

Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar

A. CORNET* et J.-L. GUILLAUMET**

Botanistes à l'ORSTOM

* Mission ORSTOM à Tananarive, Madagascar

** Laboratoire de Phanérogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, France

RÉSUMÉ

Il est nécessaire de séparer soigneusement les notions relatives à la flore, fait historique, de celles relatives à la végétation, fait écologique. Après une revue critique des classifications floristiques et phytogéographiques de Madagascar, on propose :

1° Une classification des étages de végétation et de leurs principales formations végétales;

2° Un tableau des divisions floristiques.

La distinction est utile pour l'usage qu'en peuvent faire les naturalistes autres que botanistes.

ABSTRACT

It is essential to make a careful distinction between the notions of flora, which has a historical basis, and vegetation, which is ecological. Following a critical review of floral and phytogeographical classifications made in Madagascar, two propositions are made. One is for a classification of vegetation zones with the chief plant formations; the second is a table of floral divisions. These distinctions may be used by scientists other than botanists.

INTRODUCTION

De tous temps, les botanistes furent frappés par l'opposition des versants à Madagascar, trait fondamental qui se traduit non seulement dans la végétation mais aussi dans la flore et auquel vient s'ajouter la diversité extrême des conditions écologiques de l'île.

Les botanistes s'efforcèrent d'apporter des arguments à une meilleure compréhension du milieu végétal et élaborèrent une division hiérarchisée de plus en plus précise. Mais, la richesse même de l'information aboutit à une imprécision certaine, d'autant plus grave que ces notions furent utilisées à des fins étrangères à la botanique.

De récentes interprétations bio-climatiques permettent une réflexion sur ces différentes données et leur signification.

Avertis, les naturalistes pourront alors tirer profit des cadres généraux proposés pour le monde végétal malgache sans risque d'ambiguïté.

LES FAITS

LES DIVISIONS BOTANIKES CLASSIQUES

La première division botanique de Madagascar est due à R. Baron (1889-1890) qui distinguait trois régions : orientale, centrale et occidentale, essentiellement basées sur des critères floristiques, données numériques et originalité, même s'il donnait pour chacune une brève description du milieu physique et de la végétation.

Ainsi R. Baron, en dépit de l'insuffisance des connaissances botaniques de son époque, posait dans ses principes et dans ses limites, les bases de la géographie botanique à Madagascar.

Trente ans après, H. Perrier de la Bâthie (1921), dans son remarquable mémoire sur la végétation malgache donnera une division qui ne sera plus jamais remise en question par ses successeurs mais seulement affinée :

Flore du vent

Région orientale
Région centrale
Région du Sambirano

Flore sous le vent

Région occidentale
Région méridionale

La première recouvre à peu près les régions de l'Est et du Centre de R. Baron, la seconde celle de l'Ouest. Les limites en sont précisées. Sur les 12 caractères utilisés par l'auteur, 6 sont d'ordre floristique, 6 relatifs à la biologie ou à la végétation. Les régions, bien que floristiquement reconnues comme originales, sont

d'abord caractérisées par leurs climats et particularités biologiques.

En 1923, H. Humbert ne tenant compte que de la répartition des genres et espèces de Composées modifie la terminologie précédente pour l'adapter à celle qui tendait à être utilisée par les phytogéographes et prouve la réalité des divisions :

Région malgache orientale

Domaine des plaines et basses montagnes de l'Est
Domaine de hauts plateaux et hautes montagnes du Centre
Domaine du Sambirano

Région malgache occidentale

Domaine des plaines et plateaux de l'Ouest et du Nord
Domaine sub-désertique du Sud-Ouest

Mais en 1927, décrivant les principaux aspects de la végétation de Madagascar, le même auteur utilise ce cadre phyto-géographique en délaissant cette fois toutes notions floristiques.

Quelques années après (1936), H. Perrier de la Bâthie traitant de biogéographie propose encore une amélioration des dénominations :

Région du vent ou orientale

Domaine oriental
Domaine central
Domaine du Sambirano

Région sous le vent ou occidentale

Domaine occidental
Domaine du Sud-Ouest

Si d'abord il donne une description des climats et des formations végétales de chacun de ces domaines, il fournit ensuite des justifications floristiques de tout premier ordre : répartition des familles, genres et espèces, données numériques qui, dans leur expression centésimale, restent encore valables.

En 1955 enfin, H. Humbert proposera une division botanique de Madagascar suivant la terminologie et la hiérarchie préconisée par Ch. Flahaut (in H. Coste, 1900-1906). Les échelons supérieurs (région, domaine et secteur) sont reconnus essentiellement sur des facteurs climatiques, bien que les deux régions malgaches possèdent des flores fondamentalement différentes; ce sont les facteurs édaphiques, non définis par H. Humbert, qui différencient les districts. La carte, maintenant classique, ... « est établie essentiellement dans le but de préciser les limites respectives des aires de végétation (1) telles qu'elles se présentaient avant l'intervention destructive de l'Homme vis-à-vis des climax » (p. 443) :

Région malgache occidentale

Domaine de l'Est
Secteur du Nord-Est

(1) Souligné par nous.

Secteur de l'Est moyen
Secteur du Sud-Est

Domaine (et Secteur) du Sambirano

Domaine du Centre

Sous-Domaine du Centre-Nord

Secteur des moyennes montagnes (y compris la montagne d'Ambre)

Secteur des pentes occidentales

Sous-Domaine du Centre-moyen

Secteur des moyennes montagnes et hauts plateaux

Secteur des pentes occidentales (y compris les plateaux de l'Isalo)

Sous-Domaine du Centre-Sud

Secteur des moyennes montagnes et plateaux du Centre-Sud
Secteur des pentes occidentales (y compris les sommets de l'Androy, dépassant 900 m)

Domaine des Hautes Montagnes

Secteur du Tsaratanana et de ses satellites

Secteur du Marojejy

Secteur de l'Ankaratra et du Vakinankaratra

Secteur de l'Andringitra.

Secteur de l'Andohahelo

Région malgache occidentale.

Domaine de l'Ouest

Secteur du Nord

Secteur de l'Ambongo-Boïna

Secteur de l'Ouest moyen

Secteur du Sud-Ouest

Domaine du Sud

Secteur du Mahafaly

Secteur de l'Androy

Toutes ces études trouveront leur aboutissement dans la carte de la végétation de Madagascar (H. Humbert et G. Cours-Darne, 1964-65) éditée dans le cadre de la « Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques »; c'est-à-dire que sa réalisation suit la notion de série dynamique de végétation introduite et développée par H. Gaussen; H. Humbert écrit que... « les territoires phytogéographiques définis en fonction de la répartition de la végétation primaire se subdivisent à Madagascar en deux régions caractérisées à la fois par leurs types de végétation et par des flores très différentes... ».

Cette carte, synthèse des travaux antérieurs, juxtapose alors des notions différentes : formations végétales, séries de végétation et leur principaux groupements, divisions floristiques, étages altitudinaux.

On en rappellera ici les grands traits :

Région orientale

Domaine de l'Est

Etage de basse altitude (0-800 m)

Série à Myristicacées et *Anthostema*

Domaine du Sambirano

Série à Chlaenacées - Myristicacées - *Anthostema*

Domaine du Centre (800-1 800 m)
 Etage de moyenne altitude
 Série à *Tambourissa* et *Weinmannia*
 Etage montagnard (1 800-2 000 m)
 Sylve à lichens
 Etage des pentes occidentales
 Série à *Uapaca bojeri* et *Chlaenacées*
 Domaine des Hautes Montagnes (au-dessus de 2 000 m)
 Fourré dense et savane d'altitude

Région occidentale.

Domaine de l'Ouest
 Série à *Dalbergia* - *Commiphora* - *Hildegardia*
 Domaine du Sud
 Série à *Didieracées* et *Euphorbia*

La végétation littorale avec sa forêt littorale, ses mangroves, marécages salés, dunes et sables salés, est traitée séparément (1).

Ainsi de R. Baron à H. Humbert, la division phytogéographique de Madagascar a été en se compliquant avec un apport grandissant d'informations ; mais, alors que le premier auteur ne base ses divisions que sur l'aspect floristique et ne fait que mentionner les types de végétation, ses successeurs vont de plus en plus s'appuyer sur les formations végétales, les climats, les sols même, pour justifier la précision de leurs divisions et leurs hiérarchies.

Il règne ainsi une ambiguïté certaine entre divisions floristiques, formes de végétation voire même groupements végétaux implicitement contenus dans la notion de série, étages altitudinaux et bioclimats.

Des études récentes ont mis en évidence ces confusions et les auteurs ont été amenés à les résoudre sur quelques points particuliers. Le moment est venu de les dissiper définitivement au moins sur le plan des principes et des généralités, s'il reste beaucoup à faire dans le détail.

(1) Très récemment à l'occasion d'une présentation générale de la végétation malgache, W. Rauh (1973) propose le tableau suivant :

- Région orientale*
 - zone tropicale humide
 - zone humide
 - Territoire du Sambirano
 - Plateau central
 - zone subhumide
- Région occidentale*
 - Partie septentrionale
 - Partie centrale
 - Partie méridionale sèche

d'après des critères climatiques, biologiques et de végétation avec, implicitement, un contenu floristique.

LES PRINCIPES.

Des études bioclimatiques inspirées des travaux de L. Emberger dans le bassin méditerranéen ont permis de préciser certains faits de répartition des formes de végétation et d'ainsi lever la plupart des ambiguïtés citées ci-avant.

L'application à Madagascar du diagramme pluviométrique de L. Emberger par Ph. Morat (1969), prémice à son étude des savanes du Sud-Ouest (1973) et le travail récent de l'un d'entre nous (A. Cornet, 1974) basé sur le bilan hydrique et le régime thermique, en établissant clairement une hiérarchie bioclimatique, permettent de séparer définitivement les faits floristiques de ceux relevant de la végétation ; de plus les études menées dans le cadre de la recherche coopérative sur programme n° 225 du C.N.R.S. relative aux écosystèmes montagnards de la Région malgache ont clarifié l'étagement altitudinal des formations végétales.

Au terme d'une longue activité géobotanique L. Emberger pouvait énoncer les deux principes fondamentaux suivants :

1. « La végétation est l'effet du milieu, en particulier du climat ; elle est un fait écologique.
 La flore est l'effet de la phylogénèse ; elle est un fait historique ».
2. ... « L'étage bioclimatique... est un échelon »... dans une gamme climatique donnée ;
 ... « L'étage bioclimatique de végétation ... est l'unité de végétation correspondant à un climat ».

Ceci implique que la notion d'étage doive être affranchie de celle d'altitude pour devenir un principe de classification rationnelle (L. Emberger, 1971, pp. 291-292).

LES ÉTAGES BIOCLIMATIQUES DE VÉGÉTATION.

La classification bioclimatique de A. Cornet coïncide avec la répartition de la végétation malgache dans ses grandes lignes et révèle des points particuliers qu'elle permet d'expliquer.

Les étages humide et subhumide sont caractérisés par la présence de forêt dense sempervirente et plus localement de forêt sclérophylle.

L'étage humide est caractérisé par l'absence de saison sèche (déficit hydrique cumulé nul ou inférieur à 100 mm) et une moyenne des minimums du mois le plus froid comprise entre 7 et 18°C ; *l'étage subhumide* par une saison sèche plus marquée (déficit hydrique compris entre 100 et 300 mm), atténuée ou non par des

brouillards hivernaux et une température moyenne minimale pouvant atteindre 5° pendant le mois le plus froid.

L'un et l'autre sont le domaine de la forêt dense humide sempervirente. Au sous-étage perhumide du premier (déficit hydrique nul) correspond la forêt dense humide sempervirente à Myristicacées et *Anthostema*; au sous-étage humide celle à *Weinmannia* et *Tambourissa* qui est la forme de moyenne altitude de la précédente, elle est caractérisée par un sous-bois herbacé et non ligneux comme celle-ci. La connaissance des groupements végétaux est encore insuffisante pour lier ceux-ci aux subdivisions des sous-étages mais il est indéniable que de telles liaisons existent : ainsi le sommet de la falaise orientale, de Fianarantsoa au lac Alaotra, à climat humide (déficit hydrique de 100 mm) et à température minimale se situant en moyenne pendant le mois le plus froid entre 7 et 10°C est caractérisée par un type forestier bas à Araliacées dominantes.

L'étage sub-humide s'avère d'autant plus complexe que la végétation climacique a presque entièrement disparu au profit de formations herbues du type pseudo-steppe ou savane. Son sous-étage à saison sèche atténuée par des brouillards recouvre ce qu'il est convenu d'appeler les Hauts Plateaux ou mieux Hautes Terres. La forêt appartient à la série à *Tambourissa* et *Weinmannia* mais par sa physionomie elle est plus une forêt dense humide de montagne que de moyenne altitude.

Les différences entre les divisions du sous-étage à saison sèche non atténuée sont évidentes dans la végétation : l'une d'elles, dont les températures moyennes minimales du mois le plus froid ne s'abaissent pas au dessous de 16°C, correspond à peu près à la forêt dense humide sempervirente du Sambirano à Chlaenacées, Myristicacées et *Anthostema*. Pour les températures inférieures à 16°, la caractéristique est la forêt dense sclérophylle à *Uapaca bojeri* et Chlaenacées, le plus souvent dégradée en « bois de tapias » ou forêt claire (J.-L. Guillaumet et J. Koechlin, 1971).

A l'étage sub-humide doivent être rapportées aussi les enclaves de l'Isalo et de l'Anavelona.

Les étages sec et sub-aride (déficit hydrique cumulé compris entre 300 et 1000 mm, une pluviosité annuelle supérieure à 1000 mm pour le premier, inférieure à 1000 mm pour le second et des températures minimales du mois le plus froid respectivement supérieures à 13 et 7°C) couvrent l'ensemble de l'Ouest, à l'exception de l'enclave du Sambirano, et le Sud.

La limite entre les deux étages se situe entre les 20° et 22° parallèles. Elle avait déjà été décelée par Ph. Morat (1969) : «... il y a beaucoup plus d'affinités entre les domaines du Sud et du secteur du Sud-Ouest

qu'entre ce dernier et le secteur du Nord-Ouest... », qui donne quelques exemples de plantes s'arrêtant à cette limite. D'autre part l'étage sec (sub-humide de Ph. Morat) s'oppose au sub-aride (semi-aride de Ph. Morat) par son climax climatique qui est toujours une forêt dense sèche caducifoliée ; les savanes s'en distinguent floristiquement (Ph. Morat, 1973).

Dans l'étage sub-aride (semi-aride de Ph. Morat) apparaît nettement un sous-étage spécial caractérisé par un déficit hydrique cumulé supérieur à 700 mm ; il recouvre une bande côtière étroite depuis Morombe jusqu'au Cap Sainte-Marie avec une digitation dans la basse vallée de l'Onilahy et Ph. Morat pense que, si l'on admettait l'existence d'un étage aride à Madagascar, « c'est dans cette région qu'il faudrait évidemment le placer ».

Or sa réalité est prouvée par le fait même qu'il correspond parfaitement à l'extension continue du fourré climacique xérophile défini physiologiquement, biologiquement et morphologiquement (J.-L. Guillaumet et J. Koechlin, 1971) ; ce fourré remonte dans la basse vallée de l'Onilahy (Ph. Morat, 1973, carte h. texte). Le faciès de dégradation est une savane herbeuse physiologiquement et floristiquement originale.

Si le fourré xérophile existe ailleurs, ce n'est que sporadiquement et par le jeu des compensations écologiques entre facteurs climatiques et édaphiques. On le retrouve cependant comme formation dominante dans la région de Diégo-Suarez et du Cap d'Ambre, où règne un climat local assez comparable (déficit hydrique cumulé supérieur à 1000 mm, mais pluviosité, elle aussi, supérieure à 1000 mm et répartie sur 3 mois seulement).

L'étage climatique montagnard, enfin, caractérisé par une moyenne des minimums du mois le plus froid, inférieure à 5°C doit être scindé en un sous-étage humide (massifs septentrionaux) et un sous-étage sec (massifs centraux et méridionaux), en rapport avec les climats des basses altitudes environnantes dont ils ne constituent en fait qu'une exaspération. La végétation optimale y est une forêt dense humide de montagne faisant le plus souvent place, pour des raisons principalement édaphiques, à la forêt sclérophylle et aux fourrés de montagne.

On trouvera en annexe (1) les cadres d'une classification des étages de végétation et de leurs principales formations végétales.

DISCUSSION.

On aura vu apparaître, en présentant les bioclimats malgaches et les types de végétation qui les caractérisent, certaines discordances avec les divisions bota-

riques antérieures dont seul le contenu floristique doit être retenu comme il est prescrit par L. Emberger.

Si les Régions floristiques orientale et occidentale coïncident avec l'opposition climats humide-perhumide et climats sec-sub-aride, le Sambirano apparaît, de même que la zone de Vohémar, comme un bioclimat de transition. Il en est bien ainsi pour la végétation dans l'un et l'autre cas.

Le Sambirano, dont la flore, bien que marquée par un endémisme élevé, fait partie intégrante de la Région orientale, possède une végétation composite de type occidental, savanes et forêts sèches, aux basses altitudes, de type oriental, forêt dense humide sempervirente, sur les massifs. Plus que solution de continuité dans le Domaine de l'Ouest, il joue plutôt un rôle de filtre, permettant le passage de certaines espèces, en empêchant d'autres de passer de l'Ouest proprement dit à l'extrême Nord.

La région de Vohémar, incluse dans son entier au Domaine de l'Est, se présente comme une zone de transition entre les végétations de l'Est et de l'Ouest : rien de comparable à la « faille » climatique de Fort Dauphin mais un gradient étendu sur plusieurs dizaines de kilomètres, où la forêt orientale passe insensiblement à celle de l'Ouest.

On retrouve une zone de transition très comparable au niveau des pentes occidentales dont Ph. Morat (1973) a pu dire que la forêt sclérophylle, dont l'hétérogénéité floristique se trouve masquée par l'unité physiologique, n'était qu'un aspect, lié à des conditions de sol spéciales, d'une formation sempervirente plus complexe. Il est possible que le sous-domaine des Pentes occidentales ne doive pas être conservé comme unité floristique distincte.

Le Domaine du Sud ne doit pas être caractérisé par une végétation de type fourré, mais uniquement sur des critères floristiques en particulier la présence de la famille des Didiereacées et des espèces coralliformes du genre *Euphorbia*.

Enfin les études en cours sur les montagnes malgaches ne permettent pas, tant sur le plan des principes que sur celui des observations, de conserver un Domaine de Hautes Montagnes qui ne fut distingué par H. Humbert qu'en 1955. On doit considérer avec H. Jacques-Félix (1970) ... « un massif montagneux comme une entité géographique dont les étages dépendent les uns des autres et se succèdent à la façon d'une caténa, sans s'opposer ». Le peuplement végétal des montagnes dépend étroitement des altitudes inférieures et ne peut être considéré qu'en fonction de celles-ci ; on retrouve la même dépendance que pour les bioclimats.

En définitive, le schéma général des divisions floristiques de Madagascar restera donc celui proposé par H. Humbert, basé sur de seuls critères floristiques et

modifié pour le Domaine du Centre où les montagnes apparaissent comme des unités de rang inférieur (Annexe 2).

L'étude des massifs de l'île montre que les limites altitudinales des formations végétales varient de l'un à l'autre, et A. Cornet (1974) a pu mettre en évidence une relation entre température, altitude et latitude.

Les étages définis par l'altitude (H. Humbert et G. Cours-Darne, 1964-65) ne peuvent donc pas être retenus, ils ne peuvent être caractérisés que par leur forme de végétation dominante et on leur préférera alors le terme de « ceinture de végétation » tel qu'il a été défini par O. Hedberg (1951).

On aura ainsi pour le versant oriental :

- la ceinture de forêt dense humide sempervirente de basse altitude,
- la ceinture de forêt dense humide sempervirente de moyenne altitude,
- la ceinture de forêt dense humide de montagne,
- la ceinture de fourrés de montagne.

La montagne d'Ambre, celle de l'Anavelona, les causses du Kelifely, le massif de l'Isalo et les sommets de l'Androy considérés par H. Humbert comme des enclaves orientales dans la Région occidentale, méritent une attention particulière et des études de détail devraient permettre de préciser leur statut.

Les montagnes d'Ambre et de l'Anavelona qui ont, certes, nombre d'espèces communes avec le Domaine du Centre, n'en ont pas moins une grande dépendance vis-à-vis de la flore occidentale et devraient vraisemblablement être regardées comme des secteurs d'altitude du Domaine de l'Ouest; Ph. Morat (1973) considère les forêts de l'Anavelona comme un « faciès altitudinal des forêts denses sèches » caractérisé par « ... la présence de certains éléments originaires de la Région orientale » et, physiologiquement, par une proportion supérieure à 50 % d'espèces sempervirentes.

La série évolutive trouve sa place dans chaque étage climatique dont le climax est le groupement végétal le plus représentatif.

CONCLUSIONS.

Il nous semble avoir séparé clairement les faits floristiques des faits de végétation et avoir ainsi permis une meilleure compréhension du monde végétal considéré en lui-même mais aussi en tant que milieu.

Les faits floristiques doivent rester la préoccupation des seuls botanistes ; tout au plus les zoologistes pourront-ils comparer les répartitions des organismes

animaux à celles des plantes, mais ils ne devront pas chercher dans la division floristique de Madagascar des explications à leurs problèmes. Il est en effet peu probable que la mise en place des animaux et celle des végétaux aient été identiques.

Par contre, les zoologistes s'appuyèrent sur la répartition des groupements végétaux, le peuplement animal en dépendant étroitement. De même l'étagement bioclimatique de la végétation pourra être utilisé largement par les praticiens désireux d'implanter des cultures nouvelles, d'en étendre d'anciennes, en un mot d'utiliser de quelque manière le milieu malgache.

REMARQUE

Dans le cadre des grandes divisions chorologiques du monde, Madagascar et les îles de l'Océan Indien ont toujours été considérées comme une unité distincte à l'intérieur de l'entité supérieure africaine.

Le schéma le plus satisfaisant reste celui de A. Engler et E. Gilg (1912) où le territoire malgache (*Madegassisches Gebiet*), inclus dans le sous-empire africain de l'empire paléotropical, est divisé en trois provinces Madagascar et Comores, Mascareignes, Seychelles.

Au point de vue climatique, Madagascar se situe parmi les climats intertropicaux comme climat tropical à tendance de saison thermique, caractérisé par des jours et des nuits nettement, mais faiblement, inégaux et une pluviosité concentrée à la période chaude (L. Emberger, 1945), avec cependant une température généralement inférieure à celles des stations comparables d'Afrique orientale (isonomie — 2 °C).

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'ORSTOM, le 5 avril 1976.

BIBLIOGRAPHIE

- BARON (R.), 1889-90. — The Flora of Madagascar. *Journ. Linn. Soc.*, London, 25 : 246-294.
- CORNET (A.), 1974. — Essai cartographique bioclimatique à Madagascar. ORSTOM, Carte à 1/2 000 000 et notice 55.
- EMBERGER (L.), 1945. — Une classification biogéographique des climats. Recueil des travaux des laboratoires de botanique, de géologie et zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier. *Bot.*, 7 : 3-43.
- EMBERGER (L.), 1971. — Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques - écologiques. Travaux de Botanique et d'Ecologie - Paris : 291-301.
- ENGLER (A.) et GILG (E.), 1912. — Syllabus der Pflanzenfamilien, Berlin, XXXII + 387 pp. (Vebersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde : 348-358).
- FLAHAULT (Ch.) in COSTE (H.), 1900-1901. — Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. (Introduction sur la flore et la végétation de la France). 1^{er} vol. Paris.
- GUILLAUMET (J.-L.) et KOEHLIN (J.), 1971. — Contribution à la définition des types de végétation dans les régions tropicales (exemple de Madagascar). *Candollea*, 26 (2) : 263-277.
- HEDBERG (O.), 1951. — Végétation belts of the East African mountains. *Svensk. Botan. Tidskrift.*, 45 (1) : 140-202.
- HUMBERT (H.), 1923. — Les Composées de Madagascar - Caen. 336 p.
- HUMBERT (H.), 1927. — La destruction d'une flore insulaire par le feu. Principaux aspects de la végétation à Madagascar. *Mém. Acad. malg.*, V, 79 p.
- HUMBERT (H.), 1955. — Les territoires phytogéographiques de Madagascar in Colloques internationaux du C.N.R.S. LIX. Les divisions écologiques du Monde. Paris, juin-juillet 1954. *Année biol.*, 3^e sér., 5-6 : 439-448.
- HUMBERT (H.) et COURS-DARNE (G.), 1964-65. — Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Trois coupures au 1 000 000^e et notice de la carte. *Trav. Sect. Sc. techn. Inst. Fr. Pondichéry*, h.s., 6 : 46-78.
- JACQUES-FÉLIX (H.), 1970. — Contribution à l'étude des Umbellifloreae du Cameroun. *Adansonia*, sér. 2, X (1) : 35-94.
- MORAT (Ph.), 1969. — Note sur l'application à Madagascar du quotient pluviothermique d'Emberger. *Cah. ORSTOM*, sér. *Biol.*, 10 : 117-132.
- MORAT (Ph.), 1973. — Contribution à l'étude des savanes du Sud-Ouest de Madagascar. *Mém. ORSTOM* n° 68, 235 p.
- PERRIER de la BATHIE (H.), 1921. — La végétation malgache. *Ann. mus. colon. Marseille*, 3^e sér., 9, 268 p.
- PERRIER de la BATHIE (H.), 1936. — Biogéographie des plantes à Madagascar. Paris, 156 p.
- RAUH (W.), 1973. — Ueber die Zonierung und Differenzierung der vegetation Madagaskars. *Akad. Wissensch. Liter., Math.-Naturwissensch. Klasse. Trop. Subtrop. Pflanzenwelt*, 1 : 1-145.

ANNEXE 1

ÉTAGES DE VÉGÉTATION A MADAGASCAR
ET PRINCIPALES FORMATIONS VÉGÉTALES

1. ETAGE DE VÉGÉTATION HUMIDE.

Caractéristiques climatiques : Déficit hydrique annuel cumulé = 0 ou < 100 mm : 0 à 2 mois de saison sèche. Moyenne des minimums du mois le plus froid entre 7 et 8 °C.

Localisation : Côte orientale du Sud de Vohémar à Ranopiso. De 0 à 1 100 m d'altitude environ, en fonction du relief et de l'exposition à l'alizé.

1.1. Déterminisme climatique prépondérant.

— Forêt dense humide sempervirente de basse altitude à Myristicacées et *Anthostema*.

— Forêt dense humide sempervirente de moyenne altitude à *Tambourissa* et *Weinmannia*.

1.2. Déterminisme édaphique prépondérant.

1.2.1. Sables littoraux.

- Proximité de la mer : fourré littoral.
- Forêt dense humide sempervirente littorale.

1.2.2. Sols hydromorphes.

- Forêts marécageuses.
- Marais herbeux.

1.3. Déterminisme biotique (action humaine) prépondérant.

— Formes de dégradation et de reconstitution des formations forestières : « savoka » ou fourrés secondaires à *Philippia*, *Helichrysum*, *Harungana*, *Ravenala*, etc. et forêts secondaires.

— Savanes herbeuses à *Imperata cylindrica*, *Hyparrhenia rufa*, *Aristida similis*.

2. ETAGE DE VÉGÉTATION SUB-HUMIDE.

Caractéristiques climatiques : Déficit hydrique annuel cumulé entre 100 et 300 mm. Moyenne des minimums du mois le plus froid entre 5 et 16 °C.

Localisation : Plateaux du Centre, dépression du lac Alaotra, Sambirano, Tsaratanana et Andringitra jusque vers 1 800-2 000 m d'altitude, enclaves de l'Isalo et de l'Anavelona.

2.1. Déterminisme climatique prépondérant.

— Forêt dense sub-humide sempervirente de basse altitude à Chlaenacée, Myristicacées et *Anthostema* (Sambirano).

— Forêt dense sub-humide sempervirente de moyenne altitude à *Tambourissa* et *Weinmannia*.

— Forêt sclérophylle de moyenne altitude à Chlaenacées et *Uapaca bojeri* (= « tapia »).

2.2. Déterminisme édaphique prépondérant.

- Marais.
- Tourbières.
- Rochers.

2.3. Déterminisme biotique prépondérant.

— Forme de dégradation et de reconstitution des formations forestières, identiques physionomiquement à celles de l'étage humide.

— Forêt claire à *Uapaca bojeri* (= « bois de tapias »).

— Pseudo-steppe à *Aristida rufescens* et *Loudetia spp.*

3. ETAGE DE VÉGÉTATION MONTAGNARD.

Caractéristiques climatiques : Déficit hydrique annuel cumulé inférieur à 100 mm : pas de saison sèche. Moyenne des minimums du mois le plus froid inférieur à 5 °C.

Localisation : Altitudes supérieures à 1 800 mm.

3.1. Déterminisme climatique prépondérant.

— Forêt dense humide de montagne.

3.2. Déterminisme édaphique prépondérant.

3.2.1. Epaisseur du sol.

- Forêt sclérophylle de montagne.
- Fourrés de montagne (à *Philippia*, à Bambous, etc.).
- Rochers.

3.2.2. Sols hydromorphes.

- Tourbières.
- Marais.

3.3. Déterminisme biotique prépondérant.

— Prairie altimontaine.

4. ETAGE DE VÉGÉTATION SEC ET SEMI-ARIDE.

Caractéristiques climatiques : Déficit hydrique cumulé de 300 à plus de 700 mm : 6 à 11 mois de saison sèche.

Localisation : Plaines et plateaux de l'Ouest au-dessous de 600 m d'altitude à l'exception de la bande côtière de Morombe à Fort-Dauphin.

4.1. Déterminisme climatique prépondérant.

— Forêt dense sèche à *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia*.

4.2. Déterminisme édaphique prépondérant.

— Faciès sur sols latéritiques, sur sols arenacés et sur calcaires de la forêt dense sèche.

— Fourré xérophile sur calcaire.

— Végétation de rochers.

Sols hydromorphes.

— Forêt dense humide semi-décidue ripicole.

— Forêt marécageuse.

— Marais.

4.3. Déterminisme biotique prépondérant.

— Savanes herbeuses, arborées, à palmiers..., à *Hyparrhenia rufa*, *Heteropogon contortus*, *Aristida rufescens*.

— Savanes à *Loudetia*, *Heteropogon contortus*, *Aristida congesta*.

5. ETAGE DE VÉGÉTATION SUB-ARIDE.

Caractéristiques climatiques : Déficit hydrique annuel cumulé supérieur à 700 mm : 10 à 12 mois de saison sèche. Moyenne des minimums du mois le plus froid inférieure à 15 °C.

Localisation : Bande côtière de Morombe à Fort-Dauphin.

5.1. Déterminisme climatique prépondérant.

— Fourré xérophile à Didiéreaçées et *Euphorbia*.

5.2. Déterminisme édaphique prépondérant.

— Faciès sur sables, sur calcaires, etc., du fourré xérophile.

5.3. Déterminisme biotique prépondérant.

Savane steppique à *Cenchrus ciliaris* et *Panicum voeltzkowii*.

ANNEXE 2

DIVISIONS FLORISTIQUES DE MADAGASCAR

RÉGION MALGACHE ORIENTALE.

Domaine de l'Est.

Secteur du Nord-Est.

Secteur de l'Est moyen.

Secteur du Sud-Est.

Domaine du Sambirano.

Domaine du Centre.

Sous-domaine du Centre Nord.

Secteur des moyennes montagnes.

Secteur des hautes montagnes.

Sous-secteur du Tsaratanana.

Sous-secteur du Marojejy.

Secteur des pentes occidentales.

Sous-domaine du Centre moyen.

Secteur des moyennes montagnes et hauts plateaux.

Secteur des hautes montagnes.

Sous-secteur de l'Ankaratra et du Vakinankaratra.

Sous-secteur de l'Andringitra.

Secteur des pentes occidentales.

Sous-domaine du Centre Sud.

Secteur des moyennes montagnes et plateaux.

Secteur des hautes montagnes (Andohahelo).

Secteur des pentes occidentales.

RÉGION MALGACHE OCCIDENTALE.

Domaine de l'Ouest.

Secteur du Nord.

Secteur de l'Ambongo-Boina.

Secteur de l'Ouest moyen.

Secteur du Sud-Ouest.

Domaine du Sud.

Secteur mahafaly.

Secteur de l'Androy.