0,06	2,04	0,38	2,65	2,17	-6,11THS
Mangobo	2,54	0,71	2,07	0,11	2,20	0,39	-5,58THS
Tshopo	2,55	0,57	2,03	0,24	2,08	0,48	-1,08NS
Ensemble de la ville	2,11	0,59	2,04	0,32	2,27	1,09	-10,64THS

* Même effectif que pour le tableau 6.7

Tableau 6.9 : Variation du nombre de fourches en %

Communes		Nombre de fourches					
		1	2	3	4	5	> 5
Kabondo							
	Porteurs	1,61	6,45	15,59	19,89	27,96	28,49
	Non porteurs	3,42	11,29	24,40	26,34	15,28	19,27
Kisangani							
	Porteurs	0,00	2,56	12,82	30,77	38,46	15,38
	Non porteurs	0,81	14,49	35,59	29,63	13,37	6,12
Lubunga							
	Porteurs	2,99	22,22	55,13	17,95	0,85	0,85
	Non porteurs	4,59	36,47	44,69	12,80	1,45	0,00
Makiso							
	Porteurs	0,67	12,87	42,94	30,58	9,69	3,26
	Non porteurs	4,65	25,29	47,43	14,57	4,34	3,72
Mangobo							
	Porteurs	23,77	36,23	30,94	8,30	0,38	0,38
	Non porteurs	8,24	45,21	38,98	7,34	0,22	0,00
Tshopo							
	Porteurs	0,90	25,79	58,37	14,48	0,00	0,45
	Non porteurs	4,75	51,25	38,00	5,50	0,00	0,50
Ensemble de la ville							
	Porteurs	3,81	17,10	40,94	23,98	9,22	4,95
	Non porteurs	4,23	26,43	39,14	17,33	6,72	6,15

6.2.4. Les angles

Les angles formés par les branches maîtresses et le tronc déterminent aussi la capacité d'un arbre à porter les épiphytes vasculaires. Les angles ont été analysés de deux façons différentes : les moyennes et la répartition en classes.

1. Les moyennes

Les moyennes des angles des arbres ramifiés sont présentées au tableau 6.10.

Tableau 6.10 : Les moyennes des angles des arbres ramifiés (en degrés)

Communes	Ensemble arbres		Porteurs		Non porteurs		t-student
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Kabondo	42,59	13,60	44,12	19,22	42,28	12,12	1,35NS
Kisangani	45,45	20,93	49,64	12,28	45,21	21,30	1,97NS
Lubunga	54,53	13,60	60,41	9,43	49,00	14,58	10,82THS
Makiso	55,99	14,92	58,15	12,77	51,37	17,92	7,43THS
Mangobo	46,03	13,76	36,89	9,39	50,21	13,42	-12,94THS
Tshopo	51,07	15,50	51,24	13,24	50,97	16,42	0,14NS
Ensemble de la ville	49,45	16,37	54,40	14,99	46,48	16,45	16,65THS

Dans l'ensemble, les angles aigus sont majoritaires (49,45°). La moyenne des porteurs est plus élevée que celle des non porteurs et la différence entre les deux est hautement significative (Tabl. 6.10). Les phorophytes ont des angles légèrement plus grands que ceux des arbres non porteurs pour toutes les communes à l'exception de celle de Mangobo.
Les deux communes ayant les plus grands angles pour les arbres sont en ordre décroissant Lubunga (60,41°) et Makiso (58,13°). La valeur de la commune Lubunga s'explique par les angles droits formés par les branches de *Terminalia superba* qui font varier à la hausse la moyenne des angles. Dans la commune Makiso par contre, ce sont essentiellement les gros arbres qui ont des angles relativement plus ouverts. Etant nombreux ceux-ci influent sur la moyenne générale de la commune.

Certaines espèces présentent des angles proches de 90°. Il s'agit de : *Pycnanthus angolensis*, *Terminalia catappa*, *T. superba*, *T. chebula* et *Milicia excelsa*. L'espèce ayant des angles les plus étroits est *Hydnocarpus anthelminticum* inventorié dans une seule avenue (Bondekwe) de la commune Makiso.

2. La répartition des angles

Les moyennes présentées ci-dessus ne traduisent pas la variation des angles des arbres ramifiés. Aussi est-il important d'analyser comment ce paramètre change en fonction des classes établies.
Les résultats de la répartition des angles en classes sont figurés (**Fig**. 6.3). Les données de base relatives à cette figure sont reprises en annexe (annexe 4).

La comparaison des phorophytes et des non porteurs montre que d'une manière générale, il n'y a pas une nette différence en tenant compte de la répartition des classes pour les angles. Cependant, dans les deux catégories sont observés plus d'arbres ayant des angles inférieurs à 61°. Il en ressort que la classe qui comprend le plus d'individus est celle de 40 - 60°.
La dernière classe (> 80°) montre une inversion nette qui a commencé dans la classe 61-80°, mais légèrement : les non supports constituent pratiquement le double des phorophytes. Donc, une plus grande ouverture des angles et par conséquent un étalement des branches s'accompagnerait d'une réduction drastique de la capacité phorophytique d'un arbre en milieu ouvert.

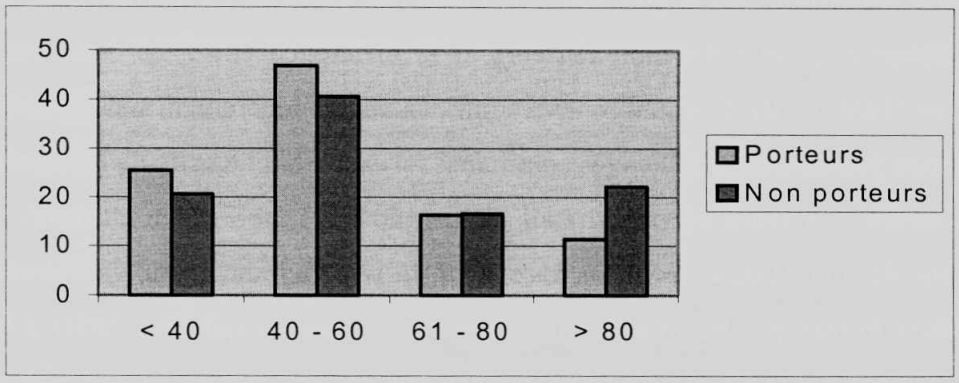


Fig. 6.3 : Répartition des angles en classes

Ainsi, le regroupement des deux premières classes du tableau en annexe (annexe 4) montre que les porteurs, à l'exception de ceux de la commune Kisangani, comprennent plus de 65 % de l'effectif total. Ce qui prouve à suffisance que les arbres portant les épiphytes à Kisangani se caractérisent par des angles aigus.

6.2.5. Le rapport circonférence - hauteur du fût

Ce rapport traduit l'importance des ramifications. Si sa valeur est faible, comme dans le cas des arbres forestiers, ce qu'on est en face d'un arbre à long tronc.

Les arbres de l'écosystème urbain de Kisangani ont un rapport circonférence - hauteur du fût supérieur à 1 en moyenne comme il apparaît au tableau 6.11 où sont consignées les données relatives à ce rapport.

Il ressort aussi du tableau 6.11 que le rapport circonférence - hauteur du fût est plus grand chez les phorophytes (2,29) que pour les non porteurs (1,04). Il est particulièrement élevé pour les communes Tshopo (4,39) et Lubunga (3,44).
La plus faible valeur enregistrée est celle de Kabondo. Pour les non porteurs, le rapport circonférence - hauteur fût n'atteint nulle part 2. La comparaison des moyennes des porteurs et des non porteurs aboutit à la mise en évidence d'une différence très hautement significative. En somme, ce paramètre différencie nettement les phorophytes des arbres n'ayant pas d'épiphytes vasculaires.

Tableau 6.11 : Valeurs moyennes du rapport circonférence-hauteur du fût des arbres ramifiés à Kisangani.

Communes	Ensemble		Porteurs		Non porteurs		t-student
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Kabondo	0,83	0,52	1,09	0,42	0,78	0,53	8,22THS
Kisangani	1,32	0,57	2,59	0,98	1,15	0,43	8,71THS
Lubunga	2,35	1,31	3,44	0,91	1,33	0,67	30,33THS
Makiso	1,81	1,32	2,14	1,39	1,09	0,75	18,98THS
Mangobo	1,20	0,94	1,76	1,20	0,94	0,59	8,22THS
Tshopo	2,53	2,34	4,39	3,26	1,72	1,05	7,48THS
Ensemble de la ville	1,51	1,26	2,29	1,59	1,04	0,67	31,56THS

Ces données prouvent à suffisance que les arbres de la ville de Kisangani ont des circonférences plus grandes que la hauteur de leur fût. C'est aussi une indication certaine que les ramifications de ces arbres sont de grandes dimensions. Il en est, par conséquent, de même des fourches qu'elles forment, en particulier celles de la région située au-dessus du niveau de ramifications.

Mangifera indica a une moyenne de 3,30 pour ce rapport. Les valeurs les plus élevées ont été observées à la commune Makiso pour les espèces *Millettia laurentii* (8,32) et *Hura crepitans* (60,13).

6.2.6. La position relative des arbres ramifiés

L'examen de la position relative de différents arbres ramifiés inventoriés est fait en se basant sur les données du tableau 6.12 qui constitue un échantillon de l'effectif total.

Sur un total de 6392 arbres, nous avons dénombré 83,85 % d'arbres éclairés et 16,15 % d'arbres subissant un ombrage relatif. Tant pour les phorophytes que pour les non supports, il y a une très nette prépondérance des arbres éclairés.
Ce paramètre semble donc être peu pertinent pour discriminer les phorophytes et les non porteurs ni non plus les communes entre elles. Le même comportement écologique se retrouve dans toutes les 6 communes.

Tableau 6.12 : Données sur la position relative des arbres ramifiés de Kisangani en fonction de l'éclairement.

Communes	Eclairés		Partiellement ombragés		Total
	N	%	N	%	
Kabondo					
Porteurs	178	79,46	46	20,54	224
Non porteurs	656	76,01	207	23,99	863
Kisangani					
Porteurs	153	95,03	8	4,97	161
Non porteurs	565	94,64	32	5,36	597
Lubunga					
Porteurs	224	96,97	7	3,03	231
Non porteurs	377	91,73	34	8,27	411
Makiso					
Porteurs	818	87,86	113	12,14	931
Non porteurs	1464	88,94	182	11,06	1646
Mangobo					
Porteurs	197	69,12	88	30,88	285
Non porteurs	402	93,71	27	6,29	429
Tshopo					
Porteurs	127	56,44	98	43,56	225
Non porteurs	199	51,16	190	48,84	389
Ensemble de la ville					
Porteurs	1697	82,50	360	17,50	2057
Non porteurs	3663	84,50	672	15,50	4335

La prédominance des arbres éclairés paraît logique car on se trouve dans un milieu où la contiguïté des arbres est très limitée voir quasi nulle dans la plupart des cas. Ainsi le recouvrement des arbres par d'autres semble très réduit. A cela s'ajoute le fait que les arbres ne sont pas obligés d'aller plus haut à la conquête de la lumière.

6.2.7. Les types de rhytidome

La figure 6.4 et le tableau 5. en annexe présentent les résultats de l'analyse des types de rhytidome. Il s'en dégage la prédominance assez marquée des arbres à écorce rugueuse. Celle-ci se manifeste aussi bien chez les porteurs que chez les non supports dans la plupart des communes. Déroge à cette observation, la commune Kabondo pour les phorophytes où viennent en tête les arbres à écorce fissurée légèrement.

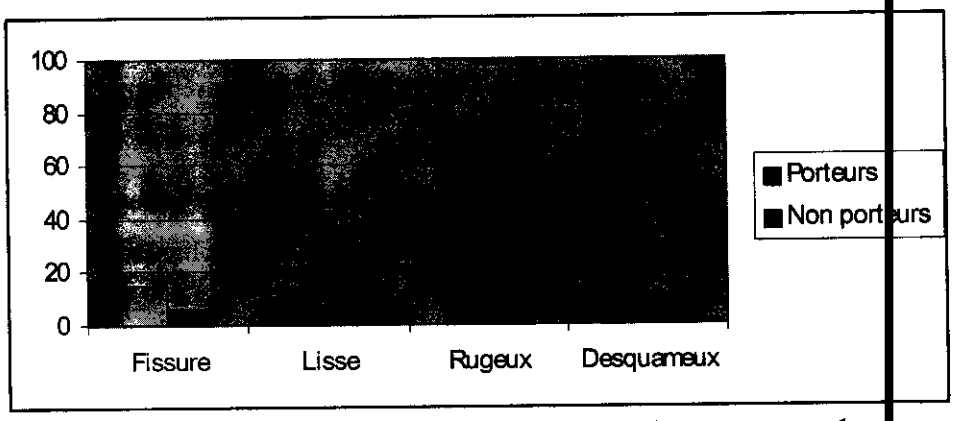


Fig. 6.4 : Pourcentage de types de rhytidome pour les porteurs et les non porteurs

Dans la commune Tshopo également, dans la catégorie des non porteurs, les arbres à écorce lisse dominent sur ceux à écorce rugueuse.

La prédominance des arbres à écorces rugueuse parmi les phorophytes (76,87 %) s'explique aisément car ce type de rhytidome favorise l'ancrage des diaspores des épiphytes vasculaires et assure à ceux-ci une alimentation suffisante par les débris végétaux et minéraux très fins qu'il retient.

6.2.8 L'architecture générale des arbres ramifiés

Les différents paramètres analysés aux points précédents permettent de comprendre, pris isolément, certains aspects architecturaux des arbres de Kisangani. Toutefois, ils s'avèrent incomplets ; il faudra donc les combiner et leur adjoindre plusieurs données qualitatives en vue de mieux appréhender dans sa globalité l'architecture des arbres de cette dition.

Les arbres de Kisangani, probablement aussi ceux d'autres écosystèmes urbains, présentent une architecture différente de celle des arbres forestiers. Outre le fait qu'ils se ramifient tôt et à une faible hauteur, le mode d'étalement de leurs branches paraît très différent. En forêt, les branches des arbres s'étalent au niveau de la voûte horizontalement. L'idéal pour les arbres forestiers arrivés à ce niveau consiste à disposer d'une plus grande envergure pour produire plus de feuilles et de bénéficier ainsi d'une quantité suffisante d'énergie solaire. Par contre, à Kisangani, les arbres adoptent le mode d'étalement de branches quasi oblique assuré par la dichotomisation raméale progressive déjà évoquée.

Les arbres dans la ville de Kisangani, bénéficiant d'un fort éclairement, ont une architecture caractérisée par les traits ci-après :

- un tronc très court de moins de 2 m en moyenne ; comparés aux arbres forestiers, le fût connaît une réduction de 1 / 10. Il est le résultat d'une ramification précoce et basse ;
- cette ramification se réalise de façon dichotomique ;
- une faible hauteur totale ;
- la production de grandes fourches ;
- la formation d'un houppier hémisphérique ou en boule ;
- les angles formés par les branches et le tronc sont en général moins important (< 60°) ;
- la seule phase que connaissent ces arbres est la phase macroclimatique ; la phase microclimatique étant absente, celle-ci imposerait dès le stade juvénile l'architecture décrite ;
- enfin, aussi bien la surface du houppier que le volume de celui-ci sont élevées variant respectivement de 57,75 m² (*Plumeria acuminata*) à 570,11 m² (*Mangifera indica*) et de 65,64 m^3 à 2282,32 m^3 pour les mêmes espèces (tableau 6 en annexe).

6.3. Caractéristiques propres aux phorophytes

Les 3 caractéristiques qui feront l'objet de l'analyse dans les lignes suivantes ne se retrouvent que chez les arbres ramifiés porteurs d'épiphytes vasculaires.

6.3.1. La stratification verticale des épiphytes sur les phorophytes

De la base du tronc aux ramilles, les épiphytes vasculaires ne se distribuent pas sur les arbres de manière homogène. Les données de cette répartition verticale sont reprises au tableau 6.13 pour les arbres ramifiés de Kisangani.

La lecture du tableau 6.13 fait apparaître clairement pour toutes les communes la dominance de la strate 3. Cette dernière correspond à la zone des plus grandes fourches où s'accumulent les débris végétaux et la matière minérale en grandes quantités. Elle occupe à elle seule presque la moitié des cas analysés (49.18 %) pour l'ensemble de la ville.

Tableau 6.13 : La stratification verticale des épiphytes vasculaires sur les arbres ramifiés de Kisangani

Communes		Strates					Total
		1	2	3	4	5	
Kabondo							
	N	14	121	222	78	47	482
	%	2,90	25,10	46,06	16,18	9,75	99,99
Kisangani							
	N	58	63	130	36	15	302
	%	19,20	20,86	43,05	11,92	4,97	100,00
Lubunga							
	N	101	39	519	382	3	1044
	%	9,67	3,74	49,71	36,59	0,29	100,00
Makiso							
	N	175	181	785	515	38	1694
	%	10,33	10,68	46,34	30,40	2,24	99,99
Mangobo							
	N	14	93	381	169	9	666
	%	2,10	13,96	57,21	25,38	1,35	100,00
Tshopo							
	N	50	39	351	220	6	666
	%	7,51	5,86	52,70	33,03	0,90	100,00
Ensemble de la ville							
	N	412	536	2388	1400	118	4854
	%	8,48	11,04	49,20	28,84	2,43	100,00

Le fort développement dans cette région de l'espèce *Phymatosurus scolopendria*, qui affectionne des biotopes riches en matière organique, atteste que cette zone constitue un milieu propice pour la croissance des épiphytes vasculaires. Mais en considérant la sériation des strates, il y a lieu de souligner des différences dans la place occupée par les autres zones en fonction de la commune considérée. Dans l'ensemble la séquence est la suivante pour ces 5 strates : 3 > 4 > 2 > 1 > 5.

6.3.2. Les lieux de fixation

L'examen détaillé des lieux de fixation des épiphytes vasculaires, négligé dans la plupart des travaux antérieurs, est pourtant d'un intérêt réel. Il permet de déterminer avec plus de précision des sites favorisant l'ancrage et le développement des épiphytes vasculaires que la simple mention des strates.

Les données de l'analyse des lieux de fixation des épiphytes vasculaires sur les arbres de la ville de Kisangani sont regroupées au tableau 6.14. Il en ressort la prédominance nette des fourches sur les 3 autres types.

La forte accumulation de la matière organique et minérale, les vastes espaces stables qu'elles offrent et la rétention de grandes quantités d'eau qu'elles rendent possible, paraissent être des facteurs qui expliquent vraisemblablement ce taux élevé des fourches.
Mise à part la commune Makiso avec 37,80 %, toutes les autres communes ont dans plus de 43 % des cas examinés des fourches comme milieu privilégié de fixation des épiphytes vasculaires. Dans la commune Makiso, tous les lieux de fixation en ont plus de 13 %. C'est aussi le cas de la commune Lubunga.

Dans ces 2 communes particulièrement, les lieux de fixation seraient nombreux pour les raisons suivantes :

* la fréquence plus élevée des grands arbres surtout des vieux *Mangifera indica* le long des avenues ;

* la préexistence des épiphytes vasculaires détermine des conditions favorisant l'installation d'autres. De ce point de vue, l'épiphytisme fonctionnerait comme un phénomène autocatalytique. Deux espèces en particulier favorisent l'ancrage ou la fixation d'autres : *Microgramma lycopodioides* et *Drynaria laurentii* ;

* les grands arbres ont plusieurs points sur lesquels peuvent se fixer les épiphytes vasculaires : vastes fourches, grosses branches, écorce fissurée ou rugueuse, blessures diverses. Ils sont aussi dans la plupart des cas couverts de mousses qui forment des tapis sur lesquels les diaspores des épiphytes vasculaires se fixent et germent plus facilement compte tenu du fait que ces tapis retiennent souvent de l'eau et des éléments nutritifs nécessaires à leur développement.

Tableau 6.14 : Données sur les lieux de fixation des épiphytes vasculaires.

Communes	Lieux de fixation								Total N
	Fourches		Branches		Creux		Tronc		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
Kabondo	55	45,45	16	13,22	13	10,74	37	30,58	121
Kisangani	68	47,89	35	24,65	6	4,23	33	23,24	142
Lubunga	310	44,35	159	22,75	93	13,30	137	19,60	699
Makiso	750	37,80	349	17,59	273	13,76	612	30,85	1984
Mangobo	195	47,45	64	15,57	31	7,54	121	29,44	411
Tshopo	222	43,87	83	16,40	57	11,26	144	28,46	506
Ensemble de la ville	1600	41,42	706	18,28	473	12,24	1084	28,06	3863

6.3.3. Le nombre d'espèces d'épiphytes vasculaires par arbre

Les phorophytes ont été analysés aussi du point de vue du nombre d'espèces portées par pied. Les résultats montrent un nombre assez faible d'espèces par pied allant en moyenne de 1 à 4. L'espèce la mieux lotie est *Peltophorum pterocarpum* qui a en moyenne 3,97. Elle est suivie par *Mangifera indica* (2,73)

Dans le tableau 6.15 sont reprises les données de 9 principales espèces recensées.

La comparaison de ces 9 espèces révèle que *Mangifera indica*, mise à part la moyenne pour l'ensemble, prédomine. Elle est représentée dans chaque commune et la variation du nombre d'espèces portées semble très grande de 1 à 13. C'est aussi à son niveau qu'a été enregistré le plus grand nombre, soit 13.

La commune Makiso apparaît dans ce tableau comme celle qui a les phorophytes les plus pourvus en espèces épiphytes. Tandis que la commune la plus pauvre du même point de vue est celle de Kisangani. Ces données rejoignent en gros celles qui ont déjà été exposées.

Tableau 6. 15 : Nombre d'espèces épiphytes vasculaires par pied des principaux phorophytes.

Espèces	**Communes**						Ensemble de la ville
	Kabondo	Kisangani	Lubunga	Makiso	Mangobo	Tshopo	
Peltophorum pterocarpum	-	-	4,50 (4-5)	5,72 (1-12)	2,30 (1-6)	3,35 (1-6)	3,97 (1-12)
Mangifera indica	2,17 (1-6)	1,62 (1-4)	4,40 (1-13)	4,08 (4-10)	1,75 (1-8)	2,38 (1-7)	2,73 (1-13)
Dacryodes edulis	2,20 (1-3)	-	-	4,33 (4-5)	1,00 (1)	2,33 -2-3)	2,47 (1-5)
Terminalia catappa	1,33 (1-2)	-	1,50 (1-2)	2,20 (1-3)	1,00 (1)	2,58 (1-5)	1,72 (1-5)
Cassia siamea	1,65 (1-4)	1,00 (1)	1,25 (1-2)	2,10 (1-8)	1,00 (1)	1,89 (1-4)	1,48 (1-8)
Newbouldia laevis	2,00 (2)	2,00 (2)	1,00 (1)	-	1,00 (1)	1,29 (1-2)	1,46 (1-2)
Persea americana	1,22 (1-2)	1,00 (1)	1,22 (1-2)	1,94 (1-3)	1,33 (1-2)	1,00 (1)	1,45 (1-3)
Syzygium cuminii	1,50 (1-3)	1,00 (1)	-	2,13 (1-6)	1,00 (1)	1,25 (1-2)	1,38 (196)
Spondias cytherea	1,43 (1-2)	1,00 (1)	1,00 (1)	1,25 (1-2)	1,00 (1)	1,00 (1)	1,11 (1-2)

( ) : variation du nombre d'espèces epiphytes.

6.4. Comparaison des arbres ramifiés des avenues et ceux des parcelles

L'observation des arbres en fonction de la localisation suggère qu'ils sont assez différents dans leur colonisation par les épiphytes vasculaires. Aussi avons-nous tenu à comparer les arbres d'avenue et ceux poussant dans les parcelles. Les résultats obtenus relatifs à cette étude comparée sont rassemblés au tableau 6.16. Il ressort de ce tableau que les différences entre ces 2 catégories d'arbres sont nettement significatives. Les arbres d'avenues ont des plus grandes circonférences, des angles relativement plus ouverts mais restant toujours aigus et un plus grand rapport circonférence-hauteur. Par contre, la hauteur de ramification de ces arbres est moins élevée que celle des arbres des parcelles. Ils ont aussi un faible nombre de ramifications comparées à celui des arbres des parcelles.
Ces différences s'expliquent du fait que les arbres d'avenues sont plus vieux.

Tableau 6.16 : Comparaison des arbres ramifies d'avenues et des parcelles en fonction de leurs caractéristiques.

Paramètres	Moyenne des arbres		t-student
	Avenues	Parcelles	
	N=1325	N=3450	
Circonférence (cm)	209,25 (86,68)	195,08 (302,02)	2,52 TS
Hauteur de ramification (cm)	113,02 (65,35)	182,39 (179,19)	- 19,60 THS
Angles (°)	53,55 (12,97)	47,90 (17,25)	12,25 THS
Nombre de ramifications	2,03 (0,19)	2,24 (1,04)	- 11,31 THS
Rapport circonférence hauteur du fût	2,33 (1,64)	1,20 (0,94)	23,82 THS

( ) : écart-type.

D'autres différences existant entre les arbres ramifiés d'avenues et ceux des parcelles ont été analysées.
Les données du tableau 6.17 synthétisent ces différences observées. Le pourcentage des phorophytes chez les arbres d'avenues est 2,63 fois plus grand que celui des phorophytes des parcelles. Il atteint plus de 80 % pour les communes Lubunga et Makiso.

Le faible pourcentage des phorophytes de Mangobo est dû au traitement régulier que subissent les arbres (élagage, ébranchage). Il y a lieu de remarquer la forte variation des effectifs et sa diminution en considérant le pourcentage.

Tableau 6.17 : Comparaison des effectifs des arbres ramifiés d'avenues et des parcelles.

Communes	Effectifs				% phorophytes	
	Parcelles		Avenues		Parcelles	Avenues
	Total	Phorophytes	Total	Phorophytes		
Lubunga	261	34	274	225	13,03	82,08
Makiso	711	341	805	701	47,96	87,08
Mangobo	351	93	162	68	26,50	41,98
Tshopo	201	34	84	53	16,92	63,10
Moyenne	381	125,50	331,25	261,75	26,10	68,57
Ecart-type	228,47	146,33	325,32	302,99	15,63	20,52
Coefficient de variation %	59,97	116,60	98,21	115,93	59,89	29,93

Les phorophytes d'avenues ont en moyenne 7,13 espèces par arbre tandis que ceux des parcelles ont 3,28 espèces d'épiphytes vasculaire par arbre.

En outre, les différences entre ces 2 catégories s'expriment par la hauteur plus élevée et des grandes fourches des arbres d'avenues. Ces différences s'expliquent par deux éléments essentiels :

1) L'âge plus avancé des arbres d'avenues par rapport à ceux des parcelles : les arbres d'avenues sont plus vieux.

2) Le microclimat créé par la proximité des arbres d'avenues. Sans qu'il y ait véritablement une dominance des uns sur les autres, les arbres d'avenues se recouvrent mutuellement créant ainsi un microclimat quasi forestier. Celui-ci favorise l'installation des épiphytes vasculaires divers en particulier les *Orchidées*.

L'écartement entre les arbres peut être déterminant pour leur colonisation par les épiphytes vasculaires. Dans certaines avenues, par exemple l'avenue Abbé Munyororo, le rapprochement des arbres de l'espèce *Mangifera indica* crée un microclimat plus humide favorisant le développement des épiphytes vasculaires par pied. Ces arbres ont en moyenne 8 espèces d'épiphytes vasculaires. Par contre, les arbres assez espacés (à grand écartement) portent relativement moins d'épiphytes vasculaires tant en nombre d'espèces qu'en abondance de chacune.

Les principaux constats qui se dégagent à la lecture des tableaux 6.16 et 6.17 éclairent davantage la prédominance des phorophytes chez les arbres d'avenues soulignée au chapitre 5.

6.5. Caractéristiques des monocaules

L'épiphytisme chez les arbres monocaules présente une structure différente de celle décrite pour les arbres ramifiés. On s'attend donc à ce que les paramètres pertinents qui le déterminent ne soient pas les mêmes que ceux des arbres ramifiés. Le nombre de ceux-ci, à cause de la réduction des axes, paraît limité chez les arbres monocaules. Seront considérés ici successivement pour ces arbres les paramètres ci-après : le stade ou l'état, la circonférence, la région et le nombre d'espèces épiphytes porté par pied. Les deux premiers concernent à la fois les porteurs et les non porteurs tandis que les deux derniers sont spécifiques aux phorophytes.

6.5.1. Le stade ou l'état

En fonction du nombre et de l'absence des bases foliaires, 4 stades peuvent être distingués pour les monocaules. Les bases foliaires favorisant la fixation des épiphytes vasculaires, le stade ou l'état des monocaules demeure essentiel dans la compréhension de l'épiphytisme chez cette catégorie d'arbres.

La repartition des monocaules des parcelles faite au tableau 6.16 fait nettement ressortir la dominance de l'espèce *Elaeis guineensis* qui se retrouve à tous les stades dans les 4 communes étudiées. Sa prépondérance se manifeste aussi bien pour les porteurs que les non porteurs. Cependant, les effectifs les plus importants de cette espèce se situent au niveau des stades 1 et surtout 2. Ils sont en outre nettement supérieurs à ceux des non porteurs. Les autres espèces ont des structures un peu différentes.

Cocos nucifera a peu de représentants porteurs dans les stades 1 et 2 ; le stade 4 reste le plus riche en individus porteurs et non porteurs. *Roystonia regia* aussi porte les épiphytes vasculaires au stade 4. C'est aussi le cas de *Cycas circinalis*. Il convient de rappeler que ce dernier stade se caractérise par l'absence complète des bases foliaires.

Pour les monocaules non porteurs, s'observe dans l'ensemble, une diminution des effectifs des stades 1 à 3 et une légère augmentation au stade 4. Par contre, chez les monocaules porteurs, on note une augmentation des stades 1 à 3 puis une décroissance au stade 4. En somme, il y aurait une évolution inverse de celle des non porteurs.

Tableau 6.18 : Répartition des monocaules des parcelles en fonction des stades (1 à 4).

Espèces	Communes																Total			
	Kisangani				Kabondo				Makiso				Tshopo							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A. Porteurs																				
Elaeis guineensis	53	102	44	33	164	152	42	16	44	162	49	53	18	83	13	8	279	499	148	110
Cocos nucifera		1		3				5		1		19				63		1		90
Raphia gillettii		5			4	18	4										4	23	4	
Borassus aethiopum									1	1					3		1	1	3	
Ravenalla madagascariensis									1	1			23				24	1		5
Cycas circinalis												5								
Roystonia regia												4								
Total	53	108	44	36	168	170	46	21	46	165	49	81	41	83	16	71	308	525	155	205
%	21.99	41.81	18.26	14.94	41.48	41.98	11.36	5.19	13.49	48.39	14.37	23.75	19.43	39.34	7.58	33.65	25.73	43.86	12.45	17.46
B. Non porteurs																				
Elaeis guineensis	23	1	1		94	2			105	11		26	45	3		3	267	17	1	29
Cocos nucifera	2	2		26	4			2	2	2		40	3		3	43	11	4	3	111
Raphia gillettii	4	15			26	12	1		1								31	27	1	
Areca cathecu				2																
Borassus aethiopum	1									1							1	1	2	
Cycas circinalis									23		2	1								
Ravenalla madagascariensis												8	43	3		8	68	3		
Roystonia regia										1		9						1		
Encephalartos laurentia										1								1		
Total	30	18	1	28	124	14	1	2	133	16	2	84	91	6	3	54	378	54	6	140
%	38.96	23.38	1.30	36.36	87.94	9.93	0.71	1.42	56.60	6.81	0.85	35.74	59.09	3.90	1.95	35.06	62.38	8.91	0.99	27.12

Le stade 2 chez les porteurs détient le pourcentage le plus élevé, soit plus de 40 %. Mais c'est le stade 1 qui est le plus important, avec plus de 38 %, chez les non porteurs. Il en résulte une séquence différente en fonction de la nature des arbres. Ainsi pour les porteurs, la séquence est de 2 > 1 > 4 > 3 et pour les non porteurs 1 > 4 > 2 > 3. Dans les 2 séquences, le stade 3 demeure le dernier.

Les chiffres obtenus ne permettent pas, cependant, d'avoir une idée précise sur la fréquence de différentes espèces monocaules dans les parcelles. Le tableau 6.16 rend compte de cette répartition. Il en ressort que l'espèce la plus fréquente est *Elaeis guineensis* avec 83 % en moyenne. Elle est suivie par *Cocos nucifera* et *Raphia gilletii* avec respectivement en moyenne 30 % et 15 %. La dernière espèce est plus fréquente dans les communes Kabondo et Kisangani.

Les autres espèces ont une fréquence faible inférieure à 10 %. *Ravenala madagascariensis* faisant pratiquement la liaison entre les deux groupes par la fréquence de 9 % n'a été recensée que dans deux communes : Makiso et Tshopo.

6.5.2. La circonférence

La circonférence des arbres monocaules a été étudiée sous deux volets : les moyennes et la répartition en classe (de circonférence).

Les résultats des moyennes sont présentés au tableau 6.18. Il ressort de ce tableau que les phorophytes et les non porteurs ne présentent pas des différences très marquées dans chaque catégorie (stade) ou dans chaque commune. En revanche, d'un stade à l'autre, les différences sont assez perceptibles, évoluant dans l'ensemble vers la diminution de la circonférence du stade 1 au stade 4. Chez les arbres monocaules, les différences entre les porteurs et les non porteurs ne sont pas significatives dans une catégorie. Cependant, elles le sont d'un stade à un autre.
Les arbres monocaules de parcelles ont des plus grandes circonférences que ceux d'avenues. En outre, les montant des variations assez faibles en comparaison avec les arbres ramifiés.

Tableau 6.19 : Circonférences moyennes des arbres monocaules

Espèces	Stades		Communes: Kabondo M	Kabondo E	Kabondo CV	Kisangani M	Kisangani E	Kisangani CV	Makiso M	Makiso E	Makiso CV	Tshopo M	Tshopo E	Tshopo CV	Ensemble M	Ensemble E	Ensemble CV
A. PARCELLES																	
Elaeis guineensis	1	PO	187,75	41,95	22,34	241,68	58,84	24,35	198,88	52,69	26,76	164,1	90,84	55,36	197,6	32,47	16,43
		NP	171,25	65,64	38,33	150	70,18	46,74	178,25	54,39	30,51	195	51,94	26,64	173,63	18,64	10,74
	2	PO	205,5	53,82	25,94	187,85	31,64	16,84	102,37	26,48	25,87	203,5	57,45	28,23	175,31	49,36	28,16
		NP	210	40	19,05	187,5	43,74	23,32	102,69	23,62	23	102,5	3,54	3,45	150,67	56,27	37,35
	3	PO	171,72	44,55	25,94	157,9	33,04	20,92	182	46,14	25,35	173,33	24,01	13,85	171,24	9,97	5,82
		NP				125	0	0							125	0	0
	4	PO	143,23	27,34	19,09	133,12	20,89	15,69	141	26,61	18,87	202,5	137,89	69,09	154,96	31,99	20,64
		NP				103,64	16,9	16,31	123,95	16,04	12,94	135	21,21	15,71	120,86	15,91	13,16
Cocos nucifera	1	PO	100	0	0										100	0	0
		NP	250	91,29	36,52	130	98,99	76,15	150	30	20				176,67	64,29	36,39
	2	PO				132,5	10,61	8,01	130	0	0				131,25	1,77	1,35
		NP							130	42,43	32,64						
	3	PO										110	0	0	110	0	0
	4	PO	102,5	9,57	9,34	95	30,41	32,01	102,37	26,48	25,87	114,77	12,49	10,88	103,66	8,19	7,9
		NP	107,5	24,75	23,02	95,12	16,71	17,57	102,69	23,67	23,05	106,05	21,19	19,98	102,84	5,53	5,38
Raphia gilletii	1	PO	230	70	30,43										145	120,21	82,9
		NP	211,33	59,86	28,33	95,33	11,55	12,38	60	0	0				152,33	83,44	54,78
	2	PO	190	40,54	21,34	146,25	43,4	29,68	190	0	0				175,42	25,26	14,4
		NP	202,6	57,37	28,32	119,64	35,43	29,61							161,12	58,66	36,41
	3	PO	152,5	71,95	47,18										152,5	0	0
Cycas circinalis	2	PO	380	0	0	250	0	0							315	91,92	29,18
	3	NP							200	28,28	14,14				100	0	0
	4	PO	190	35	18,42				200,56	19,5	9,72				195,28	7,47	3,83
		NP							125	77,78	62,22	240	0	0	182,5	81,32	44,56

(suite du tableau 6.19.)

Roystonia regia	2	NP							40	0	0				40	0	0
	4	PO							150	20	13,33				150		
		NP							146,67	5,77	3,9				146,67		
Ravenala madagascariensis	1	PO							190	14,14	7,44	130,59	41,04	31,43	160,3	42,01	26,21
		NP							174,49	70,89	40,56	111,47	32,58	29,23	143,13	44,77	31,28
	2	PO							200	0	0				200	0	0
	4	PO							75	9,35	12,47	97,14	4,88	5,02	86,07	15,66	18,19
		NP							110,83	68,88	62,15	126,67	32,15	25,38	118,75	11,2	9,43
Borassus aethiopium	1	NP							190	0	0				190	0	0
	2	NP							150	0	0				150	0	0
	3	PO										320	0	0	320	0	0
	4	NP							180	0	0	240	0	0	210	42,43	20,2
Areca catechu	4	PO	41,33	1,15	2,78										41,33	0	0
		NP	28	9,9	35,36	41,5	2,12	5,11							34,75	9,54	27,45
Encephalartos laurentianus B.AVENUES	2	NP							180	0	0				180	0	0
Roystonia regia	4	PO							116,57	22,55	19,34						
		NP							122,58	17,02	13,88						
Sabal umbriculifera	4	PO							73	0	0						
		NP							72,54	6,83	9,38						
Cocos nucifera	4	PO							97	0	0						
		NP							73,79	6,96	9,43						
Elaeis guineensis	1	PO							133	0	0						
		NP							151	0	0						
	3	PO							120	0	0						
	4	PO							132,33	25,11	18,98						
		NP							133,6	15,17	11,35						
Borassus aethiopium	2	PO							166	0	0						

La lecture du tableau 6.20 indique assez clairement que le nombre de phorophytes chez les monocaules, tout comme pour les arbres ramifiés, augmente avec la circonférence. Cependant en tenant compte de l'âge, les monocaules se distinguent nettement des arbres ramifiés. Ce sont, en effet, les jeunes individus qui ont une plus grande circonférence ; ce qui les différencie des arbres ramifiés.

Dans l'ensemble, cette augmentation n'est pas continue. On observe l'accroissement des effectifs phorophytiques des classes 4. Une exception toutefois à relever est le cas de la commune Kabondo où l'augmentation est continue. Les effectifs les plus importants des phorophytes chez les arbres monocaules s'observent dans la classe de circonférence 3 (de 91 - 120 cm).

Pour les monocaules non porteurs, la structure, dans l'ensemble, paraît similaire à celle des phorophytes (Fig. 6.5). Il y a lieu de relever des différences notables en établissant le rapport des phorophytes sur les non porteurs par classe de circonférence. Celui-ci évolue des classes 1 à 4 comme suit : 0,36 - 0,56 - 1,98 - 2,15. Dans les deux premières classes de circonférence, il y a prédominance des monocaules non porteurs alors que dans les deux dernières ce sont les phorophytes qui dominent. En d'autres termes, la réduction de la circonférence s'accompagnerait de la diminution des effectifs phorophytiques. Ces données précisent davantage celles déjà exposées. Enfin, notons qu'au niveau spécifique, *Elaeis guineensis* a les plus importants effectifs dans toutes les classes de circonférence de toutes les 4 communes analysées et pour toutes les deux catégories d'arbres (porteurs et non porteurs).

Tableau 6.20 : Classes de circonférence des monocaules des parcelles (1=30-60 cm, 2=61-90 cm, 3=91-120 cm, 4=>120 cm)

Espèces	Communes																Total			
	Kisangani				Kabondo				Makiso				Tshopo							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A. Porteurs																				
Elaeis guineensis	2	2	166	62		8	110	228	1	4	203	100			96	26	3	144	479	188
Cocos nucifera	1		3			1	4		1	2	17			3	60		2	4	84	
Raphia gillettii			4	1			1	25											5	26
Borassus aethiopum											2					3			2	3
Cycas circinalis										2	2	1						2	2	1
Ravenalla madagascariensis										1	1			8	15			9	16	
Roystonia regia											2	1							2	1
Total	3	2	173	63	0	9	115	283	2	9	227	102	0	11	171	29	5	29	590	219
%	1.24	0.83	71.78	26.14	0.0	2.21	28.26	69.53	0.59	2.65	66.76	30.0	0.0	5.21	81.04	13.74	0.59	3.44	69.99	25.98
B. Non porteurs																				
Elaeis guineensis	3	3	12	7	2	1	74	19	3	5	11	23			36	15	8	9	231	64
Cocos nucifera		6	13			2	24	13	1								1	8	37	13
Areca catheeu	2																2			
Borassus aethiopum			1									1							1	1
Cycas circinalis											2	1								
Ravenalla madagascariensis									4	7	15	7		28		26	4	35	15	23
Roystonia regia									1		9						1		9	
Encephalartos laurentianus											1								1	
Total	5	9	26	7	2	3	98	32	9	12	138	32	0	28	36	41	14	52	298	102
%	10.64	19.15	56.32	14.32	1.48	2.22	72.59	23.70	4.71	6.28	72.25	16.75	0.0	26.67	34.29	39.05	3.00	11.16	63.95	21.89

6.5.3. Les Strates

Par la stratification, il faudra entendre la fréquence d'occupation des zones ou régions des monocaules et non le profil écologique. Sera examinée ici l'importance de chaque région du point de vue de la fixation des épiphytes vasculaires. Les résultats de cette analyse sont consignés au tableau 6.21.

Tableau 6.21 : Répartition par strates des monocaules des parcelles

Espèces	Communes														
	Kisangani				Kabondo				Makiso				Tshopo		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Elaeis guineensis	188	157	156		287	118	102	19	271	236	236	521	128	113	110
Cocos nucifera	4	2	1		5	1			19	2	1		53	5	
Borassus aethiopum									2	1	1			1	
Raphia gilleti	5				46	10	2								
Ravenalla madascarensis									9		2		35	5	
Cycas circinalis									1	4	4				
Rystonia regia									3	1					
Total	197	159	157		338	129	104	19	305	244	244	521	216	124	110

Dans l'ensemble, nous remarquons que la fréquence d'occupation épiphytique diminue de bas en haut, c'est - à - dire en allant de la strate 1 à la région 4. Ainsi, les individus des arbres monocaules ayant la région 1 porteuse d'épiphytes vasculaires sont de loin plus nombreux que ceux qui en portent dans la région 4 ; la réduction du nombre est d'environ 13 fois. Cela se justifie du fait que la région 4 est en général la plus dépourvue de bases foliaires. Les quelques individus qui portent encore des bases foliaires au niveau de cette région sont ceux des stades 1 et 2. Une fois de plus, c'est *Elaeis guineensis* qui détermine la structure de cette stratification dans l'ensemble.

6.5.4 Nombre moyen d'espèces épiphytes par pied

Le nombre moyen d'espèces épiphytes vasculaires porté par pied pour un phorophyte donné constitue un des critères permettant d'apprécier objectivement sa capacité phorophytique. Aussi a-t-il été examiné pour les monocaules de Kisangani.

La lecture du tableau 6.22 synthétisant les résultats de cette analyse révèle que les arbres monocaules des parcelles portent plus d'espèces épiphytes que ceux des avenues. Mais ce nombre varie en fonction des espèces de phorophytes.

Dans les parcelles, *Elaeis guineensis* porte plus d'espèces épiphytes, dans toutes les 4 communes, que les autres monocaules recensés. Cette espèce a une moyenne 4.4 espèces épiphytes et sa variation est de 1 à 15. *Cocos nucifera* vient en deuxième position avec en moyenne 3 espèces d'épiphytes par pied et sa fourchette varie de 1 à 9.les autres espèces, non représentées dans toutes les communes, portent 1 à 2.5 espèces épiphytes par pied en moyenne.

Les monocaules d'alignement, caractérisés par une très faible biodiversité, ont aussi peu d'espèces épiphytes par pied. Cette moyenne est de 1 à 2 espèces avec une variation, aussi faible, de 1 à 6. C'est *Roystonia regia* qui parait avoir la moyenne la plus élevée. Les des avenues étant dépourvues des bases foliaires pour la plupart, cette faible moyenne se comprend bien et confirme du reste les résultats détaillés dans les points précédents.

Tableau 6.22 : Nombre moyen d'espèces épiphytes par pied pour les arbres monocaules

Espèces	**Communes**			
	Kabondo	Kisangani	Makiso	Tshopo
1.**Dans Les parcelles**				
Elaeis guineensis	3,6 (1-10)	3,4 (1-11)	5 (1-15)	5,5(1-10)
Cocos nucifera	3,7 (1-8)	1,6 (1-3)	3,2 (1-8)	3,6 (1-9)
Raphia gilletii	3,1 (1-6)	2,6 (1-4)	5 (5)	3,6 (1-9)
Cycas circinalis	2,5 (1-4)		2,5 (1-4)	
Areca catecha	3 (2-4)			
Borassus aethiopum			2 (1-3)	3 (3)
Ravenala madagascariensis			1,2 (1-3)	1 (1)
Roystora regia			4 (3-6)	
2.**Dans les avenues**				
Roystonra regia			2 (1-6)	
Elaeis guineensis			1,7 (1-5)	
Borassus aethiopum			1 (1)	
Cocos nucifera			1 (1)	
Sabal umbriculifera			1 (1)	

( ) variations du nombre d'espèces

Deux individus de l'espèce *Arenga pinnata* porteurs ont été retrouvés en dehors de l'échantillon à la Makiso.

6.5.5. Autres caractéristiques des monocaules d'alignement

Le nombre moyen d'espèces épiphytes porté par pied, pour besoin de commodité, ayant été présenté au point précédent pour ces monocaules, il reste à examiner le stade, la circonférence et les régions. Toutes les données relatives à ces paramètres sont résumées au tableau 6.23.

Il ressort de ce tableau que la plupart d'espèces monocaules des avenues sont au stade 4. C'est à ce stade en effet qu'appartiennent 95,06 % des effectifs de phorophytes et 99,44 % des non porteurs.

La classe de circonférence la plus importante est la dernière (> 120 cm de circonférence) tant pour les porteurs que les non porteurs. Elle comprend respectivement 6,49 % des porteurs et 41. 90 % des non porteurs. Il y a lieu de préciser que les non porteurs sont de loin en nombre supérieur aux phorophytes. Le rapport entre ces deux catégories est de l'ordre de 2,21.

On note aussi, concernant les strates ou régions, la dominance de la strate 2 qui comprend 49,49 % de l'effectif total analysé. Les strates 1 et 3 ont respectivement 10,10 % et 39,39 % des cas examinés. La région ou strate 4 est faiblement représentée avec seulement 1,01 %.

Ce faible pourcentage se conçoit aisément du fait que les bases foliaires à ce niveau se détachent, d'une manière générale, avant celles d'autres strates, laissant de ce fait le tronc dénudé.

Tableau 6.23 : Les autres caractéristiques des monocaules des avenues (Commune Makiso)

Espèces	Stades	Circonférence (Cm)								Régions			
		Porteurs				Non porteurs							
		30-60	61-90	91-120	> 120	30-60	61-90	91-120	> 120	I	II	III	IV
Roystonia regia	4		3	9	11	2	5	32	64	6	16	1	1
Elaeis guineensis	1			1	1				1	2	1		
	3			1							1	1	
	4		1	15	36		9	3	10	2	28	37	
Sabal umbriculifera	4		1			3	50				1		
Cocos nucifera	4			1									
Borassus aethiopium	2				1								
Total			5	27	49	5	64	35	75	10	47	39	1

6.6. Discussion

Les données exposées dans ce chapitre central visaient à rechercher s'il existe des paramètres significatifs pouvant permettre de différencier les phorophytes et les arbres non porteurs d'épiphytes vasculaires à Kisangani. De tels traits fondamentaux caractériseraient les phorophytes. En effet, de nombreux paramètres contribuent à la fixation des épiphytes vasculaires sur leurs hôtes. MASSART (1898 : 103) reconnaissait déjà que les épiphytes vasculaires ne se développent pas indistinctement sur tous les arbres ni dans toutes les localités.

Ce point de vue logique que justifie la macrodistribution actuelle des épiphytes vasculaires est aussi partagé par GUILLAUMET (1967 : 59) qui note que « Tous les arbres n'hébergent pas des épiphytes ». Cette affirmation est précisée grossièrement par DEVINEAU (1984 : 37) en reconnaissant que les épiphytes vasculaires ne s'installent électivement que sur des arbres ayant des structures favorables. De même, s'agissant exclùsivement des *Ficus*, MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER (1987 : 132) considèrent que les espèces plus colonisées qu'attendu le seraient grâce à leur structure.

Cependant, la part réelle attribuable à chacun des facteurs explicatifs de l'épiphytisme soit n'a pas fait l'objet d'une quelconque évaluation, dans de nombreux cas, soit-elle a été différemment appréciée par les auteurs qui se sont appesantis sur cette question délicate. Pour MOMMAERTS - BILLIET (1968), le principal facteur qui détermine l'existence des épiphytes vasculaires sur un arbre est l'intensité du rayonnement et sa conséquence la disponibilité en eau de l'atmosphère et de l'écorce. Cette conception est confirmée par TER STEEGE & CORNELISSEN (1989) et MIGENIS & ACKERMAN (1993).

Cette même explication constitue sans aucun doute le fondement de la théorie photique des épiphytes vasculaires en milieu forestier telle que résumée par la caractérisation lapidaire de ces végétaux par HOLBROOK (1991) comme des " Small plants in high places ". Bien que fondée, l'opérationnalisation de cette théorie, à cause de son caractère éminemment holistique, pose de sérieuses difficultés. D'où la recherche des paramètres plus mesurables, objectifs et faciles à évaluer s'avère nécessaire.

6.6.1 La circonférence et la hauteur

Parmi les caractéristiques à modalités différentes, la circonférence permet d'une manière générale de discriminer les phorophytes des non porteurs d'épiphytes vasculaires. Elle serait déterminante comme le confirment toutes les études antérieures (JOHANSSON 1974 ; MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER 1987 ; CATLING et LEFKOVITCH 1989 ; MIGENIS et ACKERMAN 1993) et le présent travail.
Les arbres ramifiés et monocaules à grosse circonférence sont plus porteurs d'épiphytes vasculaires que ceux à circonférence réduite. Pour toutes les communes de Kisangani, les moyennes de circonférence des phorophytes sont très hautement différentes de celles des non

porteurs. Les données recueillies par ce travail prouvent bien qu'il existe une différence hautement significative entre les phorophytes et les non porteurs quant à leur circonférence. Ainsi l'un des facteurs qui expliqueraient le taux élevé de phorophytes chez *Mangifera indica* est, sans conteste, la plus grande proportion des individus à grosse circonférence chez cette espèce. Il en est de même pour plusieurs espèces d'alignement telles *que Tectona grandis*, *Hydnocarpus anthelminticum* et *Peltophorum pterocarpum*.

L'importance de la circonférence comme critère discriminant valablement les phorophytes des non porteurs apparaît mieux encore en considérant la différence entre leurs moyennes par commune. Pour l'ensemble de la ville de Kisangani, elle est très élevée (178,03 cm) pour les arbres ramifiés. Les valeurs les plus grandes ont été enregistrées pour les communes Lubunga (202,66 cm) et Makiso (144,59 cm). Cette différence dépasse 100 cm pour 3 communes : les 2 précitées et Kisangani.

Il y aurait donc une préférence très marquée des épiphytes vasculaires pour les arbres à grande circonférence en particulier les individus âgés de *Mangifera indica*. JOHANSSON (1974 : 59) énonce la même idée en écrivant : « The smaller the trees included in the study the lower will be the percentage of trees with epiphytes observed ». Plus loin, il considère que les épiphytes vasculaires sont plus abondants sur les vieux arbres (JOHANSSON 1974 : 80). Le même constant est fait aussi par DEVINEAU (1984 : 37). Ces arbres sont presque toujours pourvus de grosse circonférence (JOHANSSON 1974 : 61). Au total, il s'établit une corrélation nettement positive entre le nombre d'espèces épiphytes et la circonférence ; ces deux variables sont significativement liées ($p < 10^6$) d'après SONKE et al (2001).

Le facteur circonférence, lié à l'âge de l'arbre en général, agirait dans deux voies complémentaires :

- Les arbres à grande circonférence sont en général plus vieux. En d'autres mots, du point de vue de l'épiphytisme, ils ont bénéficié de plus de temps d'exposition aux diaspores des épiphytes vasculaires, ce qui augmente encore leur probabilité de porter des épiphytes vasculaires (YEATON et GLADSTONE 1982).

- Ces arbres ont aussi une plus grande surface totale. Ainsi plus forte sera la probabilité qu'ils soient colonisés par les épiphytes vasculaires (PEREZ 1982).

MICHALOUD et MICHALOUD PELLETIER (1987 : 133) suggèrent, en outre, que la taille des différents organes de l'arbre étant corrélée au diamètre (et donc à la circonférence), plus ce dernier est grand, plus les différents lieux probables de germination ou de fixation des épiphytes vasculaires peuvent être non seulement de grandes dimensions mais aussi plus nombreux. Ce qui va toujours dans le sens d'une augmentation de la probabilité d'accès aux épiphytes vasculaires.

Bien plus, le diamètre (ou la circonférence) étant généralement corrélé à la hauteur, plus celui ci est élevé plus l'arbre est haut et donc plus il est probable qu'il serve de perchoir aux grands oiseaux et autres animaux frugivores, disséminateurs reconnus des épiphytes vasculaires. Ce qui à la limite a pour conséquence l'augmentation de sa surface de contact, multipliant de ce fait ses potentialités de porter les épiphytes vasculaires.

Mais la circonférence, comme facteur pertinent de l'épiphytisme, présente certaines limites suivantes :

1. Ce facteur sert comme paramètre discriminant intraspécifique et non interspécifique. Certaines espèces à croissance rapide ont dans certains cas des circonférences équivalentes à celles des arbres à croissance lente mais leur âge n'est pas le même. Il serait par conséquent imprudent voire irrationnel de comparer les différentes espèces en tenant compte de ce seul critère. Dans l'écosystème urbain de Kisangani s'observent des pieds des espèces à croissance rapide telles que *Albizia chinensis*, *Persea americana* ayant des circonférences plus grandes que celles de *Tectona grandis* ou *Hydnocarpus anthelminticum*, espèces croissant lentement. Pourtant ces deux dernières espèces semblent être plus colonisées par des épiphytes vasculaires, leurs individus étant dans l'ensemble plus vieux.

2. Pour les arbres monocaules, le phénomène inverse s'observe : l'abondance et le nombre d'épiphytes vasculaires diminuent avec la réduction de la circonférence. Cette dernière est plus grande chez les jeunes individus pourvus encore des bases foliaires et décroît à mesure que celles-ci disparaissent. On comprend dès lors que les arbres monocaules du stade 4 aient moins de phorophytes. Pour les arbres monocaules donc, la circonférence demeure un facteur pertinent mais dans le sens inverse de celui des arbres ramifiés.

La hauteur totale moyenne des arbres ramifiés à Kisangani oscille entre 10 et 12 m. Bien qu'ayant été évalué plutôt que mesuré, elle apparaît moindre en comparaison avec celle des arbres forestiers. LOKOMBE (1996 : 98) donne pour les arbres de la région de Bengamisa des valeurs moyennes de 17.4 m, 240 m et 25,6 m de hauteur totale. REITSMA (1998 : 56) estime cette moyenne à 15-20 m pour les forêts du Gabon. GERARD (1960 : 120-121) évalue à 30-40m la hauteur totale de *Gilbertiodendron dewevrei* de la forêt de l'Uélé.

s forestiers par contre, elle varie de 10-15m au Gabon (REITSMA 1988 : 56).

Pour cet arbre, LOUIS et FOUARGE (1949) avaient donné des valeurs similaires, à savoir 30-45 m.

N'étant donc pas confrontés à un problème de disponibilité photique, les arbres de l'écosystème urbain de Kisangani ne s'élèvent pas beaucoup en hauteur. Il en découle que dans un tel milieu, la hauteur totale n'est pas à proprement parler un facteur pertinent bien qu'on observe à ce propos, des différences entre les phorophytes et les non porteurs. Celles-ci seraient plus la conséquence indirecte de la circonférence.

La hauteur de ramification ou du fût est très réduite à Kisangani et est, tout comme la hauteur totale, un critère distinctif essentiel permettant de différencier les arbres de cette ville à ceux des forêts. Cette réduction est de 1/10 en comparaison avec celle des arbres forestiers. La hauteur du fût des arbres à Kisangani n'atteint pas en moyenne 2 m.
Pour les arbres forestiers par contre, elle varie de 10-15m au Gabon (REITSMA 1988 : 56), de 19 m pour *Gilbertiodendron dewevrei* dans l'Uélé (GERARD 1960) et de 15 à 20 m pour la même espèce d'après LOUIS et FOUARGE (1949). Pour une autre espèce forestière étudiée par les deux derniers auteurs, *Entandrophragma palustre* des forêts marécageuses, elle est de 15 à 20 m (LOUIS et FOUARGE 1947).

6.6.2. La stratification et les lieux de fixation

L'analyse de la répartition verticale des épiphytes vasculaires sur les arbres porteurs indique que ceux-ci ne se distribuent pas de façon aléatoire. Corrélativement, certaines régions des phorophytes sont préférentiellement colonisées par des épiphytes vasculaires que d'autres. MORRIS (1970 : 5) avait fait la même observation et nota que sur tous les arbres existe une stratification prononcée de la flore épiphytique. Cet étagement différentiel des épiphytes vasculaires sur leurs hôtes a été reporté par plusieurs travaux antérieurs.

Les données recueillies sont dans l'ensemble similaires à celles publiées par d'autres auteurs. Cependant, comme le reconnaît RICHARDS (1957 : 121), la distribution verticale des épiphytes vasculaires varie d'un arbre à un autre. Chez les arbres ramifiés à Kisangani, la région 3 prédomine nettement avec 49,20 % dans l'ensemble de l'échantillon étudié et la séquence suivante a été mise en évidence : 3 > 4 > 2 > 1 > 5.

La prépondérance de la région 3 se justifie du fait qu'elle marque le début de la ramification dichotomique coïncidant avec des grandes fourches où se forment des microbiotopes riches en matières organique et minérale.

La comparaison de nos résultats à ceux d'autres auteurs est faite au tableau 6.23

Tableau 6.24 : Comparaison des données de la stratification

Biotope	**% Région**					Références
	1	2	3	4	5	
Forêt de montagne	8,9	10,9	27,7	48,5	4,0	JOHANSSON (1974)
Forêt sur sols hydromorphes (Porto Rico)	0,00	29,63	41,98	28,40	0,00	MIGENIS et ACKERMAN (1993)
Forêt sur sols hydromorphes (environs de Kisangani)	15,00	12,77	35,46	25,53	10,64	KATAOMBA (2001)
Milieu urbain (Kisangani)						
¤ Arbres ramifiés	8,49	11,04	49,20	28,84	2,43	Présent travail
¤ Arbres monocaules						
Parcelles	43,84	27,23	25,53	3,40	-	Présent travail
Avenues	10,10	49,49	39,39	1,01	-	Présent travail

La région 3 domine chez les arbres ramifiés du milieu ouvert de Kisangani, dans les forêts sur sols hydromorphes de son hinterland et de Porto Rico. Mais dans la forêt de montagne du Libéria, c'est la région 4 qui prédomine (JOHANSSON 1975 : 128). Cette différence s'explique du fait que la région 3 correspond à Kisangani et dans les forêts sur sols hydromorphes à la zone des plus grandes fourches. En forêt montagneuse par contre, cette région demeure encore relativement plus humide et l'étalement des branches limite le nombre d'espèces qui s'y développent. Une autre différence s'observe pour la région 5.
Celle-ci est moins colonisée à Kisangani avec seulement 2,43 %. Son taux atteint en revanche 4 % pour la forêt montagneuse et 10.64 % pour les forêts sur sols hydromorphes des environs de Kisangani. MIGENIS et ACKERMAN (1993 : 235) analysant la stratification des espèces de la famille *Orchidaceae* dans les forêts sur sols hydromorphes de Porto Rico ont trouvé paradoxalement 0 % pour la région 5.

Aussi bien MIGENIS et ACKERMAN (1993) que SONKE et al. (2001) sur *Cola anomala* dans une région ouverte du Cameroun montrent que la richesse spécifique des épiphytes vasculaires est minimale aux strates 1 et 5. Les données présentées dans ce dernier travail aboutissent à la même séquence des strates que celle de l'écosystème urbain de Kisangani.

Faut-il voir par là que cette séquence serait caractéristique des arbres ramifiés des milieux éclairés ? La question nécessite des investigations plus poussées avant de répondre.

La nette stratification de la végétation forestière dans les régions tropicales (JOHANSSON 1974 : 67) induirait des conditions écologiques différentes pour les épiphytes vasculaires. Elle serait à l'origine de la répartition verticale différentielle qui y est observée. Par contre, en milieu urbain c'est le microclimat intracouronnal de l'arbre, différent d'une zone à une autre, qui détermine une telle stratification très marquée.

La prédominance, parmi les lieux de fixation qui dépendent de la stratification et la complètent, des fourches est assez caractéristique de l'épiphytisme des arbres ramifiés à Kisangani : il y aurait donc dans ce milieu un épiphytisme de fourches. Beaucoup d'auteurs pensent que les espèces du genre *Ficus* ne germent toujours que dans les fourches (MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER 1987 : 134). Cette indication traduit la place primordiale qu'occupent les fourches parmi les lieux de fixation des épiphytes vasculaires en milieu ouvert. Dans les forêts en revanche, ce sont les branches qui prédominent. Ainsi KATAOMBA (2001 : 48) a trouvé qu'elles ont une proportion centésimale de 68.37.
Vient ensuite la tige avec 28.37 %, ce qui correspond exactement aux pourcentages des régions 1 et 2 (respectivement 15.60 % et 12.77 %). Ce pourcentage est en outre très proche de celui obtenu dans ce travail pour les arbres ramifiés de Kisangani (28.06 %). Le pourcentage des branches à Kisangani (soit 18.28 %) est de loin inférieur à celui des forêts sur sols hydromorphes étudiées par KATAOMBA (2001).

A la lumière des données obtenues par KATAOMBA (2001), il est permis d'affirmer, comme le fait aussi de façon nettement tranchée JOHANSSON (1974 : 67), que dans les forêts il y a préférence des branches ou du tronc (tige) par les épiphytes vasculaires. Cette préférence en forêt se traduit par la fixation de certaines espèces comme les larges fougères telles que *Asplenium nidus* et *A. africanum* sur le tronc que sur les branches (RICHARDS 1957 : 118).

C'est plutôt l'inverse qui est observé à Kisangani et ses environs : les espèces nidicoles comme *Asplenium africanum* et *Microsorium punctatum* poussent sur les branches.

6.6.3. Le rhytidome

Parmi les nombreux paramètres concourant à la réalisation de l'épiphytisme dans ce travail, le type de rhytidome semble ne pas présenter des relations avec d'autres. C'est pourquoi son analyse se fait séparément. Néanmoins, plusieurs auteurs s'accordent à reconnaître le rôle primordial que joue la nature du rhytidome dans l'épiphytisme. Il a été établi que la richesse en épiphytes vasculaires dépend également de la nature physique du rhytidome qui reste déterminante pour l'ancrage des diaspores et la fixation des plantules d'épiphytes vasculaires. GUILLAUMET (1967 : 59) illustre ce fait par l'exemple de deux espèces du genre *Entandrophragma* : *E. utile* à écorce crevassée porte souvent des épiphytes vasculaires alors que *E. angolense* à écorce lisse en est dépourvue.

Un exemple analogue se retrouve à Kisangani avec les espèces du genre *Spondias* : *S. mombin* à écorce rugueuse héberge les épiphytes vasculaires plus que *S. cytherea* à écorce lisse.

Les individus porteurs d'épiphytes vasculaires à Kisangani sont majoritairement à écorce rugueuse ou crevassée. Ce paramètre varie en fonction non seulement des espèces considérées, mais aussi de l'âge des individus au sein d'une espèce. Les vieux individus d'une espèce donnée peuvent avoir des écorces rugueuses ou crevassées alors que leurs congénères plus jeunes ont des écorces lisses. C'est le cas notamment des espèces *Persea americana* et *Mangifera indica* à Kisangani. BILLINGS et DREW (1938 : 328) et JOHANSSON (1974 : 106-107) abondent dans le même sens en précisant qu'il existe une corrélation positive entre l'âge de l'arbre et la rugosité du rhytidome. Ils trouvent également que le rhytidome rugueux prédomine. En montrant que les facteurs du rhytidome affectent la distribution des communautés des Bryophytes, qui elles favorisent l'installation des épiphytes vasculaires, BILLINGS et DREW (1938) suggèrent l'importance du rhytidome dans la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires.

Indéniablement, les stades de succession des épiphytes vasculaires dépendent, entre autres facteurs, du rhytidome (DUDGEON 1923 : 271).

RUINEN (1953 : 151) considère pour sa part que la germination et l'installation des épiphytes vasculaires sont possibles même dans un minimum de sol retenu par les anfractuosités ou les aspérités de l'écorce. Ces conditions se retrouvent dans la plupart des types de rhytidome. Mais OLIVIER (1930 : 10) affirme qu'il existe une relation entre la nature du rhytidome et la quantité du sol retenu. Il va sans dire que le rhytidome rugueux ou crevassé en retenant plus favoriserait davantage les arbres de ce type dans la colonisation épiphytique. C'est ce qui explique sans doute le faible pourcentage des autres catégories parmi les phorophytes.

Mais dans leur étude sur les *Ficus* en forêt ivoirienne. MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER (1987 : 134) ont trouvé cependant que le paramètre « structure du rhytidome » n'a que très peu de signification. Cela se justifie pour les *Ficus* du fait que dans 80.9 % des cas. les lieux de germination de ces plantes sont constitués par des parties mutilées et/ou en décomposition. La présence de traumatismes sur l'arbre semble favoriser l'installation des *Ficus* indépendamment de la nature du rhytidome. De même MIGENIS et ACKERMAN (1993 : 236) ont trouvé que les fréquences des rhytidomes rugueux et lisse étaient statistiquement similaires entre les phorophytes et les non porteurs (Test G d'indépendance $G = 3.35$ $dl = 1.01$ $p > 0.05$). Ce résultat paraît logique et explicable car ces auteurs ont étudié uniquement les épiphytes vasculaires appartenant à la famille *Orchidaceae*. Ceux-ci. ayant de très minuscules diaspores. peuvent pousser aussi sur des écorces lisses.

En somme. les résultats de la nature du rhytidome peuvent être affectés. pour certains taxons des épiphytes vasculaires (*Ficus* et *Orchidaceae*). par les lieux de fixation ou les dimensions extrêmement réduites des diaspores. Ce qui permet de nuancer un peu l'affirmation de la première phrase de ce sous-point.

6.6.4. L'architecture générale, le nombre de fourches et les angles

Le rôle déterminant qu'aurait l'architecture des arbres dans leur colonisation par les épiphytes vasculaires a été suffisamment souligné par de nombreux auteurs (MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER 1987 : 134 ; MIGENIS et ACKERMAN 1993 : 232). MIGENIS et ACKERMAN (1993 : 239) reconnaissent. en outre. la part imputable à l'architecture dans la germination et l'établissement des épiphytes vasculaires.

Ils donnent à cet effet l'exemple de *Guarea guidonia* (*Meliaceae*) dont l'architecture semble favoriser l'installation des épiphytes vasculaires en particulier les Orchidées.

Constituant en fait la synthèse de plusieurs paramètres, l'architecture des arbres ramifiés de Kisangani est très différente de celle des arbres forestiers.
Le comportement architectural euphotique des arbres ramifiés observé, se manifestant par la dichotomisation raméale progressive, est commun à plusieurs modèles architecturaux reconnus et décrits par HALLE et OLDEMAN (1970). Il aboutit à la formation d'un houppier quasi sphérique ou en boule. Il est pour le moins surprenant que des auteurs, tels que HALLE et OLDEMAN (1970) qui ont analysé avec tant de minutie et de panache l'architecture des arbres tropicaux, n'aient pas relevé ce fait pourtant patent.
Une question fondamentale doit être soulevée à propos de ce comportement à l'instar de celle posée par OLDEMAN (1972 : 264) : existe-t-il dans la flore de Kisangani des espèces dont l'architecture est si immuable qu'elles ne peuvent réaliser le comportement euphotique ?

Parmi les espèces à ramification non conforme à la dichotomisation raméale progressive, il y a lieu de distinguer trois groupes d'espèces suivantes :

1. Les espèces ne formant jamais deux branches seulement : *Cananga odorata*, *Pycnanthus angolensis*, *Terminalia superba*, *T. chebula* et *Ricinodendron heudelotii*.
2. Celles qui forment rarement deux ramifications. Elles le font dans les conditions d'éclairement important ou total à leur stade juvénile. Il s'agit des espèces *Terminalia catappa* et *Syzygium cuminii*.

3. Enfin les espèces qui, subissant un relatif ombrage, adoptent souvent la stratégie adaptative consistant à ne pas se conformer au comportement architectural euphotique. D'où, d'ailleurs, le nombre assez réduit de ces plantes à Kisangani et leur faible taux d'épiphytisme (voir position relative des arbres supra).

Pour les arbres ramifiés, le nombre de fourches présente une évolution similaire tant pour les phorophytes que pour les non porteurs. Mais ce sont, dans ces deux catégories, les arbres à 3 fourches qui priment. KATAOMBA (2001 : 42) fait aussi le constat que le nombre de phorophytes augmente en fonction de celui de principales fourches.

Dans la catégorie de 2 à 4 fourches, il observe qu'il y a plus des non porteurs que des supports tandis que dans la catégorie > 5, le nombre de phorophytes croît dans l'ensemble sans toutefois dépasser celui des non porteurs. A Kisangani, la même tendance a été observée pour le nombre de principales fourches de 1 à 2, un équilibre pour la catégorie 3 fourches et à partir de 4 fourches, les porteurs supplantent les non porteurs.
Les fourches des arbres ramifiés ont pour équivalent, chez les arbres monocaules, les espaces situés entre le stipe et les bases pétiolaires persistantes. Le nombre très élevé de ces dernières et la durée plus grande de leur persistance sur le stipe chez *Elaeis guineensis* expliqueraient la prédominance des phorophytes chez cette espèce. LEBRUN (1937 : 35) et SCHNELL (1970 : 212) attribuent aussi la capacité du palmier à huile d'héberger des épiphytes vasculaires à ses multiples bases pétiolaires entourant complètement le tronc, persistant longtemps après le dessèchement et la chute des feuilles.

Concernant enfin les angles, ceux des arbres de Kisangani sont plus petits que les angles enregistrés par KATAOMBA (2001) dans les forêts sur sols hydromortphes des environs de Kisangani. Toutefois, dans les deux biotopes, les phorophytes se caractérisent par des angles relativement plus ouverts que ceux des non porteurs. La valeur des angles a une incidence certaine sur la plagiotropie ou non des branches. Les petits angles déterminent des branches verticales et les grands angles des branches horizontales ou plagiotropes. A Kisangani, les branches des arbres sont donc verticales et ce en conformité avec la dichotomisation raméale progressive.

6.7. Conclusion

Il apparaît clairement, à l'issue de l'étude des caractéristiques des phorophytes, que l'épiphytisme constitue un phénomène complexe. En effet, plusieurs facteurs interviennent dans la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires à Kisangani. Il serait par conséquent erroné d'incriminer un seul facteur dans l'explication de l'épiphytisme. En outre, les caractéristiques des phorophytes constituent le passage obligé pour mieux appréhender l'épiphytisme. Si l'écologie des épiphytes de nos régions est mal connue, cela est en grande partie imputable à l'absence des travaux qui étudient les phorophytes.

La multiplicité de facteurs intervenant dans l'épiphytisme est plus élevée chez les arbres ramifiés que chez les arbres monocaules. Parmi ces paramètres, la circonférence semble jouer un rôle important suivie des lieux de fixation en particulier les fourches. Le problème essentiel qui reste à élucider c'est celui de liaison et à quel degré de ces paramètres.

L'étape de la caractérisation des phorophytes ayant été largement réalisée, l'étude de la flore épiphytique sera la suite. Elle se fera dans le chapitre suivant.

7. LA FLORE EPIPHYTIQUE RECENSEE

7.1. Introduction

Les recherches sur les épiphytes vasculaires font ressortir la spécificité de leur flore dans les forêts et décrivent souvent avec moult et force détails ses diverses adaptations. Les conditions écologiques dans lesquelles se développent ces végétaux sélectionnent les espèces qui peuvent s'y accommoder. Il en a résulté une flore spéciale dont l'analyse impose surtout la prise en compte des écomorphoses qu'elle manifeste.

Si la flore épiphytique des forêts équatoriales est relativement bien connue, celle des milieux ouverts, en particulier des écosystèmes urbains, reste à déterminer de manière complète.

Les espèces vasculaires se développant comme épiphytes à Kisangani, ont été inventoriées. Ce chapitre en présente les principaux résultats. Les caractéristiques des espèces les plus frappantes feront l'objet du chapitre suivant.

L'étude de la flore épiphytique a été longtemps privilégiée par de nombreux auteurs. Les travaux réalisés à ce jour sur les épiphytes vasculaires mettent l'accent sur cet aspect au détriment de tous. L'approche descriptive qu'elle dicte serait sans doute à la base de cette propension fort prononcée.

7.2. Les espèces recensées

La flore épiphytique de Kisangani recensée comprend 68 espèces. Celles-ci sont les espèces typiquement épiphytes ou les plus fréquentes.

La Commune Makiso apparaît la plus riche en épiphytes vasculaires avec 54 espèces. C'est du reste la seule commune où ont été recensées le plus d'espèces de la famille *Orchidaceae*.

Parmi les espèces de cette dernière famille représentée dans les 6 entités administratives de la ville de Kisangani, il faut citer : *Graphorkis lurida*, *Calyptrochilum emarginatum* et *Cytorchis arcuata*.

Cette flore est constituée d'un noyau d'espèces, appartenant essentiellement à la famille *Polypodiaceae*, qui prédomine par leur fréquence et leur abondance.

Microgramma owariensis est l'espèce caractéristique et dominante de ce groupe. S'ajoutent à cette espèce : *Platycerium stemaria*, *P. angolense*, *Phymatosurus scolopendria*, *Microsorium punctatum*, *Nephrolepis biserrata*, *N. acutifolia*, *Drynaria laurentii* et *Davallia chaerophylloides*.
A ce noyau assez homogène appartient aussi *Rhipsalis baccifera*, la seule *Cactaceae* africaine spontanée et aphylle.

Un second groupe, exclusivement constitué des espèces du genre *Ficus*, comprend les espèces suivantes : *Ficus polita*, *F. recurvata*, *F. natalensis* et surtout *F. louisii*.

Ce sont ces deux groupes qui forment le fonds floristique épiphytique de la ville de Kisangani auquel viennent se greffer des espèces normalement terrestres mais qui peuvent, dans certaines circonstances, se développer comme épiphytes vasculaires.
Les espèces formant des groupements, tel que cela ressort par leur abondance- dominance élevée, sont *Microgramma owariensis*, *Phymatosurus scolopendria*, *Drynaria laurenti* et *Nephrolepis biserrata*. Cette dernière espèce ne forme des groupements que sur le palmier à huile *Elaeis guineensis*. Sa fréquence est différente dans les deux groupes d'arbres distingués.
Elle est en moyenne de 6,15 % sur les arbres ramifiés et de plus de 80 % sur le arbres monocaules où elle colonise surtout les individus des stades 1 et 2. Sur les arbres ramifiés par contre, on note la prédominance nette de *Microgramma lycopodioides*.

7.3. Analyse taxonomique.

Dans le tableau 7.1. sont présentées les données synthétiques relatives à l'analyse taxonomique faite. Il ressort de ce tableau que la flore épiphytique de Kisangani est paucispécifique. Elle est constituée de trois grands groupes taxonomiques suivants :

a. Les Ptéridophytes

Comprennent 3 ordres, 13 genres et 16 espèces recensées. La famille *Polypodiaceae* y domine avec 7 espèces. Les autres familles ont chacune 2 espèces (*Nephrolepidiaceae* et *Vittariaceae*) ou surtout une seule espèce (*Aspleniaceae*, *Oleandraceae*, *Davulliaceae* et *Psilotaceae*). Ce sont des épiphytes vrais pour la plupart.

Tableau 7.1. : Répartition taxonomique condensée de la flore épiphytique de Kisangani.

Embranchements Sous-embranchements Classes Sous-classes	Nombre Ordres	Nombre Familles	Nombre Genres	Nombre Espèces	% Espèces
PTERIDOPHYTA	3	8	13	16	23,.53
Psilophytinae	1	1	1	1	1,47
Lycopotinae					
Lycopopsida	1	1	1	1	1,47
Pteropsida					
SPERMAPHYTA	1	6	11	14	20,.59
Magnoliophytina					
Magnoliopsida	10	14	15	34	49.,99
Magnolidae	1	1	1	1	1,47
Hamamelidae	1	2	2	21	30,.88
Caryophyllidae	1	4	4	4	5,88
Dilleniidae	2	2	2	2	2,94
Rosidae	1	1	2	2	2,94
Asteridae	4	4	4	4	5,88
Liliopsida	4	4	14	18	26,47
Arecidae	1	1	1	1	1,47
Commelinidae	2	2	2	2	2,94
Lihiidae (Orchidiidae)	1	1	11	15	22,06
Total	17	26	42	68	99,99

b. Les Magnoliopsida (= Dicotylédones)

Ce groupe est constitué de 34 espèces. La famille qui y domine est celle des *Moraceae* avec 19 espèces. Il est à noter que les différentes espèces des Dicotylédones sont soit hémi - épiphytes, soit épiphytes préférentiels ou épiphytes accidentels. La seule espèce des Magnoliopsida épiphyte vrai est *Rhipsalis baccifera.*

c. Les Liliopsida (= Monocotylédones)

Prédomine dans ce taxon, la famille *Orchidaceae* avec 15 espèces épiphytes typiques. Au total ce groupe comprend 18 espèces. Les autres espèces épiphytes sont donc accidentelles et appartiennent aux familles *Arecaceae*, *Commelinaceae* et *Poaceae*.

D'une manière générale, la flore épiphytique de Kisangani est constituée surtout des Ptéridophytes et des *Orchidées*. Les Fougères dominent surtout par leur fréquence et leur abondance tandis que les *Orchidaceae* semblent surtout limitées à la seule commune Makiso. Leur fréquence est élevée sur les arbres ramifiés et particulièrement sur *Mangifera indica*. Au niveau générique, la famille la plus diversifiée est celle des *Orchidaceae* avec 11 genres. Elle est suivie de la famille *Polypodiaceae* avec 6 genres différents. La biodiversité des autres familles à ce niveau paraît assez faible (1 ou 2 genres seulement). Mais il faut noter que le genre *Ficus* est le seul présentant plus de 6 espèces. On a dénombré pour ce seul genre 19 espèces. Le genre *Polystacha* compte 3 espèces. Les autres genres ont peu d'espèces (1 ou 2).

L'analyse taxonomique réalisée n'est cependant pas homogène lorsqu'on considère les différentes communes comme le suggère la répartition des *Orchidaceae* à laquelle nous avons fait allusion. Le tableau 7.2. le montre bien.

Tableau 7.2. : Analyse taxonomique de la flore épiphytique par commune.

Groupes	Nombre d'espèces						Ensemble de la ville
	Makiso	Mangobo	Lubunga	Tshopo	Kisangani	Kabondo	
Ptéridophytes	13	8	9	8	6	16	
Monocotylédones	27	18	26	14	13	17	34
Orchidaceae	(15)	(6)	(8)	(5)	(3)	(3)	(15)
Rapport Ptéridophytes Orchidaceae	0.87	1.33	1.33	1.60	2.33	2.0	1.07
Nombre total	61	36	49	37	24	29	

L'analyse des principaux groupes présentés au tableau 7.2. souligne des différences assez marquées entre les 6 communes de la ville de Kisangani. Elle fait apparaître nettement l'importance numérique de la commune Makiso en épiphytes vasculaires. Le nombre d'espèces de la famille *Orchidaceae* y est aussi le plus élevé de la ville.

Par contre, le rapport Ptérydophytes / *Orchidaceae* enregistré est le plus faible de toutes les communes. Ce rapport, qui suggère implicitement l'importance attribuable aux Orchidées, semble évoluer globalement en sens inverse de la biodiversité avec quelques exceptions mineures.

Dans l'ensemble, les épiphytes vrais comprennent deux principaux groupes : les Ptéridophytes et les Orchidées. A ceux-ci s'ajoute l'espèce *Rhipsalis baccifera*. Le reste de la flore épiphytique de ces 6 communes est constitué des épiphytes accidentels et surtout des hémi-épiphytes représentés par les espèces du genre *Ficus*. Une fois de plus ressort le caractère paucispécifique de cette flore renforcé par l'instabilité quasi chronique des biotopes qu'elle occupe (abattage et ébranchage réguliers des arbres ne permettant pas son développement).

Les résultats du calcul de la diversité spécifique pour les différentes familles apportent une preuve supplémentaire de la prédominance de 3 groupes taxonomiques (annexe). Il se dégage de ces résultats que les familles *Moraceae* (27,94 %), *Orchidaceae* (23,52 %) et *Polypodiaceae* (10,29 %) sont les seules ayant plus de 10 %. Les 22 autres familles ont 1 à 2 espèces seulement (1,47 à 2,94 %).

7.4. Caractéristiques bioécologiques

Pour mieux caractériser les adaptations écologiques des espèces épiphytes, sont ressemblées les données sur les formes morphologiques et biologiques ainsi que les adaptations à la dissémination. L'analyse phytogéographique de cette flore permet aussi leur caractérisation. Les données recueillies sont synthétisées au tableau 7.3. (voir annexe n° pour les données de base résumées par ce tableau).

L'examen du tableau 7.3 reprenant les caractéristiques bioécologiques et la distribution géographique de cette flore épiphytique autorise de souligner les points saillants ci-après :

* dans les types morphologiques : la nette dominance des herbes vivaces qui représentent plus de la moitié des espèces inventoriées. Elles sont suivies des arbres appartenant essentiellement au genre *Ficus*. Parmi ces derniers, figure aussi une espèce accidentelle *Elaeis guineensis* dont la présence y serait imputable aux animaux. On retiendra également un fait capital : les épiphytes vrais sont en général des herbes vivaces. Les biotopes formés par les tiges des arbres ne permettent pas le développement des herbes annuelles. Celles-ci avec un pourcentage de 11,76 % sont constituées d'espèces accidentelles.

Tableau 7.3 : Caractéristiques écologiques de la flore épiphytique de Kisangani

Paramètres / Subdivisions	Nombre d'espèces	%
1. Types morphologiques		
Herbes vivaces	37	54,41
Lianes	9	13,24
Arbres	11	16,18
Herbes annuelles	8	11,76
Arbustes	3	4,41
Total	68	100,00
2. Types biologiques		
Chaméphytes	36	52,94
Phanérophytes	23	33,82
Thérophytes	6	8,82
Géophytes	2	2,94
Hémiciaphyte	1	1,47
Total	68	99,99
3. Types de diaspores		
Planeurs légers	32	42,65
Dyszoochores	26	20,59s
Autochores	4	16,18
Endozoochores	4	14,71
Epizoochores	2	1,47
Total	68	100,00
4. Distribution géographique		
Guinéenne	29	42,65
Afrotropicale	14	20,59
Paléotropicale	11	16,18
Pantropicale	10	14,71
Afroaméricaine	1	1,47
Afromalgache	1	1,47
Congolaise	1	1,47
Total	68	100,00

* Le même tableau fait ressortir la prédominance, parmi les types biologiques, des Chaméphytes (52,94 %). Ce type biologique est privilégié car il favorise un meilleur ancrage. En formant des racines à plusieurs endroits, ces plantes assurent, mieux que les autres types biologiques, une fixation efficiente. En outre, à cette efficacité de l'ancrage s'ajoute l'augmentation des capacités nutritives et photosynthétiques (la possibilité de disposer de plusieurs nœuds où se forment les feuilles). Viennent en seconde position, les Phanérophytes avec 33,82 %. Ce groupe comprend presque exclusivement les espèces du genre *Ficus*.

* L'accès aux différentes parties des arbres hôtes requiert l'acquisition des diaspores le rendant possible. L'analyse des types de diaspores demeure donc indispensable pour comprendre l'épiphytisme.

Celle faite au tableau 7.3 met en évidence la supériorité numérique assez nette des planeurs légers (47,06 %). Ce sont des plantes produisant des petites diaspores disséminées par le vent. Dans cette catégorie se trouvent les Ptéridophytes et les Orchidaceae. Le succès de ces 2 taxons parmi les vrais épiphytes serait sans nul doute dû en grande partie à leur mode de dissémination. Le fait de produire de minuscules diaspores permet également d'en avoir en très grand nombre. Ce qui renforce encore les possibilités épiphytiques. Il faut enfin souligner un autre avantage important des planeurs légers. Disposant des minuscules diaspores, ces espèces s'assurent de ce fait une meilleure fixation sur le rhytidome des arbres porteurs éventuels. Quelle que soit la nature du rhytidome, nous l'avons vu au chapitre précédent, il retient toujours une quantité de sol si minime soit-elle.

Les espèces disséminées par les animaux suivent : les dyszoochores (38,24 %), les endozoochores (5,88 %) et les épizoochores (2,94 %). Au total donc la zoochorie présente un pourcentage plus élevé que celui des plantes à diaspores légères (47,06 %). D'une manière générale, il y a lieu d'affirmer à la lumière de ces données, que la dissémination des épiphytes

vasculaires est assurée par le vent et les animaux. La réussite comme épiphytes vasculaires requiert par conséquent des agents disséminateurs pouvant faciliter le transport des diaspores sur des longues distances. Ainsi les espèces barochores qui prédominent en milieu forestier équatorial sont exclues. C'est ce qui explique vraisemblablement leur rareté dans les biotopes où se développent les épiphytes vasculaires en milieu urbain.

Les espèces épiphytes vasculaires n'étant pas uniformément réparties, il est intéressant de déterminer leurs aires de distribution, ce qui permettra de rechercher les causes de leurs limites actuelles et de mettre en évidence les données de leur évolution éventuelle.

* L'analyse phytogéographique de l'épiphytisme à Kisangani montre que les espèces à large distribution constituent dans l'ensemble 55,88 %. Ce qui traduit leur relative dominance. Le groupe d'espèces guinéennes vient en seconde position avec 44,12 % (y compris l'unique espèce endémique en R.D.Congo). Cette proportion élevée des espèces guinéennes exprime l'appartenance de la dition étudiée à cette région.

En somme, l'analyse chrorologique des épiphytes vasculaires de Kisangani fait donc ressortir deux ensembles de presque égale valeur, l'un à forte distribution constitué des Ptéridophytes en grande partie et de quelques herbes annuelles et l'autre confiné à la région guinéo-congolaise. Ce dernier groupe comprend des Orchidées et quelques espèces du genre *Ficus*.
Cette dualité chrorologique caractérise aussi d'autres biotopes. Mais elle serait différente de l'effet de l'anthropisation des sites naturels qui favorise la pénétration des espèces à très large distribution.

1) Cela s'explique par le fait que l'homogénéisation floristique due à cette action anthropique se limite aux jachères et aux milieux rudéraux alors que dans les forêts elle serait nulle.

2) Les épiphytes vasculaires de ce point de vue constituent une exception de taille : ce sont les seuls végétaux à large répartition géographique qui ont pénétré dans les forêts équatoriales africaines.

7.5. Flore épiphytique et types de phorophytes

Les espèces vasculaires recensées poussent sur les arbres ramifiés et les monocaules. Cependant des différences essentielles apparaissent lorsqu'on examine attentivement la répartition des épiphytes vasculaires sur ces deux types de phorophytes

Ces différences se situent à trois niveaux suivants :

1. Le faible nombre des espèces de la famille *Orchidaceae* sur les arbres monocaules. Deux espèces seulement préfèrent les biotopes formés par les monocaules : *Graphorkis lurida* et *Calyptrochilum emarginatum*. En général, les monocaules portent peu ou surtout pas d'*Orchidées*.

2. Le nombre élevé d'individus de quelques espèces sur les monocaules en particulier sur les individus de l'espèce Elaeis guineensis (stades 1 et 2). Ceux-ci sont littéralement couverts d'épiphytes vasculaires singulièrement les Ptéridophytes (*Nephrolepis biserrata, Microgramma lycopodioides*, etc.).

3. L'importante variation de la taille des espèces épiphytes. Cette variabilité semble évoluer des jeunes palmiers aux arbres les plus vieux (les *Mangifera indica* des avenues). La quantification et l'étude détaillée de cette variabilité, qui dépassent le cadre de cette étude, feront l'objet d'un travail ultérieur en préparation. Néanmoins l'observation des corbeilles de *Platycerium stemaria* dans les différents stades de phorophytes l'illustre bien.

Des différences similaires sont observées au sein de chaque type de phorophytes. Ainsi chez les arbres ramifiés, le passage des jeunes arbres aux plus vieux s'accompagne souvent d'une augmentation de la taille des épiphytes vasculaires et d'un accroissement consécutif de la biodiversité.

Chez les monocaules, la situation peut se résumer par le schéma suivant :

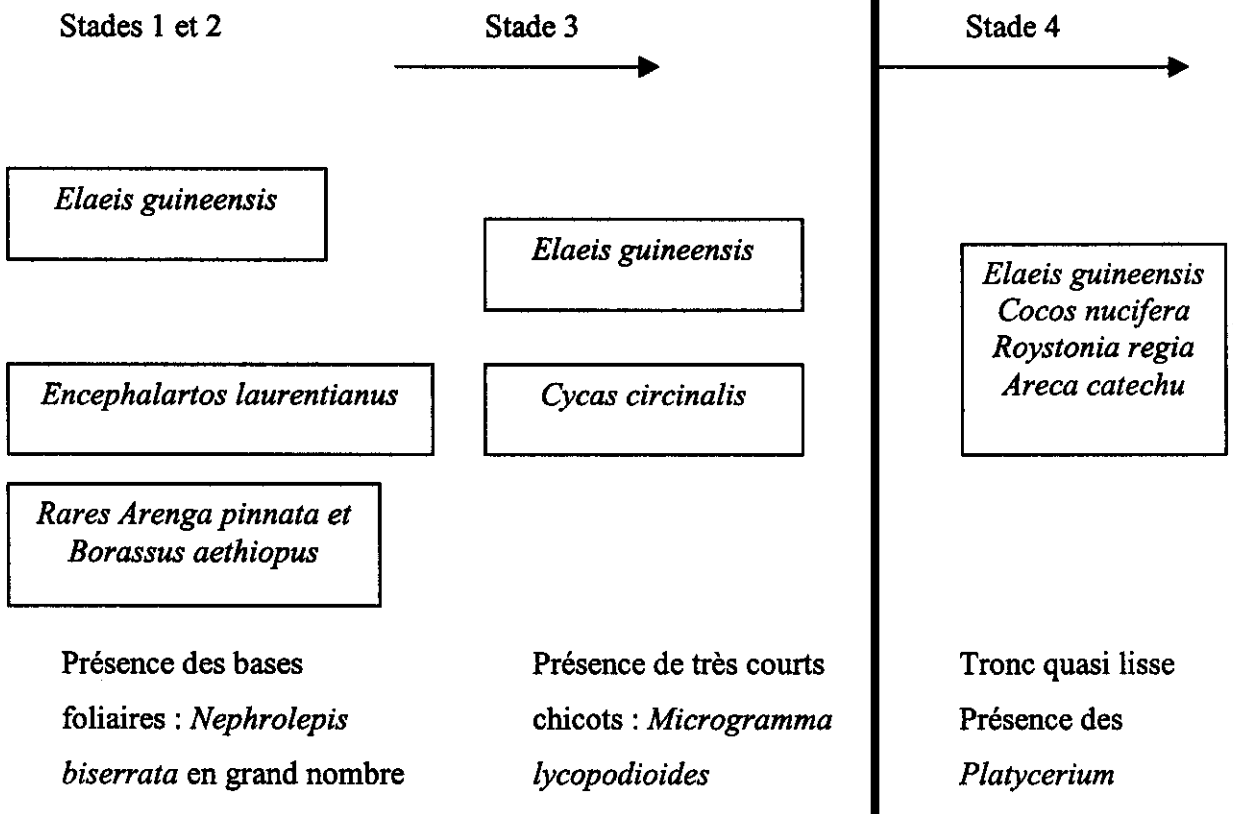


Fig. 7.1 : Composition floristique en relation avec les espèces des arbres monocaules

Au stade 4, *Elaeis guineensis* se démarque des autres espèces en développant dans la zone de rosette foliaire quelques *Nephrolepis biserrata*.

Les arbres de ce stade montrent une initiation de la colonisation épiphytique avec les fougères à corbeilles qui favorisent la fixation d'autres épiphytes vasculaires (*Nephrolepis biserrata*, *Davallia chaerophylloides* et *Ficus div. sp.*)

7.6. Fréquence des espèces épiphytes vasculaires

La fréquence des épiphytes vasculaires à Kisangani a été abordée en trois étapes déterminées en fonction des types phorophytiques. La première analyse porte succinctement sur la fréquence des épiphytes des arbres ramifiés, la seconde sur celle des arbres monocaules et la dernière consiste en une brève comparaison de ces deux groupes. Ne sont prises en compte dans chaque cas que les espèces les plus fréquentes.

Pour les arbres ramifiés (tabl. 7.4.), l'espèce qui prédomine par sa fréquence est sans conteste *Microgramma lycopodioides* avec un pourcentage moyen de 55,28 % qui varie de 39,77 % (Kisangani) à 74,89 % (Tshopo). La fréquence de cette espèce dépasse 53 % dans 4 communes : Lubunga, Makiso, Mangobo et Tshopo. *Platycerium stemaria* vient en seconde position avec 45,31 % en moyenne. Sa fréquence la plus élevée a été enregistrée à Mangobo (61,15 %) et la plus faible à Lubunga (36,36 %). Par contre, son espèce affine, *Platycerium angolense* présente une très faible fréquence de 5,24 % en moyenne en dépit de sa répartition dans toutes les 6 communes.
Ce qui laisse penser que ces deux espèces ont des capacités adaptatives nettement différentes. *Phymatosurus scolopendria* vient en 3ème position avec 19,98 % en moyenne. *Rhipsalis baccifera* clôture la liste des espèces avec plus de 15 % de fréquence.

Chez les arbres monocaules (Tabl. 7.5), il y a lieu de noter que dans les parcelles 5 espèces présentent une fréquence supérieure à 15 %. *Nephrolepis biserrata* y domine avec 71,27 %. Vient en deuxième position *Phymatosurus scolopendria* avec une moyenne de 45,19 %. Deux espèces épiphytes accidentelles occupent la 3ème et la 4ème position. Il s'agit de *Peperomia pellucida* avec 22,91 % et *Asystasia gangetica* avec 17,67 %. *Microgramma lycopodioides* vient tout juste après ces deux espèces par le taux de 17,47 %.

On notera également le pourcentage élevé (16,41 % en moyenne) d'*Elaeis guineensis*. L'examen des arbres monocaules d'avenues donne en tête *Microgramma lycopodioides* avec 33,72 %. *Nephrolepis biserrata* ne vient qu'en seconde position avec un pourcentage de 30,23. La 3ème position est occupée par *Platycerium stemaria* (16,28 %).

Tableau 7.4. : Fréquence des épiphytes vasculaires dans les 6 communes de Kisangani pour les arbres ramifiés

N°	Espèces	Communes												% moyen
		Makiso (1214)		Kabondo (225)		Lubunga (231)		Kisangani (88)		Tshopo (231)		Mangobo (340)		
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
1	*Microgramma lycopodioides*	686	56,51	110	48,89	124	53,68	35	39,77	173	74,89	182	57,96	55,28
2	*Rhipsalis baccifera*	427	35,17	31	13,78	77	33,33	4	4,55	74	32,03	3	0,96	19,97
3	*Platycerium stamaria*	464	38,22	90	40,00	84	36,36	48	54,55	96	41,56	192	61,15	45,31
4	*Platycerium angolense*	60	4,94	12	5,33	2	0,87	5	5,68	11	4,76	31	9,87	5,24
5	*Phymatosurus scolopendria*	384	31,63	27	12,00	83	35,93	5	5,68	27	11,69	72	22,93	19,98
6	*Microsorium punctatum*	43	3,54	2	0,89	1	0,44	1	1,14	2	0,87			1,15
7	*Nephrolepis biserrata*	54	4,45	12	5,33	15	6,49	3	3,41	14	5,63	54	17,20	7,09
8	*Nephrolepis acutifolia*	12	0,99	1	0,44	2	0,87	1	1,14			4	1,27	0,57
9	*Grandrokis lurida*	32	2,64	2	0,89	13	5,63			4	1,73	2	0,64	1,92
10	*Asplenium africanum*	5	0,41	1	0,44									0,14
11	*Davallia chaerophyllordes*	64	5,27	3	0,00			2	2,27	1	0,43	3	0,96	5,47
12	*Drynaria laurentii*	80	6,59	9	0,44	10	4,33	5	5,68	15	6,49	18	5,73	0,08
13	*Pyrrosia lanceolata*	6	0,49	0										0,10
14	*Oleandra distenta*	2	16	1	4									0,03
15	*Tridactyle anthomoniaca*	2	0,16											0,36
16	*Urena cameroonensis*	5,041				1.73								0,23
17	*Urena hypselodendron*	9	0,74									2	0,64	0,01
18	*Psilotum nudum*	1	0,08											3,14
19	*Polystachya tesselata*	50	4,12			31	13,42			3	1,30			0,04
20	*Polystachya affinis*	3	0,25											0,67
21	*Diaphananthe bidens*	38	3,13							2	0,87			3,02
22	*Calyptrochilum emarginatum*	194	15,98							5	2,16			5,81
23	*Ficus polita*	43	3,54	18	8,00	37	16,02	3	3,41	9	3,90			1,87
24	*Ficus recurvata*	6	0,49	6	2,67	16	6,93	1	1,14					4,06
25	*Ficus natalensis*	38	3,13	11	4,89	4	1,73	5	5,68	14	6,06	9	2,87	1,02
26	*Peperonia pellucida*	1	0,08	10	4,44	1	0,43	1	1,14					12,76
27	*Ficus loisii*	219	18,04	29	12,89	69	29,87		1,14	29	12,55	10	3,18	1,01

(suite du tableau 7.4)

28	*Ficus ottonaefolia*	10	0,82	6	2,67			1		3	1,43			0,53
29	*Ficus sp 17*	28	2,31			2	0,87		1,14					0,20
30	*Ficus sp 18*	9	0,74			1	0,43							12,76
31	*Ficus valis-choudae*	11	0,91			5	2,16	2		3	1,43	13	4,14	1,44
32	*Ficus artocarpoïdes*	18	1,48					1				4	1,27	0,46
33	*Ficus bubu*	48	3,95	15	6,67			2	2,27	8	3,46	13	4,14	0,46
34	*Solenostemon monostachyus*	7	1,02	6	2,67	5	2,16		1,14	2	0,87	1	0,32	1,55
35	*Talimum triangulare*	5	0,41	3	1,33				2,27					0,48
36	*Ficus vogelii*	17	2.48							10	4,33	3	0,96	1,67
37	*Ficus elastica*					26	11,26			1	0,43			1,95
38	*Cytorchis bracteata*	42	6,12							2	0,87	2	0,64	1,27
39	*Asystasia gangetica*	7	1,02							1	0,43	3	0,96	0,40
40	*Elaeis guineensis*	10	1,46			18	7,79			2	0,87	12	3,82	2,32
41	*Cyathula prostrata*	3	0,25			4	1,73			1	0,43	4	1,27	1,61
42	*Ficus lingua*	2	0,16					2	2,27					0,41
43	*Carica papaya*	42		24		24		12		26		22		

La comparaison sommaire des fréquences des épiphytes vasculaires sur ces 2 types d'arbres fait ressortir une différence nette dans la composition floristique en terme de pourcentage. Ainsi *Microgramma lycopodioides* présente une fréquence sur les arbres ramifiés qui équivaut au triple de celle des arbres monocaules des parcelles et à plus de 1,64 % de celle des monocaules d'avenues. Il en est de même pour *Nephrolepis biserrata* dont la fréquence sur les arbres ramifiés est le 1/10 de celle des arbres monocaules des parcelles. Une autre espèce intéressante du même point de vue est *Rhipsalis baccifera*. Sa fréquence passe de 19,97 % sur les arbres ramifiés à 1,63 % sur les monocaules des parcelles et à 13,95 % pour les monocaules d'avenues. On peut conclure que les arbres ramifiés ont une flore, qui par sa fréquence, se montre différente de celle des arbres monocaules des parcelles mais assez similaires de la flore des monocaules d'alignement du moins pour les espèces les plus fréquentes. Par ailleurs, on constate que les monocaules des parcelles, en particulier *Elaeis guineensis*, par le nombre élevé de leurs bases foliaires persistantes offrent des conditions optimales pour le développement de *Nephrolepis biserrata*. La faible fréquence de cette espèce sur les arbres ramifiés se comprend aisément. Elle y est limitée aux endroits présentant des creux, des blessures ou sur des corbeilles formées par les espèces du genre *Platycerium* et *Drynaria laurentii*. Enfin, les monocaules des parcelles bénéficient d'un microclimat en général plus humide et moins ensoleillé que celui des monocaules d'avenues. Cela s'observe non seulement par la fréquence différente de *Nephrolepis biserrata* qui est une espèce plus hygrophile, mais aussi par celle des espèces épiphytes accidentelles hemihygrophiles tels que *Peperomia pellucida*, *Solenostemon monostachyus* et *Cleome ciliata*.

Tableau 7.5 : Fréquence par commune des épiphytes vasculaires sur les arbres monocaules

Espèces	Communes (parcelles)								Moyenne %	Makiso (Avenues) = 86	
	Makiso = 348		Tshopo = 215		Kisangani = 247		Kabondo = 411				
	N	%	N	%	N	%	N	%		N	%
Microgramma lycopodioides	95	27,30	33	15,35	33	13,36	57	13,87	17,47	29	3,72
Nephrolepis biserrata	244	70,11	122	56,74	240	97,17	251	61,07	71,27	26	30,23
Platycerium stemaria	90	25,86	35	16,28	4	1,62	9	2,19	11,49	14	16,28
Rhipsalis baccifera	8	2,30	8	3,72			2	0,49	1,63	12	13,95
Phymatosorus scolopendria	158	45,40	95	44,19	135	54,66	150	36,50	45,19	11	12,79
Davallia chaerophylloides	34	9,77	3	1,40	2	0,81	4	0,97	3,24	5	5,81
Solenostemon monostachyus	29	8,33	1	6,98	39	15,79	63	15,33	11,61		
Ficus natalensis	20	5,75	5	2,33	8	3,24	13	3,16	3,62	7	9,14
Peperomia pellucida	105	30,17	63	29,30	29	11,74	84	20,44	22,91	1	1,62
Centella asiatica	16	4,60	3	1,40			2	0,49	1,62		
Cyathula prostrata	11	3,16	38	17,67	20	8,10	27	6,57	8,88		
Asystasia gangetica	62	17,82	18	8,37	60	24,29	83	20,19	17,67		
Commelina diffusa	43	12,36	18	8,37	13	5,26	57	13,87	9,97	1	1,62
Ficus recurvata	4	1,15			5	2,02	4	0,97	1,04		
Ficus ottonaefolia	17	4,89	17	12,56	7	2,83	4	0,97	5,31	2	2,33

7.7. Typologie des épiphytes vasculaires

La catégorisation des épiphytes vasculaires recensés aboutit à la distinction de 4 types. Le nombre et le pourcentage de chaque catégorie reconnue sont présentés dans le tableau 7.6.

Tableau 7.6 : Les types épiphytiques distingués

Type épiphytique	Nombre d'espèces	%
Epiphytes stricts	32	47,06
¤ Xérophytes	(20)	(29,41)
¤ Mésophytes	(12)	(17,65)
Epiphytes accidentels	18	26,47
Hémi-épiphytes	17	25,00
Epiphytes préférentiels	1	1,47
Total	68	100,00

Les épiphytes stricts ou authentiques qui prédominent se subdivisent en deux catégories : les xérophytes (29,41 %) et les mésophytes (17,65 %). Les xérophytes semblent avoir une distribution restreinte à la commune Makiso et à une moindre mesure à celle de Lubunga. Ce groupe est dominé par les Orchidées. Les mésophytes bien que moins nombreux en terme spécifique sont cependant suffisamment représentés en terme d'abondance.
En plus, leur fréquence paraît la plus élevée. Les hémi-épiphytes sont essentiellement les espèces du genre *Ficus*. Par contre la seule espèces épiphyte préférentiel est *Nephrolepis biserrata* qui se développe aussi comme terricole dans les jachères arbustives dans la région de Kisangani. Comme épiphyte, il pousse sur les pieds d'*Elaeis guineensis*.

7.8. Discussion

7.8.1. La flore épiphytique

Plusieurs auteurs qui ont étudié les épiphytes vasculaires sont arrivés au même constat : la flore épiphytique est paucispécifique. Les travaux de BEBWA et MANDANGO (1984) ainsi que la présente étude confirment cette observation pour Kisangani.

Ce caractère paucispécifique de la flore épiphytique est remarquablement mis en évidence dans le tableau 7.6. Dans l'ensemble, comme l'avait trouvé MADISON (1977), le nombre d'espèces épiphytes ne représente que 10 % de la flore totale recensée à l'échelle mondiale.
Pour la ville de Kisangani, ce pourcentage est encore plus faible avec 5 ‰. En dépit de sa faible représentation, la flore épiphytique à Kisangani se caractérise, entre autres traits, par une abondance indéniable au niveau des individus par espèce. L'exubérance des épiphytes vasculaires sur les arbres d'alignement en particulier dans cette ville a été soulignée par LEBLANC et MALAISSE (1978 : 80).

Le caractère paucispécifique de la flore épiphytique de Kisangani ressort encore mieux par la prise en considération des seuls épiphytes stricts. Le nombre de ces derniers s'élève à 32, soit 47,06 % du total des espèces recensées. Le tableau 7.7 compare les effectifs épiphytiques de différentes régions. Le nombre d'espèces de Kisangani est le même que celui de la région de Bafou au Cameroun (SONKE et al. 2001). Ces deux milieux sont similaires : ce sont des biotopes ouverts à forte insolation mais avec une pluviosité élevée.
Dans les forêts montagneuses du Libéria, JOHANSSON (1974) a inventorié 48 espèces épiphytes authentiques. Son travail ne mentionne aucun épiphyte accidentel, ni un hémi-épiphyte. Vraisemblablement, JOHANSSON (1974) n'a répertorié que des épiphytes vrais. De ce fait, il considère comme épiphytes que des plantes passant toute leur vie entièrement sur les autres végétaux.
KATAOMBA (2001 : 37-39) pour sa part cite 22 espèces dont 19 épiphytes stricts, 2 hémi-épiphytes et un seul épiphyte préférentiel (*Nephrolepis biserrata*).

Comme on peut le déduire aisément, l'importance des épiphytes vrais augmente du milieu ouvert au biotope forestier avec cependant une baisse sensible des effectifs dans les forêts sur sols hydromorphes des environs de Kisangani.
Notons aussi que dans les forêts existent des épiphytes préférants. Dans la forêt de l'Ituri, nous avons recensé deux espèces de ce dernier groupe, à savoir *Calvoa orientalis* (*Melastomataceae*) et *Impatiens niamniamensis* (*Balsaminaceae*).
Le caractère paucispécifique de cette flore et surtout le nombre très limité d'espèces épiphytes typiques traduisent la sélection qu'impose la vie épiphytique dans les conditions de Kisangani caractérisées par un fort éclairement et une faible humidité relative microclimatique.

Les groupes taxonomiques qui y prédominent ne sont pas les mêmes que ceux des forêts. La flore épiphytique de Kisangani est totalement dominée par les Ptéridophytes. VAN OYE (1974 : 497) avait fait le même constat en notant que : « Les Fougères prennent la plus large place ici et sont à considérer typiques de la région examinée ».

Ainsi, le pourcentage des *Orchidées* à Kisangani est de 22,06 % alors que dans les forêts il atteint plus de 70 %. Contrairement à BEBWA et MANDANGO (1984) nous n'avons recensé qu'une seule espèce d'*Orchidées* sur *Elaeis guineensis*. Il s'agit de *Graphochis lurida*. JOHANSSON 1974 : 144) a trouvé 2 espèces sur *Elaeis guineensis* : *Graphorchis lurida* (sic) et *Habenaria procera*.

L'existence des microclimats nettement contrastés, à la fois hygrophile dans les strates inférieures et quasi xérophile dans les strates supérieures détermine dans les forêts une diversité de microbiotopes favorisant par conséquent une forte phytodiversité épiphytique. Mais celle-ci s'accompagne, en général, d'une réduction drastique des espèces accidentelles favorisées, en revanche, par les conditions environnementales régnant sur les arbres à Kisangani. Le rapport Ptéridophytes / *Orchidées* varie de ce fait, en diminuant, des régions ouvertes aux forêts.

La comparaison de la valeur de ce rapport, obtenue par BEBWA et MANDANGO (1984), de 3,75 sur *Elaeis guineensis* et la nôtre (0,94) suggère en outre que la prise en compte des arbres ramifiés pour la compréhension de l'épiphytisme à Kisangani demeure un paramètre essentiel. Elle montre également que le nombre d'espèces de la famille *Orchidaceae* augmente sensiblement des palmiers aux arbres ramifiés à grosse circonférence.

Bien que LEBRUN (1937 : 35) reconnaît que les "palmiers se prêtent particulièrement à héberger des épiphytes" à cause de leurs bases pétiolaires persistantes retenant mieux le terreau ; il faut nuancer cette affirmation en précisant qu'ils offrent des meilleures conditions pour les Ptéridophytes. Les espèces de la famille *Orchidaceae* sont rares, voire souvent, absentes sur de nombreux palmiers. Ce constat a été également fait par JOHANSSON (1974 : 114) ; TROCHAIN (1980) pense que la germination des diaspores des *Orchidées* sur les palmiers pose problème.

L'importance de la famille *Polypodiaceae* paraît être un trait particulier de l'épiphytisme à Kisangani. Elle a été reconnue aussi par SUGDEN et ROBINS (1979 : 180) dans les montagnes de Colombie.

PESSIN (1925) signale que la seule espèce épiphyte vraie de la région de Mississipi est une *Polypodiaceae* : *Polypodium polypodioides*. BENZING (1990) note aussi l'importance de cette famille.

La prépondérance de la famille *Polypodiaceae* se justifie car elle est la plus riche en espèces épiphytes parmi les Ptéridophytes en général (BENZING 1990 : 275). Sur 1100 espèces inventoriées dans le monde appartenant à cette famille, 1023, soit 93 % sont épiphytes (BENZING 1990 : 5). Elle vient en seconde position après les *Orchidaceae* ex aequo avec la famille *Bromeliaceae* en ce qui concerne le nombre des genres ayant au moins 100 espèces épiphytes vasculaires (BENZING 1990 : 25-26).

L'importante place qu'occupe *Microgramma lycopodioides* parmi les épiphytes vasculaires des milieux ouverts a été aussi reconnue au Cameroun dans les haies vives par SONKE et al. (2001).

Il est bien évident que la liste floristique des épiphytes vasculaires reprise dans ce travail paraît assez incomplète du fait qu'elle ne reprend que des espèces figurant sur l'inventaire quantitatif réalisé. L'accent n'a pas été particulièrement mis sur la flore épiphytique dans la mesure où nous considérons, à l'instar de VAN OYE (1924 : 485) qu'une analyse détaillée de la flore épiphytique doit être possible une fois les principes généraux établis. La recherche de ces « principes généraux », en d'autres termes l'analyse des facteurs qui élucident la biologie des épiphytes (VAN OYE 1924 : 486), a constitué la trame de tout ce travail.

Par ailleurs, la pauvreté de la flore épiphytique dans l'ensemble s'explique par les contraintes qu'imposent les biotopes où se développent ces plantes. Ce qui va dans le sens de la 2ème loi biocénotique. SCHNELL (1970) considère que les épiphytes sont rares dans les milieux plus exposés, soumis à de fortes variations de température et à une forte évapotranspiration (SONKE et al. 2001). Le milieu urbain de Kisangani fait partie de ce type.

Tableau 7.7. Comparaison des effectifs de la flore épiphytique

Biotope étudié	Nombre total d'espèces	Nombre (%) Ptéridophytes	Orchidées	Autres	Rapport ¤ Ptri./Orch.	Référence
Forêt de montagne Nimba (Libéria)	48	8 (16,7)	38 (79,2)	2 (4,1)	0,21	JOHANSSON (1974)
Forêt de Makokou (Gabon)	59	-	-	-	-	GENTRY et DODSON (1987b)
Région de Bafou (Cameroun)	68	14 (20,59)	24 (35,29)	24 (35,29)	0,47	SONKE et al. (2001)
Elaeis guineensis jeunes (Kisangani)	45	15 (33,33)	26 (57,78)	26 (57,78)	3,75	BEBWA et MANDANGO (1984)
Kisangani	68	16 (23,53)	37 (54,41)	37 (54,41)	0,94	Présent travail
Tous les continents (forêts)	28200	2510 (8,90)	20.000 (71,43)	5650 (20,04)	0,13	MADISON (1977)

7.8.2. Types morphologiques et biologiques

Plusieurs auteurs ont relevé la prédominance des herbes vivaces parmi les épiphytes vasculaires (MADISON 1977 ; BEBWA et MANDANGO 1984).
A l'exception des *Ficus* qui ne sont d'ailleurs épiphytes que pendant un court temps et de *Medinilla mannii* (*Melastomataceae* forestière à distribution très restreinte), on ne compte pas de phanérophytes parmi les épiphytes de nos régions. Les épiphytes vasculaires ont acquis un port " miniaturisé " adapté à leurs conditions de vie ne dépassant pas souvent un mètre de hauteur. Ils n'ont pas non plus privilégié l'émergence des herbes annuelles car l'édification d'une plante qui doit disparaître après la reproduction pose le problème de renouvellement continu de l'ancrage sur les porteurs.

Pour toutes ces raisons, le mode de vie des chaméphytes est le mieux approprié pour l'épiphytisme. D'où leur prépondérance (52,94 %) dans la flore épiphytique de Kisangani. Les résultats obtenus par BEBWA et MANDANGO (1984 : 151) qui ont aussi noté la forte proportion des chaméphytes (44 %) corroborent nos données. Ces auteurs voient dans l'occupation quasi complète des stipes de l'espèce *Elaeis guineensis* par les chaméphytes le reflet des conditions idoines à leur développement.
Ce type biologique renforce non seulement l'occupation de l'espace par une fixation efficiente mais aussi par une bonne exploration et l'exploitation convenable de l'espace.

Certains de ces chaméphytes se singularisent ; ce sont ceux qui peuvent être considérés comme des « plantes mobiles », notion mise au point en 1974 par OLDEMAN (SCHNELL, 1987 : 191). A la différence des plantes mobiles typiques des forêts dont les parties anciennes disparaissent à mesure que croît la tige, chez les épiphytes vasculaires mobiles dans l'ensemble les parties anciennes persistent soit partiellement (cas de *Polystachya affinis*), soit en entièreté (*Drynaria laurentii*, *Microgramma lycopodioides*, *Phymatosurus scolopendria*). Ce qui leur permet d'occuper plusieurs strates et les différents lieux de fixation. C'est ce facteur qui justifierait, en partie au moins, la forte fréquence de certains.

Ceux-ci peuvent dans certaines conditions avoir des proportions de loin plus élevées. C'est le cas notamment dans les forêts sur sols hydromorphes des environs de Kisangani étudiées par KATAOMBA (2001 : 40) où ils atteignent 81,9 %.

7.8.3. La dissémination

La vie épiphytique impose, à cause de la nécessité pour les diaspores de passer d'un arbre à un autre (MADISON 1977 : 7), des types de dissémination adaptés. D'une manière générale, les diaspores des épiphytes vasculaires requièrent, pour leur propagation, l'intervention des agents extérieurs. Ainsi, deux modes de dissémination prévalent chez les épiphytes vasculaires de Kisangani : l'anémochorie et la zoochorie. Le même constat a été fait par SCHNELL (1970 : 303), MADISON (1977 : 7-9) et BEBWA et MANDANGO (1984 : 147). KELLY (1985 : 234), ayant aboutit au même résultat, l'explique par la stratification observée au niveau des forêts. Les espèces des strates supérieures seraient anémochores tandis que celles des strates inférieures, où le vent est quasiment nul, produiraient des diaspores propagées par les animaux. Cette explication plausible justifierait le faible pourcentage des plantes zoochores obtenu pour les strates 3, 4 et 5 nettement dominées par les Ptéridophytes, qui sont strictement anémochores, à Kisangani. Une exception cependant à relever est le cas de *Rhipsalis baccifera* se développant dans ces dernières strates mais dont les baies blanches sont disséminées par les oiseaux. GUILLAUMET (1967 : 27) range aussi *Rhipsalis baccifera* parmi les épiphytes à diaspores succulentes transportées par les oiseaux. Par contre, JOHANSSON (1974) a trouvé une faible proportion de zoochores (4,4 %) sans doute attribuable à la forte dominance des *Orchidées* et des Ptéridophytes dans la flore qu'il a analysée.

En outre, la présence des espèces zoochores aurait une portée phylogénétique ; elle traduit, d'après BENZING (1990 : 3) la colonisation récente des arbres par ces espèces en particulier les Angiospermes. KATAOMBA (2001 : 40) retrouve la même structure mais avec une prépondérance très marquée des espèces anémochores (86,4 % contre 13,6 % pour les zoochores). Cette hétérogénéité verticale de la dissémination a été aussi mise en évidence par ACKERMAN (1986 : 54).

7.9. Conclusion

La flore épiphytique de l'écosystème urbain de Kisangani est assez pauvre. Elle est dominée par les Ptéridophytes. Ses caractères se résument ainsi : sa distribution géographique est à la fois guinéenne et large ; ses diaspores sont disséminées par le vent et les animaux ; on y note la dominance des chaméphytes.

Tous ces paramètres expliquent pourquoi la fréquence des espèces épiphytes n'est jamais identique d'un milieu à un autre et d'un groupe taxonomique à un autre. A Kisangani, les espèces fréquentes sont : *Microgramma lycopodioides* pour les arbres ramifiés et *Nephrolepis biserrata* pour les arbres monocaules dominés par *Elaeis guineensis*.

8. CARACTERISTIQUES DES EPIPHYTES VASCULAIRES ETUDIES

8.1. Introduction

La prépondérance marquée des diaspores requérant la participation des agents extérieurs (vents et animaux) pour leur propagation spatiale apparaît, à l'examen du chapitre précédent, comme le trait biologique essentiel des épiphytes vasculaires étudiés. Mais d'autres caractéristiques que manifestent ces végétaux permettent de les comprendre davantage.

Ce chapitre analyse ces quelques caractéristiques fondamentales de l'épiphytisme à Kisangani. A la différence de leur mode de dissémination n'impliquant nullement la participation active de ces plantes elles-mêmes, les paramètres des épiphytes vasculaires étudiés ici semblent être des traits plutôt fonctionnels. Il s'agit de l'ancrage, de l'effort reproducteur, de l'hydratation et des adaptations morphologiques les plus patentes. Aussi pour la plupart de ces éléments l'analyse se limitera-t-elle à quelques exemples frappants.

8.2. L'ancrage

Le fractionnement excessif du substrat disponible, sa faible épaisseur et son caractère aérien imposent aux épiphytes vasculaires un mode de fixation sur le porteur à la fois particulier et efficace. Ils doivent donc être capables de se fixer solidement sur le tronc et les branches des arbres hôtes pour ne pas tomber. Ainsi doit-on considérer que l'ancrage sur un porteur constitue la condition nécessaire pour que se réalise la vie épiphytique. A cet effet, ces plantes ont développé plusieurs dispositifs leur permettant d'assurer un meilleur ancrage et de coloniser les arbres supports.

Les mécanismes concourant à l'ancrage des épiphytes vasculaires à Kisangani sont les suivants :

1. Fixation par un rhizome long adhérent lui-même au support et produisant des racines adhésives ou non. On observe ce mode d'ancrage chez *Oleandra distenta*, *Davallia chaerophylloides*, *Phymatosurus scolopendria* et surtout *Microgramma lycopodioides*.

L'ancrage est constitué dans ce premier groupe par le rhizome dans sa partie "ventrale" en contact avec le support et les rhizoïdes produits à plusieurs endroits du rhizome. Ce dernier, traçant, grimpe facilement et se caractérise par une reptation similaire à celle des plantes rampantes. Il fonctionne en fait comme un stolon. Ces espèces occupent ainsi plusieurs strates du phorophyte. Ce mode d'ancrage semble être le plus efficace sur les arbres ramifiés et les monocaules dépourvus de bases pétiolaires en réalisant plusieurs points d'attache et en rendant possible la production foliaire à divers endroits de la plante. Le pourcentage du poids de la partie fixation est assez élevé avec une moyenne de plus de 60,45 %. Il varie de 37,54 % (*Microgramma lycopoidioides*) à 72,62 % (*Oleandra distenta*). Mais le rhizome, outre sa participation à la fixation de la plante, joue aussi un rôle primordial dans le stockage de l'eau.

2) Fixation par des racines-attaches : c'est le mode d'ancrage adopté par quelques espèces de la famille *Orchidaceae* telles que *Diaphananthe bidens* et surtout *Calyptrochilum emarginatum*. Ces racines sont en général très longues, assez épaisses et adhésives sur certaines parties. Elles se forment le long de la tige à plusieurs endroits.

Etant assez rigides, ces racines demeurent accrochées au support même si la partie sur laquelle elles sont attachées au niveau de la plante se dessèche. Ce mécanisme renforce encore l'ancrage de la partie vivante et lui assure la solidité.

Les espèces de ce groupe ont en plus, comme appoint à ce mode radiculaire, des racines aériennes pourvues de velamen qui absorbent l'humidité de l'air atmosphérique. Cela du fait que ces plantes poussent sur des substrats retenant en général peu d'eau (branches des arbres). Grâce à leurs racines - attaches, qui peuvent dans certains cas encercler complètement les branches des arbres, elles parviennent à se fixer sur leurs supports. *Calyptrochilum emarginatum*, la seule espèce de ce groupe étudiée, a 8,12 % du poids total assuré par la partie fixatrice. Il est fort probable que les Draphananthe aient une valeur proche.

3) Ancrage assuré par des racines adventives. Les espèces *Graphorkis lurida*, *Polystachya div. sp.* et *Rhipsalis baccifera* ainsi que des nombreuses espèces épiphytes accidentelles s'accrochant aux porteurs par des racines adventives ou pour le cas des Dicotylédones des racines secondaires qui en sont l'équivalent. Dans ce dernier cas, la racine principale fonctionne à la manière d'un rhizome en restant horizontale.

Ces espèces, à l'opposé de celles des deux premiers groupes, requièrent en général pour leur fixation un terreau bien constitué. Aussi leur fréquence est - elle plus élevée dans les fourches ou les creux.

La partie servant à l'ancrage a un poids variant entre 8,55 % du poids total de la plante (*Rhipsalis baccifera*) et 17,02 % pour *Polystachya affinis.*

4) Ancrage réalisé par un rhizome court et de longs rhizoïdes. Deux espèces font partie de ce groupe : *Nephrolepis biserrata* et *N. acutifolia*. Dans cette catégorie, le rhizome étant assez court, ce sont surtout les rhizoïdes qui permettent un ancrage efficace. Mais le rhizome, qui est vertical, y participe aussi en s'enfonçant dans le terreau et par la formation des longs rhizoïdes. D'où la nécessité pour ces épiphytes de disposer des points d'attache où le terreau a une certaine profondeur d'au moins 4 à 5 cm. Ce qui n'est pas souvent réalisé sur les branches des arbres. C'est ce qui expliquerait la forte présence de ces fougères sur *Elaeis guineensis* qui, par ses bases foliaires persistantes, leur fournit de nombreux points d'ancrage. Elles n'en trouvent pas autant sur les arbres ramifiés. *Nephrolepis acutifolia*, avec 4,24 % du poids de la partie fixatrice et un rhizome plus court, semble moins compétitif que l'espèce affine *N. biserrata* qui a 8,82 % du poids total couvert par la partie fixatrice. Le mode d'ancrage différent par l'importance de la partie fixatrice de ces deux espèces justifierait leurs fréquences nettement dissemblables.

5) Fixation par un rhizome court et les frondes spécialisées. Ce mode d'ancrage, assez particulier, est réalisé par les deux espèces du genre *Platycerium*. Ces espèces se caractérisent par a présence des frondes stériles ou célophylles desséchées mais dont la partie spongieuse s'imbibe d'eau. Elle renforce la fixation de ces plantes de deux façons : par la production de nombreux rhizoïdes qui adhèrent au support et aussi en épousant la forme du support (en général pour les branches). Cette même stratégie adaptative, consolidant l'ancrage, est adoptée également par les frondes stériles encore fraîches. Ainsi ces frondes n'ont pas seulement la fonction qui leur a toujours été classiquement reconnue, celle de retenir les débris végétaux. Le court rhizome produit, au point de contact avec le support, plusieurs rhizoïdes qui se collent au support. Ces deux espèces ont des pourcentages différents de la partie fixatrice : 26,05 % pour *Platycerium stemaria* et 42,28 % pour *P. angolense.*

Ayant des fréquences très différentes, le pourcentage affecté à l'ancrage jouerait probablement un rôle essentiel dans la colonisation des porteurs.

6) Ancrage réalisé par des longues racines qui parcourent le support jusqu'au sol. Ces racines deviennent étrangleuses pour certaines espèces en augmentant de taille lorsqu'elles se fixent au sol. Ce cas est celui des espèces du genre *Ficus*. Ces racines, en s'anastomosant sans cesse, forment un réseau et plus tard un corset étrangleur rigide sur le support. Elles sont aussi adhésives, ce qui renforce leur fixation. Ne constituant qu'une étape intermédiaire, ces espèces qui sont hémi-épiphytes n'ont pas fait l'objet de l'évaluation de leur biomasse. Ainsi, nous ne disposons pas des données relatives à la part qu'elles affectent à l'ancrage.

La fixation des épiphytes vasculaires à leurs supports paraît se réaliser, pour une espèce donnée, par plusieurs mécanismes. Contrairement donc aux auteurs antérieurs qui ne privilégiaient qu'un seul dispositif d'ancrage, les épiphytes vasculaires forment, à l'instar des lianes, des complexes d'ancrage. Cependant, la nature et la typologie de ces complexes restent à déterminer et à décrire avec précision.

La répartition des effectifs par type d'ancrage est présentée au tableau 8.1.

Tableau 8.1 : Les pourcentages de différents types d'ancrage

Type d'ancrage	Nombre	%
1	6	8,82
2	3	4,41
3	35	51,47
4	3	4,41
5	2	2,94
6	19	27,94
Total	68	99,99

Le type prédominant est le 3 avec 51,47 % vient en seconde position le type 6 avec 27,94 %. Bien qu'en 3è position pour le nombre d'espèces qui le manifestent le type 1 est cependant le plus efficace à en juger par la fréquence élevée de l'espèce *Microgramma lycopodioides* sur les arbres ramifiés.

8.3. L'effort reproducteur

Les conditions de vie des épiphytes vasculaires et surtout leur mode de dissémination incitent à examiner l'effort reproducteur de ces végétaux. En d'autres termes, se pose la question cardinale suivante : l'effort reproducteur fait-il partie de l'ensemble de traits communs qui permettent de comprendre et de caractériser les épiphytes vasculaires ?
Les données recueillies à cet effet sont présentées au tableau 8.2. Il ressort de l'analyse de ce tableau que l'allocation de biomasse à la reproduction paraît faible pour ces végétaux. Par conséquent, les épiphytes vasculaires investissent peu pour la reproduction, réservant une bonne partie de leur biomasse à l'élaboration des organes susceptibles de stocker de l'eau ou d'assurer leur ancrage.

Les valeurs de l'effort reproducteur observées reprises au tableau 8.2 sont largement supérieures à celles de l'effort reproducteur théorique. Le mode de calcul de ces deux indices justifie sans nul doute cette différence, du reste logique, car le poids de la partie radiculaire est intégré dans l'effort reproducteur théorique.
L'effort reproducteur observé varie de 2,14 % (*Urera cameroonensis*) à 72,82 % réalisés par *Vittaria owariensis*. Pour cette dernière espèce, la valeur obtenue doit être prise avec circonspection puisque les individus étudiés étaient récoltés tous dans des stations sèches durant la saison à faible pluviosité. Il est fort probable que ces conditions aient influencé cette valeur qui serait vraisemblablement un peu plus réduite.

Même pour les espèces ayant des valeurs de l'effort reproducteur observé élevées, il y a lieu de préciser que la plupart produisent des propagules qui ont un poids très réduit. Ainsi pour les Ptéridophytes par exemple, la part réelle affectée à la reproduction par la plante devra être calculée en divisant par 3 ou 4 l'effort reproducteur observé parce que les sores situés sur les frondes n'y occupent qu'une part minime du poids total des frondes. En plus, le reste du limbe réalise la photosynthèse qui contribue à l'augmentation de la biomasse de la plante.

En tenant compte des valeurs de l'effort reproducteur observé, les espèces étudiées, au nombre de 22, peuvent se regrouper en 4 classes. Notons toutefois que, la classification proposée n'a aucune valeur absolue et devra faire l'objet d'investigations plus fouillées encore pour sa confirmation ou des correctifs éventuels à y apporter.

Ces 4 classes sont les suivantes :

a. Effort reproducteur observé inférieur à 6 %. Font partie de cette dernière classe 4 espèces dont 3 se caractérisent par une relative succulence, la réduction de la surface foliaire (*Polystachya affinis*) et l'aphyllie (*Rhipsalis baccifera* et *Psilotum nudum*). La 4ème espèce, *Urera cameroonensis*, une liane à racines - crampons et à forte variabilité, pousse comme épiphyte à Kisangani. Elle s'adapte parfaitement à des stations à faible humidité et souvent dépourvues d'eau en permanence. Ce sont donc des espèces xéromésophytes ou xérophytes ;

b. Effort reproducteur compris entre 6 et 12 % constituée de 6 espèces, cette classe comprend des espèces hygromésophytes dont deux assurent la liaison avec les deux autres classes voisines (la 1ère et la 3ème classes). *Calyptrochilum emarginatum*, à cause de sa succulence, fait la liaison avec le premier groupe avec 9,27 % de l'effort reproducteur observé et *Microgramma lycopodioides* (10,65 %)sert de transition avec le groupe 3.

c. Effort reproducteur de 12 à 18. Ce sont en général des espèces se développant sur des stations sèches. Mais le cas de *Nephrolepis biserrata*, qui est reconnue comme une espèce hygrophile par de nombreux auteurs et mésohygrophile par la présente étude constitue une exception remarquable à élucider. Les conditions de développement de cette espèce comme épiphyte à Kisangani montrent qu'elle pousse parfois dans des stations sèches, la limitation de sa répartition étant imposée plutôt par son ancrage.

d. Effort reproducteur supérieur à 18 %. Ce sont des espèces quasi xérophiles nécessitant en gros des biotopes riches en matière organique. C'est le groupe le plus important avec 8 espèces.
La prise en compte des autres paramètres montre que ces classes ne sont pas nettement limitées. Le rapport entre la valeur de l'effort reproducteur théorique et l'effort reproducteur observé approche de 1, à l'exception des données des espèces *Nephrolepis biserrata*, *Vittaria owariensis* et *Microsorium punctatium*. Enfin, la moyenne de ce rapport varie de la 1ère à la dernière classe en diminuant comme suit : 0,95 (0,02) - 0,89 (0,07) - 0,73 (0,24) - 0,65 (0,08) avec entre parenthèses les écarts - types calculés.
C'est la 3ème classe qui montre le plus de variation due à la valeur extrême de *Nephrolepis biserrata* (0,37). Son coefficient de variation est de 32,88 % alors qu'il est de 2,10 % (1ère classe), 7,87 % (2ème classe) et de 12,31 % pour la dernière classe.

Tableau 8.2 : Pourcentages moyens de l'effort reproducteur et de la partie fixatrice des épiphytes vasculaires étudiés

Espèces	% effort reproducteur		Rapport		% partie fixatrice
	Observé	Théorique	Théorique observé	Moyenne par classe	
Classe 1				0,95 (0,02)	
Urera cameroonensis	2,14 (1,52)	2,07 (1,45)	0,97		10,69 (3,80)
Rhipsalis baccifera	4,32 (3,61)	4,04 (3,,28)	0,94		8,55 (3,43)
Psilotum nudum	4,94 (3,00)	4,63 (2,65)	0,94		5,98 (4,14)
Polystachya affinis	5,19 (1,80)	4,91 (1,59)	0,94		17,02 (2,71)
Classe 2				0,89 (0,07)	
Peperomia pellucida	6,79 (3,50)	6,28 (3,10)	0,92		1,44 (0,61)
Asplenium africanum	7,09 (0,19)	5,30 (1,70)	0,75		20,71 (7,15)
Platycerium angolense	9,10 (0,11)	8,35 (0,09)	0,92		42,28 (15,28)
Solenostemon monostachyus	9,14 (5,91)	8,17 (4,73)	0,89		2,62 (1,87)
Calytrochilum emarginatum	9,27 (3,27)	8,85 (2,83)	0,95		8,12 (5,16)
Microgramma lycopodioides	10,65 (1,30)	9,61 (1,97)	0,90		37,54 (1,66)
Classe 3				0,73 (0,24)	
Pyrrosia lanceolata	13,99 (9,76)	11,91 (7,07)	0,85		21,85 (2,42)
Oleandra distenta	14,03 (8,70)	11,92 (6,76)	0,85		72,62 (12,84)
Nephrolepis beserrata	14,57 (2,16)	5,20 (2,15)	0,37		8,82 (2,07)
Davallia chaerophylloides	16,26 (2,47)	13,97 (1,83)	0,86		72,54 (5,86)
Classe 4				0,65 (0,08)	
Phymatosurus scolopendria	23,61 (8,82)	18,68 (6,10)	0,79		59,19 (9,81)
Platycerium stemaria	32,98 (22,94)	20,11 (10,52)	0,61		26,05 (8,08)
Vittaria guineensis	38,14 (7,14)	27,45 (3,97)	0,72		4,24 (2,16)
Nephrolepis acutifolia	41,68 (14,42)	28,94 (7,06)	0,69		9,21 (4,26)
Microsorium punctatum	56,68 (25,00)	32,78 (10,50)	0,58		20,44 (11,06)
Lycopodium phlegmaria	64,83 (15,98)	38,97 (5,62)	0,60		1,67 (0,72)
Vittaria owariensis	72,82 (22,73)	41,39 (7,32)	0,57		10,45 (8,76)

( ) = écart-type

8.4. L'hydratation

8.4.1. A propos du mode de calcul proposé

Les épiphytes vasculaires doivent faire face à l'épineux problème de conservation de l'eau. Il va sans dire que la nature des organes qui en stockent et la quantité retenue semblent êtres des paramètres importants pour la survie de ces végétaux. La connaissance complète de ces plantes doit se fonder aussi sur ce constat et chercher à élucider nécessairement ses divers aspects. Cependant, les paramètres classiques en usage, tels que le calcul du taux d'hydratation permettant de déterminer le pourcentage d'eau contenue dans un organe, ne peuvent servir efficacement dans l'évaluation comparative entre les organes d'une part et entre les différentes espèces d'autre part.

Par exemple, l'espèce *Polystachya affinis* (*Orchidaceae*) a des inflorescences avec un taux d'hydratation variant de 89 à 94 % mais elles ne stockent pas beaucoup d'eau. L'eau est plus retenue emmagasinée dans cette espèce au niveau des pseudobulbes. Ces derniers ont, en poids relatif, de 75 à 80 % de l'eau contenue dans toute la plante.

Pour remédier à cet inconvénient, nous avons cherché des paramètres susceptibles de fournir un indice quasi constant. En réfléchissant, il nous a semblé plus logique d'établir le rapport entre le poids de l'eau contenue dans un organe et son poids relatif en pourcentage. Mais l'examen des résultats obtenus à l'issue de ce calcul semble décevant à cause de leur forte variation intraspécifique. Aussi avons-nous multiplié ce rapport, pour réduire cette fluctuation, par le taux d'hydratation. Il s'obtient ainsi un indice quasi constant appelé ici indice pondero-hydrique qui montre effectivement une très faible variation négligeable comme l'indiquent les valeurs des écarts - types calculés (cfr. Tableau en annexe). En outre, ce qui est particulièrement intéressant, en divisant pour chaque spécimen le poids total de l'eau par le poids total de la plante on obtient exactement la même valeur de l'indice proposé.

8.4.2. Les résultats obtenus

Les résultats issus des mesures d'hydratation des épiphytes vasculaires étudiés sont présentés au tableau 8.3. Concernant l'organe qui emmagasine le plus d'eau dans ces plantes, il faudra noter qu'il y a :

* 10 espèces qui le font dans la tige (y compris le rhizome),
* 8 espèces stockant le plus d'eau dans les feuilles,
* 1 espèce qui le fait dans les pseudobulbes (*Polystachya affinis*)
* 1 espèce le faisant dans la partie reproductrice (*Lycopodium phlegmaria*),
* les 2 espèces du genre *Platycerium* qui stockent l'eau surtout dans la nécromasse essentiellement dans la partie spongieuse des vieilles frondes stériles.

Les espèces à dimorphisme foliaire net ont en général plus d'eau dans les frondes stériles. Une seule espèce déroge à la règle. Il s'agit de *Drynaria laurentii* dont les frondes stériles ne contiennent que 2,45 % du poids total de la plante. L'eau est emmagasinée chez cette espèce dans le rhizome.

Il faudra faire remarquer que plusieurs autres espèces des Ptéridophytes, sans qu'il y ait véritablement un dimorphisme foliaire sur le plan morphologique, adoptent presque la même stratégie adaptative. Elles manifestent de ce fait un dimorphisme fonctionnel ou physiologique. Mais *Nephrolepis biserrata* en constitue un contre - exemple. Cela s'explique du fait que la plupart de ses frondes portent des sores ; il serait préjudiciable pour la plante de stocker plus d'eau uniquement dans les quelques rares frondes qui en sont dépourvues.

Les données du tableau en annexe (annexe n°5) montrent une très faible variation de l'indice pondéro - hydrique (I.P.H. dans la suite du texte). La constance de cet indice pour les différents organes d'une espèce ne peut être imputable à des simples coïncidences mais traduit au contraire l'existence d'une loi qui peut s'énoncer comme suit : "Le poids de l'eau contenue dans un organe d'une plante épiphyte vasculaire présente une valeur constante. Celle-ci s'observe pour chacun de ses organes." Ce nombre, non directement décelable, se détermine de façon indirecte par le calcul de l'I.P.H.

L'I.P.H. des espèces reprises au tableau 8.3 varie de 0,*48 (Vittaria guineensis*) à 0,94 (*Peperomia pellucida*). Il n'y a que deux espèces qui ont l'I.P.H. supérieur à 0,80, toutes les autres variant de 0,68 à 0,79. L'I.P.H. indique, comme le taux d'hydratation, la quantité d'eau contenue dans l'organe. Plus sa valeur se rapproche de 1, plus l'organe contient de l'eau. La parfaite concordance entre l'I.P.H. de l'organe stockant le plus d'eau et celui de l'espèce suggère qu'il existe un rapport entre les deux. L'I.P.H. peut permettre le contrôle des données de base de différents calculs d'hydratation en vue d'en déterminer la véracité ou l'exactitude.

Tableau 8.3 : Hydratation et I.P.H. des espèces épiphytes étudiés

Espèces	Organe stockant plus d'eau			% PF	F.P.H.	
	Type	% sur le poids total	Taux d'hydratation (%)	% eau	Organe	Espèce
Asplenium africanum	Fondes "stériles"	40.29	77.88	0.93	0.72	0.72
Calyptrochilum emarginatum	Feuilles	55.24	78.98	0.96	0.75	0.75
Darallia chaerophylloides	Rhizome	64.96	71.43	0.95	0.68	0.68
Drynaria laurentii	Rhizome	64.94	80.97	0.90	0.73	0.73
Lycopodium phlegmaria	Partie repro.	37.87	80.03	0.97	0.77	0.77
Microgramma lycopoides	Rhizome	81.19	77.25	0.96	0.74	0.74
Microsorium punctatum	Frondes « stériles »	54.21	86.81	0.94	0.82	0.82
Nephrolepis acutifolia	Frondes « stériles »	65.76	75.35	0.96	0.72	0.72
Nephrolepis biserrata	Frondes « fertiles »	44.27	75.07	0.94	0.71	0.71
Oleandra distenta	Rhizome	69.56	77.99	0.96	0.74	0.74
Peperomia pellucida	Tige	56.82	95.44	0.99	0.94	0.94
Phymatosunes scolopendria	Rhizome	54.50	76.48	0.94	0.72	0.72
Platycerium angolensis	Néromasse	42.87	74.58	1.19	0.82	0.82
Platycerium stemaria	Nécromasse	44.22	69.05	1.15	0.73	0.78
Polystachya affinis	Pseudobulbe	68.19	88.26	0.89	0.79	0.79
Psilotum nudum	Tige	89.65	69.91	0.98	0.68	0.68
Pyrrosia lanceolata	Frondes « stériles »	65.48	75.09	0.92	0.69	0.69
Rhipsalis baccifera	Tige	87.82	81.02	0.17	0.79	0.79
Solenostemon monostachyus	Tige	49.95	91.05	0.99	0.90	0.91
Urera cameroonensis	Tige	61.14	71.02	1.02	0.73	0.73
Vittaria guineensis	Frondes « stériles »	53.18	50.66	0.96	0.48	0.48
Vittaria owariensis	Frondes « stériles »	39.95	77.22	0.96	0.74	0.74
Moyenne		58.78	77.34	0.94	0.75	0.75
Ecart-type		14.91	8.98	0.19	0.09	0.09
CV (%)		25.37	11.61	20.21	12.00	12.00

Le contrôle de la valeur de l'I.P.H. obtenue peut se faire de trois façons suivantes :

1. en calculant la fraction décimale du taux d'hydratation de toute la plante,
2. par la multiplication du pourcentage du poids frais (PF) de chaque organe par son I.P.H. ; ensuite, on fait la somme de tous les produits et on la divise par 100,

3. une troisième procédure de contrôle, moins rigoureuse du point de vue logique, consiste à réaliser les étapes ci-après :

a. relever les données (ou calculer) du rapport % poids / % eau (1) pour chaque organe,

b. faire la différence entre ce rapport (1) et l'I.P.H. pour chaque organe de la plante,

c. calculer la moyenne des différences obtenues en b,

d. faire la différence de a et c.

Connaissant l'I.P.H. de la plante entière qui équivaut à son taux d'hydratation (la fraction décimale), on peut facilement estimer et vérifier l'I.P.H. des organes et en particulier celui de l'organe stockant le plus d'eau. Ainsi, l'I.P.H. sert valablement d'élément efficient de contrôle du taux d'hydratation classique.

La synthèse des données de base ayant servi aux différents calculs et vérification est reprise en annexe (annexe n°5).

8.5. Les adaptations morphologiques patentes

Plusieurs épiphytes vasculaires disposent des structures morphologiques liées à la vie épiphytique. Celles - ci sont très marquées à Kisangani chez les Ptéridophytes mésophiles et les *Orchidées*. C'est au niveau de ces groupes que sont observées les structures suivantes.

a. Le polymorphisme foliaire

Deux types de polymorphisme foliaire peuvent être distingués. Le premier a trait à la variabilité remarquable de la taille et de la forme foliaire observable chez *Phymatosurus scolopendria*. Il y a lieu de faire des recherches plus tard en vue de mettre en évidence les facteurs explicatifs de cette profusion de types foliaires chez cette espèce et leurs modalités précises. Le deuxième type se caractérise par un dimorphisme foliaire avec des feuilles spécialisées. Certaines portent des organes reproducteurs alors que d'autres en sont dépourvues de fixation. Ces frondes fertiles et stériles ont des formes et des fonctions différentes. Font partie de cette catégorie les espèces *Drynaria laurentii*, *Microgramma lycopodioides*, *Platycerium angolense* et *P. stemaria*. Chez les deux dernières espèces, connues sous le nom d'épiphytes corbiculés, selon TROCHAIN (1980) ou à corbeilles, les frondes stériles formant des corbeilles jouent plusieurs rôles à la fois dans l'ancrage, la rétention des débris organiques et le stockage de

l'eau. Elles contribuent ainsi à la formation du terreau qui à son tour participera à nutrition minérale de la plante.

b. La succulence

Certaines espèces de la flore épiphytique de Kisangani montrent une succulence très marquée. Il s'agit de : *Rhipsalis baccifera*, *Calyptrochilum emarginatum*, *Diaphananthe bidens*, *Polystachya affinis, Bulbophyllum sscaberulum*, *Peperomia pellucida* et à un moindre degré *Psilotum nudum*. Ces espèces stockent des grandes quantités d'eau soit dans les feuilles, soit dans la tige, soit enfin dans les pseudobulbes. Cette succulence correspond en général à une sclérophyllie manifeste.

c. Réserve d'eau interne (cas de la succulence) ou externe dans le terreau que les espèces retiennent ou dans d'autres structures (la nécromasse pour les espèces du genre *Platycerium*) Dans les 2 espèces de ce dernier genre, la réserve d'eau se constitue dans la partie spongieuse des frondes stériles vivantes ou fonctionnelles (réserve d'eau interne) et mortes (réserve d'eau externe).

d. La réduction de la surface foliaire chez certaines *espèces (Polystachia affinis*, *Microgramma lycopodioides*, *Vittaria guineensis*, *V. owariensis*, *Pyrrosia lanceolata*, *Lycopodium phlegmaria* et *Tridactyle tridactylites*) ou son absence (aphyllie) totale permanente (*Rhipsalis baccifera, Psilotum nudum*) ou périodique (*Graphorkis lurida*).

e. Mécanismes divers pour accumuler de l'eau et les débris organiques. Toutes les espèces épiphytes ont développé des dispositifs leur permettant de retenir les débris végétaux et l'eau.

Cela se réalise par l'imbrication des frondes les unes sur les autres, par un réseau à mailles formé par le rhizome, etc. Les débris végétaux ainsi accumulés, fortement humidifiés périodiquement par les eaux pluviales, se transforment en un humus hygrophile aboutissant à la formation d'un sol suspendu. Nous donnons ici, à titre illustratif, les caractéristiques d'un sol suspendu analysé au Nationale du Rwanda à Butare.

pH : KCl = 4,2

pH : H_2O = 5,2

Carbone (C) = 13,56 % ; Azote (N) = 0,62 % ; C / N = 22 ;

Matière organique = 23,37 %

Bases échangeables en méq / 100 gr :

Na+ = 0,08 ; K+ = 2,2 ; Ca++ = 5,87 ; Mg++ = 1,86

Il s'agit, comme cela apparaît, d'un sol acide fortement organique.

8.6. Le groupement des espèces

La capacité de constituer des groupements étant l'apanage de quelques espèces, il nous parait intéressant de déceler les épiphytes vasculaires qui forment des peuplements sur les phorophyts à Kisangani.

Les résultats relatifs à cette analyse de l'ensemble des communes de Kisangani sont résumés dans le tableau 8.4 pour les arbres ramifiés.

Tableau 8.4 : Pourcentages de l'abondance-dominance (AD) des arbres ramifiés

Communes	% AD					
	+	1	2	3	4	5
Kabondo	28,10	17,86	24,29	18,81	8,81	2,14
Kisangani	17,78	14,07	32,59	22,22	12,59	0,75
Lubunga	10,92	36,82	25,71	19,21	7,16	0,19
Makiso	5,61	14,76	24,94	25,29	18,64	10,76
Mangobo	4,14	21,62	35,90	22,74	10,34	5,26
Tshopo	0,00	7,49	35,39	36,14	17,39	3,18
Moyenne	11,09	18,77	29,80	12,56	12,56	3,71

Pour les arbres ramifiés de Kisangani s'observe un étalement plus marqué des coefficients d'abondance exprimés en pourcentages. Cela s'interprète comme la faible fréquence des regroupements importants des espèces épiphytes. Mais deux espèces surtout forment dans certaines régions (3 et 4 en particulier) des groupements individualisés. Il s'agit de *Microgramma lycopodioides* et de *Drynaria laurentii*.

Elles constituent des groupements sur de branches de *Mangifera indica*, *Pettophorum pterocarpum* et sur les troncs des arbres de ces 2 espèces, ces groupements ont été observés, avec une plus grande fréquence, dans la commune Makiso, en particulier sur les arbres d'avenues.

Sur les arbres monocaules, *Nephrolepis biserrata* et *Phymatosurus scolopendria* sont les seules espèces à former des groupements particulièrement sur *Elaeis guineensis*. Sur les autres monocaules, il y a rarement le regroupement et la dominance d'une seule espèce.

Les différences existant entre les communes ne sont pas notables à ce propos.

Le *Phymato-Nephrolepidetum biserrata* requiert la présence des bases foliaires pour son développement comme l'ont reconnu aussi BEBWA et MANDANGO (1984 : 149). C'est donc une association caractéristique des palmiers des stades 1 et 2. Il faut mentionner en particulier la prédominance intégrale de *Nephrolepis biserrata* sur les pieds d'*Elaeis guineensis* du stade 1. Une observation identique était faite par SCHNELL (1970 : 212) qui précise que « chez les jeunes *Elaeis*, dont le stipe entier est fréquemment couvert de bases foliaires, la zone à *Nephrolepis* s'étend sur toute sa longueur ».

Par contre, le *Microgrammetum owariensis* se définit comme une association des arbres ramifiés et des monocaules des stades 3 et 4. Il est intéressant de relever que les espèces de la classe *Ruderali manihotetea* citées par NYAKABWA (2003) sont essentiellement des epiphytes accidentels que nous avons aussi signalé. Il faudra faire remarquer en plus que les espèces formant des groupements, à l'exception de *Drynaria laurentii*, ont une fréquence élevée supérieure à 25 %. La formation des groupements serait donc en indice du fitness de ces espèces en milieu ouvert fortement ensoleillé de Kisangani.

8.7. Discussion

En ce qui concerne le regroupement des épiphytes vasculaires observé, il se réalise tel que les autres auteurs l'ont présenté. Dans l'étude des groupements épiphytiques de Kisangani, NYAKABWA (2003) décrit des associations que forment ces végétaux. Nos données confirment ces associations bien que ce travail ne soit pas fondamentalement phytosociologique.

8.7.1. L'ancrage

Même s'il joue un rôle essentiel, le mode d'ancrage des épiphytes a été peu étudié de façon approfondie par les auteurs antérieurs. Dans ce travail, 5 modes d'ancrage des épiphytes vasculaires ont été reconnus que deux qu'ils considèrent comme les plus fréquents : fixation par le rhizome plus ou moins long et fixation par des racines étrangleuses
Mais BEBWA et MANDANGO (1984 : 148) n'en ont retenu que deux qu'ils considèrent. SCHNELL (1970 : 299) estime que le mode d'ancrage à long rhizome traçant produisant des racines adventives constitue une préadaptation plus ou moins marquée pour la vie épiphytique. Les données exposées ici le confirment par la prédominance des espèces se fixant par ce mode.

MADISON (1977 : 10) note pour sa part que 99 % des genres d'épiphytes vasculaires ont des racines adventives. Ce qui expliquerait la prédominance parmi les épiphytes vasculaires vrais des Ptéridophytes et des Monocotylédones. Cet auteur précise que ces deux groupes " share an important pre-adaptation for the evolution of an epiphytic habit". Les données recueillies ici corroborent ces affirmations par le taux élevé de ces deux taxons parmi les épiphytes typiques ou authentiques.

8.7.2. L'effort reproducteur

Ce paramètre n'a pas fait l'objet d'études quantitatives pour les épiphytes vasculaires dans les travaux antérieurs. Néanmoins, la reconnaissance de la liaison entre les épiphytes vasculaires et des diaspores très petites est établie par SCHNELL (1970 : 303) ; MADISON (1977 : 9) ; BEBWA et MANDANGO (1984 : 147). Produisant donc des minuscules diaspores, ces plantes investiraient peu dans la reproduction. Leur effort reproducteur est assez minime variant de 2,14 % à 72,82 %. Les données du tableau 8.1 montrent que 16 espèces sur les 22 étudiées (soit 72,72 %) ont moins de 33 % d'effort reproducteur. Cette faible allocation de biomasse à la reproduction aboutit cependant à la formation de milliers de diaspores qui assurent la dispersion spatiale de ces plantes. Les données analysées indiquent en outre que les espèces succulentes investissent peu pour leur reproduction (classes 1 et 2 distinguées du tableau 8.1).

Toutes les études portant sur la reproduction des épiphytes vasculaires font remarquer que ces végétaux procèdent à la réduction de l'effort reproducteur par la limitation du nombre de fleurs et de fruits (ACKERMAN 1986 et 1990, ACKERMAN et MONTERO OLIVER 1985). C'est une preuve supplémentaire confirmant l'appartenance des épiphytes vasculaires au groupe de plantes à stratégie reproductrice du type r (GENTRY et DODSON 1987b : 210).

Pour discutable qu'elle soit, la classification des épiphytes vasculaires fondée sur l'effort reproducteur (tableau 8.1.) permet cependant d'aborder la question pour la première fois et en termes plus précis.

L'absence des données sur l'effort reproducteur des *Ficus* formant un groupe écologique singulier ne doit pas surprendre. Les *Ficus*, à l'état d'épiphyte comme l'atteste aussi VANDERYST (1922 : 369), sont stériles. Ainsi au stade épiphyte il est impossible de déterminer leur effort reproducteur.

8.7.3. L'hydratation

Les épiphytes vasculaires sélectionnent certains de leurs organes pour stocker de l'eau. La quantité d'eau contenue dans ces organes atteint des proportions similaires à celles des plantes vivant dans des conditions plus favorables. L'étude de ce paramètre montre qu'il est intéressant de considérer de façon plus approfondie la répartition de l'eau dans les plantes épiphytes. Il y apparaît que ces végétaux, en dépit des conditions extrêmes de leurs biotopes, ont suffisamment d'eau pour maintenir la turgescence de leurs tissus et réaliser l'activité photosynthétique.
Les données du tableau 8.5 indiquent même que le taux d'hydratation et l'I.P.H. des espèces analysées par d'autres auteurs seraient plus bas que ceux de la plupart des épiphytes vasculaires étudiés dans ce travail. Elles montrent également la constance de l'I.P.H. pour chaque espèce. Ainsi, l'I.P.H. proposé évalue, autant que le taux d'hydratation et la quantité d'eau contenue dans les organes végétaux. Il permet donc de contrôler valablement le taux d'hydratation calculé non seulement pour les épiphytes vasculaires pour lesquels il a été mis au point, mais aussi pour toutes les autres espèces végétales. En somme, les recalcules réalisés sur la base des données publiées par les auteurs antérieurs ayant travaillé sur d'autres types de plantes fournissent également les mêmes informations, à savoir la constance et le caractère quasi spécifique de l'I.P.H. (tableau 8.5).

Tableau 8.5 : Données des autres auteurs pour la détermination de l'I.P.H.

Espèces	Source	organes	PF (g)	PS (g)	RF-PS=eau (g)	%PF	%eau	%Poids / %eau	Hydratation (%)	I.P.H.	Effort reproduction	
											Observé	Théorique
Ageratum conyzoides (3 mois)	BEBWA et PAUWELS	Feuilles	162,20	40,40	121,80	36,93	37,70	0,98	75,09	0,74	20,83	17,24
		Tige	169,50	42,10	127,40	38,59	39,43	0,98	75,16	0,74		
		Fleurs	69,10	21,20	47,90	15,73	14,83	1,06	69,32	0,74		
		Racines	38,40	12,40	26,00	8,74	8,05	1,09	67,71	0,74		
		Total	439,20	116,10	323,10	99,99	100,01					
Mariscus alternifolius (3 mois)	BEBWA et PAUWELS	Feuilles	227,35	63,80	163,55	53,05	51.,9	1,03	71,94	0,74	11,97	10,69
		Tiges	123,85	19,05	104,80	28,90	32,99	0,88	84,62	0,74		
		Fleurs	42,05	11,10	30,95	9,81	9,74	1,01	73,60	0,74		
		Racines	35,30	16.,95	18,35	8,24	5,78	1,44	51,98	0,75		
		Nécromasse sur pied		3,25								
		Total	428,55	114,15	317,65	100,00	100,00					
Solanum torvum (6 mois)	BEBWA et PAUWELS	Feuilles	499,97	175,90	324,07	19,83	18,73	1,06	64,82	0,69	0,51	0,50
		Tiges	1822,03	532,83	1289,20	72,25	74,52	0,97	7076	0,69		
		Fleurs	9,13	2,90	6,23	0,36	0,36	1,00	68,24	0,68		
		Fruits	2,63	1,57	1,06	0,10	0,06	1,67	40,30	0,67		
		Racines	187,97	78,50	109,47	7,45	6,33	1,18	58,24	0,69		
		Total	2521,73	791,70	1730,03	99,99	100,00					
Paspalum conjugatum	LEJOLY et Nyakabwa (1981)	Feuilles	926	205,50	720,50	22,99	23,17	0,99	77,80	0,77	2,91	2,83
		Tiges	2786	605,70	2180,30	69,17	70,12	0,99	78,30	0,78		
		Panicules et graines	108	58,00	50,00	2,68	1,61	1,66	46,30	0,77		

(Suite du tableau 8.5)

		Racines	208	49,30							
		Total	4028	918,50							
Aframomum laurentii	BEBWA et LEJOLY (1986)	Feuilles	1918,80	565,90	1352,90	12.64	11,30	1,12	71,00	0,80	
		Tiges	10246,90	1978,40	8268,50	67.50	68,87	0,98	81,00	0,79	
		Rhizomes	2518,80	470,80	2048	16.59	17,06	0,97	81,00	0,79	
		Racines	298,50	65,60	232,90	1,97	1,94	1,02	78,00	0,79	
		Nécromasse sur pied	197,30	94,50	102,80	1,30	0,86	1,51	52,00	0,79	
		Total	15180,30	3175,20	12005,10	100,00	100,03				
Thaumatococcus daniellii	BEBWA et LEJOLY (1986)	Feuilles	172,70	52,00	120,70	5,80	4,79	1,21	70,00	0,85	0,20	0,20
		Tiges	2246,.90	291,00	1955,.90	75,62	77,66	0,97	87,00	0,84		
		Inflorescences	4,90	0,80	4,10	0,16	0,16	1,00	84,00	0,84		
		Rhizomes	479,50	81,70	397,80	16,14	15,79	1,02	83,00	0,85		
		Racines	55,10	18,80	36,30	1,85	1,44	1,28	66,00	0,84		
		Nécromasse sur pied	12,30	8,50	3,80	0,41	0,15	2,73	31,00	0,85		
		Total	2971,40	452,80	2518,60	99,98	99,99					
Amaranthus viridis	KAMABU (1987)	Feuilles	359,30	44,80	314,50	19,16	19,70	0,96	87,53	0,84	13,11	11,59
		Tiges	1107,.50	140,70	966,80	59,06	60,56	0,98	87,53	0,86		
		Inflorescences	192,30	52,80	139,50	10,26	8,74	1,17	72,54	0,85		
		Racines	216,00	40,40	175,60	11,52	11,00	1,05	81,29	0,85		
		Total	1875,10	278,70	1596,40	100,00	100,00					

En effet, comparant le taux d'hydratation et l'I.P.H. des épiphytes vasculaires de Kisangani à ceux des plantes adventices ou des jachères, il n'apparaît pas de différences significatives. Pourtant, la disponibilité hydrique sur les arbres semble de très courte durée. Ce qui prouve, si besoin en était, la grande capacité qu'ont les épiphytes vasculaires de stocker de l'eau sur des périodes très courtes.

L'analyse des organes stockant plus d'eau révèle l'existence de plusieurs types d'épiphytes vasculaires. Les mêmes catégories ont été reconnues identifier par JOHANSSON (1974 : 52). Pour le groupe de plantes stockant plus d'eau dans la tige, il cite *Drynaria laurentii* dont les rhizoïdes et le rhizome ont 85,4 % du total d'eau contenue par la plante. Nos données montrent que le rhizome a 72,53 % d'eau tandis que les rhizoïdes en ont 2,85 %. Ce qui fait au total 75,38 %, valeur inférieure à celle donnée par JOHANSSON. Cette différence serait imputable aux conditions climatiques différentes dans lesquelles évoluent les individus de cette espèce. En ce qui concerne les frondes stériles celles de Kisangani contiennent 21,66 % d'eau et les frondes stériles seulement 2,95 % contre 7,4 % et 7,2 % respectivement pour celles évaluées par JOHANSSON (1974 : 52).

8.7.4. Les adaptations morphologiques patentes

En considérant ce paramètre, les épiphytes vasculaires de Kisangani ressemblent aux autres épiphytes. La similitude des conditions stationnelles et l'appartenance aux même taxons ont abouti pratiquement à l'élaboration des structures adaptatives identiques. Bien plus, la large expansion géographique de certaines de ces espèces prouve qu'elles ont, à Kisangani comme ailleurs, développé des structures similaires. Ce qui atteste leur forte capacité d'adaptation.

Certains auteurs tels que MARCHE - MARCHAD 1965 : 155 ; SCHNELL 1970 : 299-302 ; MADISON 1984 : 148 ont reconnu une bonne partie de ces structures Cet aspect reste sans conteste le plus abordé dans les différentes publications portant sur les épiphytes vasculaires. IL n'est donc point indispensable de s'y appesantir davantage.

8.8. Conclusion

L'ensemble des caractéristiques analysées dans ce chapitre se retrouve non réunies dans d'autres groupes végétaux. Mais ce sont les épiphytes vasculaires qui le manifestent de façon plus éclatante. Ces caractéristiques convergent vers l'épiphytisme par deux voies : un meilleur ancrage ou fixation, la rétention des débris organiques, minéraux et de l'eau absorbée par la plante. Ces deux voies aboutissent à une répartition adéquate de la biomasse de ces plantes par une moindre allocation à la reproduction (effort reproducteur réduit mais très efficient) et surtout à la partie fixatrice de la quelle dépend surtout la survie de la plante. En comparant ces deux éléments essentiels sur la base des données du tableau 8.1, il ressort que les épiphytes vasculaires investissent en moyenne deux fois plus pour la fixation que pour la reproduction pour la classe 2, à peu près trois fois plus pour les clases 1 (2,81) et 3 (2,95) et plus pour la reproduction (0,58 pour le rapport % effort reproducteur / % partie fixatrice) que pour la fixation dans la classe 4. Cependant, il faut reconnaître que les espèces de la classe 4 ont en général un ancrage efficace. Probablement ayant acquis un système efficient de fixation, ces plantes investissent un peu plus pour assurer leur expansion géographique ou spatiale.

9. DISCUSSION GENERALE

9.1. Introduction

Chacun des chapitres des résultats ayant fait l'objet d'une discussion séparée, l'objectif principal assigné à celui-ci n'est donc pas de reprendre les thèmes déjà traités. Mais ce chapitre se propose d'examiner un peu plus en détail les questions théoriques fondamentales soulevées par ce travail. Il étend par conséquent, pour mieux les faire ressortir, les considérations théoriques de base relatives aux principaux résultats de la présente étude.

Seront abordés dans cette discussion générale les points saillants se rapportant à :

* la vérification des hypothèses formulées ;
* l'évaluation de la pertinence des paramètres analysés ;
* la comparaison des phorophytes et des non porteurs sur la base des arguments statistiques ;
* la comparaison des épiphytes vasculaires des milieux ouverts et ceux des forêts ;
* l'essai de modélisation de l'épiphytisme à Kisangani
¤ l'extrapolation sur la succession et la théorie sur l'épiphytisme.

Toutes ces questions seront analysées avec en toile de fond la confrontation des conclusions inspirées des résultats du présent travail et les théories classiques sur l'épiphytisme.

9.2. Les renseignements issus des hypothèses

Les hypothèses de ce travail ont été testées. La plupart de celles-ci sont confirmées ; les autres sont à nuancer ou infirmées.

A. Les hypothèses centrales

1. Quoique la disponibilité photique ne soit pas un facteur limitant dans la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires en milieu urbain de Kisangani, ces derniers ne présentent

pas pour autant une distribution aléatoire ni pour les arbres ramifiés ni pour les arbres monocaules.

Cette distribution non aléatoire se traduit par :

¤ Une répartition horizontale différentielle : la répartition géographique en fonction des communes n'est pas uniforme. La commune Makiso, la plus riche en épiphytes vasculaires, se démarque nettement des autres. La prédominance de cette commune s'exprime par trois paramètres suivants :

- le nombre élevé d'espèces épiphytes (61) ;
- le fort pourcentage de phorophytes (53,83 % de l'ensemble de la ville) ;
- le rapport phorophyte non porteur moyen et l'indice phorophytique moyen supérieur à 1 (soit 3,83 et 1,80 respectivement).

Cette prédominance s'explique par les éléments suivants :

- un nombre plus grand des vieux arbres à grande circonférence dans cette commune ;
- les fourches sont plus grandes et le nombre de celles-ci plus élevé ;
- les parcelles, sont en général très vastes et non personnelles (étatiques). Les arbres qui y poussent sont plus nombreux et n'étant pas coupés tôt, ils ont le temps de grandir.
- c'est la commune la plus ancienne et la mieux urbanisée. Elle se caractérise par la présence le long des avenues des arbres d'alignement sénescents.

¤ La préférence de certaines espèces que d'autres. Les phorophytes ne se recrutent pas dans toutes les espèces. RICHARDS (1957 : 119) et SCHNELL (1970 : 310) remarquent aussi la forte variation du peuplement épiphytique d'une espèce arborescente à l'autre. Ce même point de vue a été soutenu par GUILLAUMET (1967 : 59). Deux espèces prédominent parmi les phorophytes : *Mangifera indica* pour les arbres ramifiés *et Elaeis guineensis* pour les arbres monocaules.

¤ Une stratification d'épiphytes vasculaires sur les phorophytes c'est-à-dire une répartition verticale différentielle au sein d'un même individu, il y aurait des zones plus privilégieés dans la colonisation par des épiphytes vasculaires. La strate 3 prédomine.

¤ La prédominance marquée des fourches parmi les lieux de fixation.

¤ L'agrégation de certaines espèces dans l'occupation spatiale des phorophytes.

Il est généralement admis que les épiphytes vasculaires ont besoin de lumière mais celle-ci ne doit pas être excessive. D'où dans les milieux ouverts fortement ensoleillés, ils requièrent la présence des arbres dont le feuillage atténue grandement l'insolation. Cela constitue en fait l'effet opposé de ce qui se passe dans le milieu forestier. Dans ce dernier, les épiphytes vasculaires nécessitent les supports les portant plus haut afin de bénéficier de plus de lumière. Il en découle la pertinence de la formule de HOLBROOK (1991) qui les appelle des "Small plants in high places" ; le sous-bois forestier ne recevant que peu de lumière de l'ordre de 1 % (HLADIK et BLANC 1987 : 209), les végétaux non sciaphiles de petite taille s'adaptent en adoptant le mode de vie épiphytique.
L'ensemble des données recueillies dans cette étude prouve à suffisance que la théorie photique sur les épiphytes vasculaires doit être élargie. Les données de ce travail indiquent que la recherche de la lumière ne peut être considérée comme le seul facteur causal qui expliquerait le mode de vie des épiphytes vasculaires. En effet, ceux-ci se fixent sur les arbres uniquement pour échapper au stress variable, en fonction du milieu. En forêt, ils évitent le manque de lumière du sous-bois tandis qu'en milieu très éclairé ils doivent faire face à la forte insolation. Dans les deux cas, la solution efficiente développée par ces plantes de petite taille qui ne sont ni héliophiles stricts ni sciaphiles demeure l'acquisition du mode de vie épiphytique.

Par conséquent, il semble bien que le tempérament héliophile de plusieurs épiphytes vasculaires n'infère pas nécessairement qu'en présence d'une forte luminosité, ces espèces peuvent se passer des supports. Cette constatation peut s'interpréter de deux façons suivantes :

1) Cela constitue la preuve indéniable que ces plantes ne sont pas à proprement parler des héliophiles stricts.

2) Y participe à ce phénomène le facteur génétique c'est-à-dire que l'adaptation joue aussi un rôle crucial. Il est possible que les diaspores des épiphytes vasculaires germent sur des supports arborescents que sur le sol.

2. La flore épiphytique de Kisangani montre effectivement une composition différente de celle des forêts. La deuxième hypothèse principale est donc confirmée. L'analyse de la flore épiphytique de Kisangani se caractérise par les principales tendances suivantes :

- l'augmentation de l'importance numérique des xérophytes et des mésophytes dont la fréquence et l'abondance deviennent plus élevées. Ces espèces s'adaptent aux conditions de quasi-aridité périodique qui prévalent sur les arbres de cette ville.
- Deux espèces dominent dans cette flore : *Microgramma lycopodioides* sur les arbres ramifiés et *Nephrolepis biserrata* sur les arbres monocaules
- L'absence des épiphytes vasculaires hygrophiles (les Begonia par exemple) en est le corollaire. Le fort éclairement et la chaleur subséquente éliminent de cette flore cette catégorie de plantes.

Les conditions écoclimatiques de Kisangani favorisent en outre le développement de nombreuses plantes comme épiphytes accidentels et préférentiels. Ce qui fait augmenter la proportion des Dicotylédones.

Le tableau général retraçant les tendances évolutives des forêts tropicales présenté par BUDOWSKI (1970 : 44) montre bien que les épiphytes sont nombreux dans les forêts secondaires vieilles mais leur biodiversité semble réduite. En revanche, dans les forêts climaciques ils sont moins nombreux (fréquence et abondance des individus) mais leurs biodiversité et formes de vie sont plus élevées. La situation de Kisangani se rapproche plutôt de celle des forêts secondaires âgées. Malheureusement, nous ne disposons pas des données de la littérature pour ces forêts pouvant permettre une comparaison convenable. Les épiphytes de ces forêts devront faire l'objet d'études futures plus approfondies.

La tendance générale qui se dégage, en comparant les biotopes forestiers et le milieu urbain de Kisangani est la suivante : lorsque le taux de phorophytes augmente, cela s'accompagne d'un appauvrissement du nombre d'espèces d'épiphytes vasculaires typiques. Dans la forêt, la sélection se fait surtout sur les phorophytes alors que dans l'écosystème urbain de Kisangani, elle agirait sur les espèces épiphytes vasculaires. Contrairement à ce que pense JOHANSSON (1974 : 90) une plus grande ouverture du milieu ne limite aucunement la

présence des espèces non Orchidées, exception bien évidemment des espèces hygrophiles comme déjà signalé.

B. Hypothèses secondaires

1. En dépit de l'existence de plusieurs types architecturaux définis par HALLE et OLDEMAN (1970), les arbres à Kisangani développent une architecture commune que nous avons appelée le comportement architectural euphotique. Celui-ci se manifeste par une dichotomisation raméale progressive. Cependant, des différences énormes sont observées dans l'importance de la réalisation de cette architecture commune en fonction des espèces. L'espèce qui illustre à merveille ce type architectural est sans conteste *Mangifera indica*. Il faut faire remarquer aussi qu'il y a quelques espèces qui se démarquent en ne se conformant pas à cette architecture.

La comparaison des pourcentages de phorophytes en forêt et en ville prouve l'efficacité de l'architecture adoptée par les arbres des milieux ouverts. Ce qui laisse penser que les fourches renforceraient les potentialités phorophytiques des arbres. La preuve supplémentaire de l'efficacité des fourches dans l'épiphytisme est fournie par le cas de l'espèce *Elaeis guineensis*. Ayant des centaines de « fourches », sa capacité phorophytique est très élevée.

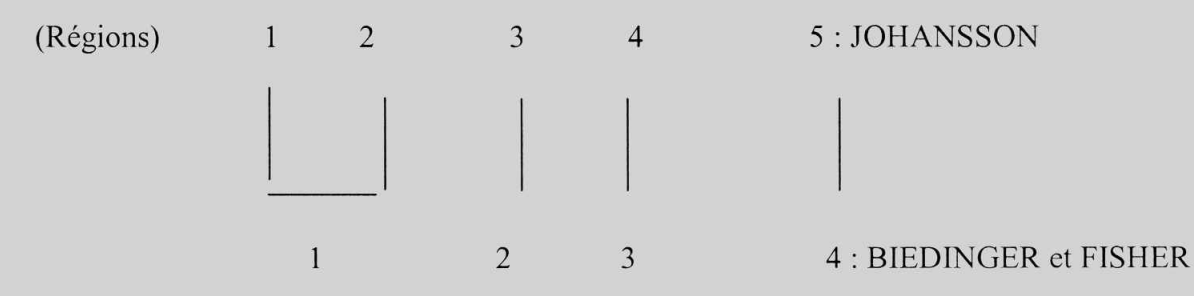
A âge égal, les arbres des milieux éclairés porteraient plus d'épiphytes vasculaires (en terme de fréquence certainement et d'abondance probablement) que ceux des forêts. Cependant, les arbres forestiers auraient en contre partie le taux d'espèces épiphytes (ou la biodiversité épiphytique) plus élevé. En d'autres termes, la richesse floristique des épiphytes serait plus grande dans le milieu forestier. En milieu ouvert, les épiphytes subiraient une forte sélection qui élimine les espèces hygrophiles.

2. Les arbres exposés ont plus de phorophytes que les arbres ombragés. En milieu urbain de Kisangani, les arbres dominants ou isolés, puisque recevant plus de lumière et disposant surtout de vastes organes ligneux (branches), offrent plus de possibilités de fixation aux épiphytes vasculaires. Une observation similaire était faite en Guyane française par BILLIET (1989 : 373).

3. La troisième hypothèse secondaire est vérifiée en partie. Ce sont les arbres ramifiés d'avenues qui portent plus d'épiphytes que ceux des parcelles. Mais, chez les arbres monocaules c'est plutôt l'inverse qui est observé. Ce sont les monocaules des parcelles qui ont plus de phorophytes que ceux d'avenues.

4. La stratification des arbres porteurs d'épiphytes vasculaires à Kisangani a été décrite et discutée en suivant la typologie proposée par JOHANSSON (1974). Elle montre l'importance de la strate 3 en milieu urbain de Kisangani. L'analyse de l'architecture des arbres de Kisangani incite plutôt à l'adoption de la stratification de JOHANSSON telle que modifiée par BIEDINGER et FISHER (1996 : 123). Dans cette nouvelle stratification, les régions ou strates 1 et 2 sont réunies en une seule. On ne distingue plus au total que 4 strates. En revanche, tant en forêt et moins encore en milieu urbain, comme celui étudié ici, l'usage de la stratification de TER STEEGE et CORNELISSEN (1989 : 333) est à déconseiller. Les 6 strates distinguées nous paraissent irréalistes dans nos conditions. Car le fût des arbres à Kisangani étant déjà très court (moins de 2 m en moyenne), sa subdivision en 2 régions distinctes ne semble pas logique. Elle ne peut aboutir à la discrimination des conditions écologiques pouvant expliquer une colonisation épiphytique différente.

En somme, en milieu forestier, nous suggérons le recours à la stratification de JOHANSSON (1974) et en milieu urbain à celle de BIEDINGER et FISHER (1996). On a ainsi la correspondance qui peut s'établir comme suit :



La séquence décroissante en appliquant la stratification de BIEDINGER et FISHER (1996) à nos données serait : 2 > 3 > 1 > 4.

5. L'abondance et la fréquence des épiphytes vasculaires varient énormément en fonction des espèces épiphytes, du type de phorophytes et des strates. Les résultats obtenus montrent clairement cette forte variation. Il y a lieu de rappeler que deux espèces épiphytes dominent la flore de Kisangani. *Microgramma lycopodioides* présente la fréquence la plus élevée sur les arbres ramifiés tandis que *Nephrolepis biserrata* prédomine sur les arbres monocaules. D'une manière générale, ce sont les mésophytes qui ont une plus grande fréquence à Kisangani. Les conditions climatiques qui y règnent favorisent leur développement au détriment des épiphytes hygrophiles. Cette sélection évoque ce qu'appelle DELAMARE DEBOUTEVILLE (1951 : 273) la direction autocratique de l'hôte.

9.3. Les paramètres analysés : pertinence et liaison

Dans la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires entrent en jeu plusieurs facteurs dont certains, les plus importants à notre avis, ont été étudiés ici. Nous avons tenté, analytiquement, de les séparer mais dans la nature ils se mêlent étroitement. Il est fort probable que ces facteurs explicatifs de l'épiphytisme interagissent entre eux et même exercent des influences cumulatives.

Les résultats obtenus indiquent qu'il y aurait dans l'épiphytisme deux niveaux de facteurs. Le premier comprend des facteurs qui montrent des différences de degrés. Ce premier groupe serait commun aux milieux forestier et ouvert ; il comprend les caractères structuraux des arbres. Le second niveau présente des différences de nature entre les deux biotopes considérés (la forêt et le milieu ouvert). Il constitue le résultat général de la combinaison des caractères structuraux ; il s'agit de l'architecture.
En outre, le premier niveau de facteurs permet de différencier les phorophytes et les non porteurs. Il ne met pas en évidence des différences existant entre les deux principaux biotopes comparés ici. Il en découle que les paramètres les plus importants qui expliquent l'épiphytisme sont :

- L'architecture générale des arbres : c'est sans aucun doute l'élément fondamental caractérisant l'épiphytisme en milieu urbain. L'architecture des arbres à Kisangani a été identifiée comme le comportement euphotique et se réalise grâce à la dichotomisation raméale progressive conduisant à un houppier en boule.

SONKE et al (2001) ont reconnu cette forme du houppier sans toutefois en déterminer l'origine. Dans la monographie analysant l'architecture et la croissance des arbres tropicaux, HALLE et OLDEMAN (1970) ne disent aucun mot sur cette architecture typique et facilement reconnaissable. Sans doute ces deux auteurs, préoccupés par la recherche des types et partant des différences entre les modes de croissance, n'ont pas été frappés par ce qui est commun à la plupart des arbres des milieux ouverts. Ce type architectural, preuve indéniable de sa réussite, est aussi adopté par les arbustes et les herbes des milieux ouverts, en particulier par les arbustes des savanes.

* la circonférence, le nombre de ramifications et le rapport circonférence-hauteur du fût apparaissent comme les paramètres les plus pertinents. Ils sont hautement significatifs pour les arbres ramifiés dans toutes les 6 communes de la ville de Kisangani. Il faut nuancer cependant pour ce rapport qui a un effet de recouvrement évident. Les autres paramètres ne permettent pas de discriminer de manière nette les phorophytes des non porteurs. Cependant, les angles pour les porteurs sont en général relativement plus grands que ceux des non porteurs.

Chez les arbres monocaules, le paramètre le plus pertinent demeure sans contexte la présence des bases foliaires persistantes. Rien n'est connu sur les épiphytes vasculaires de ces arbres en milieu forestier. Ayant choisi d'étudier les individus de l'espèce *Elaeis guineensis* les mieux pourvus en épiphytes, BEBWA et MANDANGO (1984 : 146) reconnaissent implicitement l'importance de ce paramètre du fait que ce sont essentiellement les palmiers possédant des bases foliaires qui portent plus d'épiphytes vasculaires. Les données présentées dans ce travail démontrent que les arbres monocaules des stades 1 et 2 ont un taux plus élevé de phorophytes.

Pour confirmer l'interaction des paramètres étudiés, nous avons voulu examiner si les corrélations qu'ils présentent chez les arbres ramifiés sont significatives. Les données de cette analyse sont reprises au tableau 9.1. Dans l'ensemble des 10 valeurs obtenues, 9 sont hautement significatives au seuil de p. $< 0,000$ et une est significative ($p < 0,05$). Ces données prouvent bien que les paramètres analysés présentent des très fortes corrélations. Ils interagiraient entre eux et leur influence mutuelle est assez marquée. L'ensemble de ces

paramètres aboutit à une architecture globale ; ce qui confirme la pertinence des résultats obtenus par ces corrélations.

Tableau 9.1 : Matrice des intercorrélations entre les paramètres de l'épiphytisme analysés (N = 4775)

CIRC.	HARAMIF	MOYALPHA	NORAMIF	RAPPORT
CIRC.				
HARAMIF	0,6290			
MOYALPHA	0,3232	0,3566		
NORAMIF	0,359[a]	0,1962	0,2620	
RAPPORT	0,4102	0,1558	0,2076	-0,1177[b]

a = r significatif à 5 %

b = r négatif mais très hautement significatif

les autres coefficients de corrélation sont positifs et très hautement significatifs.

CIRC = Circonférence

HARAMIF = hauteur de ramification

MOYALPHA = moyenne des angles

NORAMIF = Nombre des ramifications

RAPPORT = rapport circonférence - hauteur du fût ;

Le rapport circonférence - hauteur du fût est en relation inverse avec le nombre de ramifications. Plus ce rapport est grand, très petit sera le nombre de ramifications. Les données recueillies confirment ce résultat. Les valeurs de ce rapport sont en général supérieures à 1 à Kisangani et le nombre de ramifications est réduit en moyenne à 2.
On a là, une fois de plus, la preuve que les arbres se ramifient à faible hauteur en 2 branches. Cela corrobore la dichotomisation raméale progressive déjà évoquée à plusieurs reprises.

Il devient de plus en plus évident que de multiples variables doivent être prises en considération dans l'étude des épiphytes vasculaires. De ce fait toute généralisation systématique unifactorielle dans l'étude de l'épiphytisme doit être évitée. On retrouve ici, comme dans plusieurs phénomènes biologiques complexes, l'effet spécial d'un ensemble de

facteurs agissant en synergie au sein d'un système de type interactif. D'où la nécessité d'une étude plurifactorielle.

Globalement, la démarche adoptée dans ce travail paraît plus fructueuse en ce sens qu'elle s'efforce d'intégrer plusieurs paramètres. Ainsi la parcellisation analytique, indispensable pour mieux étudier les phénomènes biologiques, ne doit pas faire perdre de vue que ces facteurs sont liés. Les informations sur les épiphytes vasculaires issues des généralisations systématiques unifactorielles ont abouti à donner de la biologie de ces végétaux une image tronquée qu'avait déjà stigmatisée TIXIER (1966 : 34) cité à la première page de ce travail.

9.4. Comparaison des phorophytes et des non porteurs

Les caractères pertinents de l'épiphytisme analysés ci-haut suggèrent que les différences existant entre les phorophytes et les non porteurs sont importantes. Deux groupes d'arbres ayant été distingués, suivant ainsi HALLE et OLDEMAN (1970), la comparaison des porteurs et des non porteurs doit en tenir compte. Par conséquent, la comparaison sommaire entre les porteurs et les non porteurs se fera en trois étapes.

* Chez les arbres ramifiés, d'une façon générale, le test de LEVENE montre que les deux groupes ne sont pas homogènes et que la différence entre eux est hautement significative (test t de student) pour la plupart de paramètres étudiés. Les données pour chaque paramètre analysé sont reprises dans le tableau 9.2.

Tableau 9.2 : Résumé du test t de student pour les paramètres analysés

Variable	Porteurs (N = 1799)		Non porteurs (N = 2976)		t	P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type		
CIRC.	310,02	356,21	131,953	143,27	20,24	P<0,00
HARAMIF	200,08	220,74	140,37	99,25	10,96	P<0,00
MOYALPHA	54,39	14,99	46,48	16,45	17,04	P<0,00
NORAMIF	2,04	0,31	2,27	1,09	- 10,64	P<0,00
RAPPORT	2,29	1,59	1,04	0,67	31,56	P<0,00

* voir le tableau 9.1 pour la légende des variables.

Pour comparer les espèces des arbres ramifiés, le coefficient phorophytique (voir méthodes) ainsi que d'autres critères sont utilisés. Nous illustrons dans le tableau 9.3 le cas des 9 espèces les plus fréquentes reprises au tableau 6.15

Tableau 9.3 : Paramètres de comparaison des 9 phorophytes les plus fréquents

Espèces	Nbre espèces épiphytes	Capacité phorophytique	Fréquence phorophytique	Coefficient du houppier	Compacité	Réussite Phorophytique
Peltophorum pterocarpum	3,97	0,14	0,01	1,37	3,90	5,27
Mangifera indica	2,73	0,64	0,74	1,37	4,26	5,63
Dacryodes edulis	2,47	0,10	0,10	0,89	3,32	4,21
Terminalia catappa	1,72	0,02	0,41	0,63	2,98	3,61
Cassia siamea	1,48	0,04	0,21	0,58	3,40	3,98
Newbouldia laevis	1,46	0,04	0,28	0,59	2,39	2,98
Persea americana	1,45	0,06	0,27	0,59	3,50	4,09
Spondias cytherea	1,11	0,04	0,20	0,45	3,69	4,14
Syzygium cuminii	1,38	0,02	0,37	0,59	3,00	3,59

La lecture du tableau 9.4 montre que *Mangifera indica* a la réussite phorophytique la plus élevée ; en dépit donc de sa fréquence élevée, cette espèce possède une grande capacité d'héberger les épiphytes vasculaires.

Pour les arbres monocaules, le seul critère fondamental reste le taux ou la durée de persistance des bases foliaires. Sur ce plan, c'est *Elaeis guineensis* qui domine. C'est vraisemblablement ce qui explique aussi que cette espèce ait un pourcentage plus grand de phorophytes : elle a quasiment le monopole de phorophytes parmi les arbres monocaules de Kisangani.
Rappelons enfin que ces données proviennent des tentatives qui nous paraissent logiques. Elles devront faire l'objet d'autres types d'évaluation pour leur confirmation.

* Chez les monocaules, les phorophytes étant en pourcentage de loin supérieurs aux non porteurs, il n'est point nécessaire de procéder aux analyses statistiques. Comme le montre le tableau 5.8, les phorophytes représentent 64,19 % de l'ensemble de l'effectif des arbres monocaules.

* Les deux groupes d'arbres (ramifiés et monocaules) montrent des différences importantes. Les arbres ramifiés ont plus d'axes que les monocaules. On observe cependant qu'il y a augmentation du nombre de phorophytes au fur et à mesure que croit la circonférence dans les deux groupes d'arbres. Mais, en tenant compte de l'âge, il faut remarquer que plus de phorophytes chez les vieux individus pour les arbres ramifiés alors que chez les monocaules, ce sont les jeunes qui dominent.

La courbe théorique se présente alors comme suit :

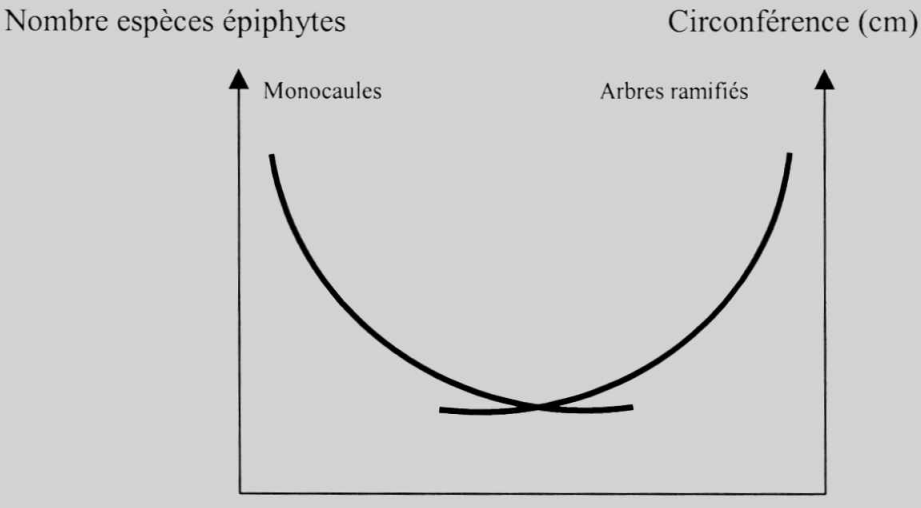


Figure 9.1 : Evolution des phorophytes chez les arbres ramifiés et les monocaules

Chez les monocaules en général et *Elaeis guineensis* particulièrement, la circonférence du stipe diminue avec l'âge de la plante lorsque celle-ci perd les restes des bases foliaires. Plus la circonférence décroît, plus aussi diminue le nombre d'espèces épiphytes. C'est donc le processus quasi inverse de ce qui a été observé chez les arbres ramifiés. Toutefois pour les deux groupes, les phorophytes, répétons-le, ont les plus grandes circonférences.

La même affirmation peut se schématiser comme suit :

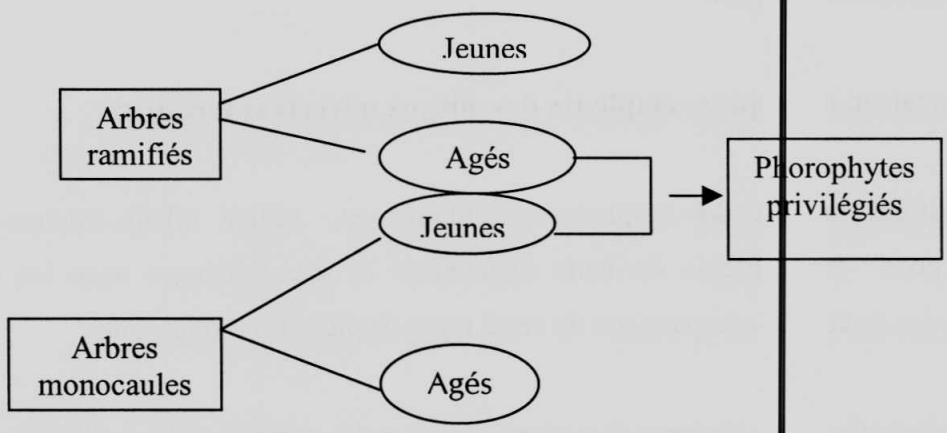


Fig. 9.2 : Groupes d'arbres portant des épiphytes vasculaires

Des différences majeures existant entre les arbres ramifiés et monocaules sont résumées dans le tableau 9.4.

Tableau 9.4 : Différences entre les arbres monocaules et les arbres ramifiés.

Arbres ramifiés	Arbres monocaules
¤ Nombre de fourches réduit	¤ Nombre de fourches très élevé
¤ Grandes fourches (= 55-90°)	¤ Très petites fourches (= 20°)
¤ Le nombre de fourches augmente avec l'âge	¤ le nombre de fourches diminue avec l'âge
¤ Grand nombre de rameaux diversité de mode de croissance et de types architecturaux	¤ Absence de rameaux unicité de mode de croissance et de type architectural (= modèle de CORNER)
¤ Flore épiphytique plus riche avec une faible abondance	¤ Flore épiphytique pauvre mais à forte abondance
¤ Epiphytes accidentels peu représentés	¤ Epiphytes accidentels nombreux surtout à la base du tronc
¤ Augmentation de la biodiversité avec l'âge	¤ Diminution de la biodiversité avec l'âge

Le contraste entre les groupes épiphytes se développant sur ces deux types d'arbres reflète des différences microclimatiques.

9.5. Comparaison des espèces épiphytes des milieux ouverts et forestiers

L'existence même des épiphytes vasculaires en milieu urbain comme celui de Kisangani pose le problème de leurs différences et ressemblances avec les épiphytes vasculaires des forêts. La comparaison de ces 2 types d'épiphytes montre que :

* La flore épiphytique des biotopes forestiers est plus riche, fortement diversifiée tant du point de vue systématique que biologique (formes de vie). Elle comprend à la fois des espèces sciaphiles, mésophiles et xérophiles. En fait, la flore épiphytique des milieux ouverts se retrouve dans celle des biotopes forestiers. Ainsi toutes les espèces épiphytes typiques recensées à Kisangani vivent aussi dans les forêts.

Tableau 9.5 : Les caractéristiques de 9 espèces épiphytes sciaphiles recensées dans la forêt de l'Ituri

Espèces	Famille	D.G.	T.M.	Organe stockant plus d'eau	Taux d'hydratation	% eau de l'organe sur le total	I.P.H.
Begonia ampla	*Begoniaceae*	Afro-trop	Hv	Tige	84,13	47,11	0,86
Begonia emircii	*Begoniaceae*	Afro-trop	S-arb	Feuilles	90,78	59,39	0,85
Begonia polygonoides	*Begoniaceae*	Guin	S-arb	Feuilles	95,08	73,78	0,86
Calvoa orientalis	*Melastomaceae*	Guin	Ha	Tige	89,10	61,02	0,86
Calvoa trochaini	*Melastomaceae*	Guin	Hv	Feuilles	95,22	7503	0,92
Medinilla mannii	*Melastomaceae*	Guin	S-arb	Racines	87,62	63,48	0,83
Peperomia bangroana	*Peperomiaceae*	Afro-Malg	Hv	Feuilles	95,98	89,77	0,93
Peperomia molleri	*Peperomiaceae*	Guin	Ha	Tige	90,85	54,55	0,92
Procris crenata	*Urticaceae*	Paléo	Hv	Tige	91,77	67,06	0,90
	Moyenne				91,17	65,69	0,88
	Ecart-type				3,90	12,60	0,04
	CV (%)				4,28	19,18	4,54

Légende :

D.G. : Distribution géographique

T.M. : Type morphologique

I.P.H. : Indice pondéro-hydrique

Hv : Herbe vivace

Ha : Herbe annuelle

S-arb : Sous- arbuste

CV (%) : Coefficient de Variation en pourcentage

Il en découle que ce qui différencie ces deux flores, c'est le cortège des espèces accidentelles ou préférentielles. *Peperomia pellucida*, *Solenostemon monostachyus*, *Asystasia gangetica*,... sont propres à la flore épiphytique du milieu urbain de Kisangani.

De même aussi dans les forêts, on distingue des espèces épiphytes accidentels propres à ce milieu. Le fonds floristique dans les deux milieux est le même, avec cependant un relatif appauvrissement en milieu urbain consécutif à l'absence des véritables épiphytes hygrophiles.

* Parmi les 9 espèces épiphytes d'ombre recensées par nous dans la forêt de l'Ituri (tableau 9.5.), il y a plus d'espèces guinéennes. La lecture du même tableau indique que les types morphologiques sont plus diversifiés dans ce groupe. La présence de 3 sous-arbustes est assez éloquente à cet égard.

* Du point de vue de l'hydratation enfin, les espèces typiquement forestières contiennent plus d'eau que celles des milieux ouverts. L'I.P.H. de ces espèces dépasse 0,84.

MAZLIAK (1981 : 257) affirme que la plupart des épiphytes absorbent l'eau qui leur est indispensable par leurs tiges et leurs feuilles. Ce mode d'absorption est plausible pour les épiphytes vasculaires mais surtout pour les Bryophytes. Cependant l'atmosphère d'humidité quasi constante du sous-bois favoriserait le stockage de beaucoup d'eau à cause d'une faible déperdition dans les organes de ces 9 espèces. Ces espèces stockent plus d'eau dans la tige ou les feuilles. Une seule espèce emmagasine l'eau absorbée surtout dans les racines (*Medinilla mannii*). Ce comportement physio-écologique qui n'a pas d'équivalent chez les espèces épiphytes vasculaires des milieux ouverts mérite d'être signalé.

Tableau 9.6 : Synthèse des caractéristiques de quelques épiphytes vasculaires typiques du milieu étudié

Espèces	Fréquence Moyenne (%)	I.P.H.	Effort reproducteur (%)	Ancrage Type	Ancrage %	Adaptations morphologiques
Calyptrochilum emarginatum	3,02	0,75	9,27	2	82,12	Succulence
Davallia chaerophylloides	2,48	0,68	16,21	1	72,54	Non évidentes
Drynaria laurentii	5,47	0,73	38,67	1	18,59	Dimorphisme foliaire
Microgramma lycopodioides	35,49	0,74	10,65	1	37,54	Dimorphisme foliaire
Microsorium punctatum	1,15	0,82	56,63	1	20,44	Non manifestes
Nephrolepis biserrata	36,20	0,71	14,57	4	8,82	Non manifestes
Oleandra distenta	0,10	0,74	14,03	1	72,62	Non manifestes
Peperomia pellucida	7,69	0,94	6,79	3	1,44	Faible succulence
Phymatosurus scolendria	25,98	0,72	23,61	1	59,19	Non manifestes
Platycerium angolense	5,24	0,82	9,10	5	42,28	Dimorphisme foliaire
Platycerium stemaria	24,36	0,78	32,98	5	26,05	Dimorphisme foliaire
Polystachya affinis	0,04	0,79	5,19	3	17,02	Pseudobulbe + succulen+ réduction foliaire
Phipsalis baccifera	11,85	0,79	4,32	3	8,55	Aphyllie
Solenostemon monostachyus	6,58	0,91	9,14	3	2,62	Non évidentes
Moyenne	11,83	0,78	17,94		28,27	
Ecart-type	12,99	0,07	15,12		24,82	
CV (%)	109,81	8,97	84,28		87,80	

Une autre caractéristique intéressante est à relever. Les organes stockant plus d'eau chez ces espèces représentent plus de 59 % du poids total au minimum, le record étant détenu par l'espèce *Peperomia bangroana* (89,77 %).

Toutes ces considérations ne doivent cependant pas masquer le fait que les épiphytes des milieux ouverts réalisent une performance en stockant presque autant d'eau que les épiphytes du sous-bois. Si l'on tient compte de l'atmosphère caractérisée par une forte insolation dans laquelle ils se développent, on réalise alors mieux l'efficacité de leur adaptation par la réduction des pertes d'eau.

Le pourcentage d'hydratation varie très fortement d'un organe à l'autre au sein d'une espèce. Par contre, l'I.P.H. reste quasiment constant quel que soit l'organe. Les deux indices montrent des coefficients de variation presque similaires.

Pour les espèces de Kisangani, l'I.P.H. est en moyenne de 0,75 (0,09 d'écart-type) alors que pour les 9 espèces de la forêt de l'Ituri l'I.P.H. atteint 0,88 (avec 0,04 d'écart-type). Le coefficient de variation indique un taux de variation de 11,61 % et 12 % respectivement

pour le taux d'hydratation et l'I.P.H. des organes stockant plus d'eau. Ce coefficient est deux fois moins faible chez les espèces de la forêt de l'Ituri, de l'ordre de 4,28 % et 4,54 % respectivement pour le taux d'hydratation et l'I.P.H.

Il ressort de ces résultats que les espèces de la forêt de l'Ituri étudiées vivent dans une atmosphète moite et elles contiennent plus d'eau que celle du milieu un peu plus chaud de l'écosystème urbain de Kisangani.

Les espèces caractéristiques du milieu étudié reprises au tableau 9.6 ont des traits nettement différents de ceux des épiphytes typiquement forestiers. Leur I.P.H. est en moyenne inférerieur à celui des espèces forestières (0,78 contre 0,88) avec une variation relativement plus grande (8,97 % contre 4,54 %).

L'examen approfondi du tableau 9. permet de dégager deux paramètres pertinents : l'I.P.H et le pourcentage d'ancrage qui paraissent inverssement proportionnels (annexe n°7)

Le faible I.P.H, c'est à-dire un faible pourcentage d'eau contenue dans la plante se traduirait par un ancrage important. Les espèces forestières, comme il fallait s'attendre à partir de leur I.P.H., ne manifestent pas d'adaptations morphologiques évidentes.
Quand l'I.P.H varie de 0,68 à 0,72 et de 0,91 à 0,94, les adaptations morphologiques ne sont pas apparentes. Subséquemment dans la classe intermédiaire (I.P.H. de 0,78 à 0,82), les adaptations morphologiques sont manifestes.

9.6. Essai de modélisation de l'épiphytisme en milieu ouvert

Il est indispensable de procéder à un essai de modélisation des mécanismes contribuant à l'épiphytisme. Ce qui renforce la compréhension de ce phénomène.

Comme le dit bien le sous-titre, ceci ne constitue qu'une tentative de modélisation ou mieux de schématisation de l'épiphytisme.

Trois groupes de facteurs déterminants ont été pris en compte ici : le climat général de la ville décrit au chapitre 3, les facteurs liés aux arbres porteurs (chapitre 6) et les

caractéristiques des épiphytes vasculaires (chapitre 8). C'est l'ensemble de ces 3 groupes qui déterminerait l'épiphytisme en milieu urbain de Kisangani.

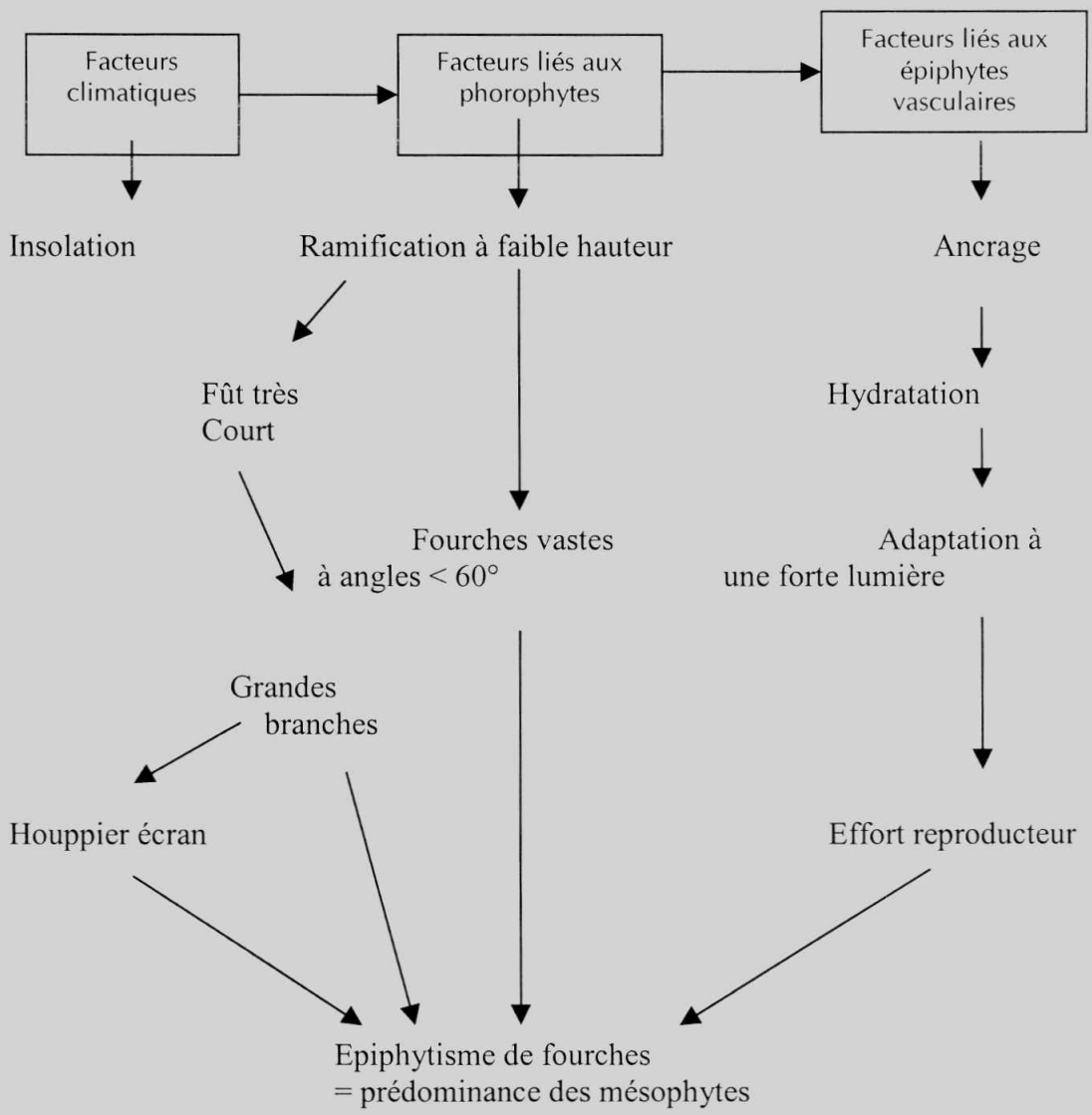


Figure 9.3. : Modèle de l'épiphytisme en milieu urbain de Kisangani

L'épiphytisme à Kisangani peut être, une fois de plus, caractérisé comme un épiphytisme de fourches à prédominance des mésophytes qui sont essentiellement des Ptéridophytes.

Notons enfin qu'il y a une très forte interaction de ces divers facteurs. Ce qui rend difficile l'interprétation de la part exacte attribuable à chacun dans la réalisation de cet épiphytisme. Il n'est pas exclu aussi que ce schéma soit également valable pour les forêts.

9.7. La succession

La détermination de la succession des épiphytes vasculaires a été faite de manière indirecte par la comparaison de la flore de divers phorophytes. C'est ce que JOHANSSON (1974 : 87) appelle « succession indicated by floristic composition ».

La succession se fonde sur le principe simple suivant : certains épiphytes préparent la voie à d'autres (RICHARD 1957 : 118). DUDGEON (1923) a défini les principaux stades de la succession épiphytique. Il considère celle-ci comme unique à cause de sa courte durée, l'inhabituelle évidence des stades, les petites dimensions des plantes à répéter et à prolonger la dessication.

Le stade initial de l'épiphytisme est constitué d'un enduit de lichens « servant de substratum aux Bryophytes qui à leur tour, offrent un point d'appui assez solide et riche en matières nutritives pour les autres » (VAN OYE 1924 : 492).

Le stade initial, qui ne concerne pas les épiphytes vasculaires, se retrouve dans toutes les 6 communes surtout sur les arbres ramifiés. Chez *Elaeis guineensis*, ce stade commence surtout par la mousse *Octoblepharum albidum*. Le stade intermédiaire est aussi représenté dans les 6 communes mais le stade final caractérise particulièrement les communes Makiso, Lubunga (arbres d'avenues de la SNCC) et Mangobo (arbres d'avenues).

MICHALOUD et MICHALOUD-PELLETIER (1987 : 134) ont trouvé que « les arbres supports de *Ficus* portent significativement plus de fougères et d'Orchidées que les arbres sans *Ficus* ». Si cette succession d'épiphytes est valide en forêt de Tai, nos résultats pourraient également suggérer une installation des *Ficus* qui serait postérieure à celle des fougères et Orchidées. Cette situation corroborerait la réflexion de RICHARDS (1957 : 118) : « Certains épiphytes préparent le chemin pour d'autres ». En forêt, il est plausible qu'on ait la succession Fougères-Orchidées-***Ficus***. A Kisangani on a Fougère-***Ficus***-Orchidées et ***Ficus***-Fougères-Orchidées.

Ce schéma se retrouve en gros à Kisangani et se présente comme suit :

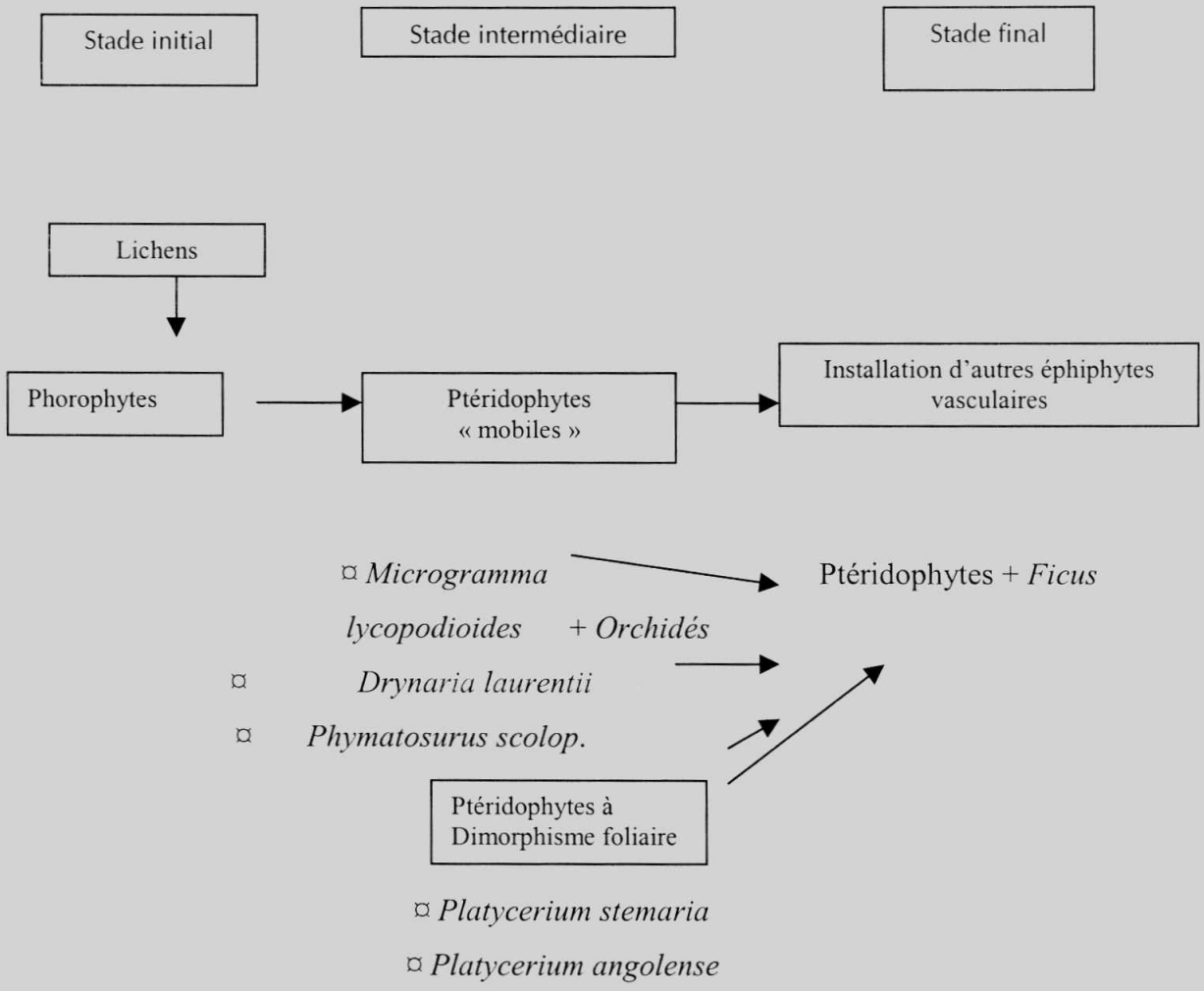


Figure 9.4. : Schéma synthétisant la succession des épiphytes vasculaires à Kisangani.

9.8. Le travail fait et les grandes théories sur l'épiphytisme

L'exigence de la double articulation du travail scientifique : non seulement articulation avec les « faits », mais aussi articulation avec les théories et certains principes généraux admis par la communauté scientifique nous a contraint à examiner cette question.

Les éléments relatifs à la première articulation ont été suffisamment détaillés dans les précédents chapitres. Il reste donc à considérer la deuxième.

La théorie sur les épiphytes vasculaires constitue, au niveau actuel de nos connaissances, un véritable diptyque. En effet, deux grandes théories mises au point à partir des seules données forestières, tentent d'expliquer l'épiphytisme.

La première basée sur la taille des plantes et la recherche de la lumière que nous appelons la théorie photique stipule que l'épiphytisme serait la réponse des plantes de petite taille mais à forte appétence photique dans les forêts.

La deuxième fondée sur le rôle des épiphytes vasculaires, nommée « rainfall-epiphyte correlation theory », a été élaborée par POCS (1980 : 164-166). Elle établit la corrélation entre les quantités de pluies et les épiphytes en général. Pour POCS (1980 : 164-166), à cause de leur « rôle de buvard », les épiphytes aideraient les forêts équatoriales à utiliser l'excès d'eau pluviale (plus de 100 mm de pluie par mois). POCS pense que l'épiphytisme est un style de vie végétale provoqué par le surplus de pluviosité utilisant les autres conditions climatiques favorables des régions tropicales. Ce sont en particulier les épiphytes non vasculaires qui jouent ce rôle ; les plantes vasculaires y participent aussi mais leur part serait plus prépondérante dans la formation de l'humus. La biomasse des épiphytes ne représente que 6,63 % de la biomasse total mais leur capacité d'interception équivaut à 52,27 % du total de la forêt étudiée par POCS (1980).

Ces deux théories ne constituent en fait que des interprétations hypothétiques de ce phénomène. Elles sont partielles et se situent à des niveaux d'interprétation différents (origine et rôle des épiphytes vasculaires). Elles peuvent donc être considérées, du fait qu'elles ne s'excluent pas, comme complémentaires. Ce travail apporte un correctif à la théorie photique en l'élargissant et suggère que la deuxième a un fondement logique limité au rôle que jouent ces végétaux. Cette étude reconcilie ainsi les deux principales théories sur les épiphytes vasculaires, ce qui est un de ses apports. Plutôt que de rechercher le facteur causal supposé déterminant tous les autres, il est certainement plus utile comme nous avons tenté de le faire dans cette étude, de reconnaître l'existence de plusieurs paramètres.

Dans la figure 9.5. nous schématisons toutes ces idées.

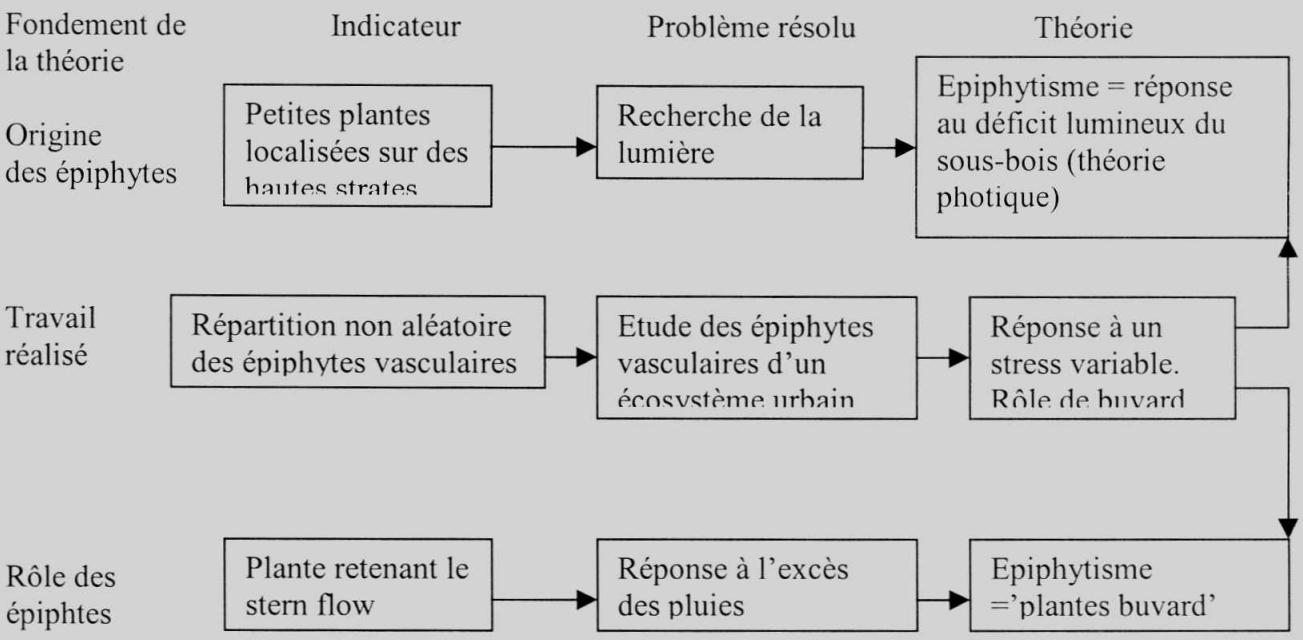


Fig. 9.5. : Le travail réalisé par rapport aux théories classiques sur l'épiphytisme.

Enfin, la théorie proposée par POCS (1980), mettant en lumière le rôle des épiphytes dans les forêts, conduit à appliquer la notion de cortèges bioécologiques (OZENDA 1986 : 93) aux rapports entre les épiphytes vasculaires et leurs supports.

9.9. Conclusion

Les principaux points traités dans ce chapitre ont mis en évidence la complexité de l'épiphytisme. Les épiphytes vasculaires sont des petites plantes qui posent des problèmes extrêmement ardus à résoudre. Les résultats du présent travail s'inscrivent cependant dans le cadre général des études antérieures.

Ce chapitre a montré la faiblesse de la théorisation actuelle sur les épiphytes vasculaires de nos régions. Les informations issues des recherches dans les forêts sont en général non quantifiées. En outre, les généralisations faites à partir de ces données paraissent partielles. Il y a lieu donc de tenir compte dans l'étude des épiphytes vasculaires de l'existence

de plusieurs paramètres qui agissent ensemble. La seule approche valable pour leur étude est donc multifactorielle combinant à la fois la description et la quantification.

Par ailleurs, l'étude des épiphytes vasculaires des milieux ouverts montre qu'elle permet de déterminer le sens général de l'adaptation de ces végétaux et de préciser la nature de l'adaptation des épiphytes vasculaires et ses modalités.

L'épiphytisme constitue en somme, la réponse adaptative des végétaux de petite taille non héliophiles ni sciaphiles au stress que peut constituer l'excès de lumière (cas du milieu urbain en particulier et des milieux ouverts en général) ou son déficit dans le sous-bois (cas des forêts). Mais cette adaptation, il faut le rappeler et le souligner, est devenue héréditaire comme toute adaptation efficiente.
Toutefois, comme le prouvent les résultats de cette étude, il faut reconnaître avec BENZING (1983 : 11) que l'épiphytisme reste une stratégie adaptative efficiente.

Les épiphytes vasculaires montrent, par leur présence, en milieu urbain fortement éclairé leur grande capacité d'adaptation de loin supérieure à celle des autres plantes forestières. Ils sont les seuls végétaux de forêts qu'on retrouve spontanément et qui recolonisent la ville. Mais cette recolonisation semble être, ce qui est du reste logique, sélective. Ce sont essentiellement les épiphytes vasculaires mésophiles qui parviennent à s'adapter aux conditions de l'écosystème urbain.

Comme VAN OYE (1924 : 495), nous concluons en notant que l'étude de la biologie des épiphytes vasculaires à Kisangani apporte des données nouvelles et vient corroborer les conclusions générales de la biologie de ces plantes ailleurs.

10. CONCLUSIONS GENERALES

Cette étude constitue une contribution à la compréhension de l'épiphytisme en région équatoriale. A cet effet, un milieu ouvert, en l'occurrence l'écosystème urbain de Kisangani, a servi de cadre pour sa réalisation.

Ce travail s'est proposé comme objectif ultime d'analyser les différents paramètres explicatifs de l'épiphytisme dans un milieu où la lumière ne constitue plus un facteur limitant. A l'issue de cette étude, les points saillants suivants peuvent être soulignés :

10.1. L'originalité de l'approche et des méthodes

Les travaux sur les épiphytes se font en général dans les forêts ou très rarement en milieu urbain sur un seul type de phorophytes (BEBWA et MANDANGO 1984 par exemple). Ils abordent essentiellement des aspects floristiques et phytosociologiques. Ces études sont par conséquent, dans leur ensemble, descriptives et n'intègrent pas plusieurs paramètres.

Le présent travail a été mené dans un milieu ouvert et est à la fois descriptif et quantitatif combinant plusieurs méthodes. Il constitue une première tentative quantitative originale dans la compréhension des épiphytes vasculaires. Son originalité se remarque aussi par des apports nouveaux dans différents modes de calcul (indice pondéro-hydrique, rapport phorophyte sur non support, réussite phorophytique). En outre, il précise la théorie générale, par son élargissement, sur les épiphytes vasculaires. Ceux-ci, bien qu'à la recherche de la lumière, évitent le stress (facteur limitant) du milieu où ils se développent. En milieu forestier, ce facteur limitant est le manque de lumière alors qu'en milieu urbain c'est l'excès de lumière.

Ce travail a permis de montrer pour la première fois les principaux facteurs qui déterminent la colonisation des arbres par les épiphytes vasculaires en milieu ouvert. La prise en compte des arbres ramifiés et monocaules et des caractéristiques de leurs phorophytes et le dernier trait de l'originalité de cette étude.

10.2. La distribution non aléatoire des épiphytes vasculaires

Bien que la lumière ne soit pas un facteur limitant en milieu urbain de Kisangani, tous les arbres ne portent pas des épiphytes vasculaires. Ceux-ci ne se distribuent donc pas au hasard. Certains paramètres structuraux et architecturaux expliquent la préférence de quelques arbres. Les arbres portant plus d'épiphytes vasculaires se caractérisent par un feuillage sempervirent, un peu compact, à grosse circonférence et à grandes fourches. Leur écorce est en général rugueuse.

Deux arbres à Kisangani sont particulièrement colonisés par les épiphytes vasculaires. Il s'agit de *Mangifera indica* parmi les arbres ramifiés et d'*Elaeis guineensis* pour les arbres monocaules. Cette étude élucide les raisons de cette préférence fort prononcée pour ces deux espèces.

10.3. La flore épiphytique en milieu urbain de Kisangani est paucispécifique

Comparés aux épiphytes vasculaires des forêts, ceux de la ville montrent une pauvreté en espèces. Les conditions du milieu sélectionnent essentiellement les épiphytes mésophiles en éliminant les hygrophites. Mais en dépit de sa relative pauvreté floristique, l'épiphytisme à Kisangani se distingue par l'extrême profusion des espèces qui s'y sont adaptées.

Ainsi le nombre d'individus de ces espèces et leur fréquence sont souvent très élevés. En particulier, deux espèces dominent à Kisangani. *Microgramma lycopodioides* sur les arbres ramifiés et *Nephrolepis biserrata* sur les arbres monocaules. Il y a donc pour la flore épiphytique de Kisangani un appauvrissement qualitatif qui s'accompagne de l'augmentation de l'importance numérique des épiphytes mésophiles et de leur abondance.

10.4. Les paramètres explicatifs de l'épiphytisme formeraient deux niveaux

Les paramètres déterminant l'épiphytisme à Kisangani forment deux niveaux différents. Le premier est constitué des paramètres structuraux (écorce, nombre de branches, circonférence, fourches, etc) permettant de discriminer les phorophytes des non porteurs. Le deuxième comprend les caractères architecturaux qui établissent une nette différence entre les arbres des milieux ouverts et ceux des forêts. Cette architecture, en milieu urbain de Kisangani, a été nommée comportement architectural euphotique. Elle se caractérise par la

dichotomisation raméale progressive. Ce qui aboutit à l'importance de fourches et à une cime en boule.

10.5. Les arbres ramifiés et les monocaules ont un épiphytisme différent

A Kisangani, deux catégories d'arbres peuvent être distinguées : les arbres ramifiés à plusieurs axes et les arbres monocaules à axes très réduits. Cette différence se répercute sur leur capacité phorophytiques. Pour les arbres monocaules, un seul paramètre peut être considéré comme pertinent : la présence des bases foliaires. C'est elle qui détermine, en grande partie, la colonisation d'un arbre monocaule par les épiphytes vasculaires. Il faut aussi signaler que les vieux palmiers dépourvus de bases foliaires portent des épiphytes vasculaires préférentiels des milieux secs comme les *Platycerium*. Ainsi peut s'initier une nouvelle série de colonisation. Cette observation contredit l'affirmation de VAN OYE (1924 : 486) qui affirme qu'il n'y a aucune série épiphytique qui s'initie sur les vieux palmiers.

Chez les arbres ramifiés interviennent plusieurs paramètres. La présente étude en a détaillé les types et leurs interactions réciproques.

10.6. Il y a une différence entre les communes

En considérant les communes, les épiphytes vasculaires ne se répartissent pas de façon homogène. Le paramètre permettant d'évaluer avec précision cette différence c'est l'analyse de la répartition des phorophytes. Ceux-ci sont plus nombreux dans la commune Makiso et dans les avenues. Mais les arbres monocaules d'avenues ont moins d'épiphytes vasculaires que ceux des parcelles du fait qu'ils sont plus vieux.

10.7. Les épiphytes vasculaires stockent beaucoup d'eau

Même lorsqu'ils vivent dans des biotopes assez secs, les épiphytes vasculaires stockent dans leurs organes beaucoup d'eau. L'organe stockant l'eau varie en fonction de l'espèce. Par la quantité d'eau qu'ils contiennent, les épiphytes ressemblent à beaucoup d'espèces terrestres. Mais les épiphytes vasculaires des milieux ouverts stockent un peu moins d'eau que ceux du sous-bois forestier.

10.8. Impact de l'abattage et de l'ébranchage des arbres

Il y aurait un impact de l'abattage et de l'émondage des arbres sur la composition des épiphytes vasculaires de l'écosystème urbain de Kisangani.
Les observations non quantifiées faites récemment montrent que l'abattage des arbres, renforcé ces derniers temps et justifié par leur vétusté, a pour conséquence la réduction du nombre de phorophytes disponibles et la diminution de l'abondance et probablement de la biodiversité de ces végétaux.

L'ébranchage par contre provoque une perturbation des régions ou strates de fixation des épiphytes vasculaires et augmente la fréquence des *Ficus*. L'ébranchage augmente aussi le nombre de blessures et des creux, lieu de prédilection pour l'installation des *Ficus* surtout. Les figuiers sauvages qui constituent les seules plantes ligneuses qui se développent en épiphytes sur *Elaeis guineensis* (VANDERYST 1922 : 366) risquent d'avir un nombre extraordinairement élevé dans la flore épiphytique de Kisangani dans les années qui viennent. Seule une analyse diachronique, non réalisée dans cette étude, pourrait faire ressortir l'impact de l'ébranchage et de l'abattage des arbres quantitativement sur les épiphytes vasculaires.

La leçon à tirer des épiphytes vasculaires des milieux ouverts, à savoir la recherche de l'ombrage devrait plutôt conduire à replanter les arbres le long des avenues. Kisangani avec un ensoleillement intense nécessite qu'il y ait beaucoup d'arbres dans les parcelles et surtout le long des avenues. Par son climat, Kisangani devra être une ville arborée. Puissent les épiphytes vasculaires nous servir, à ce propos, d'exemples à suivre.

10.9. Perspectives d'avenir

L'objectif ultime de cette étude était de dégager des hypothèses directrices, en se fondant sur l'acquis théorique existant, susceptibles de vérification. Cette dernière se fera dans un travail de plus grande envergure dépassant le cadre des épiphytes vasculaires et considérant les végétaux dépendants non parasites dans l'ensemble en fonction du gradient d'activité anthropique décroissant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACKERMAN, J.D. 1986.

Coping with the epiphytic existence : pollinisation strategies.

Selbyana 9: 52-60

ACKERMAN, J.D. 1990.

Short-and long-term limitation to fruit production in a tropical orchid.

Ecology 71 (1): 263-272

ACKERMAN, J.D. & J.C. MONTERO OLIVER 1985.

Reproductive biology of *Oncidium variegatum*: moon phases, pollinisation, and fruit set.

American Orchid Society Bulletin 54 (3): 326-329

BALL, E., J. HANN, M. KLUGE, H.S. J. LEE, U. LUTTGE, B. ORTHEN, M. POPP, A. SCHMITT & I.P. TING 1991 a et b.

Ecophysiological comportement of the tropical CAM-tree clusia in the field.

I. Growth of *Clusia rosea* Jacq. On St John, Us Virgin Islands, Lesser Antilles.

New Phytologist 117: 473-481

II. Modes of photosynthesis in trees and seedlings.

New Phytologist 11: 483-491

BEBWA, B.D. 1981.

Etude biologique et écologique des épiphytes vasculaires sur *Elaeis guineensis* Jacq. De la ville de Kisangani (Haut-Zaïre).

Mémoire de Licence. Faculté des Sciences, Univ. Kis., inédit : 56 pages + annexes

BEBWA, B. & A. MANDANGO. 1984.

Observations écologiques des épiphytes vasculaires sur *Elaeis guineensis* à Kisangani (Zaïre).

Bulletin de la Société Royale Botanique de Belgique 117 : 143-152

BEBWA, B. & L. PAUWELS. 1984.

Aperçu sur la biomasse de la végétation pionnière dans l'île Kongolo (Haut-Zaïre).

Annales de la Faculté des Sciences, Kisangani 2 : 24-45

BEBWA, B. & J. LEJOLY. 1986.

Evaluation de la biomasse de la jachère à mégagéophytes du sous-bois dans l'île Kongolo (Haut-Zaïre).

Annales de la Faculté des Sciences, Kisangani. Numéro spécial : 5-8

BELL, P. & C. WOODCOCK. 1991.

The diversity of green plants.

Edward Arnold Contempory Biology. 360 pages.

BENNET, B.C. 1984.

A comparaison of the spatial distribution of *Tillandsia flexuosa* and *T. pruinosa*.

Florida Scientist 47: 141-144

BENZING, D.H. 1986.

Vascular epiphytes: a survey with special reference to their interactions with other organisms.

In S.L. SUTTON, T.C. WHITMORE & A.C. CHADWICK (Eds.). Tropical rain forest: ecology and management.

British Ecological society publication number 2: 11-24

BENZING, D.H. 1986.

The genesis of orchid diversity: emphasis on floral biology leads to misconceptions.

Lindleyana 1 (2): 73-89

BENZING, D.H. 1989.

Vascular epiphytism in America.

In H. LIETH & M.J.A. WERGER (eds.): Tropical rain forest ecosystems.

Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam: 133-154

BENZING, D.H. 1990.

Vascular epiphytes.

Cambridge Tropical biology series: XVII + 354

BENZING, D.H. & J. SEEMANN. 1978.

Nutritional picary and host decline: a new perspective on the epiphyte-host relationship.

Selbyana 2: 133-148

BENZING, D.H. & A. RENFROW. 1980.

The nutritional dynamics of *Tillandsia circinata* in southern Florida and the origin of the "air plant" strategy.

Botanical Gazette 141: 165-172

BENZING, D.H., J. ARDITTI, L.P. NYAMAN, P.J. TEMPLE & J.P. BENNET. 1992.

Effects of ozone and sulfer on four epiphytic Bromeliads.

Environemnatl and Experimental Botany 32 (1): 25-32

BERCE, J.M. 1964.

Carte de reconnaissance des sols de l'Entre Congo-Aruwimi.

Bulletin d'information de l'INEAC 13 (1-6) : 1-40

BERGER A. 1971.

La circulation de l'eau dans le système sol-plante. Etude de quelques résistances, en relation avec certains facteurs du milieu.

Thèse de doctorat Université des Sciences et Techniques du Languedoc : 224 pages

BERNARD, E. 1945.

Le climat écologique de la Cuvette centrale congolaise.

Publications de l'INEAC, hors série : 240 pages

BIEDINGER, N. & E. FISHER. 1996.

Epiphytic vegetation and ecology in central african forest (Rwanda, Zaïre).

Biotropica 2: 121-142

BILLIET, F. 1989.

Observation sur les orchidées épiphytes de la Guyane française.

Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 59 : 367-376.

BILLINGS,W.D.& B.DREW.1938.

Barkfactors affecting the disribution of corticolous Bryophytics commuties.

The American Midland Naturalist 19 : 302-330.

BOLA, M.L. & F. SZAFRANSKI. 1991.

Plantes spontanées à feuilles-légumes de Kisangani et ses environs (Zaïre).

Belgian journal of Botany 124 (2) : 222-234.

BOULLARD, B. 1988.

Dictionnaire de Botanique.

Paris Ellipses : 398 pages.

BOYER, Y. 1956.

Premières études sur la répartition du potassium, du sodium, du calcium, du magnésium dans la fougère épiphyte *Platycerium stemaria* (Beauv.) Desu.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences 242 : 1207-1209

BUDOWSKI, G. 1970.

Th distinction between old secondary and climax species in tropical central lowland forest.

Tropical Ecology 11: 44 – 48

CAHEN, L. 1954.

Géologie du Congo belge.

Liège Vaillont-Carnanne : 557 pages

CATLING, P.M. & L.P. LEFKOVITCH. 1989.

Associations of vascular epiphytes in Guatemalan cloud forest.

Biotropica 21 (1): 35-40

COOK, M.T. 1926.

Epiphytic orchids, a serious pest on *Citrus* trees.

Journal of the Departement of Agriculture of Porto Rico 10: 5-9

COXSON, D.S. & N.M. NADKARINI. 1995.

Ecological roles of epiphyttes in nutrient cycles of forest ecosystems.

In LOWMAN, M.D. & N.M. NADKARNI (eds.), Forest canopies: 495-543

CRONQUIST, A. 1993.

The evolution and classification of flowering plants.

Nex york, The new york Botanical Garden, 2ème édition: 555 pages

CURTIS, J.T. 1952.

Outline for ecological life history studies of vascular epiphytic plants.

Ecology 33 (4): 550-558

DE HEINZELIN, J. 1952.

Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du bassin du Congo.

Publications de l'INEAC Collection in 4 : 168 pages

DELAMARE DEBOUTTEVILLE, C. 1951.

Les dépendances du sol et les sols suspendus. Considérations sur les facteurs historiques en biocénotique.

Année Biologique 27 (4) : 267-279

DE SAINT-MOULIN, L. 1975.

La formation de la population.

In B VERHAEGEN (Ed.), Kisangani 1876-1976.

Histoire d'une ville Tome 1: La population: 31-54

DEVINEAU, J.L. 1984.

Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'Ouest africain (Côte d'Ivoire).

Travaux des chercheurs de Lamto (RCI), 5 : 294 pages

DUNN, H.A. 1941.

The major orchids of Panama: the physiography of their habitats.

American orchid Society Bulletin 9: 251-254

DUVERGER, M. 1964.

Méthodes des sciences sociales.

Paris, P.U.F. : 3 ème édition : 496 pages

DUVIGNEAUD, P. 1942.

Les associations épiphytiques de la Belgique.

Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique 74 : 32-53

DUVIGNEAUD, P. 1960.

Le laboratoire de Botanique Systématique et de Phytogéographie de l'Institut Botanique Léo Errera.

Extrait de « Commémoration Léo Errera » : 3-62.

DUVIGNEAUD, P. 1980.

La synthèse écologique.

Paris Doin : 380 pages

EDWARDS, P.J. & P.J. GRUBB. 1977.

Studies of mineral cucling in a montane rain forest in New Guinea. I. The distribution of organic mater in vegetation and soil.

Journal of Ecology 65: 943-969

EVRARD, C. 1968.

Recherches écologiques sur le peuplement forestier des sols hydromorphes de la Cuvette centrale congolaise.

Publications de l'INEAC, série scientifique 110 : 295 pages

GALLEMAERTS, V. 1911.

Sur les phanérogames épiphytes de la partie poldérienne du Veurne-Ambacht et des bords de l'Escaut aux environs de tamise.

Recueil de l'Institut Botanique Léo errera 8 : 1-86

GAUSSEN, H., J.F. LEROY & P. OZENDA. 1982.

Précis de Botanique. Tome 2 : végétaux supérieurs.

Paris Masson 2ième édition : 579 pages

GENTRY, A.H. & C.H. DODSON. 1987a.

Contribution of montrees to species richness of a tropical rain forest.

Biotropica 19: 149-156.

GENTRY, A.H. & C.H. DODSON. 1987b.

Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes.

Annals of the Missouri botanical garden 74: 205-233.

GERARD, Ph. 1960.

Etude écologique de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uélé.

Publications de l'INEAC, Série scientifique 87 : 159 pages.

GERMAIN, R. & C. EVRARD. 1956.

Etude écologique et phytosociologique de la forêt à *Brachystegia laurentii*.

Publications de l'INEAC, Série scientifique 65 : 105 pages.

GOLAMA, S. & J.J. SYMOENS. 1990.

Caractéristiques physiques et chimiques de quelques cours d'eau de Kisangani (Zaïre).

Bulletin des séances de l'Académie royale des sciences d'Outre-Mer 35 (1989-2) : 145-157.

GUILLAUMET, J.L. 1967.

Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally (Côte d'Ivoire).

Paris, ORSTOM : 247 pages + planches.

HALL, J.B. & J.C. BOWLING. 1969.

Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux.

Paris, Masson & Cie, Collection de monographie botanique et de biologie végétale, monographie 6 : 178 pages.

HARLEY, W.J. 1956.

Plants of the tree-trunks in Liberia.

American Fern journal 46 (2): 65-69.

HAZEN, J.A. 1918.

On the osmotic concentration of the tissue fluids of phanerogamic epiphytes.

American journal of Botany 5: 490-506.

HAZEN, W.E. 1966.

Aalysis of spatial pattern in epiphytes.

Ecology 47 (4): 634-635

HEDBERG, O. 1995.

Features of Afroalpine plant ecoloogy.

Acta Phytogeographica Suecica 49 : 144 pages

HEW, C.S. & Y.S. WONG. 1974.

Photosynthesis and respiration of ferms in relation to their habitat.

American fern journal 64 (2): 40-48.

HLADIK, A. & P. BLANC. 1987.

Croissance des plantes en sous-bois de forêt dense humide (Makokou).

Revue Ecologie (Terre & vie) 4 : 209-234.

HOLBROOK, N.M. 1991a.

Living in the canopy: vascular epiphytes. Recension du livre de BENZING, D.H. 1990.

Trends in Ecology & Evolution 6 (3): 103-104.

HOLBROOK, N.M. 1991b.

Small plants in high places: conservation and biology of epiphytes.

Trends in Ecology & Evolution 6 (10): 314-315.

HOLBROOK, N.M. & F.E. PUTZ. 1995.

Physiology of the tropical vines and hemiepiphytes: plants that climb up and plants that climb down.

In S. MULKEY & K. WINTER (Eds.) Tropical ecophysiology Chapman and Hall, New York: 363-394.

HUXLEY, C. 1980.

Symbiosis between ants epiphytes.

Biological Review 53 (3): 321-340.

INGRAM, S.W. 1989.

The abundance, vegetative composition and distribution of epiphytes in a Costa Rican lower montane rain forest.

M.A. thesis, university of California, Santa Barbara, California: 86 pages.

INGRAM, S.W. & N.M. NADKARNI. 1993.

Composition and distribution of epiphytic organic mater in a Neotropical cloud forest, Costa rica.

Biotropica 25 (4): 370-383.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE. 1990.

Bulletin des statistiques générales. 2ième trimestre 1990.

Rapport inédit : 30 pages.

JANZEN, D.H. 1974.

Epiphytic myrmecophytes in Sarawak: mutualism through the feeding of plants by ants. Biotropica 6 (4): 237-259.

JOHANSSON, D. 1974.

Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest.

Acta Phytogeographica Suecica 59: 1-129.

JOHANSSON, D.R. 1975.

Ecology of epiphytic orchids in West African rain forests.

American orchid Society bulletin 44: 125-136.

JOHANSSON, D.R. 1977.

Epiphytic orchids as parasites of their host trees.

Aùerican Orchid Society Bulletin 46: 703-707.

JOHANSSON, D.R. 1978.

A method to register the distribution of epiphytes on the host tree.

American Orchid Society Bulletin 47 (10): 901-904.

JOHNSSON, A. & B. AWAN. 1972.

The distribution of epiphytes on *Fagraea fragrans* and *Swietenia macrophylla*.

Malayan Forester 35 (1): 5-12.

KAMABU, V. 1987.

Aperçu sur la biomasse de quelques groupements post-culturaux dans la Sous-Région de Kisangani. Annales de la Faculté des Sciences, Kisangani 4 : 33-43.

KATAOMBA, K. 2001.

Etude des relations entre les épiphytes et leurs hôtes dans les groupements forestiers sur sols hydromorphes des environs de Kisangani (R.D. Congo)

Mémoire de licence, Fac. des Sciences, Université de Kisangani, 54 pages + annexes

KELLY, D.L. 1985.

Epiphytes and climbers of a Jamaican rain forest: vertical distribution, life-forms and life histories.

Journal of Biogeography 12: 223-241.

KRESS, W.J. 1986.

The systematic distribution of vascular epiphytes: an update.

Selbyana 9: 2-22.

LANCE, C.J. & C.L. GUY. 1992.

Change in pigment levels, rubisco and respiratory enzyme activity of *Ficus benjamina* during acclimation to low irradiance.

Physiologia plantarum 86: 630-638.

LEBLANC, M. & F. MALAISSE. 1978.

Lubumbashi, un écosystème urbain tropical.

Centre international de sémiologie, UNAZA. Lubumbashi : 166 pages.

LEBRUN, J. 1937.

Observation sur les épiphytes de la forêt équatoriale congolaise.

Annales de la Société de sciences de Bruxelles.

Sciences Naturelles et médecines ; Série 2, 25 : 31-38.

LEJOLY, J. & M. NYAKABWA. 1981.

L'association rudérale à *Paspalum conjugatum* et *Axonopus compressus* à Kisangani (Haut-Zaïre).

Bulletin de la Société Royale Botanique de Belgique 114 (2) : 229-237.

LEONARD, J. 1947.

Contribution à l'étude des formations ripicoles arbustives et arborescentes de la région d'Eala.

Compte rendu de la Semaine Agricole de Yangambi.

Publication de l'INEAC hors série 1 : 863-877.

LISOWSKI, S. 1991.

Les *Asteraceae* dans la flore d'Afrique centrale (excl. *Cichoreae*, *Inuleae* et *Vernonieae*).

Fragmentia Floristica et geobotanica ann. XXXVI. PARS 1 supplementum 1.

LOKOMBE, D. 1996.

Etude dendrométrique de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la collectivité des Bamanga.

Mémoire de DES IFA Yangambi, Kisangani, Kisangani : 124 pages.

LONGINO, J.T. 1986.

Ants provide substrate for epiphytes.

Selbyana 9: 100-103.

LOUIS, J. & J. FOUARGE. 1947.

Entandrophragma palustre.

Publications de l'INEAC. Essences forestières et bois du Congo. Fascicule 4 : 75 pages.

LOUIS, J. & J. FOUARGE. 1949.

Macrolobium dewevrei.

Publications de l'INEAC. Essences forestières et bois du Congo. Fascicule 6 : 44 pages + planches.

LOWMAN, M.D. & M. MOFFET. 1993.

The ecology of tropical rain canopies.

Trends in Ecology & Evolution 8 (3): 104-107.

LUBINI, A. 1982.

Végétation messicole et post culturale des Sous-Régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre).

Thèse de doctorat Université de Kisangani : 489 pages

LUGO, A.E. & F.N. SCATENA. 1992.

Epiphytes and climate change research in the caribbean: a proposal.

Selbyana 13: 123-130.

MADISON, M. 1977.

Vascular epiphytes: their systematic occurrence and saillant features.

Selbyana 2 (1): 1-13.

MANGENOT, G. 1973.

Données élémentaires dur l'angiospermie.

Annales de l'Université d'Abidjan Série EVI. Fascicule 1 : 233 pages.

MARCHE-MARCHAD, J. 1965.

Le monde végétal en Afrique intertropical.

Paris, Edition de l'Ecole : 477 pages.

MASSART, J. 1898.

Les végétaux épiphylles.

Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg. Supplément 2 : 103-108.

MAZLIAK, P. 1981.

Physiologie végétale. Nutrition et métabolisme.

Paris Hermann, collection Methodes : 650 pages.

MBALE, K.N. 1984.

Etude taxonomique des Ficus (Moraceae) de la ville de Kisangani.

Mémoire de Licence Faculté des Sciences UNIKIS : 82 pages + annexes.

Mc KEY, D., L. GAUME & A. DALECKY. 1999.

Les symbioses entre plantes et fourmis arboricoles.

Année biologique 38 : 169-194.

MEES. G. 1960.

La végétation épiphytique de la vallée de la Semois en relation avec la végétation forestière.

Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique 92 : 77-96.

MICHALOUD, G. et S. MICHALOUD-PELLETIER, 1987.

Ficus hémi-épiphytes (*Moraceae*) et arbres supports.

Biotropica 19 (2) : 125-136.

MIGENIS, L.E. & D. ACKERMAN. 1993.

Orchid-phorophyte relationships in a forest watershed in Puerto Rico.

Journal of Tropical Ecology 9: 231-240.

MOMMAERTS-BILLIET. 1968.

Note sur l'écologie des cryptogames épiphytes de quelques chênaies de Haute Balgique. Bulletin de la société Royale de Belgique 101 : 221-235.

MORRIS, B. 1970.

The epiphytic orchids of Malawi.

The Society of Malawi : 136 pages.

MOSANGO, M. 1990.

Contribution à l'étude botanique et biochimique de l'écosystème forêt en région équatoriale (Ile Kongolo, Zaïre).

Thèse de doctorat inédite Université Libre de Bruxelles : 446 pages.

MULLENDERS, W. 1954.

La végétation de Kaniama.

Publications de l'INEAC Série scientifique 61 : 499 pages.

NADKARNI, N.M. 1984.

Epiphyte biomasse and nutrient capital of neotropical Elfin forest.

Biotropica 16 (4): 249-256.

NADKARNI, N.M. 1986.

The nutritional effects of epiphytes on host trees with special reference to alteration of precipitation chemistry.

Selbyana 9: 44-51.

NADKARNI, N.M. & T.J. MATELSON. 1991.

Fine litter dynamics within the trees camopy of a tropical cmoud forest.

Ecology 72 (6): 2071-2082.

NADKARNI, N.M. & T.J. MATELSON. 1992.

Biomasse and nutirnt dynamics of epiphytic litterafall in a neotropical montane forest, Costa Rica.

Biotropica 24 (1): 24-30.

NAYLOR, E.E. 1945.

Air plants and their problems of survival: how specialized roots and leaves help them live above the ground.

Journal of the New York Botanical garden 46 (543): 55-65.

NGUB'USIM, M.N. & F. STREIFFELER. 1986.

La question paysanne en milieu urbain au Zaïre : cas des expériences de CEVADE dans la ville de Kisangani.

Zaïre-Afrique 207 : 297-312.

NYAKABWA, M. 1982.

Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani.

Thèse de doctorat inédit Université de Kiangani.

Tome 1 : 418 pages

NYAKABWA, M. 2003.

Contribution à l'étude des groupements végétaux de Kisangani (R.D. Congo) : IX. Végétation vasculaire dépendante épiphyte.

Annales Fac. Sc. UNIKIS 12 : 134-143.

NYCHKA, D. & N.M. NADKARNI. 1990.

Spatial analysis of points on tree structures : yhe distribution of epiphytes on tropical trees.

North Carolina State university Raleigh, North Carolina: 20 pages + annexes.

OBATON, M. 1960.

Les lianes ligneuses à structure anormale des forêts d'Afrique occidentale.

Annales des Sciences Naturelles Botanique Série 12 : 220 pages.

OLDEMAN, R.A.A. 1972.

L'architecture de la végétation ripicole forestière des fleuves et des criques guyanais.

Adansonia Série 2 12 (2) : 253-265.

OLIVER, W.R.B. 1930.

New Zealand epiphytes.

Journal of Ecology 18: 1-50.

OZENDA, P. 1986.

La cartographie écologique et ses applications.

Paris Masson : 160 pages.

PARKER, G.G. 1983.

Structure and microclimate of forest canopies.

In M.D. LOWMAN & N.L. NADKARNI 'Eds.), Forest canopies. Academic press: 73-106.

PAULIAN, R. 1951.

Caractères des sols suspendus des forêts tropicales.

Année biologique 27 : 119-120.

PELT, J.M. 1981.

Les plantes : amour et civilisation végétales.

Paris, Fayard : 322 pages.

PERRY, D.R. 1984.

The canopy of the tropical rain forest.

Scientific American 251: 138-147.

PESSIN, L.J. 1925.

An ecological study of the polypody ferm *Polypodium polypodioides* as an epiphyts in Mississipi.

Ecology 6 (1): 17-38.

PICHI SERMOLLI, R.E.G. 1983.

A contribution to the knowledge of the Pteridophyta of Rwanda, Burundi abd Kivu (Zaïre).

Bulletin du Jardin Botanique de Belgique 53: 117-284.

POCS, T. 1976.

The role of the epiphytic vegetation in the water balance and humus production of the rain forest of the Uluguru mountains, East Africa.

Boissiera 24: 499-503.

POCS, T. 1980.

The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in Uluguru mountains (Tanzania, East Africa)

Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae 26 (1-2) : 143-167.

PROSPERI, J. 1990.

Les épiphytes dans les ensembles forestiers.

In : F. HALLE & P. BLANC ,Eds.), Biologie d'une canopée de forêt équatoriale. Rapport de mission de radeau des Cimes.

Octobre-Novembre 1989 Guyane française : 93-103.

PUTZ, F.E. & N.M. HOLBROOK. 1986.

Notes on the natural history hemiepiphytes.

Selbyana 9: 61-69.

REITSMA, J.M. 1988.

Végétation forestière du Gabon.

The tropenbos Fondation Ede. Th Netherlands : 142 pages.

RICHARDS, P.W. 1976.

The tropical rain-forest.

Cambridge University press, Cambridge, 2ième édition: 450 pages.

RUINEN, J. 1953.

Epiphytosis: a second view on epiphytism.

Annales bogoriensis 1: 101-158 planches – 169.

SANFORD, W.W. 1968.

Distribution of epiphytic orchids in semi-deciduous tropical forest in southern Nigeria.

Journal of Ecology 56: 697-705.

SANFORD, W.W. 1969.

The distibution of epiphytic orchids in Nigeria in relation to each other and to geographic location and climate, type of vegetation and tree species.

Biological journal of Linnaeus Society 1: 247-285.

SCHNELL, R. 1952.

Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba

Dakar IFAN volume 12 : 598 pages.

SCHNELL, R. 1970.

Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux.

Volume 1 : Les flores-les structures.

Paris Gauthier-Villars : 290-315.

SCHNELL, R. 1987.

La flore et la végétation de l'Amérique tropicale.

Paris Masson Tome 1 : 480 pages.

SCHNOCK, G. 1972.

Evapotranspiration de la végétation épiphytique de la base des troncs de chêne et d'érables champêtre.

Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique 105 : 143-150.

SHARP, A.J. 1957.

Vascular epiphytes in the great smoky mountains.

Ecology 38: 635-654.

SINCLAIR, R. 1983 a et b.

Water relations of tropical epiphytes.

I. Relationships betwen stomatal resistance, relative content and the components of water potential.

Journal of Experimental Botany 34 (149): 1652-1663.

II. Performance during droughting.

Journal of experminental Botany 34 (149): 1664-1675.

SINCLAIR, R. 1984.

Water relation of tropical epiphytes III. Evidence for crassulacean acid metabolism.

Journal of experimental Botany 35 (150): 1-7.

SLUYS, M. 1947.

Résumé de quelques travaux géologiques se rapportant au Congo oriental exécutés de 1940 à 1946.

Annales de la Société Géologique de Belgique LXX P.B. : 187-209.

SONKE, B., L. ZAPFACK & C. FOLEFACK. 2001.

Distribution des épiphytes sur les haies vives dans la région de Bafou (Cameroun).

Comptes Rendus de la XVI^{ième} réunion pléinière de l'AETFAT (sous-presse).

STERNBERG, L. DA S.L.I.P. TING, D. PRICE & J. HANN. 1987.

Photosynthesis in epiphytic and rooted *Clusia rosea* Jacq. Oecologia (Berlin) 72: 457-460.

STREIFFLER, F.,M. MBAYA, N. ODIA, K. KASOLWA, K. RWISHEMA & K. MBOYO.1986.

Zaïre: village, ville et campagne.

Paris, L'Harmattan : 178 pages.

SUGDEN, A.M. 1981.

Aspects of the ecology of vascular epiphytes in two Colombian cloud forests.

II. Habitant preferences of *Bromeliaceae* in the Serrania de Macuira.

Selbyana 5 (3-4): 264-273.

SUGDEN, A.M. & R.J. ROBINS. 1979.

Aspects of the ecology of vascular epiphytes in Colombian cloud forests.

I. The sistribution of the epiphytic flora.

Biotropica 11 (3): 173-188.

STRONG, D.R. 1977.

Epiphyte loads, tree falls, and perennial forest description: a mechanism for maintainning higher tree species richness in the trepics without animals.

Journal of Biogeography 4: 215-218.

TER STEEGE, H. & J.H.C. CORNELISSEN. 1989.

Distribution and ecology of the vascular epiphytes in lowland rain forest of Guyana.

Biotropica 21 (4): 331-339.

THOROLD, C.A. 1952.

The epiphytes of *Theobroma cacao* in Nigeria in relation to the incidence of Black pod diseases (*Phytophtora palmivora*).

Journal of Ecology 40: 125-142.

TING, I.P., E.M. LORD, L. DAS. L. STERNBERG & M.J. DENIRO. 1985.

Crassulacean Acid Metabolism in the strangler *Clusia rosea* Jacq.

Science 229: 969-971.

TING, I.P., J. HANN, N.M. HOLBROOK, F.E. PUTZ, L. DAS; L. STERNBERG, D. PCE & G. GOLDSTEIN. 1987.

Phytosynthesis in hemoepiphytic species of *Clusia* and *Ficus*.

Oecologia (Berlin) 74: 339-346.

TIXIER, P. 1966.

Flore et végétation orophiles de l'Asie tropicale. Les épiphytes du flanc méridional du massif sud-Annamitique.

Paris SEDES : 240 pages.

TODZIA, C. 1986.

Growth habits, host tree species, and density of hemiepiphytes on Barro Colorado Island, Panama. Biotropica 18 (1): 22-27.

TROCHAIN, J.L. 1980.

Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique.

Toulouse Université Paul Sabatier : 468 pages.

VALVIDIA, P.E. 1977.

Estudio botanico y ecologico de la region del Rio Uxpanapa,

Veracruz. N°4 : Las epifitas. Biotropica (Mexique) 2: 55-81.

VANDERYST, H. 1922.

Contribution à l'étude du palmier à huile du Congo belge. Les plantes nuisibles à l'*Elaeis*.

Bulletin Agricole du Congo belge 12 : 661-672.

VAN LEERDAM, A., R.J. ZAGT & E.J. VENEKLAAS. 1990.

The distribution of epiphyte growth-forms in the canopy of a Colombian cloud-forest.

Vegetation 87: 59-71.

VAN OYE, P. 1924.

Ecologie des épiphytes des troncs d'arbres au Congo belge.

Revue Générale de Botanique 36 : 481-498.

VAN WAMBEKE, A. 1958.

Notice explicative des la carte des sols. 12 : Région de Bengamisa A et C.

Carte des sols et de la végétation du congo-belge et du Rwanda-Urundi.

Publication de l'INEAC.

VERBEEK, T. 1970.

Géologie et lithologie du Lindien.

Musée Royal de l'Afrique centrale, Tervuren Collection in 8 N°66 : 306 pages.

WASTON, J.B., W.J. KRESS & C.S. ROESEL. 1987.

A bibliography of biological literature on vascular epiphytes.

Selbyana 10: 1-23.

WILLIAMS-LINERA, G & R.O. LAWTON. 1995.

The ecology of hemiepiphytes in the forest canopies.

In: M.D. LOWMAN & N.M. NADKARNI (Eds.), Forest Canopies.

Academic press, orlando, Florida: 255-283.

WINTER, K., B.J. WALLACE, G.C. STOCKER & Z. ROCKSANDIC. 1983.

Crassulacean acid metabolism in Australian vascular epiphytes and some selated species.

Oecologia (Berlin) 57: 129-141.

WOLF, J.H.D. 1993.

Ecology of epiphytes and epiphyte communities in montane rain forests, Columbia.

Thèse de doctorat Université d'Amsterdam: 237 pages.

WONG, S.C. & C.S. HEW. 1976.

Diffusive resistance, titratable acidity, and CO_2 fixation in two tropical epiphytic ferns.

American fern journal 66 (4): 121-124.

YEATON, R.I. & D.E. HEW. 1976.

The pattern of colonisation of epiphytes on calabash trees (*Crescentia alata* HBK) in Guanacaste Province, Costa Rica.

Biotropica 14 (2): 137-140.

ZIMMERMAN, J.K. & I.C. OLMSTED. 1992.

Host tree utilization by vascular epiphytes in a seasonally inundated forest (Tintal) in Mexico.

Biotropica 24 (3): 402-407.

ANNEXE$

Annexe 1 : Données moyennes des éléments climatiques de Kisangani (1976-1996)

Eléments climatiques	Mois												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Température Moyennes (°c)	24.66	25.23	25.31	25.09	24.71	24.37	23.82	23.61	24.01	24.3	24.33	23.5	24.49
Ecart-type	0.707	0.566	0.533	0.431	0.421	0.386	0.699	0.468	0.455	0.47	0.338	0.41	0.319
Variance	0.50	0.32	0.28	0.19	0.18	0.15	0.49	0.22	0.21	0.22	0.11	0.17	0.10
Maximales	28.99	31.02	30.91	30.17	31.06	30.11	29.44	29.6	30.31	29.4	29.29	28.4	30.75
Ecart-type	0.718	0.924	1 005	0.684	0.528	1 981	0.976	0.608	0.728	0.6	0.583	0.76	0.483
Variance	0.515	0.854	1 011	0.467	0.279	3 924	0.953	0.369	0.53	0.36	0.34	0.57	0.233
Maximales	19.05	19.83	19.7	19.98	20.51	20.21	19.95	19.84	19.9	19.4	19.42	18.5	20.18
Ecart-type	1 208	2 237	0.672	0.579	0.598	0.494	1 195	0.913	0.553	0.57	0.53	0.6	0.587
Variance	1 459	5 002	0.451	0.336	0.358	0.244	1 428	0.833	0.306	0.32	0.281	0.36	0.344
Précipitation (mm)	65.6	104.5	159	171.8	182.9	132	101.4	135.1	199.7	234.6	214.99	115.89	1816.4
Ecart-type	44.1	47.95	95.2	66.26	67.4	76.1	41.3	61.65	67 227	82.78	75 705	59.8	298.98
Variance	1944	2299	9064	4390	4543	5795	1706	3801	4519.5	6852	5731.3	3576	89330
Nombre de jours de pluie	5.26	6.74	10.63	13.63	11.52	9	8.78	10.78	13.04	14.89	13.74	7.78	117.1
Ecart-type	2 521	2 623	2 932	2 723	3 779	2 911	2 006	3 965	2 902	3 796	3 078	3.11	37.05
Variance	6 353	6.88	6 598	7 415	14.28	8 475	4 026	15.72	8 422	14.41	9 473	9 674	1373
Humidité relative (%)	82.2	79.7	82.2	83	84.2	85.3	86.5	86.7	84.8	84.5	85.1	84.2	83.98
Ecart-type	2.72	3.41	2.72	1.89	1.69	2.06	2.36	2.98	1.72	1.82	2.03	1.85	1 337
Vaviance	7.38	11.7	7.42	3.56	2.86	4.24	5.58	8.88	2.96	3.3	4.11	3.44	1 788
Indices de De Martonne	22.71	35.59	54.04	58.75	62.87	46.09	35.98	48.24	70.2	82.08	75.15	41.51	52.66
Proposés (1)	0.41	0.65	0.99	1.08	1.14	0.83	0.63	0.84	1.25	1.47	1.35	0.73	1.00
Proposés (2)	-0,22	-0,01	0.36	0.45	0.51	0.20	0.00	0.21	1.98	0.84	0.72	0.10	0.34

(1) : Précipitations mensuelles divisées par 159.73 (moyennede l'année)

(2) : Les valeurs de (1) moins diviséespar 0.63 pour déterminer les mois véritablement secs, (2) y étant négative

Annexe 2 :

Evolution de la population de Kisangani, 1979 à 1998

		Commune						
		Kabondo	Kisangani	Lubunga	Makiso	Mangobo	Tshopo	Ensemble
Année	Superficie (Km²)	449	276	852	25	18	489	2109
1979	Nb	62630	56557	55646	53054	27091	26651	281629
	De	139,49	204,92	65,31	2122,16	1505,06	54,50	133,54
1980	Nb	73971	28191	64124	29186	60000	59128	314600
	De	164,75	102,14	75,26	1167,44	3333,33	120,92	149,17
	TC	0,18	-0,50	0,15	-0,45	1,21	1,22	0,12
1981	Nb	76010	27855	67258	28544	66189	66157	332013
	De	169,29	100,92	78,94	1141,76	3677,17	135,29	157,43
	TC	460,38	271,71	892,64	23,45	18,86	546,13	2224,73
1982	Nb	74942	27410	70416	32278	66046	69097	340189
	De	166,91	99,31	82,65	1291,12	3669,22	141,30	161,30
	TC	441,69	270,59	891,00	27,27	16,96	509,73	2159,94
1983	Nb	86881	25899	72191	35953	64423	68796	354142
	De	193,50	93,84	84,73	1438,08	3579,06	140,69	167,92
	TC	519,53	259,79	872,48	26,85	16,56	485,87	2194,50
1984	Nb	58661	22373	75489	34925	67866	68854	328168
	De	130,65	81,06	88,60	1397,00	3770,33	140,81	155,60
	TC	302,16	237,42	889,92	23,29	17,96	488,41	1953,32
1985	Nb	53872	26513	75242	35131	69787	70900	331445
	De	119,98	96,06	88,31	1405,24	3877,06	144,99	157,16
	TC	411,34	326,07	848,21	24,15	17,51	502,53	2129,06
1986	Nb	62935	28474	79716	32925	89219	72485	365754
	De	140,17	103,17	93,56	1317,00	4956,61	148,23	173,43
	TC	523,54	295,41	901,66	22,43	22,01	498,93	2326,31
1987	Nb	63199	30294	75193	32801	91160	77936	370583
	De	140,76	109,76	88,25	1312,04	5064,44	159,38	175,72
	TC	449,88	292,64	802,66	23,91	17,39	524,77	2135,84
1988	Nb	67737	31394	76283	34196	91160	76433	377203
	De	150,86	113,75	89,53	1367,84	5064,44	156,30	178,85
	TC	480,24	285,02	863,35	25,06	17,00	478,57	2145,67
1989	Nb	68223	32999	80619	35183	93552	77068	387644
	De	151,94	119,56	94,62	1407,32	5197,33	157,60	183,80
	TC	451,22	289,11	899,43	24,72	17,47	492,06	2166,38
1990	Nb	72090	34093	83118	35954	108148	79776	413179
	De	160,56	123,53	97,56	1438,16	6008,22	163,14	195,91
	TC	473,45	284,15	877,41	24,55	19,81	505,18	2246,92
1991	Nb	72548	34745	85497	35521	122394	92931	443636
	De	161,58	125,89	100,35	1420,84	6799,67	190,04	210,35
	TC	450,85	280,28	875,39	23,70	19,37	568,64	2263,46
1992	Nb	72029	34745	85497	35402	108057	93486	429216
	De	160,42	125,89	100,35	1416,08	6003,17	191,18	203,52
	TC	444,79	275,00	851,00	23,92	14,89	490,92	2039,45
1993	Nb	72943	34932	91813	50561	164403	88098	502750
	De	162,46	126,57	107,76	2022,44	9133,50	180,16	238,38
	TC	453,70	276,49	913,94	34,70	26,39	459,82	2469,32
1994	Nb	74246	34993	92951	48626	164380	89953	505149
	De	165,36	126,79	109,10	1945,04	9132,22	183,95	239,52
	TC	456,02	275,48	861,56	23,04	17,00	498,30	2118,06
1995	Nb	79735	34912	95247	44828	164727	89489	508938
	De	177,58	126,49	111,79	1793,12	9151,50	183,00	241,32
	TC	481,19	274,36	872,05	22,05	17,04	485,48	2123,82
1996	Nb	81658	37859	99577	14688	169265	90844	493891
	De	181,87	137,17	116,87	587,52	9403,61	185,78	234,18
	TC	458,83	298,30	889,73	7,19	17,50	495,40	2045,65

Suite Annexe 2

		Commune						
		Kabondo	Kisangani	Lubunga	Makiso	Mangobo	Tshopo	Ensemble
Année	Superficie (Km²)	449	276	852	25	18	489	2109
1997	Nb	81015	37289	98155	48691	170448	88696	524294
	De	180,43	135,11	115,21	1947,64	9469,33	181,38	248,60
	TC	444,46	270,84	838,83	81,88	17,1	476,44	2237,83
1998	Nb	86285	43432	100987	50692	172507	93928	547831
	De	192,17	157,36	118,53	2027,68	9583,72	192,08	259,76
	TC	477,21	320,47	875,58	25,03	17,22	516,85	2202,68
Moyenne	Nb	72080,50	33247,95	81250,95	37456,90	106541,10	77035,30	407612,70
	De	160,54	120,46	95,36	1498,28	5918,95	157,54	193,27
	TC	430,56	267,51	827,21	25,62	17,36	475,01	2062,27
Ecart-type	Nb	8828,89	7397,90	12508,22	9377,65	45891,20	15930,96	81288,87
	De	19,66	26,80	14,68	375,11	2549,51	32,58	38,54
	TC	113,60	67,86	201,93	15,50	4,62	117,41	511,73

Source : Mairie de la Ville de Kisangani

Légende :

Nb : Nombre
De : Densité
Tc : Taux de croissance

ANNEXE 3 :

Données sur la répartition des angles

Communes	< 40	40-60	61-80	> 80	Total
Makiso					
Porteurs	331	563	194	134	1222
%	27.09	46.07	15.88	10.97	100.01
Non porteurs	221	1043	159	236	1659
%	13.32	62.87	9.58	14.23	100.00
Mangobo					
Porteurs	58	157	26	21	262
%	22.14	59.92	9.92	8.02	100
Non porteurs	113	184	72	90	459
%	24.62	40.09	15.69	19.61	100.01
Kabondo					
Porteurs	23	86	39	38	18.6
%	12.37	46.24	20.97	20.43	100.01
Non porteurs	150	209	218	290	867
%	17.30	24.11	25.14	33.45	100.00
Kisangani					
Porteurs	16	20	28	14	78
%	20.51	25.64	35.90	17.95	100.00
Non porteurs	188	103	119	165	575
%	32.70	17.91	20.70	28.70	100.01
Tshopo					
Porteurs	66	79	60	16	221
%	29.86	35.75	27.15	7.24	100.00
Non porteurs	112	78	115	89	394
%	28.43	19.80	29.19	22.59	100.01
Lubunga					
Porteurs	67	127	12	26	232
%	28.88	54.74	5.17	11.21	100.00
non porteurs	116	154	35	105	410
%	28.29	37.56	8.54	25.61	100.00
Ensemble	< 40	40-60	61-80	> 80	Total
Porteurs	561	1032	359	249	2201
%	25.49	46.89	16.31	11.31	100.00
Non porteurs	900	1771	718	975	4364
	20.62	40.61	16.52	22.20	99.99

Annexe 4 : Données de base sur les classes de circonférence (Figure 6.2)

Espèces	Classes de circonférence				
	30 – 90	91 – 150	151 – 210	> 210	Total
Tectona grandis					
Porteurs N	7	103	44	9	163
%	4. 29	63. 19	26. 99	5. 52	99. 99
Non porteurs N	6	1	0	0	7
%	85. 71	14. 29	0. 00	0. 00	100. 00
Hydnocarpus anthelmintica					
Porteurs N	5	25	4	0	34
%	14. 71	73. 53	11. 76	0. 00	100. 00
Non porteurs N	0	1	0	0	1
%	0. 00	100. 00	0. 00	0. 00	100. 00
Callistemon speciosus					
Porteurs N	0	4	8	0	12
%	0. 00	33. 33	66. 67	0. 00	100. 00
Non porteurs N					
%					
Millettia versicolor					
Porteurs N	24	37	5	7	73
%	32. 88	50. 68	6. 85	9. 59	100. 00
Non porteurs N	2	3	0	0	5
%	40. 00	60. 00	0. 00	0. 00	100. 00
Persea americana					
Porteurs N	6	23	9	4	42
%	14. 29	54. 76	21. 43	9. 52	100. 00
Non porteurs N	272	121	30	12	435
%	62. 53	27. 82	6. 90	2. 76	100. 01
Spondias cytherea					
Porteurs N	3	4	10	4	21
%	14. 29	19. 05	47. 62	19. 05	100. 01
Non porteurs N	41	92	78	28	239
%	17. 15	38. 49	32. 64	11. 72	100. 00
Spondias mombin					
Porteurs N	0	1	3	7	11
%	0. 00	90. 09	27. 27	63. 36	99. 9
Non porteurs N	1	1	7	0	9
%	11. 11	11. 11	77. 78	0. 00	100. 00
Syzygium cuminii					
Porteurs N	1	19	10	4	34
%	2. 94	55. 88	29. 41	11. 76	99. 99
Non porteurs N	186	183	39	10	418
%	44. 50	43. 78	9. 33	2. 39	100. 00
Syzygium guineense					
Porteurs N	0	2	3	4	9
%	0. 00	22. 22	33. 33	44. 44	99. 99
Non porteurs N	7	9	5	2	23
%	30. 43	39. 13	21. 74	8. 70	100. 00
Syzygium jambos					
Porteurs N	0	0	0	1	1
%	0. 00	0. 00	0. 00	100. 00	100. 00
Non porteurs N	5	4	2	2	13
%	38. 46	30. 77	15. 38	15. 38	100. 00
Peltophorum pterocarpum					
Porteurs N	0	5	24	51	80
%	0. 00	6. 25	30. 00	63. 75	100. 00
Non porteurs N	1	5	29	68	103
%	0. 97	4. 85	28. 16	66. 02	100. 00

Suite Annexe 4

Espèces	Classes de circonférence				
	30 – 90	91 – 150	151 – 210	> 210	Total
Artocarpus incisa					
Porteurs N	1	3	4	2	10
%	10.00	30.00	40.00	20.00	100.00
Non porteurs N	41	23	10	3	77
%	53.25	29.87	12.99	3.90	100.01
Dacryodes edulis					
Porteurs N	3	6	6	3	18
%	16.67	33.33	33.33	16.67	100.00
Non porteurs N	16	16	2	0	34
%	47.06	47.06	2.88	0.00	100.00
Ficus vallis – choudae					
Porteurs N	0	3	1	5	9
%		33.33	11.11	55.56	100.00
Non porteurs N	28	18	6	1	53
%	52.83	33.96	11.32	1.89	100.00
Newbouldia laevis					
Porteurs N	5	4	0	0	9
%	55.56	44.44	0.00	0.00	100.00
Non porteurs N	116	44	6	0	166
%	69.88	26.51	3.61	0.00	100.00
Hura crepitans					
Porteurs N	0	2	4	16	22
%	0.00	9.09	18.18	72.73	100.00
Non porteurs N	17	12	10	9	48
%	35.42	25.00	20.83	18.75	100.00
Cassia siamea					
Porteurs N	4	35	45	38	122
%	3.28	28.69	36.88	31.15	100.00
Non porteurs N	87	91	41	8	227
%	38.33	40.09	18.06	3.52	100.00
Adenanthera pavonina					
Porteurs N	0	6	3	1	10
%	0.00	60.00	30.00	10.00	100.00
Non porteurs N	8	4	1	0	13
%	61.54	30.77	7.69	0.00	100.00
Citrus limon					
Porteurs N	3	0	0	0	3
%	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Non porteurs N	108	12	1	1	121
%	89.26	9.92	0.83	0.83	100.01
Terminalia catappa					
Porteurs N	3	4	12	6	25
%	12.00	16.00	48.00	24.00	100.00
Non porteurs N	109	65	12	3	189
%	57.26	34.39	6.35	1.59	100.00
Terminalia superba					
Porteurs N	0	0	2	10	12
%	0.00	0.00	16.67	83.33	100.00
Non porteurs N	1	0	4	36	41
%	2.44	00.00	9.76	87.80	100.00
Psidium guajava					
Porteurs N	7	0	0	0	7
%	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Non porteurs N	201	39	4	4	248
%	81.05	15.73	1.61	1.61	100.00

Suite Annexe 4

Plumeria acuminata					
Porteurs N	0	1	1	0	2
%	0. 00	50. 00	50. 00	0. 00	100. 00
Non porteurs N	4	3	1	0	8
%	50. 00	37. 50	12. 50	0. 00	100. 00
Plumeria rubra					
Porteurs N	0	1	0	0	1
%	0. 00	100. 00	0. 00	0. 00	100. 00
Non porteurs N	6	4	0	1	11
%	54. 55	36. 36	0. 00	9. 09	100. 00

ANNEXE 5 :

Caractéristiques des épiphytes vasculaires étudiés : moyennes et écart-type ( )

Espèces	N	Organes	PF (g)	% PF	Eau (g)	% Eau	Rapport: % PF/% Eau (1)	% partie fixatrice	Effort reproducteur		Taux d'hydratation (%) (2)	(1) x (2) %	Rapport PA/PF
									a	b			
Rhipsalis baccifera	10	Racines	48.24	8.55	26.67	5.95	1.42	8.55	4.32	4.04	56.79	0.79	1.48
			(20.49)	(3.43)	(10.79)	(1.90)	(0.19)	(3.43)	(3.61)	(3.28)	(12.32)	(0.03)	(0.48)
		Fruits	15.74	3.63	12.55	3.76	1.02				81.12	0.79	
			(11.20)	(2.89)	(9.92)	(3.35)	(0.32)				(13.68)	(0.04)	
		Tiges	599.72	87.82	488.51	90.28	0.17				81.02	0.79	
			(390.88)	(5.66)	(319.64)	(4.80)	(0.02				(3.09)	(0.03)	(12.10)
		Total	663.70	100.00	527.73	100							(4.12)
			(409.56)	(0.00)	(329.57)								
*Phymatosurus scolopendria**	5	Fr. "fertiles	141.47	17.73	100.19	17.60	1.02		23.61	18.68	70.90	0.72	0.10
			(60.23)	(5.50)	(42.18)	(5.89)	(0.04)	59.19	(8.82)	(6.10)	(1.48)	(0.03)	(0.01)
		Fr."stériles"	177.32	22.46	122.93	22.87	0.99	(9.81)			72.91	0.72	
			(63.19)	(5.67)	(45.12)	(6.42)	(0.05)				(8.60)	(0.04)	0.71
		Rhizomes	411.59	54.50	315.93	57.86	0.94				76.48	0.72	(0.24)
			(74.09)	(9.76)	(64.93)	(10.77)	(0.03)				(4.32)	(0.03)	
		Rhizoïdes	35.00	4.69	7.08	1.35	3.47				21.02	0.72	
			(13.56)	(1.88)	(2.20)	(0.56)	(0.36)				(2.86)	(0.03)	
		Nécromasse	7.24	0.78	2.73	0.41	2.40				32.63	0.72	
			(8.65)	(0.83)	(1.71)	(0.31)	(0.78)				(11.80)	(0.06)	
		Total	771.16	100.00	554.31	100.00							
			(172.86)		(119.67)								
*Microgramma lycopoides**	4	Fr."fertiles"	41.09	8.86	30.41	8.95	1.00		10.65	9.61	74.17	0.74	
			(13.36)	(0.58)	(9.71)	(1.06)	(0.03)	37.54	(1.30)	(1.97)	(1.57)	0.05)	0.02
		Fr.stériles	12.08	2.62	8.69	2.54	1.03	(1.66)			72.01	0.74	(0.00)
			(4.43)	(0.58	(3.21)	(0.49)	(0.08)				(1.36)	(0.05)	

		Rhizomes	381.15	81.19	296.14	84.85	0.96				77.25	0.74	
			(133.02)	(6.45)	105.78)	(5.06)	(0.02)				(4.31)	(0.05)	
		Rhizoïdes	25.17	6.35	8.17	3.06	2.94				29.83	0.74	
			(11.54)	(5.06)	(6.02)	(1.32)	(1.57				(12.00)	(0.05)	0.19
		Nécromasse	3.24	0.98	1.32	0.60	2.04				37.17	0.74	(0.12)
			(1.39)	(1.35)	(0.60)	(0.49)	(0.48)				(6.59)	(0.06)	
		Total	462.71	100.00	344.72	100.00							
Drynaria laurentii	7	Fr. fertiles	25.56	24.69	16.05	21.66	1.14		38.67	25.86	64.10	0.73	
			(8.41)	(12.30)	(4.19)	(10.41)	(0.90)	18.59	(26.39)	(12.13)	(6.39)	(0.04)	2.90
		Fr.stériles	5.23	4.77	2.12	2.95	2.44				42.73	0.73	(0.73)
			(2.44)	(2.02)	(1.14)	(1.61)	(2.17)				(19.18)	(0.04)	
		Rhizomes	79.75	64.94	64.88	72.53	0.90				80.97	0.73	
			(49.44)	(9.49)	(40.88)	(10.27)	(0.03)				(1.62)	(0.03)	
		Rhizoïdes	7.76	5.59	2.45	2.85	3.30				33.14	0.72	0.46
			(7.56)	(3.37)	(2.36)	(2.97)	(2.22)				(22.57)	(0.03)	(0.29)
		Total	118.28	100.00	85.51	100.00							
			(58.14)	(0.00)	(40.87)	(0.00)							
Psilotum nodum	9	Tiges	18.10	89.65	12.76	91.28	0.98	5.98	4.94	4.63	69.91	0.68	8.59
			(8.83)	(4.22)	(6.47)	(4.23)	(0.01)	(4.14)	(3.00)	(2.65)	(3.93)	(0.04)	(3.38)
		Sores	0.79	4.38	0.65	3.41	1.32				52.46	0.68	
			(0.44)	(2.49)	(0.36)	(2.04)	(0.12)				(6.67)	(0.04)	
		Rhizomes	1.33	5.97	0.85	5.31	1.31				57.32	0.69	21.28
			(1.21)	(4.15)	(0.81)	4.35)	(0.43)				(15.14)	(0.04)	(11.00)
		Total	20.22	100.00	14.04	100.00							
			(10.38)	(0.01)	(7.57)	(0.00)							
Platycerium stemaria	8	Fr. fertiles	66.60	21.32	51.90	22.86	0.97	26.05	32.98	20.11	81.19	0.79	3.83
			(49.41)	(11.29)	(39.69)	(13.66)	(0.09)	(8.08)	22.94)	(10.52)	(3.45)	(0.08)	(0.89)
		Fr.stériles											
		Part. non spong.	23.97	8.41	18.35	8.80	0.96				84.88	0.81	
			(9.02)	(2.38)	(7.56)	(3.09)	(0.23)				(3.42)	(0.07)	
		Part.spongieuse	59.02	19.82	49.87	22.52	0.88				89.07	0.78	1.36
			(27.31)	(6.13)	(23.21)	(6.44)	(0.07)				(1.52)	(0.07)	(0.95)
		Rhizomes	19.54	6.23	12.45	5.32	1.17				68.32	0.80	

			(14.28)	(3.02)	(8.95)	(2.60)	(0.07)				(8.97)	(0.08)	
		Nécromasse	141.78	44.22	99.31	40.49	1.15				69.05	0.73	
			(83.11)	(8.01)	(67.53)	(12.36)	(0.26)				(14.42)	(0.05)	
		Total	310.92	100.00	231.86	100.00							
			(148.54)	(0.00)	(114.98)	(0.00)							
Platycerium angolense	6	Fr. fertiles	18.98	3.46	14.45	3.23	1.06	42.28	9.10	8.35	77.79	0.83	2.80
			(11.64)	(0.71)	(8.37)	(0.51)	(0.00)	(15.28)	(0.11)	0.09)	(6.04)	(0.02)	(0.72)
		Fr. stériles											
		Part. non spong.	94.09	16.23	79.33	16.56	0.98				83.66	0.82	1.77
			(67.93)	(2.73)	(58.39)	(2.95	(0.02)				(2.06)	(0.02)	(1.50)
		Part. spongieuse	115.55	21.74	103.66	23.54	0.92				89.38	0.83	
			(63.79)	(5.76)	(58.25)	(5.92)	(0.02)				(1.35)	0.02)	
		Rhizomes	13.86	2.33	8.43	1.65	1.54				56.99	0.82	
			(12.48)	(0.64)	(8.32)	(0.70)	(0.50)				(13.30)	(0.02)	
		Nécromasse											
		Part. non spong.	65.37	13.97	40.16	11.59	1.44				60.92	0.82	
			(27.43)	(7.94)	(23.49)	(10.44)	(0.37)				(19.48)	(0.02)	
		Part.spongieuse	170.8	28.90	152.03	31.46	0.93				88.23	0.82	
			(147.20)	(15.28)	(131.24)	(17.00)	(0.04)				(2.67)	(0.02)	
		Rhizoïdes	122.57	13.38	54.85	11.97	1.12				73.68	0.82	
			(113.48)	(1.51)	(34.67)	(1.48)	(0.02)				(0.68)	(0.02)	
		Total	552.98	100.00	452.90	100.00							
			(355.81)	(0.01)	(288.35)	(0.00)							
Nephrolepis biserrata	9	Fr. "fertiles"	53.75	44.27	40.83	46.59	0.94				75.07	0.71	
			(53.61)	(19.52)	(41.45)	(19.64)	(0.03)				(3.57)	(0.04)	
		Fr. "stériles"	34.54	40.75	26.29	43.70	0.94	8.82	145.61	51.98	75.92	0.71	2.35
			(19.57)	(16.58)	(15.18)	17.57)	(0.03)	(2.11)	(215.53	(21.48)	(4.82)	(0.03)	
		Rhizome	2.34	2.96	1.22	1.94	1.51				48.48	0.71	10.64
			(1.55)	(1.32)	(0.76)	(0.81)	(0.06)				(9.77)	(0.04)	(4.26)
		Rhizoïdes	5.92	5.54	3.11	3.94	1.51				48.48	0.71	
			(4.57)	(1.66)	(2.74)	(1.04)	(0.29)				(9.77)	(0.04)	
		Nécromasse	4.35	5.68	1.80	3.84	2.34				39.42	0.71	
			(2.40)	(5.61)	(1.53)	(4.93)	(1.57)				(18.97)	(0.04)	
		Total	101.11	100.00	73.26	100.00							

			(67.26)	(0.01)	(51.54)	(0.01)							
Nephrolepis acutifolia	5	Fr "fertiles"	25.72	25.81	19.35	26.93	0.95				75.42	0.72	2.23
			(4.70)	(4.97)	(3.29)	(4.16)	(0.07)				(2.48)	(0.07)	(0.35)
		Fr "stériles"	66.31	65.76	49.71	68.42	0.96	4.24	38.14	27.45	75.35	0.72	
			(11.63)	(5.45)	(6.97)	(2.52)	(0.06)	(2.16)	(7.14)	(3.79)	(2.80)	(0.07)	(0.35)
		Rhizomes	2.20	1.91	0.88	1.29	1.60				45.17	0.72	
			(1.96)	(1.25)	(0.63)	(0.57)	(0.13)				(7.25)	(0.07)	
		Rhizoïdes	2.54	2.33	1.07	1.73	1.55				47.71	0.72	
			(1.71)	(0.98)	(0.42)	(0.48)	(0.27)				(11.78)	(0.07)	
		Nécromasse	5.50	4.19	1.63	1.63	2.55				32.94	0.72	27.13
			(9.38)	(6.53)	(1.94)	(1.94)	(0.83)				(18.52)	(0.07)	(14.58)
		Total	102.27	100.00	72.64	100.00							
			(25.65)	(0.00)	(10.82)	(0.00)							
*Davallia chaerophylloides**	3	Fr "fertiles"	32.26	12.68	19.93	11.69	1.09				62.63	0.68	
			(24.61)	(1.45)	(14.08)	(0.95)	(0.04)				(4.08)	(0.02)	
		Fr "stériles"	32.21	12.23	21.05	11.83	1.04	72.54	16.26	13.97	65.36	0.68	0.66
			(25.98)	(2.31)	(16.96)	(2.60)	(0.04)	(5.86)	(2.47)	(1.83)	(0.05)	(0.02)	(0.19)
		Rhizomes	159.10	65.96	113.05	69.49	0.95				71.43	0.68	
			(96.24)	(5;29)	(66.79)	(4.54)	(0.01)				(1.30)	(0.02)	
		Rhizoïdes	15.83	6.58	8.74	5.36	1.23				55.27	0.68	0.35
			(9.49)	(0.57)	(5.20)	(0.33)	(0.04)				(0.30)	(0.02)	(0.08)
		Nécromasse	8.08	2.56	3.43	1.64	1.54				44.40	0.68	
			(9.46)	(2.11)	(3.93)	(1.32)	(0.06)				(3.34)	(0.03)	
		Total	247.84	100.00	166.19	100							
			(165.78)	(0.00)	(106.94)	(0.00)							
*Oleandra distenta**	3	Fr "fertiles"	19.53	11.21	14.69	11.36	0.98				74.94	0.74	
			(13.34)	(6.50)	(10.36)	(6.48)	(0.01)				(3.40)	(0.04)	
		Fr "stériles"	21.86	12.76	17.08	13.22	0.72	72.62	14.03	11.92	59.08	0.74	0.11
			(20.85)	(8.97)	(15.98)	(9.17)	(0.48)	(12.84)	(8.70)	(6.76)	(39.42)	(0.04)	(0.07)
		Rhizome	131.78	69.56	100.46	72.86	0.96				77.99	0.74	
			(61.58)	(12.24)	(44.51)	(13.91)	(0.02)				(1.28)	(0.04)	
		Rhizoïdes	6.21	3.06	1.68	1.14	2.71				27.65	0.74	
			(3.61)	(1.36)	(1.06)	(0.56)	(0.39)				(4.71)	(0.04)	

		Nécromasse	6.52	3.42	1.67	1.43	2.63				32.43	0.74	0.35
			(5.39)	(1.91)	(0.72)	(0.84)	0.96)				(16.50)	(0.04)	(0.24)
		Total	185.88	100.00	135.58	100.00	8.00						
			(76.73)	(0.02)	(53.87)	(0.01)	(0.89)						
Microsorium punctatum	4	Fr "fertiles"	33.31	30.24	28.08	31.02	0.97				84.31	0.82	
			(13.82)	(11.44)	(11.65)	11.04)	(0.02)				(0.53)	(0.01)	
		Fr "stériles"	54.21	49.32	47.05	52.41	0.94	20.44	51.68	32.78	86.81	0.82	3.42
			(12.00)	(3.97)	(10.38)	(4.50)	(0.02)	(11.06)	(25.00)	(10.50)	(0.54)	(0.02)	(0.69)
		Rhizome	11.89	11.47	9.03	10.74	1.09				75.20	0.82	
			(6.22)	(6.75)	(4.89)	(6.63)	(0.05)				(1.80)	(0.02)	
		Rhizoïdes	9.72	8.98	5.07	5.84	1.55				53.50	0.82	5.38
			(5.35)	(5.19)	(2.88)	(3.64)	(0.21)						
		Total	109.12	100.00	89.22	100.00					(6.79)	(0.01)	(3.77)
			(15.61)	(0.01)	(13.18)	(0.00)							
Polystachya affinis	6	Feuilles	1.39	3.89	1.15	4.10	0.95				82.53	0.79	
			(0.51)	(1.61)	(0.41)	(1.76)	(0.04)				(0.97)	(0.04)	
		Inflorescences	1.49	3.79	1.35	4.36	0.86	17.02	5.19	4.91	91.68	0.79	2.66
			(0.93)	(1.60)	(0.82)	(1.55)	(0.05)	(2.71)	(1.80)	(1.59)	(2.12)	(0.04)	(0.89)
		Pseudobulbes	26.23	68.19	23.17	76.39	0.89				88.26	0.79	
			(7.90)	(5.51)	(6.99)	(2.93)	(0.05)				(0.63)	(0.04)	
		Racines	6.39	17.02	3.67	12.44	1.37				57.96	0.79	4.64
			(1.62)	(2.71)	(0.89)	(1.90)	(0.13)				(6.82)	(0.04)	(1.39)
		Nécromasse	2.49	7.11	0.77	2.71	3.09				28.24	0.79	
			(1.56)	(4.56)	(0.83)	(2.53)	(0.91)				(11.25)	(0.04)	
		Total	97.97	100.00	30.11	100.00							
			(9.25)	(0.01)	(8.28)	(0.01)							
Calyptrochilum emarginatum	4	Feuilles	88.33	55.24	67.88	57.37	0.96				78.98	0.75	
			(35.54)	(11.72)	(22.05)	(8.47)	(0.07)				(7.72)	(0.03)	
		Tiges	30.10	19.92	20.83	18.17	1.09	8.12	9.27	8.85	69.00	0.75	2.43
			(2.90)	(3.79)	(2.87)	(2.46)	(0.08)	(5.16)	(3.27)	(2.83)	(3.91)	(0.03)	(0.92)
		Fruits	11.52	7.07	9.46	7.80	0.92				82.03	0.75	
			(6.56)	(2.91)	(5.45)	(3.49)	(0.04)				(1.76)	(0.03)	
		Racines	22.71	16.24	16.88	15.91	1.01				74.52	0.75	
			(10.87)	(10.32)	(7.98)	(9.81)	(0.04)				(0.68)	(0.03)	

		Nécromasse	2.25	1.54	0.94	0.77	2.88				35.89	0.75	15.44
			(1.01)	(0.74	(1.05)	(0.75)	(1.43)				(27.88)	(0.03)	(11.15)
		Total	154.91	100.00	115.99	100.00							
			(31.75)	(0.00)	(21.33)	(0.01)							
*Pyrrosia lanceolata**	3	Fr "fertiles"	8.81	11.40	6.25	11.95	0.94				73.22	0.69	
			(3.77)	(6.94)	(2.24)	(7.15)	0.04)				(8.00)	(0.05)	
		Fr "stériles"	61.40	65.48	47.43	41.71	0.92	21.85	13.99	11.91	75.09	0.69	0.56
			(30.85)	(7.91)	(28.25)	(33.47)	(0.02)	(2.42)	(8.76)	(7.07)	(6.46)	(0.05)	(0.65)
		Rhizome	14.95	17.49	8.50	14.44	1.21				56.67	0.69	
			(1.25)	(4.25)	(1.20)	(3.71)	(0.02)				(3.20)	(0.05)	
		Rhizoïdes	4.58	4.36	1.10	1.51	2.91				23.69	0.69	17.38
			(3.55)	(2.02)	(1.01)	(0.73)	(0.08)				(2.24)	(0.05)	(14.91)
		Nécromasse	2.19	1.90	0.74	0.94	1.89				39.17	0.70	
			(2.05)	(1.28)	(0.55)	(0.32)	(0.17)				(11.50)	(0.06)	
		Total	91.04	100.00	63.78	100.00							
			(33.89)	(0.01)	(28.78)	(0.00)							
Lycopodium phlegmaria	3	Fr stériles	19.42	34.57	15.12	34.76	0.99	1.67	64.83	38.97	77.83	0.77	8.24
			(3.45)	(3.27)	(2.73)	(3.07)	(0.01)	(0.72)	(15.98)	(5.62)	(0.40)	(0;01)	(3.94)
		Tige	14.06	24.85	10.97	24.79	1.00				77.13	0.77	
			(3.51)	(3.65)	(2.86)	(3.76)	(0.01)				(1.26)	(0.01)	
		Partie repro.	21.00	37.87	16.80	39.20	0.97				80.03	0.77	65.79
			(0.93)	(5.01)	(0.73)	(5.52)	(0.01)				(0.34)	(0.01)	(26.96)
		Rhizoïdes	0.91	1.67	0.39	0.90	1.85				44.08	0.77	
			(0.30)	(0.72)	(0.11)	(0.24)	(0.51)				(11.88)	(0.01)	
		Nécromasse	0.56	1.02	0.15	0.35	3.18				25.92	0.78	
			(0.17)	(0.41)	(0.07)	(0.22)	(0.97)				(7.10)	(0.01)	
		Total	55.95	100.00	43.33	100.00							
			(6.22)	(0.01)	(5.26)	(0.00)							
Vittaria owariensis	5	Fr "fertiles"	2.00	34.71	1.52	35.74	0.96	10.45	72.82	41.39	76.79	0.74	2.45
			(0.83)	(8.40)	(0.58)	(6.48)	(0.06)	(8.76)	(22.73)	(7.32)	(3.27)	(0.03)	(0.74)
		Fr "stériles"	8.25	39.95	1.73	41.79	0.96				77.22	0.74	
			(0.70)	(5.37)	(0.50)	(5.69)	0.02)				(2.98)	(0.03)	
		Rhizome	0.47	8.72	0.35	8.82	1.00				74.62	0.74	11.82
			(0.14)	(3.18)	(0.11)	(3.26)	(0.09)				(8.35)	(0.03)	(6.45)
		Rhizoïdes	0.70	10.45	0.44	9.41	1.05				71.40	0.74	
			(0.86)	(8.76)	(0.45)	(6.67)	(0.15)				(11.91)	(0.03)	

		Nécromasse	0.31	6.17	0.17	4.24	1.48				54.12	0.74	
			(0.09)	(3.41)	(0.05)	(1.74)	(0.31)				(13.05)	(0.03)	
		Total	5.73	100.00	4.20	100.00							
			(1.95)	(0.00)	(1.30)	(0.01							
Vittaria guineensis	3	Fr "fertiles"	0.68	24.14	0.33	24.47	1.01	9.21	41.68	28.94	48.37	0.49	2.98
			(0.15)	(4.08)	(0.05)	(7.24)	(0.13)	(4.26)	(14.42)	(7.06)	(5.23)	(0.04)	(0.29)
		Fr "stériles"	1.56	53.18	0.80	55.64	0.96				50.66	0.48	
			(0.58)	(10.87)	(0.33)	(12.16)	(0.03)				(3.98)	(0.04)	
		Rhizome	0.21	7.12	0.09	6.15	0.93				41.23	0.48	
			(0.09)	(1.21)	(0.04)	(1.68)	(0.21)				(2.08)	(0.04)	
		Rhizoïdes	0.26	9.21	0.12	9.02	1.00				52.97	0.48	
			(0.13)	(4.26)	(0.02)	(2.87)	(0.29)				(21.35)	(0.04)	
		Nécromasse	0.17	6.35	0.06	4.71	1.34				36.68	0.48	
			(0.04)	(2.50)	(0.02)	(1.42)	(0.19)				(4.48)	(0.04)	
		Total	2.89	100.00	1.40	100.00							
			(0.80)	(0.00)	(0.36)	(0.01)							
Asplenium africanum	2	Fr "fertiles"	10.13	34.41	7.78	36.48	0.94				76.43	0.72	
			(5.09)	(1.34)	(4.02)	(0.78)	(0.06)				(1.31)	(0.03)	
		Fr "stériles"	12.04	40.29	9.46	43.62	0.93	20.71	7.09	5.30	77.88	0.72	2.53
			(6.63)	(0.70)	(5.45)	(3.95)	(0.06)	(7.15)	(0.19)	1.70)	(2.38)	(0.03)	(0.56)
		Rhizome	2.37	8.29	1.40	7.05	1.19				60.93	0.72	
			(0.94)	(1.29)	0.37)	(1.78)	(0.11)				(8.68)	(0.03)	
		Rhizoïdes	5.09	16.31	2.48	12.24	1.38				56.23	0.72	3.05
			(3.47)	(2.93)	(0.86)	(2.07)	(0.47)				(21.57)	(0.03)	(0.23)
		Nécromasse	0.26	1.41	0.17	1.24	1.14						
		Total	29.75	100.00	21.20	100.00							
			(15.95)	(0.01)	(10.58)	(0.00)							
Urera cameroonensis	2	Feuilles	505.04	26.29	391.40	27.97	0.94	10.69	2.14	2.07	76.85	0.73	1.97
			(298.48)	(1.68)	(240.54)	(1.96)	(0.00)	(3.80)	(1.52)	(1.45)	(2.21)	(0.02)	(0.16)
		Racines	182.54	10.69	119.78	9.72	1.10				65.55	0.72	
			(36.59)	(3.80)	(25.29)	(3.56)	(0.01)				(0.71)	(0.01)	
		Inflorescences	45.37	1.89	38.73	2.20	0.85				84.81	0.72	8.99
			(39.12)	(1.36)	(33.47)	(1.57)	(0.01)				(0.91)	(0.01)	(3.55)
		Tige	1155.82	61.14	822.83	60.12	1.02				71.02	0.73	
			(624.06)	(0.20)	(450.75)	(0.62)	(0.01)				(0.66)	(0.02)	
		Total	1888.76	100.00	1372.73	100.00							

			(1014.45)	(0.00)	(763.90)	(0.00)							
Peperomia pellucida	6	Feuilles	3.76	35.57	3.51	35.48	1.00	1.44	6.79	6.28	13.75	0.94	8.27
			(2.49)	(7.58)	(2.25)	(7.74)	(0.01)	(0.61)	(3.50)	(3.10)	(1.62)	(0.01)	(5.84)
		Racines	0.14	1.44	0.10	1.09	1.52				67.42	0.94	
			(0.06)	(0.61)	(0.05)	(0.57)	(0.60)				(17.65)	(0.02)	
		Inflorescences	0.21	6.17	0.54	5.80	1.27				81.79	0.94	82.58
			(0.35)	(3.03)	(0.34)	(3.26)	(0.56)				(21.43)	(0.02)	(41.48)
		Tige	6.65	56.82	6.37	57.64	0.99				95.44	0.94	
			(5.67)	(6.76)	(5.48)	(6.83)	(0.01)				(1.12)	(0.01)	
		Total	11.15	100.00	10.52	100.00							
			(8.35)	(0.01)	(7.96)	(0.01)							
Solenostemon monostachyus	5	Feuilles	27.01	39.42	25.00	40.25	0.98	2.62	9.14	8.17	92.64	0.91	9.39
			(27.63)	(10.67)	(28.75)	(10.70)	(0.01)	(1.87)	(5.91)	(4.73)	(1.03)	(0.02)	(6.82)
		Racines	1.06	2.62	0.74	2.04	1.83				68.67	0.91	
			(0.57)	(1.87)	(0.41)	(1.63)	(0.11)				(6.07)	(0.02)	
		Inflorescences	6.30	8.00	5.15	7.35	1.08				83.58	0.91	55.02
			(7.76)	(4.73)	(6.18)	(4.23)	(0.02)				(2.66)	(0.02)	(36.02)
		Tige	34.07	49.95	30.59	50.36	0.99				91.05	0.90	
			(32.48)	(7.70)	(28.84)	(8.04)	(0.02)				(1.71)	(0.02)	
		Total	68.43	100.00	61.46	100.00							
			(67.05)	(0.01)	(60.19)	(0.01)							
Begonia polygonoides	3	Feuilles	692.59	67.27	657.31	73.78	0.91	1.33	1.63	1.60	95.08	0.86	5.83
			(489.16)	(8.17)	(461.71)	(7.31)	(0.02)	(0.34)	(0.80)	(0.67)	(0.48)	(0.02	(1.71)
		Racines	17.67	1.33	10.17	0.91	1.44				59.98	0.86	
			(18.27)	(0.40)	(10.13)	(0.24)	(0.09)				(4.71)	(0.02)	
		Inflorescences	24.88	1.58	23.58	1.75	0.91				94.79	0.86	
			(26.17)	(0.75)	(24.81)	(0.88)	(0.02)				(0.09)	(0.02)	
		Tige	405.28	29.82	273.89	23.56	1.27				67.90	0.86	
			(396.74)	(7.13)	(266.94)	(6.45)	(0.03)				(0.40)	(0.02)	
Medinilla mannii	3	Feuilles	102.75	17.78	88.13	18.41	0.97	60.00	2.23	2.17	85.84	0.83	0.85
			(69.59)	(5.70)	(59.54)	(5.80)	(0.00)	(0.82)	(1.33)	(1.28)	(0.72)	(0.00)	(0.13)
		Racines	415.15	60.00	368.82	63.48	0.95				87.62	0.83	
			(336.27)	(0.81)	(302.72)	(0.79)	(0.02)				(2.07)	(0.00)	
		Inflor.+ fruit	7.58	0.88	6.93	0.95	1.53				71.45	0.82	
			(6.99)	(0.53)	(6.44)	(0.64)	(0.90)				(30.35)	(0.01)	
		Tige	169.39	21.35	111.38	17.16	1.24				66.89	0.83	

			(151.71)	(5.96)	(98.46)	(4.57)	(0.02)				(1.32)	(0.00)	
Calvoa orientalis	3	Feuilles	10.65	27.30	9.56	28.36	0.96	3.48	12.14	10.56	89.58	0.86	4.92
			(5.73)	(3.24)	(5.10)	(3.32)	(0.02)	(1.39)	(6.06)	(4.89)	(2.22)	(0.04)	(2.39)
		Racines	1.23	3.48	0.72	2.34	1.45				60.22	0.86	
			(0.72)	(1.39)	(0.41)	(0.78)	(0.13)				(8.29)	(0.04)	
		Inflorescences	4.10	10.14	2.93	8.28	1.28				70.10	0.86	
			(3.41)	(4.66)	(2.52)	(4.04)	(0.07)				(6.07)	(0.04)	
		Tige	21.10	59.10	18.90	61.02	0.97				89.10	0.86	
			(7.66)	(7.24)	(6.98)	(7.08)	(0.02)				(3.00)	(0.04)	
Calvoa trochainii	8	Feuilles	42.46	72.93	40.33	75.03	0.97	0.94	2.29	2.22	95.22	0.92	6.39
			(23.14)	(5.56)	(21.65)	(5.15)	(0.01)	(0.68)	(1.37)	(1.30)	(1.33)	(0.02)	(3.05)
		Racines	0.41	0.94	0.21	0.50	1.94				49.22	0.92	
			(0.14)	(0.68)	(0.07)	(0.32)	(0.33)				(9.06)	(0.02)	
		Inflor. + fruit	1.13	2.20	0.94	1.90	1.49				72.42	0.92	
			(0.68)	(1.29)	(0.69)	(1.43)	(0.69)				(23.14)	(0.02)	
		Tiges	12.48	23.94	10.93	22.57	1.06				87.27	0.93	
			(3.82)	(4.69)	(3.40)	(4.40)	(0.01)				(1.82)	(0.02)	
Peperomia molleri	3	Feuilles	31.07	41.56	29.11	42.68	0.98	2.89	0.80	0.79	93.64	0.94	3.10
(Syn : *P. holstii var elongata*)			(4.52)	(9.91)	(4.36)	(10.38)	(0.01)	(0.98)	(0.54)	(0.53)	(0.58)	(0.02)	(2.22)
		Racines	2.26	2.89	152	2.09	1.45				64.04	0.92	s
			(0.79)	(0.98)	(0.68)	(0.94)	(0.19)				(8.75)	(0.01)	
		Inflorescences	0.56	0.77	0.44	0.68	1.33				70.85	0.90	esc
			(0.30)	(0.52)	(0.27)	(0.52)	(0.29)				(14.99)	(0.03)	
		Tiges	46.44	54.78	42.63	54.55	1.01				90.85	0.92	
			(23.86)	(10.53)	(22.75)	(10.87)	(0.01)				(2.08)	(0.01)	
Begonia ampla	7	Feuilles	132.53	55.91	120.04	59.39	0.93	4.91	12.37	10.88	90.78	0.85	1.03 es
			(74.56)	(11.90)	(50.12)	(12.82)	(0.02)	(1.37)	(4.30)	(3.35)	(1.55)	(0.03)	
		Racines	11.29	4.91	6.94	3.54	1.42				60.79	0.85	1.03 es
			(5.82)	(1.37)	(3.87)	(1.23)	(0.10)				(6.15)	(0.03)	(0.14)
		Inflorescences	21.65	10.35	19.03	10.56	0.99				87.07	0.86	esc
			(5.12)	(3.21)	(5.55)	(3.45)	(0.10)				(8.62)	(0.03)	
		Tiges	67.22	28.82	52.64	26.51	1.10				78.01	0.85	
			(48.67)	(11.31)	(39.46)	(11.17)	(0.06)				(6.22)	(0.03)	
Begonia subscutata	7	Feuilles	65.12	71.45	59.89	75.17	0.95	2.69	0.51	0.50	92.60	0.88	5.15 es
			(26.92)	(9.05)	(24.18)	(2.76)	(0.02)	(1.38)	(0.27)	(0.27)	(2.00)	(0.02)	(4.34)
		Racines	2.14	2.69	1.12	1.59	1.72				51.39	0.88	es

			(1.06)	(1.38)	(0.58)	(0.84)	(0.16)				(4.38)	(0.02)	
		Inflorescences	0.31	0.47	0.27	0.31	1.30				58.29	0.89	
			(0.38)	(0.27)	(0.20)	(0.14)	(0.40)				(10.53)	(0.02)	
		Tige	22.21	25.36	17.81	22.93	1.10				79.94	0.88	
			(8.43)	(3.75)	(6.77)	(2.47)	(0.05)				(4.20)	(0.02)	
Procris crenata (= P. wightiana)	8	Feuilles	14.59	17.04	12.79	16.68	1.03	15.86	2.62	2.51	86.76	0.90	1.32
			(7.90)	(60.51)	(7.11)	(7.91)	(0.03)	(13.35)	(2.07)	(1.93)	(2.20)	(0.02)	(1.28)
		Racines	14.78	15.51	12.53	14.49	1.11				82.07	0.90	
			(14.97)	(13.53)	(13.45)	(18.70)	(0.03)				(48.48)	(0.02)	
		Inflorescences	1.77	1.94	1.48	1.77	1.27				74.90	0.90	
			(1.17)	(1.14)	(5.60)	(1.10)	(0.40)				(15.89)	(0.02)	
		Tiges	59.26	65.51	54.59	67.06	1.00				91.77	0.90	
			(33.75)	(9.68)	(31.63)	(10.56)	(0.03)				(3.56)	(0.03)	
Begonia eminii	8	Feuilles	75.78	43.49	68.70	46.38	0.94	5.44	3.13	3.01	91.68	0.86	3.77
			(43.47)	(6.26)	(38.00)	(7.03)	(0.02)	(3.50)	(1.65)	(1.53)	(2.12)	(0.02)	(1.76)
		Racines	8.77	5.44	5.31	3.80	1.74				55.77	0.86	
			(6.00)	(3.50)	(4.35)	(3.11)	(0.72)				(16.01)	(0.02)	
		Inflorescences	6.51	2.85	5.57	2.70	1.75				79.21	0.86	
			(8.82)	(1.46)	(6.05)	(1.88)	(2.06)				(25.90)	(0.02)	
		Tiges	89.46	48.22	74.91	47.11	1.02				84.13	0.86	
			(57.21)	(6.46)	(48.07)	(6.35)	(0.03)				(3.53)	(0.03)	
*Peperomia bangroana**	4	Feuilles	34.85	86.97	33.52	89.77	0.97	1.23	1.44	1.41	95.98	0.93	4.60
			(23.85)	(3.07)	(22.75)	(2.85)	(0.01)	(0.54)	(0.95)	(0.92)	(0.39)	(0.01)	(0.48)
		Racines	0.36	1.23	0.10	0.44	4.54				27.44	0.92	
			(0.02)	(0.54)	(0.05)	(0.35)	(2.42)				(13.40)	(0.02)	
		Inflorescences	0.37	1.39	0.22	0.94	2.21				53.02	0.93	
			(0.12)	(0.90)	(0.12)	(0.76)	(1.27)				(19.67)	(0.01)	
		Tiges	4.00	10.42	3.17	8.85	1.19				78.43	0.93	
			(2.66)	(1.87)	(2.15)	(1.87)	(0.05)				(3.19	(0.01)	

Légende: *: amas (30 cm x 30 cm)

ANNEXE 6 A

LISTE FLORISTIQUE DES EPIPHYTES VASCULAIRES

N°	ESPECES	FAMILLES	TM	TB	TD	DG	TA	TE
01	*Aerangis arachnopus* Reichb	Orchidaceae	H	Ch	Plg	GuinC	3	S
02	*Ancystrorhynchus capitatus* (Lindl) Summ	Orchidaceae	H	Ch	Plg	G	3	S
03	*Angraecum distichum* Lindley	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Aft	3	S
04	*Asplenium africanum* Desv.	Orchidaceae	H	Ch	Plg	G	3	S
05	*Asystasia gangetica* (L) T. Anders	Ancanthaceae	H	Ch	Aut	Pal	3	A
06	*Bidens pilosa* L.	Asteraceae	Han	Th	Epi	Pan	3	A
07	*Bulbophyllum scaberulum* (Rolfe) Bolus	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Guin	3	S
08	*Calyptrochilum emarginatum* (SW) Schlecht	Orchidaceae	H	Ch	Plg	G	2	S
09	*Calyptrochilum christyanum* (Reicht) Summ.	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Aft	2	S
10	*Carica papaya* L.	Caricaceae	Arb	Ph	Dys	Pan	3	A
11	*Centella asiatica* (L) Urb.	Apiaceae	H	Ch	Dys	Pal	3	A
12	*Cleome ciliata* Schumach.& Thonn.	Capparidaceae	Han	Ch	Plg	Aft	3	A
13	*Commelina diffusa* Burn. F.	Commelinaceae	H	Ch	Aut	Pan	3	A
14	*Cyathula prostrata* (L) Blume Var.	Amaranthaceae	Han	Th	Epi	G	3	A
15	*Cytorchis arcuata (bracteatra)* Schlecht	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Aft	3	S
16	*Davallia chaerophylloides* (Poir) Stendel	Davalliaceae	H	Ch	Plg	Pal	1	S
17	*Dissotis rotundifolia* (SM) Schlecht	Melastomataceae	H	Ch	End	Aft	3	A
18	*Diaphananthe bidens* (SW.)Schlecht	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Guin	2	S
19	*Drynaria laurentii* (Christ) Hier	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Aft	1	S
20	*Elaeis guineensis* Jacq.	Arecaceae	Ar	Ph	Dys	G	3	A
21	*Ficus ardisiodes* Warb.	Moraceae	L etr	Ph	Dys	G	6	H
22	*Ficus artocarpoides* Warb.	Moraceae	Arl-Etr	Ph	Dys	GC	6	H
23	*Ficus barteri* Sprague	Moraceae	Arb	Ph	Dys	G	6	H
24	*Ficus bubu* Warb.	Moraceae	Ar	Ph	Dys	Guin	6	H
25	*Ficus burretiana* Mildbr. & Hutch.	Moraceae	L etr	Ph	Dys	GC	6	H
26	*Ficus cyathistipula* Warb.	Moraceae	L E	Ph	Dys	GC	6	H
27	*Ficus wildemaniana* Warb ex De Wild & Dur	Moraceae	A	Ph	Dys	G	6	H
28	*Ficus elastica* Roxb.	Moraceae	Arb	Ph	Dys	Pan	6	A
29	*Ficus lingua* Warb.	Moraceae	L Et	Ph	Dys	GC	6	H
30	*Ficus lukanda* Welw. ex Ficalho	Moraceae	Liane	Phe	Dys	Guin	6	H
31	*Ficus louisi* Boutique & J.Léon	Moraceae	Liane	Phe	Dys	G	6	H
32	*Ficus natalensis* Hochstett	Moraceae	Liane	Phe	End	G	6	H
33	*Ficus ottoniifolia* (Miq.) Miq.	Moraceae	Liane	Phe	Dys	G	6	H
34	*Ficus ovata* Vahl	Moraceae	Arb	Phe	Dys	G	6	H

35	*Ficus polita* (Miq.) Vahl	Moraceae	Liane	Phe	Dys	Aft	6	H
36	*Ficus recurvata* Dewild.	Moraceae	Arb	Phe	Dys	C	6	H
37	*Ficus sp 18*	Moraceae	Arb	Phe	Dys	-	6	H
38	*Ficus vallis-choudae* Del.	Moraceae	Arb	Phe	Dys	Aft	6	A
39	*Ficus vogelii (filutae)* (Miq.) Miq.	Moraceae	Arb	Ph	Dys	AfMal	6	H
40	*Graphorkis lurida* (SW) O. Ktze.	Orchidaceae	H	Gbul	Plg	G	3	S
41	*Lycopodium phlegmaria* L.	Lycopodiaceae	H	Ch	Plg	Pal	3	S
42	*Microgramma lycopodioides* (L.) Copel	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Pal	1	S
43	*Microsorium punctatum* (L.) Copel	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Pal	4	S
44	*Mukia maderaspatana* (L.) M.J. Roem	Cucurbitaceae	Han	Th	End	Pal	3	A
45	*Nephrolepis acutifolia* (Desv) Christ.	Nephrolepidaceae	H	Ch	Plg	Pal	4	S
46	*Nephrolepis biserrata* (SW.) Schott	Nephrolepidaceae	H	Ch	Plg	Pan	4	P
47	*Oleandra distenta* Kunze.	Oleandraceae	H	Ch	Plg	Pal	1	S
48	*Panicum maximum* Jacq	Poaceae	H	Hc	Dys	Pan	3	A
49	*Peperomia pellucida* (L .) H.B.&K.	Peperomiaceae	Han	Phscap	Dys	Pal	3	A
50	*Phymatosorus scolopendria* (N.L.Burn.) Picser.	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Pal	1	S
51	*Platycerium angolense* Welw.ex HK.	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Aft	5	S
52	*Platycerium stemaria* (Beauv.) Desv.	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Aft	5	S
53	*Polystachya affinis* Lindl.	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Guin	3	S
54	*Polystachya odorata* Lindl.	Orchidaceae	H	G	Plg	Guin	3	S
55	*Polystachya tessellata* Lindl.	Orchidaceae	H	Ch	Plg	Aft	3	S
56	*Psilotum nudum* (L) Griseb	Psilataceae	H	Ch	Plg	Pan	3	S
57	*Pyrrosia lanceolata* (L.) Farwell	Polypodiaceae	H	Ch	Plg	Pal	1	S
58	*Rhipsalis baccifera* (J.Mill.) Stearn.	Cactaceae	H	Ch	End	Pan	3	S
59	*Solenangis clavata* (Rolfe) Schlecht.	Orchidaceae	H	Ch	Plg	G	3	S
60	*Solenostemon monostachyus* (P.Beauv)Briq.	Lamiaceae	Han	Th	Ant	Aft	3	A
61	*Talinum triangulare* (Jacq.) Willd.	Portulacaceae	Han	Ch	Ant	AfroAm	3	A
62	*Tridactyle anthomaniaca* (Reichb.F.)Summ.	Orchidaceae	H	Ch	Plg	G	3	S
63	*Tridactyle tridactylites* (Rolfe .)Schlecht	Orchidaceae	H	Ch	Plg	G	3	S
64	*Tristemma mauritianum* J.F.Gnel.	Melastomataceae	Han	Th	Dys	GC	3	A
65	*Urera cameroonensis* Wedd.	Urticaceae	Liane	Phe	Dys	GC	3	A
66	*Urera hypselodendron* (Hochst.) Wedd	Urticaceae	Liane	Phe	Dys	Aft	3	A
67	*Vittaria guineensis* Desv.	Vittariaceae	H	Ch	Plg	G	3	S
68	*Vittaria owariensis* Fee..	Vittariaceae	H	Ch	Plg	Pan	3	S

ANNEXE 6 B

TABLEAU DES PRINCIPALES ESPECES PHOROPHYTES

A. ARBRES RAMIFIES (Parcelles)

N°	ESPECES	COMMUNE																			TOTAL		
		MAKISO			LUBUNGA			MANGOBO			TSHOPO			KABONDO			KISANGANI					
		NI	P	NP	NI	P	NP	NI	P	NP	NI	P	NP	NI	P	NP	NI	P	NP	NI	P	NP
1	*Mangifera indica*	205	172	33	89	28		154	73	81	91	29	66	139	73	66	119	22	97	797	397	400
2	*Cassia siamea*	129	52	77	38	4		11	2	9	11	0	73	73	0	73	25	0	25	287	58	229
3	*Syzygium cumini*	63	25	38	8	0		53	3	50	21	0	63	69	6	63	70	4	66	284	38	246
4	*Persea americana*	60	0	60	20	0		25	4	21	21	2	112	128	16	112	47	1	46	301	23	278
5	*Psidium guajava*	38	1	37	11	0		17	0	17			48	51	3	48	68	0	68	185	4	181
6	*Terminalia catappa*	36	5	31	27	0		10	0	10	31	1	48	49	1	48	19	0	19	172	7	165
7	*Citrus limon*	23	0	23	19	0	19	21	2	19	5	0	16	16	0	16	46	0	46	130	2	128
8	*Hura crepitans*	23	11	12																23	11	12
9	*Spondias cytherea*	21	6	15	7	0	7	21	2	19	8	1	49	52	3	49	36	3	33	145	15	130
10	*Millettia versicolor*	10	5	5																10	5	5
11	*Millettia laurentii*	9	9	0																9	9	0
12	*Callistemon speciosus*	8	8	0																8	8	0
13	*Cassia spectabilis*	8	0	8																8	0	8
14	*Ficus vallis choudae*	8	6	2				1	0	1										9	6	3
15	*Peltophorum pterocarpum*	7	7	0																7	7	0
16	*Spondias mombini*	7	3	4				1	0	1										8	3	5
17	*Artocarpus incisa*	2	1	1	8	0	8	9	1	8			21	21	0	21	28	0	28	68	2	66
18	*Newbouldia laevis*				8	0	8				5	0	215	284	69	215	63	1	62	360	70	290
19	*Annona murricata*	1	0	1	6	0	6	3	1	2	4	0	19	19	0	19	14	0	14	47	1	46
20	*Plumeria acuminata*	1	0	1	4	0	4													5	0	5
21	*Thevetia neriifolia*				3	0	3													3	0	3
22	*Dacryodes edulis*	3	0	3	2	0	2	13	4	9	1	1					24	3	21	43	8	35
23	*Theobroma cacao*	1	0	1	2	0	2	5	0	5			47	47	0	47	19	0	19	74	0	74
24	*Treculia africana*				2	0	2													2	0	2
25	*Lagerstroemia speciosa*	2	2	0				1	1	0										3	3	0
26	*Acacia auriculiformis*							1	0	1			6	9	3	6				10	3	7
27	*Flacourtia indica*	3	0	3							1	0	17	17	0	17	14	0	14	35	0	35
28	*Belluca aubletii*							1	0	14	14	0	14							15	0	15
29	*Citrus limon*							1	0											1	0	1
30	*Averrhoa carambola*	6	2	4						51	52	1	51							58	3	55
31	*Coffea canephora*												52	52	0	52	33	0	33	85	0	85
32	*Acacia kirkii*	6	0	6									6	29	23	6				35	23	12
33	*Hevea brasiliensis*												19	19	0	19	4	0	4	23	0	23
	Autres espèces	31	26	5	7	2	5	5	0	5	0	0	118	135	17	118	31	1	30	209		
	Total	711	341	370	261	34	227	351	93	258	201	34	1060	1275	215	1060	660	35	625	3450		
	Sous-Total	680	315	365	254	32	222	345	93	253	201	34	943	1140	197	943	629	34	595	3250		
	Autres espèces	31	26	5	7	2	5	5	0	5	0	0	117	135	18	117	31	1	30			

B. ARBRES RAMIFIES (Avenues)

N°	ESPECES	COMMUNE												TOTAL		
		MAKISO			LUBUNGA			MANGOBO			TSHOPO					
		NT	P	NP	NT	P	NP	NT	P	NP	NT	P	NP	NT	P	NP
1	*Mangifera indica*	343	331	12	204									646	576	70
2	*Tectona grandis*	136	128	8										136	128	8
3	*Cassia siamea*	95	84	11	9	0	9	12	2	10	11	2	9	127	88	39
4	*Millettia laurentii*	22	17	5				6	1	5				28	18	10
5	*Millettia versicolor*	22	175					3	3	0	6	6	0	31	26	5
6	*Spondias mombini*	22	20	2				3	3	0				25	23	2
7	*Hydnocarpus anthelmintram*	18	18	0										18	18	0
8	*Acacia kirkii*	17	12	5				7	3	4				24	15	9
9	*Delonix regia*	16	12	4										16	12	4
10	*Albizia chinensis*	15	1	11										15	4	11
11	*Psidium guajava*	12	8	4										12	8	4
12	*Syzygium cuminii*	12	8	4	4	0	4				4	1	3	20	9	11
13	*Newbouldia laevis*	11	7	4										11	7	4
14	*Acacia auriculiformis*	11	5	6										11	5	6
15	*Callistemon speciosus*	9	7	2										9	7	2
16	*Terminalia catappa*	6	3	3	1	0	1				1	1	0	8	4	4
17	*Hura crepitans*	5	3	2				2	2	0				7	5	2
18	*Ficus vallis-choudae*	5	2	3										5	2	3
19	*Plumeria acuminata*	5	4	1	2	0	2							7		3
20	*Terminalia superba*				42	21	21							42	4	21
21	*Artocarpus incisa*	4			4	2	2							8	21	5
22	*Persea americana*	1	0	1	4	0	4	1	0	1				6	3	6
23	*Spondias cytherea*	4	3	1	3	1	2				2	1	1	9	0	4
24	*Flacourtia indica*				1	1	0							1		0
25	*Peltophorum pterocarpum*							61	35	26	12	8	4	73	43	30
26	*Lagerstoemra speciosa*							9	5	4				9	5	4
27	*Hevea brasiliensis*							3	0	3				3	0	3
28	*Syzygium jambos*										2	2	0	2	2	0
29	*Jacaranda mimosifolia*										1	1	0	1	1	0
30	*Sterculia quinqueloba*										1	0	1	1	0	1
	Sous-Total	791	694	97	274	225	49	162	68	94	84	53	31	1311	1040	271
	Autres espèces	14	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7	7
	Total	805	701	104	274	225	49	162	68	94	84	53	31	1325	1047	278

NT = Nombre total

P = Phorophytes ou porteurs

NP = Non porteurs

ANNEXE 7

Regroupement des principaux épiphytes étudiés en fonction de l'IPH et de l'ancrage

	IPH	
Davallia chaerophylloides	0,68	non évidentes
Nephrolepis biserrata	0,71	non évidentes
Phymatosurus scolopendria	0,72	non manifestes
Drynaria laurentii	0,73	dimorphisme foliaire
Oleandra distenta	0,74	non manifestes
Microgramma lycopodioides	0,74	dimorphisme foliaire
Calyptrochilum emarginalum	0,75	succulence
Platycerium stemaria	0,78	dimorphisme foliaire
Polystachya affinis	0,79	pseudobulbe succulence et réduction foliaire
Rhipsalis baccifera	0,79	aphylle
Platycerium angolense	0,82	non manifestes
Microsorium punctatum	0,82	dimorphisme foliaire
Solenostermon monostrachyus	0,91	non évidentes
Peperomia pollucida	0,94	faible succulence

%	Ancrage	
1,44	*Peperomia pollucida*	faible succulence
2,62	*Solenostemon monostachyus*	non évidentes
8,12	*Clyptrochilum emarginalum*	succulence
8,55	*Rhipsalis baccifera*	aphylle
8,82	*Nepholepis biserrata*	non évidentes
17,02	*Polystachya affinis*	pseudobulbe succulence et réduction foliaire
18,59	*Drynaria laurentii*	dimorphisme foliaire
20,44	*Microsorium punctatum*	non manifestes
26,05	*Platycerium stemaria*	dimorphisme foliaire
37,54	*Microgramma polycopodioides*	dimorphisme foliaire
42,28	*Platycerium angolense*	dimorphisme foliaire
59,19	*Phymatosorus scolopendria*	non manifestes
72,54	*Davallia chaerophylloides*	non évidentes
72,62	*Oleandra distenta*	non manifestes

Calcul percentiles pour IPH
Percentile 25 = 0,728

Percentile 50 = 0,765

Percentile 75 = 0,820

Calcul percentile % ancrage
Percentile 25 = 8,443

Percentile 50 = 19,515

Percentile 75 = 46,508