

UNE BASE DE DONNÉES SUR LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES ARBORESCENTES, DE BASSE ET MOYENNE ALTITUDES, ENDÉMIQUES DES GHÂTS OCCIDENTAUX (INDE) : UN OUTIL POUR LES ÉTUDES RÉGIONALES DE PHYTOGÉOGRAPHIE ET POUR LA CONSERVATION

J. -P. PASCAL* ET B.R. RAMESH**

Université Cl. BERNARD LYON I.43, Bd du 11 novembre 1918 - 69622 Villeurbanne Cedex

*Laboratoire de Biométrie, Génétique et Biologie des Populations.

** Institut français de Pondichéry 605001 Inde

Résumé : Les forêts sempervirentes des Ghâts occidentaux sont caractérisées par un taux d'endémisme élevé : 63 % des 490 espèces arborescentes (circonférence ≥ 10 cm) sont endémiques. Toutefois, leurs aires de distribution sont très variées, principalement en raison des changements climatiques apparaissant le long des Ghâts (altitude, pluviosité, durée de la saison sèche). Pour déterminer ces aires de distribution naturelle et identifier les localités nécessitant une protection immédiate, l'Institut français de Pondichéry (IFP) a entrepris la création d'une base de données informatisée, portant sur les espèces arborescentes des Ghâts occidentaux. Ne sont considérées que les espèces endémiques des forêts de basse et moyenne altitudes (inférieure à 1 600 m). Les données proviennent des spécimens conservés dans les principaux herbiers indiens et étrangers (Botanical Survey of India, Kew Gardens, Muséum de Paris, etc.). L'identification de chaque spécimen est vérifiée et la localité, l'altitude, l'habitat, sont notés lorsqu'ils sont mentionnés. Ces données sont complétées par une analyse systématique de la littérature et par celles provenant des tournées de terrain, effectuées depuis 30 ans par les équipes de l'IFP. La première étape sera la publication d'un atlas de répartition des espèces endémiques, donnant également leurs fourchettes écologiques. Cet atlas servira à déterminer les régions à forte concentration d'endémiques, les espèces confinées à des aires réduites ou à des habitats particuliers, les vicariances entre espèces affines et les zones de transition. La comparaison des aires de distribution avec les cartes de végétation permettra, ensuite, d'identifier les espèces menacées par la réduction de leur aire et celles qui peuvent être considérées comme éteintes par suite de la totale disparition des forêts dans leur aire passée.

Mots-clés : Base de données, aires de distribution, endémisme, forêts sempervirentes, espèces menacées, Inde.

Abstract: The rain forest of the Western Ghats are characterized by a very high level of endemism: 63% of the 490 arborescent taxa (girth ≥ 10 cm) are endemic. However, their distribution varies greatly along the Ghats mainly in relation to the variations in the climatic conditions (altitude, rainfall, duration of the dry season). In order to determine their natural distribution and to detect the areas which need immediate attention for protection, the French Institute of Pondicherry has initiated a programme to prepare a data base for the endemic arborescent species of low and medium elevation forests of the Western Ghats. The data are taken from the herbarium sheets deposited in different herbaria (Botanical Survey of India, Kew Gardens, Paris Museum, etc.). The identification is verified and for each sheet the locality, altitude, habitat characteristics are taken whenever available. These data are supplemented by a systematic analysis of the literature and by intensive field surveys. Besides publishing an atlas of the distribution of the endemic species and their ecological range, the data base will also be used for determining the areas with high diversity and high level of endemism, the species confined to a small geographical area or habitat type, the geographical vicariances between species with botanical affinity and the transitional areas. Comparison with the vegetation maps will indicate the threatened species whose areas have been reduced and are under heavy anthropic pressure, as well as the species which have become extinct as the forests in which they were found have been felled.

Keywords: Species data base, distribution areas, endemism, evergreen forests, endangered species, India.

Introduction

Les Ghâts occidentaux forment un relief presque continu dominant la côte occidentale de l'Inde sur une longueur de 1 600 km environ. Ces reliefs sont encore largement couverts de forêts qui ont été pour la plupart soumises à une exploitation, parfois très intense.

Cette couverture végétale est maintenant relativement bien connue. Outre les nombreuses publications et flores locales publiées sur la région, notamment par le Botanical Survey of India, elle a fait l'objet de plusieurs études synthétiques : LEGRIS (1963, dans le cadre d'une synthèse à l'échelle de l'Inde), BLASCO (1971, pour les formations d'altitudes), PASCAL (1984b, pour les Ghâts occidentaux proprement dits). Parallèlement ont été réalisées des cartes de végétation à différentes échelles : GAUSSEN *et al.*, 1961, 1965, 1966, au 1/1 000 000), PASCAL (1982a, 1982b, 1984a, 1986, 1992, au 1/250 000), BELLAN (1981, au 1/250 000, pour les régions montagneuses) et une carte de reconnaissance pédologique (BOURGEON, 1989). Enfin, une clé d'identification de près de 500 espèces arborescentes, basée sur les seuls caractères végétatifs, a également été publiée (PASCAL & RAMESH, 1987).

Trois gradients climatiques s'exercent sur les reliefs des Ghâts (LEGRIS & VIART, 1961, MEHER-HOMJI, 1963 ; PASCAL 1982c, 1984). Un gradient d'abaissement de la température, lié à l'augmentation de l'altitude ; un gradient de pluviométrie, d'abord croissant de la côte au sommet des Ghâts, puis très rapidement décroissant une fois le sommet franchi ; enfin un gradient d'allongement de la saison sèche, de 1 à 7 mois, orienté sud-nord, déterminé par les dates et le trajet des fronts d'arrivée et de retrait de la mousson. A la diminution rapide de la pluviosité correspond le passage de formations sempervirentes aux formations caducifoliées, d'abord humides puis sèches.

Nous nous intéresserons ici uniquement aux forêts denses humides sempervirentes de basse et moyenne altitudes (jusqu'à 1 600 m). Au-dessus de cette altitude se rencontrent des formations sempervirentes au peuplement composé d'arbres rabougris, tortueux et bas branchus, souvent surchargés d'épiphytes, localement appelés *sholas* (BLASCO, 1971). Les forêts de basse et moyenne altitudes se trouvent sous des pluviosités supérieures à 2 000 mm, avec cependant quelques exceptions, dues généralement aux conditions édaphiques (BOURGEON & PASCAL, 1986; PASCAL *et al.*, 1988). Selon les variations de structures et de compositions floristiques, liées aux gradients climatiques, dix types de forêts sempervirentes ont été reconnus (PASCAL, 1984b) : sept types de plaine et de basse altitude, trois pour les altitudes moyennes. Une première analyse de la répartition des espèces arborescentes dans ces différents types fait apparaître des distributions très variées : certaines espèces sont confinées dans les régions méridionales à très courte saison sèche, d'autres se retrouvent dans tout le continuum sempervirent, d'autres, enfin, présentent des distributions géographiques intermédiaires. Une autre caractéristique importante de ces forêts denses des Ghâts est leur grande richesse en espèces endémiques : sur les 490 espèces répertoriées (de circonférence ≥ 10 cm), 63 % ne se rencontrent que dans cette région (RAMESH & PASCAL, 1991).

Compte tenu de la richesse des informations disponibles sur les Ghâts occidentaux et de la nécessité de fournir le plus rapidement possible aux décideurs des bases scientifiques précises pour élaborer une politique des priorités en matière de conservation des forêts et des espèces de la région, l'Institut français de Pondichéry (IFP) a lancé un programme visant à constituer une base informatisée des données concernant les espèces endémiques. Seront présentés ici la nature des données recueillies et leurs modes d'acquisition, ainsi que la structure de la base et ses potentialités d'utilisation dans les domaines de la phytogéographie et de la conservation.

Nature et sources des données

La base est limitée strictement aux espèces d'arbres réputées endémiques des forêts denses sempervirentes des Ghâts occidentaux de l'Inde pouvant atteindre, ou dépasser, 10 cm de circonférence à l'âge adulte. En sont donc exclus les petits arbustes du sous-bois et les buissons, ainsi que

les lianes, même celles qui atteignent de telles circonférences. La base a toutefois été étendue aux espèces d'arbres endémiques à la fois des Ghâts et de Sri Lanka.

Le premier travail a consisté à faire une étude bibliographique des espèces présentes dans les Ghâts, pour établir la liste de celles qui peuvent être considérées comme endémiques. Cette liste a été réalisée à partir de flores générales pour la région (COOKE, 1901-1908 ; GAMBLE, 1916-1935), ou de travaux consacrés aux espèces endémiques (AHMEDULLAH & NAYAR, 1986). Elle comprend actuellement 309 espèces.

Trois sources d'information sont prises en compte pour constituer la base : les échantillons déposés dans les divers herbiers, les données publiées dans la littérature et les relevés de terrain effectués par les chercheurs de l'IFP, sans qu'il y ait collecte d'échantillon. Ces trois sources correspondent à trois niveaux décroissants de fiabilité. Les informations provenant de ces trois sources font donc l'objet de fichiers séparés dans la base.

Une quinzaine d'herbiers ont été visités : herbiers du Botanical Survey of India (Calcutta, Pune, Coimbatore), herbiers des universités et des principaux organismes de recherche indiens (Madras, Coimbatore, Bangalore, Peechi, Trivandrum, etc.), Kew Gardens, Muséum national d'histoire naturelle (Paris), etc. Près de 10 000 échantillons correspondant aux espèces sélectionnées ont ainsi été étudiés. Après contrôle de la détermination botanique, une fiche a été établie pour chaque échantillon portant les références d'herbier et du collecteur, la date et le lieu de collecte, les indications d'altitude et d'habitat, lorsqu'elles existent.

L'analyse de la littérature fournit une deuxième catégorie de données. Il n'est évidemment pas possible de faire une revue exhaustive dans ce domaine. Nous avons consulté la plupart des flores régionales qui, concernant de petites surfaces (un ou deux districts), fournissent une bonne information sur la distribution des espèces (ARORA *et al.*, 1981; BOURDILLON, 1908; KESHAVAMURTHY & YOGANARASIMHAN, 1990; NAIR & NAYAR, 1987; RAMACHANDRAN & NAIR, 1988; RAMA RAO, 1914; SALDANHA & NICOLSON, 1976; YOGANARASIMHAN *et al.*, 1981). Parmi les revues, ont été plus particulièrement consultées les publications du Botanical Survey of India (notamment le Bulletin) qui fournissent souvent des listes d'espèces par localité. D'autres revues, pour l'essentiel indiennes, sont également utilisées (Indian forester, Journal of Economic & Taxonomic Botany, Journal of Bombay Natural History Society). Le défaut principal de cette source de données est, naturellement, l'impossibilité de contrôler les identifications, ce qui peut entraîner des erreurs pour certaines espèces rares, lorsqu'elles sont peu connues ou peu différentes d'autres espèces plus largement répandues.

La troisième source d'information est constituée par les nombreux relevés de terrain effectués depuis une quinzaine d'années par les chercheurs de l'IFP. Ces relevés, souvent très précis, ont pour la plupart été réalisés pour d'autres objectifs. La précision de la détermination des espèces varie selon les auteurs et les objectifs. En l'absence d'échantillon récolté, on ne peut donc pas être toujours certain de l'identification. Ces données sont toutefois prises en compte pour palier la pauvreté en échantillons de certaines espèces.

L'une des difficultés principales auxquelles nous avons eu à faire face est le repérage sur les cartes topographiques des localités indiquées par le collecteur. Très fréquemment, et notamment pour les vieilles collections, les localités correspondent à des lieux-dits, ou à de très petits hameaux, que l'on ne retrouve pas, ou plus, sur les cartes, même en utilisant les plus anciennes couvertures. Un nombre important de localisations sont restées imprécises, ce qui est particulièrement dommageable pour certaines espèces rares, dont il devient alors difficile de déterminer correctement l'aire de distribution. Un autre type d'incertitude provient de localisations trop vastes, couvrant de larges surfaces ou comportant des altitudes très différentes.

Un autre problème provient du fait que les prospections botaniques sont très inégalement réparties. Certaines régions, et naturellement les plus accessibles, sont sur-représentées. D'autres ne le sont pas du tout. Il s'agit le plus souvent de localités d'accès difficile, mais dont l'intérêt botanique est généralement très grand. Il est, par ailleurs, étonnant de constater que nombre d'espèces endémiques fréquentes et largement distribuées n'ont fait l'objet que de très peu de collectes. Les données prises dans la littérature et dans les relevés de l'IFP permettent, parfois, de compléter ces distributions.

Structure de la base

La base est réalisée avec le logiciel 4^e Dimension (version 4.1, © ACI, ACIUS 1985-1990). La structure générale est présentée par la Fig. 1. On y retrouve les trois grandes catégories de sources d'information et leur connexions.

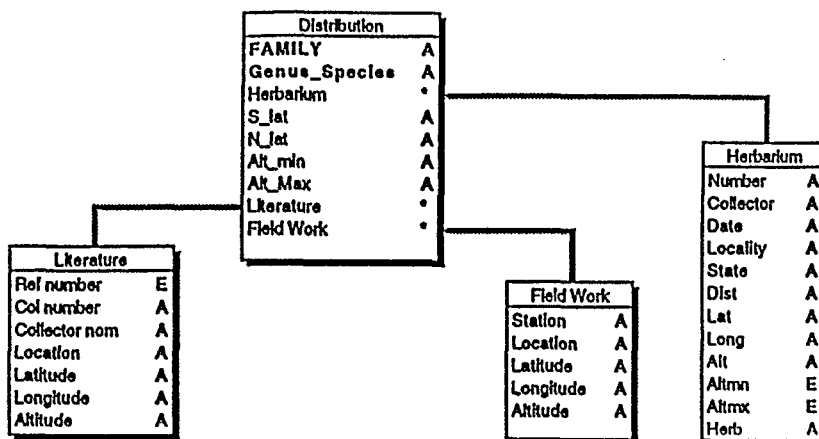


Figure 1
Structure générale de la base.

Le point d'entrée est l'échantillon. Pour chaque échantillon une fiche est établie portant le nom de l'espèce, la famille, les références de l'herbier. (ou de l'article), le nom du collecteur (ou de l'auteur), le numéro d'identification de l'échantillon dans l'herbier, la date de récolte, la localité, l'Etat et le district correspondants, les coordonnées en latitude et longitude (exprimées en degrés, minutes et secondes), l'altitude (Fig. 2).

Menu : Fichier Edition Mode Saisie Consultations Etats Spécial

Titre : Saisie pour Distribution

Boutons : OK, Supprimer, Annuler

Détails :

Acronym	MH
Collector	Henry, A.N. & Bose, M.C.
Number	19282
Date	5/7/1964
Locality	Periyar river side, near Inchikuzhi
State	Tamil Nadu
Dist	Tirunelveli
Lat	08°41'-42'
Long	77°14'-16'
Alt	750

Figure 2
Fiche de saisie des données.

Par construction de la base, les fiches se classent automatiquement en plusieurs niveaux d'organisation, permettant ainsi plusieurs entrées d'utilisation : famille, genre, espèce, localité, her-

bier, etc. Les Fig. 3, 4 et 2 fournissent une illustration de cette hiérarchie d'organisation. Dans la Fig. 3, l'entrée est la liste alphabétique des familles. Pour chaque famille, les espèces sont classées par ordre alphabétique. En cliquant dans une espèce particulière on fait apparaître la liste de tous les échantillons de cette espèce (Fig. 4). En cliquant dans un échantillon, on retrouve les données de base le concernant (Fig. 2).

LIST OF FAMILIES AND SPECIES	
300 RECORDS	
MORACEAE	Ficus beddomei King.
MYRISTICACEAE	Gymnacranthera farquhariana (J. Hk. & Thomson)
MYRISTICACEAE	Knema attenuata (J. Hk. & Thw.) Warb.
MYRISTICACEAE	Myristica fatua Houtt. var. magnifica (Bedd.) Sin
MYRISTICACEAE	Myristica malabarica Lam.
MYRSINACEAE	Ardisia amplexicaulis Bedd.
MYRSINACEAE	Ardisia blatteri Gamble
MYRSINACEAE	Ardisia rhomboidea Wt.
MYRSINACEAE	Ardisia sonchifolia Mez.
MYRSINACEAE	Maesa velutina Mez.
MYRSINACEAE	Rapanea striata Mez.

Figure 3
Liste des familles et des espèces.

Plusieurs types d'information sont ainsi très facilement obtenus, soit directement, soit à partir des recherches sur fichiers prévues dans le logiciel : liste des localités, par état ou par district, avec leurs coordonnées; liste des herbiers; liste des collecteurs; les listes des espèces qui leur correspondent.

Distribution				
Family	MYRISTICACEAE			
Genus_Species	Knema attenuata (J. Hk. & Thw.) Warb.			
Number	Latitude	Longitude	Altitude	
44369	08°39'-39'	77°15'-16'	666-1200	
54736	08°40'-42'	77°09'-11'	600	
19282	08°41'-42'	77°14'-16'	750	
65181	08°42'-43'	77°07'-09'	250	
66110	08°44'-45'	77°07'-09'	700	
63	08°44'-45'	77°05'-07'	1000	
24090	08°44'-46'	77°07'-08'	800	

Figure 4
Liste des échantillons pour une espèce.

Détermination des aires de distribution

Plusieurs procédures ont été réalisées permettant, par exemple, d'obtenir pour chaque espèce un tableau récapitulatif des échantillons avec toutes les informations de base (Fig. 5), ou encore calculant les coordonnées limitant sa distribution, en latitude et en longitude.

Ces coordonnées vont permettre la sortie graphique des aires de distribution. Pour cela, les données sélectionnées sont exportées sur Super Paint (pour l'instant *via* Excel). Chaque localité corres-

pendant à un échantillon vient se positionner sur une carte de la région grâce à un système de grille de repérage. Plusieurs échelles de carte sont prévues pour mieux rendre compte des distributions restreintes. Une impression en noir ou en couleur est ensuite réalisée.

MYRISTICACEAE		Knema attenuata (J. Hk. & Thw.) Warb.								
Herb	Number	Collector	Date	Locality	State	District	Latitude	Longitude	Altitude	
MH	19282	Henry, A.N. & Boes, M.C.	5/7/1984	Parayar river side near Inchikuzh	Tamil Nadu	Tirunelveli	08°41'-42'	77°14'-16'	750	
MH	65181	Mohan, M.	22/11/1978	Kallar	Kerala	Trivandrum	08°42'-43'	77°07'-09'	250	
MH	66110	Vivekanandan, K.	5/3/1980	Merchison Estate, Kallar	Kerala	Trivandrum	08°44'-45'	77°07'-09'	700	
HIFP	63	Fidada, C.E.	8/6/1978	Ponmudi	Kerala	Trivandrum	08°44'-45'	77°05'-07'	1000	
HIFP	26090	Koestemans, A.L.G.H.	11/6/1977	Ponmudi (road to)	Kerala	Trivandrum	08°44'-46'	77°07'-08'	800	
HIFP	28046	Koestemans, A.L.G.H.	8/6/1978	Ponmudi (road to)	Kerala	Trivandrum	08°44'-46'	77°07'-08'	800	
MH	46433	Vajravelu, E.	4/8/1975	Kottamalai R.F.	Tamil Nadu	Tirunelveli	08°52'-54'	77°32'-34'	925	
MH	44338		26/11/1993	Kulathupuzha	Kerala	Oulion	08°54'-55'	77°03'-04'	99	
MH	63181	Mohanan, C.N.	19/7/1978	Kulathupuzha	Kerala	Oulion	08°54'-55'	77°03'-04'	300	
MH	54836	Mohan, M.	16/5/1978	Kulathupuzha	Kerala	Oulion	08°54'-55'	77°03'-04'	250	
MH	61150	Mohanan, C.N.	19/2/1978	Chendankavu	Kerala	Oulion	08°55'-56'	77°02'-03'	150	
MH	44552	Bedona, R.H.	0/0/1973	Courtallam Hill	Tamil Nadu	Tirunelveli	08°55'-56'	77°15'-17'	700-800	
MH	59501	Mohanan, C.N.	17/12/1978	Aryankavu	Kerala	Oulion	08°58'-59'	77°08'-11'	500	
CAL	381632	Glader & Ramaswami, M.S.	30/8/1913	Achenkoll, Iravancore	Kerala	Oulion	09°02'-03'	77°07'-09'	350-400	

Figure 5
Tableau récapitulatif par espèces.

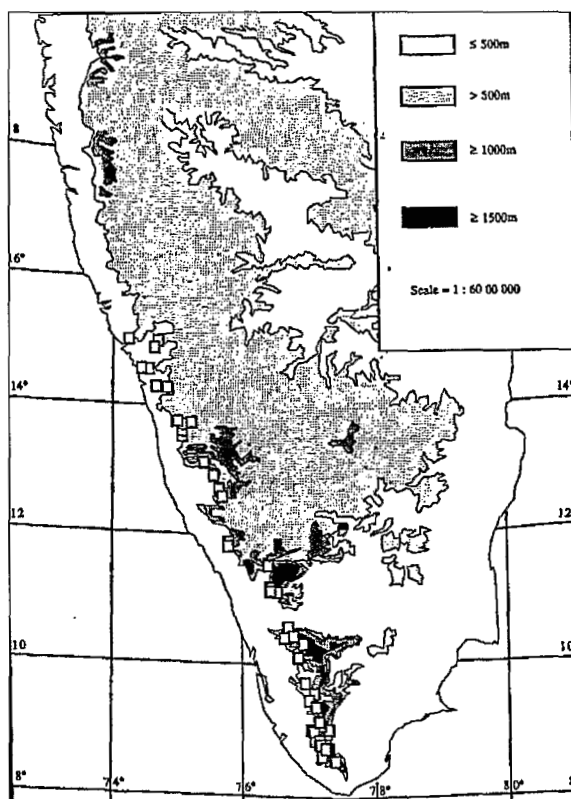


Figure 6
Aire de distribution de *Knema attenuata* (J. Hk. & Thw.) Warb.

Les figures 6 à 9 visualisent quelques exemples de distributions (seules les données provenant des échantillons d'herbier sont prises en compte ici, celles issues de la littérature et des relevés apparaîtront avec des figurés distincts. Les aires peuvent être très différentes :

Knema attenuata (Fig. 6), par exemple, se retrouve pratiquement tout le long du continuum sempervirent et ne disparaît que lorsque la saison sèche excède six mois. A l'inverse, *Hopea utilis* (Fig. 7) a une distribution très restreinte : il n'apparaît que dans quelques bassins sur le versant oriental des Ghâts, à la latitude de Tirunelveli. Dans cette région, la saison sèche moyenne ne dépasse pas deux à trois mois ; les conditions climatiques sont particulières du fait de l'orientation à l'abri des vents de la mousson d'été et de l'exposition directe aux pluies et vents liés aux dépressions cycloniques de fin d'année.

Dipterocarpus bourdillonii (Fig. 8) présente une distribution encore différente : cette espèce est pratiquement confinée au Travancore où elle était assez fréquente et apparaît, mais rarement, aux latitudes supérieures à la passe de Palghat. Sa limite absolue se trouve

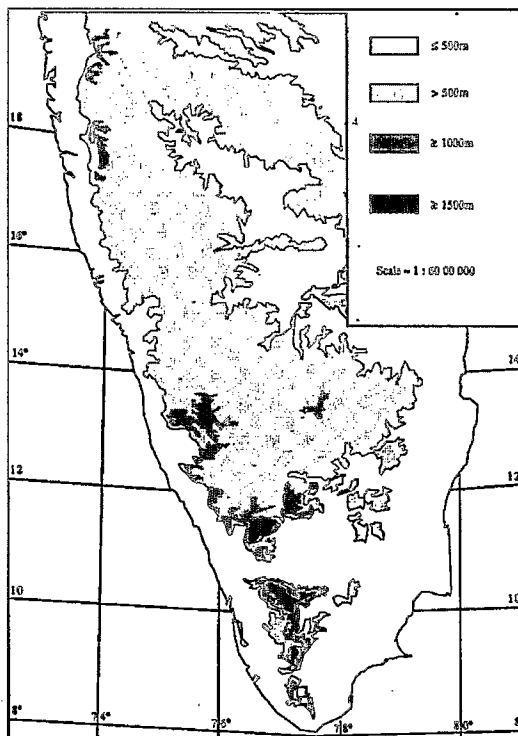


Figure 7

Aire de distribution de *Hopea utilis* (Beedd.) Bole.

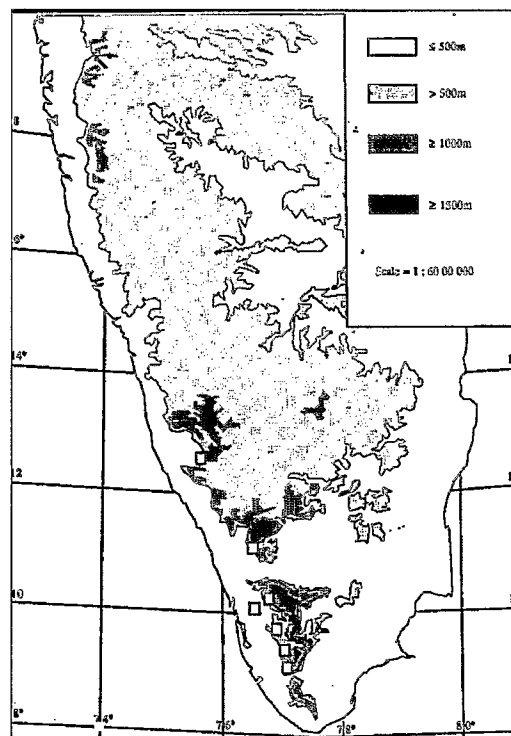


Figure 8

Aire de distribution de *Dipterocarpus bourdillonii* Brandis.

dans les forêts du Coorg. *Diospyros saldanhae* (Fig. 9) illustre la distribution inverse : il se retrouve depuis la passe de Palghat jusqu'aux hauteurs qui dominent Goa, c'est-à-dire sous des latitudes où la saison sèche est longue, entre quatre et sept mois, la pluviosité restant élevée (supérieure à 3 000 mm).

Un atlas des aires de distribution est en préparation.

Mise en évidence des amplitudes écologiques des espèces

Il est facile de confronter les aires de distribution obtenues à partir de la base aux conditions climatiques et édaphiques qui sont connues par ailleurs. On peut ainsi déterminer pour chaque espèce son amplitude écologique que l'on peut préciser en prenant en compte les indications d'habitat lorsqu'elles existent. La précision obtenue est très grande dans le cas des espèces à aires géographiques réduites, telles, par exemple, *Hopea utilis*, *Diospyros barberi* (confiné autour du pic Agastyamalai), ou *Decussocarpus wallichianus* (présent sur les versants orientaux des Ghâts au-dessus de 1 000 m).

Le couplage de la base avec un système d'information géographique où seront entrées les données climatiques, pédologiques, les cartes de végétation et les divisions administratives, est prévu ultérieurement. Il permettra de réaliser beaucoup plus facilement l'étude des amplitudes écologiques.

La base peut fournir dans certains cas des informations encore plus subtiles, par exemple, à partir des dates de collecte et des latitudes, on peut mettre éventuellement en évidence un décalage dans la floraison en relation avec l'allongement de la saison sèche.

Mise en évidence d'espèces vicariantes

Plusieurs espèces, très proches d'un point de vue systématique, présentent des aires de distribution décalées en latitude ou en altitude. Tel est le cas, par exemple, de *Diospyros pruriens*, relayé, lorsque la saison sèche devient trop importante par *D. saldanhae*. On trouve d'autres exemples chez

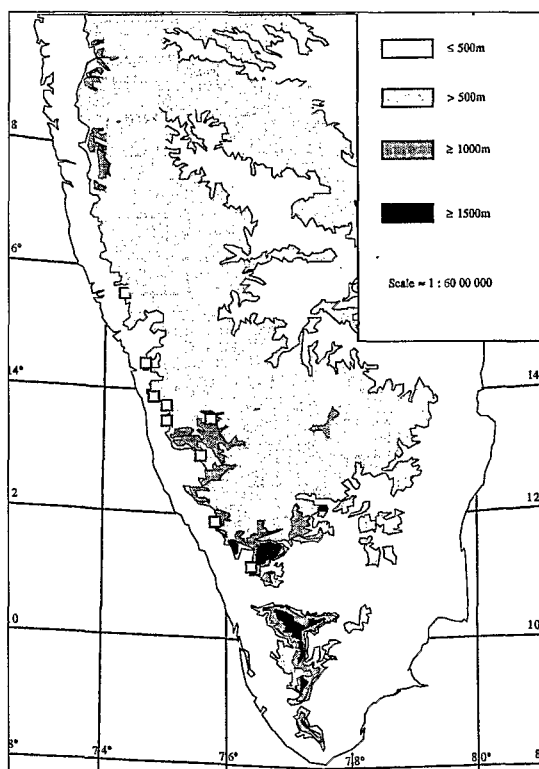


Figure 9

Aire de distribution de *Diospyros saldanhae* Kostermans.

Cette information sera évidemment capitale aussi bien pour les travaux de phytogéographie concernant les foyers de spéciation ou les aires refuges, que pour les décisions en matière de conservation.

La richesse en endémiques peut s'envisager soit pour les espèces endémiques des Ghâts dans leur ensemble, mais à large distribution à l'intérieur de ceux-ci, soit pour les espèces qui sont confinées à des régions particulières. La région d'Agastyamalai et des collines de Mundanthurai et de Kaladad illustre bien cette concentration en espèces endémiques : *Diospyros barberi*, *Eugenia discifera*, *E. indica*, *E. singampattiana*, *Pœciloneuron pauciflorum*, *Psychotria globicephala*, *Hopea erosa* et *H. utilis*, par exemple, ne se trouvent que là.

Certaines régions, riches en espèces qui leur sont endémiques, correspondent aussi à la limite des aires de nombreuses espèces à plus large répartition. Elles constituent à la fois un foyer d'endémisme et une zone de transition. Tel est le cas du Coorg où *Diospyros bourdillonii*, *D. nilagirica*, *Hopea racophloea*, *Semecarpus auriculatua* et *Dipterocarpus bourdillonii*, trouvent, entre autres, leur limite septentrionale alors que *Hopea jacobii*, *H. canarensis* et *Diospyros pruriens* y sont strictement confinés.

Utilisation de la base dans le domaine de la conservation

La base de données peut constituer un outil puissant dans la sélection des sites à conserver. Les deux aspects cités plus haut sont ici à prendre en compte : la protection des zones particulièrement riches en espèces endémiques et celle des zones renfermant des espèces qui leur sont strictement confinées. Le choix des zones, ou forêts, à protéger devra également prendre en compte l'état présent de la région considérée, qui a pu varier considérablement depuis la collecte des échantillons. Il faudra donc intégrer les données des cartes de végétation les plus récentes pour affiner le choix, puis effectuer un contrôle de terrain pour s'assurer de la présence des espèces à sauvegarder.

La comparaison entre aires de répartition, établies à partir de l'ensemble des collectes, même les plus anciennes, et les cartes de végétation, donnant l'état actuel du couvert, montre pour certaines

les *Garcinia*, les *Humboldtia*, les *Vateria*, etc. Ces cas sont fréquents dans les Ghâts où de nombreuses espèces sont confinées à quelques bassins et remplacées dans les vallées voisines par des espèces affines. Il y a là un champ d'étude intéressant dans le domaine de la spéciation et de la mise en place de la diversité biologique au niveau régional.

La comparaison des aires de distribution d'espèces voisines montre immédiatement les possibilités de vicariance. Il faut, naturellement, effectuer une analyse plus précise de la place exacte de ces espèces dans l'écosystème pour savoir si le cas de vicariance est réel.

Identification des zones à haute diversité biologique et des zones de transition floristique

Il est facile à partir de la base de dresser la liste des espèces par localités ou divisions administratives, ou selon des fourchettes de latitudes ou d'altitudes. L'établissement d'une liste par unité géographique, par types de forêt sempervirente ou catégories de sol nécessite, en l'absence d'un couplage avec un système d'information géographique, une opération manuelle, mais reste tout à fait réalisable.

On peut ainsi mettre en évidence les zones particulièrement riches en espèces endémiques.

espèces qu'il n'y a plus de forêt à l'intérieur de l'ancienne aire. On peut donc considérer ces espèces comme éteintes. C'est le cas de nombreuses espèces endémiques de forêts de plaine du Kérala parmi lesquelles on peut citer *Buchanania lanceolata*, *Cynometra beddomei*, *Dialium travancoricum*, *Garcinia imbertii*, *Inga cynometroides* et *Syzygium chavarum*, ou encore des forêts du South Kanara, comme par exemple *Hopea canarensis*. Pour d'autres espèces, la disparition des forêts à l'intérieur de leur aire ne sera pas totale, mais partielle. Dans certains cas, il en restera suffisamment peu pour que l'on puisse considérer l'espèce comme en danger. Le danger d'extinction sera d'autant plus grand que la pression anthropique avoisinante sera élevée. Tel est, notamment, le cas des espèces inféodées aux conditions édaphiques particulières des « *Myristica swamps* », formations marécageuses systématiquement coupées pour faire place à des rizières.

La base pourra donc être utilisée pour établir la liste des espèces endémiques des Ghâts que l'on peut considérer comme disparues, celle des espèces menacées, avec les sites à protéger correspondants, et les zones qui présentent un intérêt par leur haute teneur en espèces endémiques, même si aucune n'est particulièrement menacée. Elle constitue donc un outil puissant pour la réalisation de cartes thématiques des zones à protéger en priorité.

Conclusion

La chaîne des Ghâts, par son étendue et sa diversité constitue un bon modèle pour approcher sur le plan fondamental certaines questions phytogéographiques : foyers de spéciation, zones refuges, endemisme, vicariance et diversité biologique. Elle se situe, cependant, dans une région où la pression de l'homme est forte, ce qui oblige à des choix en matière de conservation. La communauté scientifique a rassemblé suffisamment d'éléments pour que ces choix soient fait en respectant au mieux le maintien des espèces et des formations. Il convient donc d'utiliser ce savoir pour fournir rapidement, et sous une forme appropriée, cette information aux décideurs. C'est dans cet esprit qu'a été lancé à l'Institut français de Pondichéry un programme visant à produire dans un premier temps les aires de distribution des espèces arborescentes endémiques des Ghâts et, dans un deuxième temps, des listes d'espèces menacées avec des cartes de localisation des forêts à protéger.

Une base informatisée a été constituée à cet effet avec le logiciel 4^e Dimension. Elle rassemble l'ensemble des données disponibles sur les collectes d'échantillons et sur les localisations des espèces concernées. On obtient ainsi les aires de distribution et les amplitudes écologiques des différentes espèces. La confrontation de ces informations avec les cartes de végétation de la région permet d'identifier les espèces en danger, les zones à haute richesse spécifique et de proposer le classement des forêts qui leur correspondent.

BIBLIOGRAPHIE

- AHMEDULLAH M. & NAYAR M. P. - 1986 - Endemic Plants of the Indian Region. Botanical Survey of India, Calcutta.
- ARORA R. K. *et al.* - 1981 - The Botany of South Kanara District. Dehra Dun.
- BELLAN M.-F. - 1981 - Notice de la carte Palni Hills (India) à 1/250 000. 97 p. Institut de la carte internationale du Tapis Végétal, Toulouse, France.
- BLASCO F. - 1971 - Montagnes du Sud de l'Inde : forêts, savanes, écologie. 436 p. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Tome X.
- BOURDILLON T.F. - 1908 - The forest trees of Travancore. Bishen Singh M. P. S., Dehra Dun.
- BOURGEON G. - 1989 - Reconnaissance soil map of forest area. Western Karnataka and Goa. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Hors série n° 20.
- BOURGEON G. & PASCAL J.-P. - 1986 - Influence des héritages morphopédologiques dans la répartition des formations forestières : région de Sorab-Siddapur (Inde du Sud). *Bois et Forêt des tropiques*, 214 : 3-21.
- COOKE T. - 1901-1908 - Flora of the Presidency of Bombay. 3 volumes. Botanical Survey of India, Calcutta.
- GAMBLE J.S. - 1916-1935 - Flora of the Presidency of Madras. 3 volumes. Botanical Survey of India, Calcutta.
- GAUSSEN H., LEGRIS P., VIART M. *et al.* - 1961 - Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques au 1/1 000 000. Feuille Cape Comorin. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Hors série n° 1.
- GAUSSEN H., LEGRIS P., VIART M. *et al.* - 1965 - Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques au 1/1 000 000. Feuille Bombay. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Hors série n° 8.
- GAUSSEN H., LEGRIS P., VIART M. *et al.* - 1966 - Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques au 1/1 000 000. Feuille Mysore. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Hors série n° 7.
- KESHAVAMURTHY K.R. & YOGANARASIMHAN S.N. - 1990 - Flora of Coorg (Kodagu), Karnataka, India. Vimsat Publishers, Bangalore.
- LEGRIS P. - 1963 - La végétation de l'Inde : écologie et flore. 596 p. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Tome VI.
- LEGRIS P., VIART M. - 1961 - Bioclimates of South India and Ceylon. Inst. fr. Pondich. trav. sec. sci. tech. T. III, fasc. 2.
- MEHER-HOMJI V.M. - 1963 - Les bioclimats du sub-continent indien et leurs types analogues dans le monde. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Tome VII.
- NAIR K. K.N. & NAYAR M. P. - 1987 - Flora of Courtallam. 2 vol. Botanical Survey of India, Calcutta.
- PASCAL J.-P. (with the collaboration of SHYAM SUNDER S. & MEHER-HOMJI V.M.) - 1982a - Forest Map of South India - Mercara-Mysore. Published by the Karnataka and the Kerala Forest departments and the French Institute of Pondicherry (Inde).
- PASCAL J.-P. (with the collaboration of SHYAM SUNDER S. & MEHER-HOMJI V.M.) - 1982b - Forest Map of South India - Shimoga. Published by the Karnataka Forest Department and the French Institute of Pondicherry (Inde).
- PASCAL J.-P. - 1982c - Bioclimates of the Western Ghats/ Bioclimats des Ghâts occidentaux. 2 feuilles au 1/500 000. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Hors série n° 17.
- PASCAL J.-P. (with the collaboration of SHYAM SUNDER S. & MEHER-HOMJI V.M.) - 1984a - Forest Map of South India - Belgaum-Dharwar-Panaji. Published by the Karnataka Forest Depart. and French Institute of Pondichéry.
- PASCAL J.-P. - 1984b - Les forêts denses humides sempervirentes des Ghâts occidentaux. Ecologie, structure, floristique et succession, 365 p. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Tome XX.
- PASCAL J.-P. - 1986 - Explanatory booklet on the Forest Map of South India, 88 p. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Hors série n° 18.
- PASCAL J.-P. - 1992 - Forest Map of South India - Bangalore-Salem. Published by the Karnataka and Tamil Nadu Forest Departments and the French Institute of Pondicherry (Inde).
- PASCAL J.-P. & RAMESH B.R. - 1987 - A field key to the trees and lianas of the evergreen forests of the Western Ghats (India), 236 p. Inst. fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech. Tome XXIII.
- PASCAL J.-P., RAMESH B.R. & BOURGEON G. - 1988 - The "kan forests" of the Karnataka plateau (India): structure and floristic composition, trends in the changes due to their exploitation. *Tropical Ecology*, 29 (2) : 9-23.
- RAMACHANDRAN V. S. & NAIR V. J. - 1988 - Flora of Cannanore. Botanical Survey of India, Calcutta.
- RAMA RAO M. - 1914 - Flowering Plants of Travancore. Bishen Singh M. P. S., Dehra Dun.
- RAMESH B.R. & PASCAL J.-P. - 1991 - Distribution of endemic arborescent evergreen species in the Western Ghats. Proceedings of the Symposium on rare, endangered & endemic plants of the Western Ghats. Thiruvananthapuram, Inde. p 1-7.
- SALDANHA C.J. & NICOLSON D.H. - 1976 - Flora of Hassan District, Karnataka, India. Amerind Publ.Co, New Delhi.
- YOGANARASIMHAN S. N. *et al.* - 1981 - Flora of Chickmagalur District, Karnataka, India. International Book Distributors, Dehra Dun.