



Institut Français de Pondichéry : la façade occidentale.

L'INSTITUT FRANÇAIS DE PONDICHÉRY

Trente ans de recherche en Inde

par J.-P. PASCAL et P. LEGRIS

NDLR : Cet article est l'un des derniers écrits de M. LEGRIS dont nous avons appris avec infiniment de tristesse la disparition brutale. Son nom restera à jamais lié à l'Institut Français de Pondichéry et à l'Institut Cartographique International de l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

SUMMARY

THE FRENCH INSTITUTE OF PONDICHERY

Thirty years of research in India

The French Institute of Pondichery (FIP) has been created in 1955 under the treaty of Cession of the French Establishments in India as per the wishes of the Prime Minister Jawaharlal NEHRU.

The permanent staff includes scientists, French scholars and Pandits of high level. Other research scholars of various origins and nationalities spend brief periods in the Institute to collaborate to the programmes.

Three main fields of research are developed in the FIP : indological sciences, ecology of the renewable resources and environment ; production systems and rural development. This paper deals with the second one and draws an overview of the main results regarding bioclimates, types of vegetation, vegetation mapping, soils, conservation, functioning of the forest ecosystem and palynology.

RESUMEN

EL INSTITUTO FRANCES DE PONDICHERY

Treinta años de investigación en la India

El Instituto Francés de Pondichery (F.I.P.) fue fundado en 1955, de conformidad con el tratado de cesión de los establecimientos franceses de la India y para así responder a los deseos expresados por el Primer Ministro de la época, Jawaharlal NEHRU.

El personal permanente está formado por científicos, investigadores franceses, así como de los Pandits de elevado nivel.

Otros investigadores, de orígenes y nacionalidades diversas, efectúan breves períodos de prácticas en el Instituto, con objeto de colaborar en los programas desarrollados.

En el F.I.P. se desarrollan tres principales sectores de investigación, a saber :

— Indología,

— Ecología de los recursos renovables y medio ambiente humano,

Sistema de producción y desarrollo rural.

En este artículo se trata del segundo sector mencionado y asimismo, se examinan sucesivamente los principales resultados relativos a la bioclimatología, los tipos de vegetación, los mapas de la vegetación, los suelos, la conservación, el funcionamiento de los ecosistemas forestales y, asimismo, la palinología.

ORGANISATION

L'IFP comprend environ 60 personnes dont 21 chercheurs répartis dans les diverses disciplines. Ce personnel permanent est constitué de chercheurs détachés de la Métropole pour des séjours de durée variable ou de chercheurs indiens (Pandits traditionnels, Dr. ès-Sciences, Ph. D., M. Sc.) auxquels s'ajoutent des chercheurs de diverses origines, français ou étrangers, effectuant des séjours à l'IFP, soit dans le cadre d'une collaboration aux programmes, soit pour leurs recherches

propres. Des stages de formation complémentaire sont organisés pour des jeunes chercheurs français et indiens.

L'infrastructure de l'IFP comporte des laboratoires de pédologie et de palynologie, des ateliers de cartographie et d'informatique, des bibliothèques spécialisées en Sciences Naturelles et en Indologie et des collections de référence : herbier, lames polliniques, collection iconographique.

Centre de formation complémentaire des IGRF

L'IFP entretient avec l'ENGREF des relations privilégiées qui se sont concrétisées en 1984 par un accord-cadre de coopération. Aux termes de cet accord l'IFP constitue l'un des deux centres de formation tropicale complémentaire des ingénieurs-élèves de l'ENGREF. Le centre de Kourou est plus particulièrement orienté vers la sylviculture et l'aménagement de forêts peu ou pas perturbées tandis que l'IFP permet d'étudier un contexte où l'action de l'homme a très fortement marqué les peuplements forestiers.

Deux types de formation coexistent à l'IFP : une for-

mation doctorale de plusieurs années ou des stages de 6 mois en moyenne en fin de 2^e année d'école. Dans tous les cas, les sujets de recherches finalisées sont choisis dans le cadre des programmes de l'IFP. Les dominantes en sont : l'écologie forestière, les bases scientifiques de l'aménagement, la gestion de l'irrigation (système-expert) et l'étude de l'évapotranspiration.

Pour permettre une formation de haut niveau, l'ENGREF a consenti un effort important d'équipement des laboratoires de Pondichéry, notamment en informatique et en pédologie.

I. BIOGÉOGRAPHIE, TYPES DE VÉGÉTATION ET MILIEUX NATURELS

Les recherches portant sur l'inventaire et l'écologie des formations végétales et les études concernant les milieux naturels (climats, sols...) sont poursuivies à l'IFP depuis sa création. Des synthèses à l'échelle de l'Inde entière ou pour l'ensemble de l'Asie du Sud et du Sud-Est ont déjà été réalisées pour les bioclimats et les types de végétation.

A. Bioclimats

Les études bioclimatiques peuvent être définies comme celles des climats en relation avec les êtres vivants. Ceci veut dire que l'on ne considère que les facteurs climatiques de quelque importance pour les plantes et les animaux.

Les programmes étant orientés sur les études de la

végétation, les principaux facteurs pris en considération seront :

- les précipitations totales et leur répartition dans l'année,
- l'humidité atmosphérique,
- la température du mois le plus froid,
- la durée et place de la saison sèche, calculée selon la méthode de Bagnouls et Gaussen,
- l'intensité de la sécheresse, estimée par l'indice xérothermique.

En prenant ces critères deux séries de cartes ont été publiées :

- *Carte bioclimatique de l'Asie du Sud et du Sud-Est au 1/2.500.000.*

La région cartographiée s'étend de la frontière du Pakistan, à l'ouest, à l'Irian Jaya (Indonésie), à l'est (voir fig. 1).

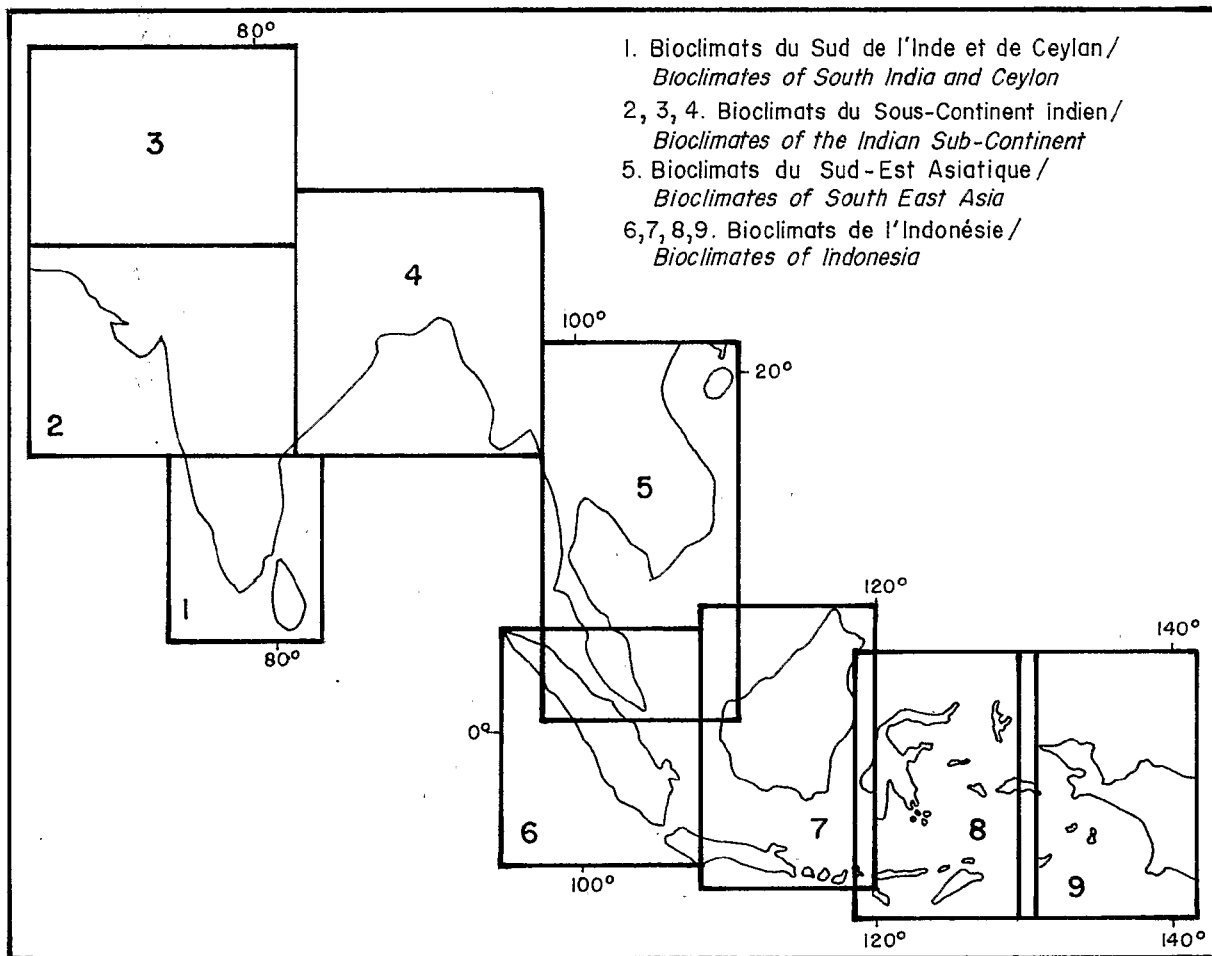


Fig. 1. — *Carte bioclimatique de l'Asie du sud et du sud-est (1/2.000.000).*

L'avantage de couvrir de vastes surfaces avec la même méthode est de rendre possible les comparaisons entre les bioclimats de divers pays. Une des applications pratiques est que des espèces qui prospèrent sous un bioclimat donné peuvent être introduites en reboisement dans des régions à climat analogue avec quelques chances de succès.

— *Cartes bioclimatiques régionales.*

Elles ont été réalisées à 2 échelles : au 1/500.000, les bioclimats des Ghâts occidentaux ; au 1/100.000 les bioclimats des Palnis et des Nilgiris.

Ces cartes prennent en compte la variabilité interannuelle de la pluie et de la saison sèche. Cette variabilité peut parfois expliquer la distribution des types de végétation.

D'autres travaux ont été réalisés sur les bioclimats, par exemple une étude sur les bioclimats du sous-continent indien et les climats analogues dans le monde. Une autre publication traite de la variabilité des facteurs bioclimatiques sur les montagnes du sud de l'Inde.

Mentionnons, enfin, que chaque carte bioclimatique est complétée par une notice explicative.

B. Etude des types de végétation

Les études de la végétation sont au centre des préoccupations de l'IFP. Elles concernent la systématique, les

structures spatiales et le fonctionnement des écosystèmes ainsi que la répartition géographique des types de végétation et les corrélations avec les bioclimats et les sols.

Parmi les travaux les plus importants réalisés à l'IFP dans ce domaine, nous citerons la classification des forêts de l'Inde et ceux, plus localisés, portant sur les montagnes du sud de l'Inde, les mangroves et les forêts denses des Ghâts occidentaux.

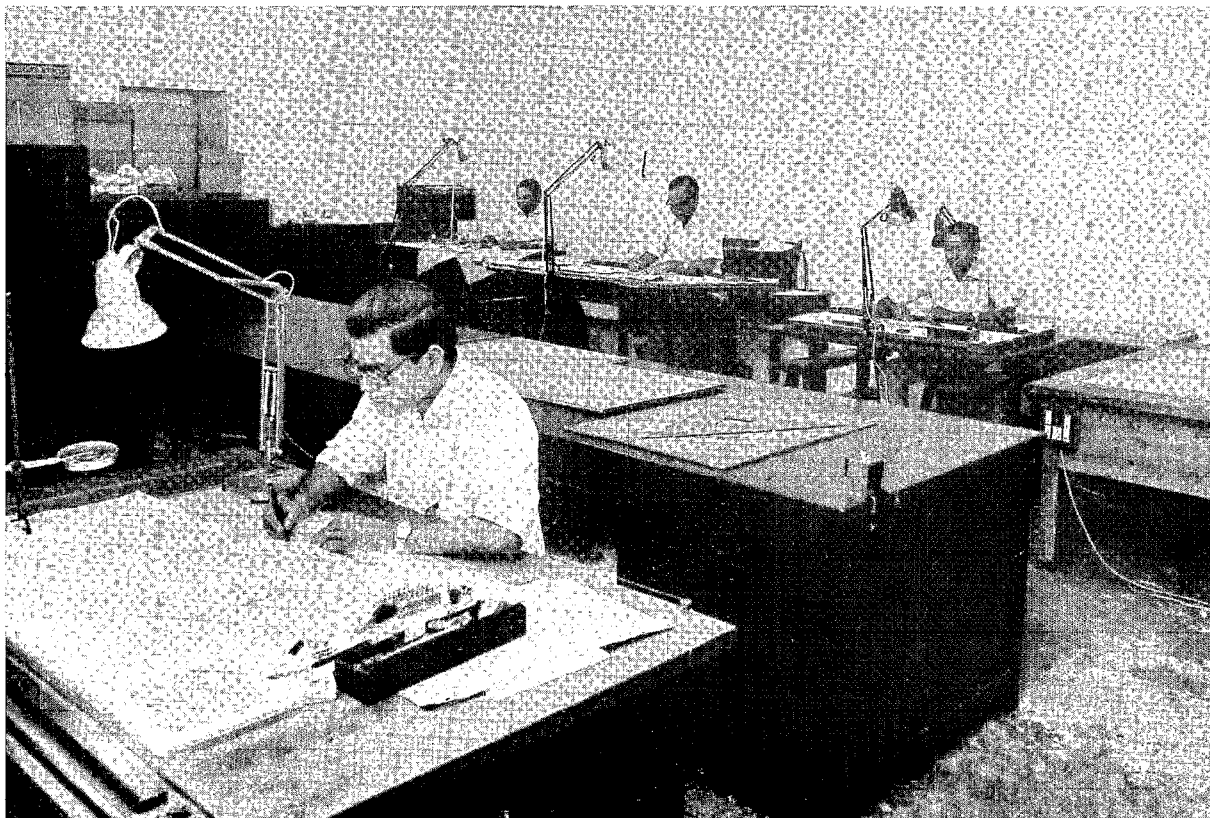
1. La végétation de l'Inde : écologie et classification des types de végétation

Lors de la création de l'IFP, la classification des forêts de l'Inde à laquelle se réfèrent tous les forestiers et les phytogéographes indiens était celle de Sir H. Champion (1936), révisée en 1968 avec S. K. Seth. Cette classification convient parfaitement aux Services Forestiers. Elle nous semblait cependant ne pas tenir assez compte de l'écologie des formations. Nous avons donc entrepris une étude générale de la végétation de l'Inde dont les principaux résultats sont résumés ci-dessous.

On peut distinguer deux grands groupes : les formations déterminées principalement par les climats et celles déterminées principalement par le substrat.

— L'étude des *formations climatiques* est basée essentiellement sur la distinction de *séries de végétation*.

Atelier de cartographie.





Entrée de la section scientifique.

Cette notion, définie par H. GAUSSEN, a fait ses preuves dans l'étude de la végétation des régions tempérées. Elle est également applicable aux formations tropicales. Elle a l'avantage de faire intervenir la notion pratique de *plésioclimax* beaucoup plus accessible que le climax théorique, trop souvent indéterminable, surtout dans les régions sèches. La complexité floristique, l'importance relative des facteurs écologiques, l'action plus ou moins intense des facteurs biotiques de dégradation, ont créé une extrême variété de groupements végétaux. Une étude statique de ces groupements aboutirait à une multiplication des types rendant toute synthèse difficile. La notion de série, qui tient compte du dynamisme et de l'écologie des formations, fournit un dénominateur commun à des formations physionomiquement et souvent floristiquement différentes. Il faut remarquer cependant que si la progression de la végétation vers le *plésioclimax* peut être mise en évidence dans les séries humides, on ne peut déceler qu'une tendance à la progression dans les séries sèches.

Trois groupes de formations peuvent être distingués en Inde, chacun se subdivisant en séries de végétation :

- les formations denses humides sempervirentes, semi-décidues ou décidues,
- les formations denses sèches, semi-décidues ou décidues,
- les formations sèches épineuses.

Un quatrième groupe comprend des formations d'altitude de l'Himalaya qui se distinguent nettement des formations de plaine et de basse altitude.

— Dans les *formations édaphiques* les principaux types sont les mangroves, les groupements sur sols salins, les groupements des sols côtiers et la végétation des eaux douces. Ces groupements ont une composition floristique homogène, relativement simple et étroitement liée aux conditions édaphiques. Leurs limites sont nettes. Leur évolution est fortement ralentie par un facteur limitant (excès de salinité, excès d'eau). Il n'est donc pas question de distinguer des séries de végétation.

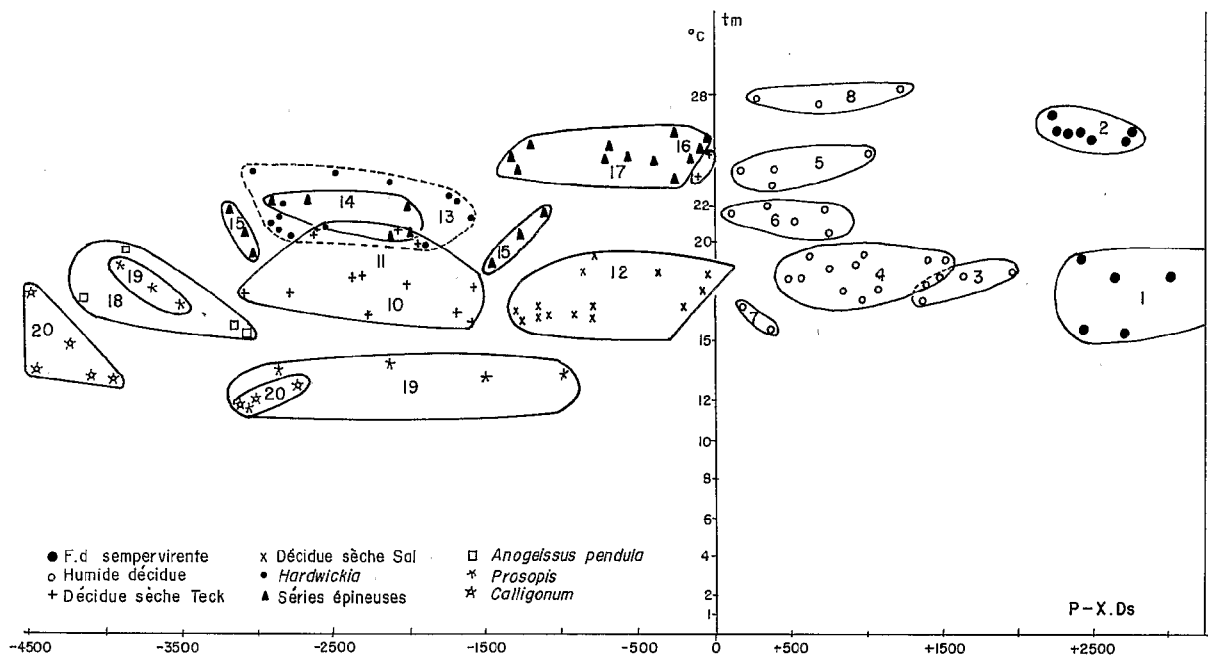


FIG. 2. — Dispersion des forêts en fonction de la température, de la pluviométrie et de l'indice xérothermique.

Ces groupements diffèrent fondamentalement des faciès édaphiques des séries de végétation climatiques qui ne sont que des variantes de la composition moyenne de ces séries.

Un exemple d'indice séparant correctement les « aires écologiques » des principales séries de l'Inde est le bilan hydrique qui tient compte de la pluviométrie et des facteurs d'évapotranspiration (voir fig. 2).

Ce bilan permet également d'expliquer les principales voies de migration des flores, rendues possibles par des variations de pluviométrie ou de température telles qu'il s'en est produit très vraisemblablement au cours du Quaternaire.

2. Montagnes du sud de l'Inde

Un premier exemple d'étude régionale concerne le territoire correspondant aux montagnes du sud de l'Inde. L'étude de l'étagement de la végétation, à partir des piémonts, a mis en évidence un étage montagnard, bien individualisé par son écologie, par une flore particulière et par le dynamisme de sa végétation.

Les savanes couvrent sur ces montagnes de grandes surfaces. Une cause importante de leur extension actuelle est l'occupation par l'homme de ces régions depuis des temps très reculés. Mais leur origine est antérieure à l'homme comme le montrent les sondages palynologiques (voir infra).

Six types herbacés sont nettement individualisés physiologiquement et floristiquement dans l'étagement altitudinal de ces montagnes.

Les formations forestières orophiles, entre 800 et 1 800 m d'altitude, sont des forêts sempervirentes à *Lauraceae*, *Clusiaceae* et *Euphorbiaceae*, sur la façade occidentale de ces reliefs, et des forêts semi-décidues à *Lauraceae* et *Méliaceae* sur la façade orientale. Les types secs des versants nord à *Combretaceae* et Légumineuses ont disparu presque partout.

Au-dessus de 1 800 m, la distinction entre forêt de crête et vallicole (*shola*) s'impose. Les premières ont presque totalement disparu car elles sont vulnérables aux facteurs de dégradation, au premier rang desquels se placent les feux de savanes qui parcourent annuellement des étendues considérables. Les *shola* sont essentiellement déterminées par des facteurs édaphiques, donc peu sensibles aux fluctuations de la saison sèche qui peuvent être très importantes, comme le montre l'étude de la variabilité interannuelle des climats.

La plupart des *shola* étant des formations secondaires, très perturbées par l'homme et par les animaux sauvages, de nombreuses essences de lumière figurent dans leur composition floristique. Certains ligneux avides de lumière (*Ericaceae*, *Vacciniaceae*, *Caprifoliaceae*) pénètrent profondément dans les forêts dégradées et se multiplient également en savanes, malgré la rigueur relative du climat.

L'observation et l'expérience montrent qu'en l'absence d'incendies, la reconstitution d'une jeune futaie est possible, presque partout, à partir des savanes anthropiques entre 1 800 et 2 400 m. Mais la croissance des ligneux autochtones est très lente à ces altitudes. De plus, les feux et les gelées matinales de saison sèche gênent considérablement l'installation définitive des semis d'espèces de forêt.

3. Les mangroves de l'Inde

Les mangroves constituent un type très important de formations essentiellement déterminées par les conditions édaphiques à l'intérieur de la zone intertropicale.

L'Inde possède plus de 5 000 km de côtes et d'importants deltas. De toutes les formations végétales littorales et d'estuaires, les mangroves présentent le plus d'intérêt économique et scientifique.

L'IFP a donc consacré une étude à la structure, la composition floristique, l'écologie et le dynamisme des mangroves indiennes.

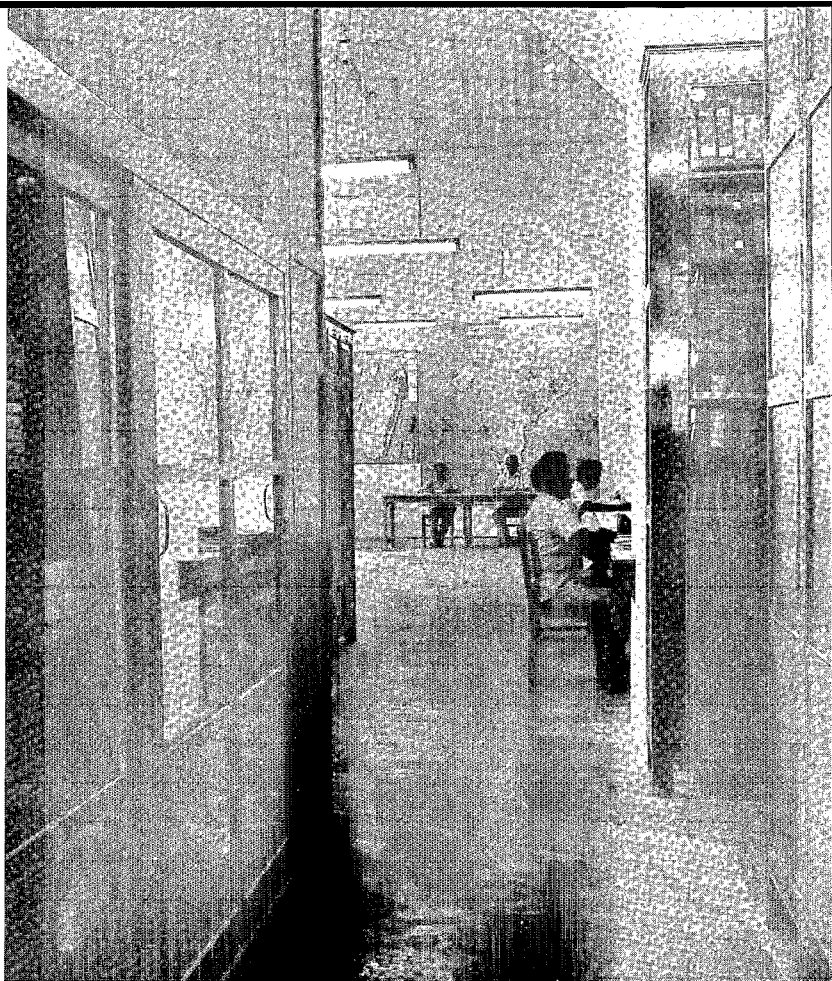
On peut estimer à environ 7 000 km² la surface des mangroves indiennes. Leur répartition par régions est très inégale. Plus de 60 % sont localisées dans le Bengale et 17 % dans les Iles Andaman et Nicobar. C'est dans ces deux régions que l'on trouve aujourd'hui les peuplements les moins perturbés. Partout ailleurs, à de très rares exceptions près, la mangrove n'est plus représentée que par d'étroits îlots d'une végétation buissonnante très dégradée. Même dans les deltas du Gange et du Brahmapoutre où l'on trouve aujourd'hui le plus grand ensemble de mangrove du monde, couvrant plus de 10 000 km² (dont 4 000 environ en territoire indien), l'impact des facteurs biotiques est énorme. Certains auteurs estiment que la superficie de ce gigantesque peuplement de palétuviers a été réduite de moitié au cours des dernières décennies. Par sa composition floristique, la mangrove indienne appartient au groupe oriental de l'Océan indien et de l'Océanie. Elle est beaucoup plus riche que le type occidental d'Afrique et d'Amérique, avec lequel elle a très peu d'espèces communes, bien que la plupart des genres soient les mêmes.

Le maximum de richesse floristique du type se rencontre en Malaisie qui apparaît comme un des centres principaux de dispersion.

Il est bien connu que la mangrove fournit généralement à l'homme une importante matière première par son bois et par le tannin de ses écorces. On sait aussi que de nombreuses mangroves du monde représentent un potentiel élevé pour la pêche. Précisons que la mangrove indienne n'est pas exploitée à des fins industrielles, que sa production principale est celle de bois de feu, qu'elle est bien souvent considérée comme un lieu de pâture, un producteur essentiel de fourrage.

4. Les forêts denses humides sempervirentes des Ghâts occidentaux

Les Ghâts occidentaux forment un relief pratiquement continu qui domine sur près de 1 600 km la côte ouest de la Péninsule indienne. Ils portent des formations denses humides et sempervirentes qui, avec celles



Hall d'exposition et bibliothèque.

de l'Assam et des Iles Andaman, sont les plus belles et les plus complexes de l'Inde. Elles figurent aussi parmi les plus mal connues.

Ces forêts sont soumises à des coupes de plus en plus importantes. On a pu constater avec quelle rapidité elles sont actuellement dégradées. Au rythme actuel il ne restera pratiquement plus de forêts sempervirentes proches du climax dans 5 ans, sauf dans les endroits les plus inaccessibles où elles sont d'ailleurs le plus souvent non typiques. Une prise de conscience de ce danger s'est effectuée, tant au niveau des dirigeants qu'à celui du grand public, la conservation et l'écologie globale étant de plus en plus présentes dans les nouveaux programmes de développement. C'est justement dans un souci d'aménagement plus rationnel et de détection des zones à protéger, ou à convertir, en priorité que les gouvernements des Etats du Karnataka et du Kerala ont demandé à l'IFP d'entreprendre une étude approfondie et une cartographie à moyenne échelle des zones forestières du sud de l'Inde.

a) Une typologie de ces formations a été établie à partir de leur composition et de leur structure floristiques ainsi que de leur structure spatiale en relation avec les principaux paramètres de leur environnement.

Ont pu être séparés :

— 7 types sempervirents de plaine et de basse altitude.

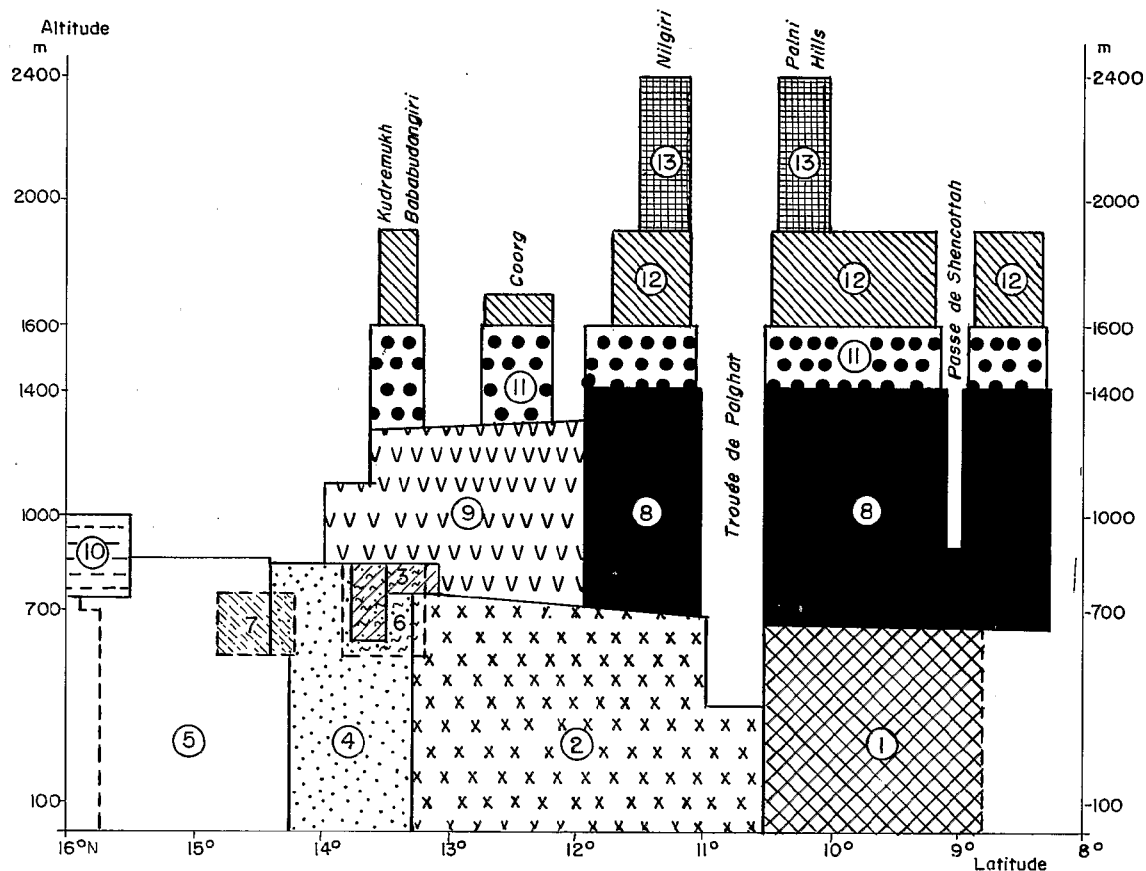


FIG. 3. — Répartition des types de forêts sempervirentes dans les Ghâts occidentaux de l'Inde.

- 3 types sempervirents de moyenne altitude.
- 3 types sempervirents d'altitude (voir fig. 3).

Un facteur climatique primordial est l'allongement de la saison sèche qui passe, du sud au nord, de 1 à 7 mois. A cette augmentation correspondent des ajustements structuraux et floristiques établissant une zonation en latitude.

Les forêts sempervirentes climatiques sont dans l'ensemble très homogènes du sud au nord, jusqu'au 15°30'N environ. Au-delà de cette latitude, leur structure et leur composition changent considérablement.

L'homogénéité des forêts sempervirentes concerne d'abord leur niveau de biomasse : à l'exception de quelques faciès situés dans des conditions très défavorables (crête, sols particuliers), la biomasse varie peu du sud au nord. Elle est localisée à plus de 80 % dans l'ensemble structural supérieur du présent (E.S.I., *sensu* Oldeman), l'ensemble d'avenir en constituant moins de 6 %.

L'adaptation à l'augmentation de la saison sèche, ou à des faciès particuliers (tel celui de pente), se manifeste par des réajustements structuraux, organisés selon 3 grandes directions :

- concentration accrue de la biomasse dans l'E.S.I. ;
- disparition des émergents et tassement progressif de l'E.S.I. vers son sommet ;
- appauvrissement des ensembles structuraux inférieurs.

En d'autres termes, les conditions plus difficiles se traduisent par un nivellement des grands sujets qu'elles favorisent cependant par rapport aux plus petits.

A ces ajustements structuraux s'ajoutent des variations floristiques plus considérables. Les types les plus méridionaux sont ceux dont les richesses floristiques sont les plus élevées. Ce sont eux également qui possèdent les taux d'endémisme les plus forts. Ils comportent une grande proportion d'espèces sensibles dont la tolérance à la sécheresse est faible. Ces essences disparaissent progressivement avec l'augmentation de la latitude. Elles laissent alors la place à des espèces d'amplitude écologique plus large, dites de demi-lumière, qui se rencontrent dans tout le continuum sempervirent, mais deviennent de plus en plus abondantes vers le nord où elles s'associent à des espèces nouvelles, mieux adaptées aux conditions contrastées.



Salle d'Informatique.

b) Parallèlement aux études floristiques de terrain a été préparée **une clé morphologique d'identification des arbres et lianes ligneuses** des forêts denses sempervirentes. L'utilité d'un tel ouvrage sur le terrain pour les forestiers et chercheurs tropicaux n'est plus à démontrer. En effet, l'identification correcte des espèces, indispensable pour tout travail d'inventaire et de recherche, pose un problème sérieux. Dans les forêts sempervirentes les organes reproducteurs sur lesquels sont fondées les flores d'identification ne sont généralement pas disponibles.

c) D'autres travaux portent sur les **aires de répartition et le tempérament des espèces des forêts sempervirentes**.

Nous nous sommes dans un premier temps limités aux espèces arborescentes réputées endémiques. Près de 100 espèces ont déjà été traitées, soit plus du tiers des espèces endémiques.

Les aires de répartition sont comparées aux conditions climatiques de façon à cerner « l'amplitude écologique » de chaque espèce ainsi que sa place dans l'architecture de la forêt et son rôle dans le dynamisme.

Les espèces sont ainsi classées structurellement, dans l'architecture du peuplement, et fonctionnellement en groupes écologiques aux rôles différents (pionnières de grande ouverture et de petite taille, espèce nomade

géante, constitutrices des phases homéostatiques, ripicoles etc.).

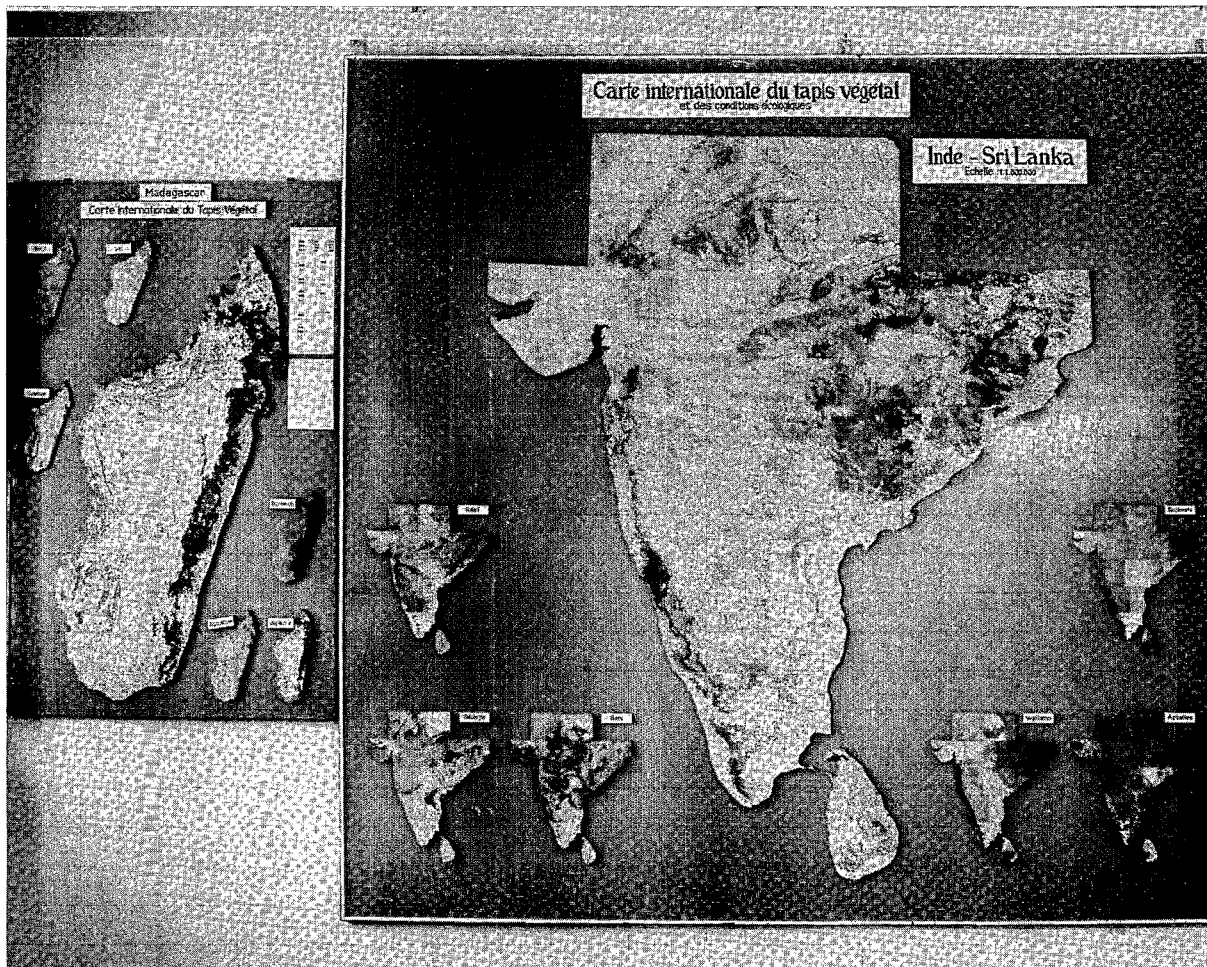
Le remplacement au sein d'un même groupe, donc dans la même fonction, d'une espèce par une autre taxonomiquement voisine, met en évidence les phénomènes de vicariances fonctionnelles.

Ces études doivent également permettre d'identifier les régions les plus riches en espèces endémiques rares. Elles fourniront donc une base aux travaux réalisés dans le domaine de la conservation (voir infra).

5. Etude des formations sempervirentes des Biligiri Rangan Hills (BRH)

Certaines forêts présentant des particularités de structure ou de composition floristique font également l'objet d'études. Tel est le cas des formations sempervirentes des B.R.H.

Les B.R.H. constituent des reliefs situés au sud-est du plateau de Mysore et dominant la pédiplaine tamoule de près de 1 800 m. Ces reliefs sont soumis à la double influence des pluies de mousson d'été et des précipitations d'origine convectionnelle ou cyclonique d'au-



Panneaux d'exposition des cartes de la végétation au 1/100.000.

tomne. La composition floristique des forêts qu'ils renferment traduit cette double influence. On y retrouve un nombre important d'espèces sempervirentes communes dans les Ghâts occidentaux qui trouvent ici la limite orientale de leur aire de distribution.

Les études comportent une analyse bioclimatique de la région, une typologie des formations, l'étude de leur structure et composition floristique et une analyse des influences phytogéographiques.

C. Cartographie de la végétation

Les concepts et les recherches sur la végétation et les bioclimats ont fourni les bases scientifiques à la cartographie de la végétation. Deux grands programmes ont été entrepris à l'I.F.P.

1. La Carte Internationale du Tapis Végétal et des conditions écologiques au 1/1.000.000

Ce programme de cartographie, qui comprend actuellement 25 feuilles, est commun avec l'Institut de la Carte Internationale de la Végétation, basé à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (voir fig. 4).

L'I.F.P. a réalisé 18 feuilles, couvrant l'Inde, Madagascar, le Cambodge, Sri Lanka et la région de Guadalupe-Tampico.

Aucune cartographie de la végétation à l'échelle de l'Inde n'existant, le projet de sa couverture en 12 feuilles a suscité l'intérêt du Gouvernement Central. La cartographie a donc été réalisée en collaboration avec l'Indian Council of Agricultural Research (ICAR) qui a détaché à cet effet des membres des services forestiers et de l'agriculture. Chaque feuille comprend une carte principale au 1/1.000.000 entourée de 6 cartons au 1/5.000.000.

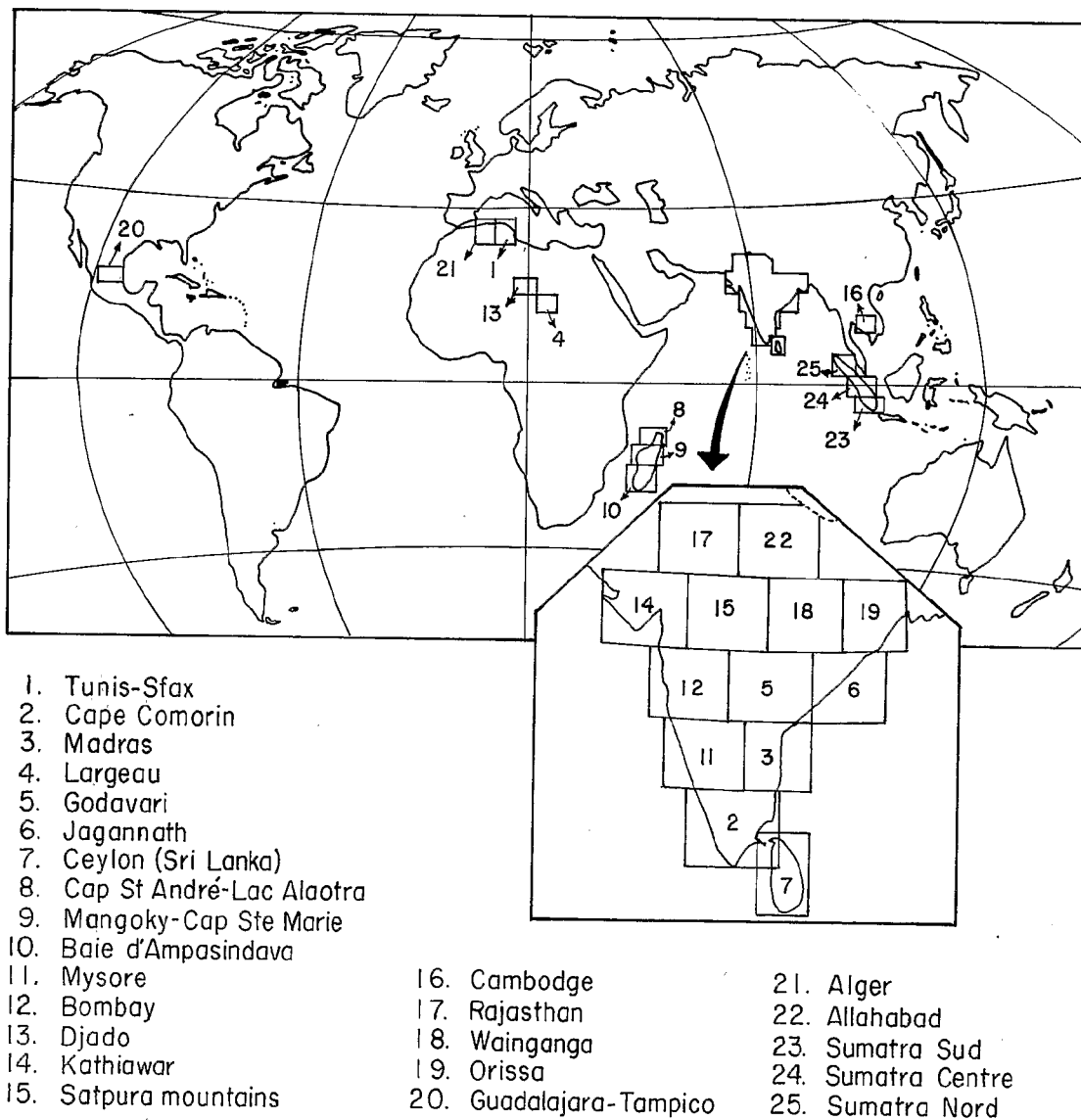


FIG. 4. — Carte Internationale du Tapis Végétal (1/1.000.000).

La carte principale montre la végétation naturelle et introduite, et les régions transformées par des plantations ou pour l'agriculture.

Les cartons retracent les caractéristiques essentielles du relief, de la géologie, des sols, des bioclimats et de l'utilisation de l'espace, ainsi que le plésioclimax vers lequel tendrait la végétation de la région, si l'activité humaine cessait.

Chaque feuille est accompagnée d'une notice explicative dans laquelle sont donnés les détails de la physionomie, de la composition floristique et de la dynamique des stades de chaque série de végétation, ainsi qu'une monographie agricole de la région.

2. La Carte forestière du sud de l'Inde au 1/250.000

Le programme de cartographie des régions forestières du sud de l'Inde a été entrepris en 1975 par l'Institut Français à la demande et avec la collaboration étroite des services forestiers indiens. Il fait l'objet de décisions officielles des gouvernements du Karnataka, du Tamil Nadu et du Kerala.

Un document récent et très détaillé devenait en effet indispensable pour la bonne gestion des forêts. Il était également nécessaire pour amener certains décideurs à

une prise de conscience des grands équilibres écologiques à ne pas perturber et prévenir ainsi des choix néfastes.

La cartographie proprement dite est réalisée par l'interprétation manuelle de l'imagerie des satellites Landsat puis SPOT, confrontée aux données recueillies au cours de nombreuses tournées de terrain. La carte est conçue pour être interprétée à différents niveaux selon les types d'utilisateurs potentiels. Un premier niveau donne la localisation des formations, l'identification des forêts réservées et leur situation administrative. Un utilisateur plus spécialisé trouvera les différents types de formations classés d'après leur physionomie, leur phénologie et leur composition floristique. Le sylviculteur ou le chercheur pourra utiliser les renseignements concernant les potentialités des formations qui apparaissent par le jeu des couleurs et par le classement des formations dans la légende par rapport aux climax et aux relations entre les stades de dégradation.

Ces cartes pourront donc servir à des fins diverses : plans d'aménagement forestiers et programmes de reforestation et de conservation, introduction d'espèces exotiques, gestion de la faune, conservation des sols et, d'une façon générale, pour tous les plans de développement (projets miniers ou hydroélectriques par exemple) qui requièrent une information de base sur l'écologie de la région.

Trois feuilles ont déjà paru. Elles couvrent 90 000 km². Une quatrième feuille est en cours. Deux autres complèteront le projet (voir fig. 5).

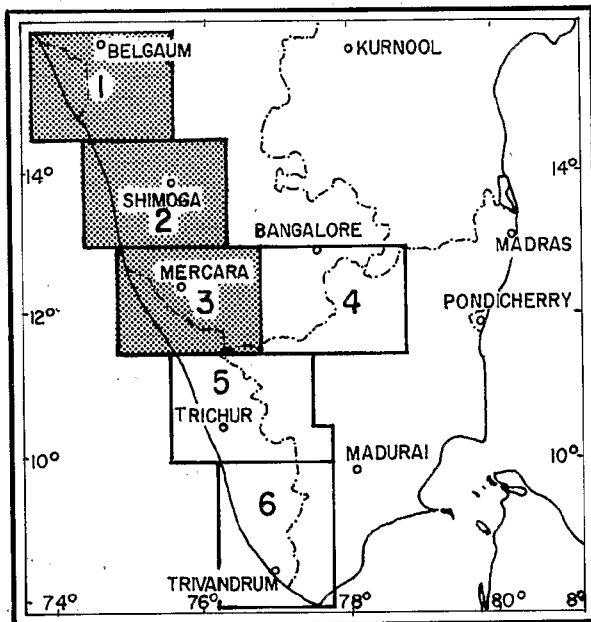


Fig. 5. — Carte des forêts de l'Inde du sud (1/250.000).

D. Pédologie

A l'échelle continentale, les types de végétation sont généralement déterminés par les bioclimats, mais même à cette échelle certaines formations végétales (par exemple les mangroves) sont étroitement liées à certains types de sol. A plus grande échelle la cartographie de la végétation a fait apparaître, à plusieurs reprises, des distributions de groupements végétaux inexplicables par la bioclimatologie ou la phytosociologie seules et qui sont probablement liées à la nature du sol.

Les pédologues indiens ne se sont que très peu intéressés aux sols forestiers et l'IFP a dû, pour répondre aux questions concernant les liaisons sols-végétation, entreprendre des travaux de caractérisation de ces sols.

Pour cela la démarche utilisée est l'analyse morphopédologique qui privilégie l'étude des interactions entre morphogénèse et pédogénèse et plus généralement n'isole pas le sol de son contexte biogéodynamique. Cette méthode utilisée essentiellement comme outil cartographique pour le développement (travaux de l'IRAT et de l'ORSTOM notamment) convient aussi très bien pour la caractérisation écologique des sols. En effet :

- elle permet rapidement de définir des zones homogènes à différentes échelles,
- elle procure une vue d'ensemble et une identification des grands types de paysages,
- elle introduit de façon naturelle le facteur temps qui est un facteur important d'évolution des milieux tropicaux, donc important à connaître pour leur compréhension.

Pour mener à bien ces études, l'IFP dispose d'un laboratoire d'analyse des sols qui a bénéficié d'un nouveau développement depuis 1985, grâce au financement du Ministère de l'Agriculture, à la suite de l'accord-cadre signé entre l'ENGREF (Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts) et l'IFP.

Ce laboratoire permet d'effectuer la plupart des analyses physico-chimiques traditionnelles. Pour des déterminations plus particulières, nécessitant un équipement lourd, la collaboration de centres spécialisés est recherchée.

Les programmes sont orientés selon deux axes principaux.

1. Typologie des sols

La région étudiée est la bordure ouest du plateau du Karnataka de part et d'autre des Ghâts ; elle couvre environ 80 000 km². On y rencontre deux grands types de paysages auxquels correspondent des forêts, des systèmes agraires et des sols différents.

— Les sols de la partie est, moyennement profonds, présentent des couleurs vives, un aspect souvent massif et sont très cohérents. Nous les considérons provisoirement comme des **sols rouges fersiallitiques** et la caracté-

risation de leur pédogénèse est en cours. Ce sont les « Red Soils » de l'ancienne classification des pédologues indiens qui les classent aujourd'hui parmi les Alfisols de la classification U.S.D.A.

— Les sols de l'ouest, souvent très épais, sont aussi très rouges mais beaucoup moins cohérents. A la base des profils, l'altération est très complète. Ce sont typiquement des **sols ferrallitiques**.

Ces deux types de sols principaux correspondent aux parties bien drainées des paysages, d'une façon générale les points hauts. D'autres sols occupent les bas-fonds.

La limite entre sols ferrallitiques et sols ferrallitiques est particulièrement nette au sud de la zone étudiée où il semble que l'on observe une limite pédoclimatique peut-être amplifiée par un effet de seuil.

Il faut aussi signaler l'originalité de la zone côtière ouest qui est le siège de processus de cuirassement extrêmement développés et qui est d'ailleurs la zone où a été créé le terme latérite (BUCHANAN, 1807).

Cette typologie des sols sera synthétisée dans une carte au 1/1.000.000 des paysages morphopédologiques. Les contours sont partiellement déduits de l'interprétation de la couverture satellitaire Landsat.

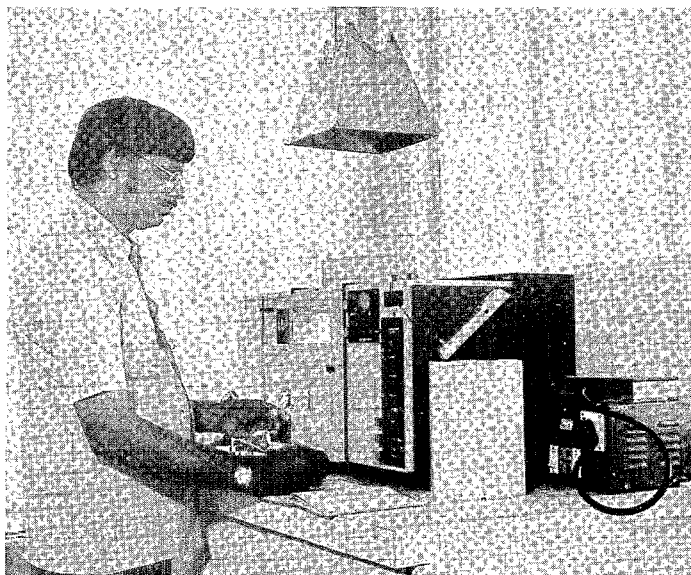
2. Etudes des relations sol-végétation naturelle

Des études détaillées de sols sont réalisées dans certains cas particuliers, par exemple lorsque des sous-types de végétation d'origine édaphique peuvent être reconnus à l'intérieur d'un type climacique plus vaste, ou lorsqu'un type de forêt n'est pas en harmonie avec les conditions régionales du climat, ou enfin pour évaluer les conséquences de la dégradation des forêts.

Deux exemples peuvent être donnés :

— *L'origine des « Kan forests » de la région de Sorab* (Shimoga district, Karnataka).

L'explication de la présence des « Kan forests » — îlots de forêt sempervirente sous un bioclimat qui laissait prévoir des formations décidues — est édaphique. En effet les « Kan forests » sont localisées sur des unités morphopédologiques particulières qui résultent du démantèlement d'une cuirasse datant vraisemblablement du Quaternaire ancien ou du Tertiaire. L'incision du réseau hydrographique qui a suivi le démantèlement a isolé des « taches » de sols rouges, à gravillons ferrugineux provenant de la cuirasse, sur lesquelles s'installent préférentiellement les « Kan forests ». Le même phénomène a d'ailleurs été observé en Côte-d'Ivoire pour des îlots forestiers en zone de savane.



— *Acidification des sols de savane à Sakleshpur* (Hassan district, Karnataka).

La région de Sakleshpur présente de nombreuses savanes dont l'origine est très certainement anthropique. Sous ces savanes, les caractères du sol connaissent une dégradation telle que la forêt semble aujourd'hui avoir beaucoup de mal à se réinstaller. Par contre la réinstallation des ligneux est spontanée dans toutes les cicatrices d'érosion où les horizons supérieurs des sols ont été décapés. Les analyses effectuées sous une plage de forêt conservée, sous savane et au niveau d'une cicatrice d'érosion, montrent bien l'acidification du sol de savane ainsi que la disparition de ce caractère à la base de la cicatrice d'érosion.

E. Conservation de la nature

Le problème de la conservation de la nature se pose en Inde avec d'autant plus d'acuité que le taux d'augmentation de la population oblige à prendre dès maintenant les décisions nécessaires pour sauver ce qui peut encore l'être du patrimoine naturel.

Les connaissances acquises sur les forêts indiennes, leur répartition, le fonctionnement des écosystèmes et leurs stades de dégradation, confortées par les études bioclimatiques et les cartes de végétation permettent à l'IFP d'intervenir efficacement dans les problèmes de conservation. L'IFP est ainsi régulièrement consulté sur des projets de développement et de mise en réserve.

1. Vulnérabilité des écosystèmes forestiers et identification des zones à préserver

Ces études nécessitent la mise au point d'une méthodologie d'évaluation des différents facteurs de stabilité,

de fragilité et de dégradation. Ce travail est indispensable pour localiser les écosystèmes à protéger en priorité.

Un essai de méthodologie sur l'identification des paramètres à retenir a été entrepris. Il a permis une cartographie des classes de vulnérabilité à moyenne échelle.

L'étude des formations sensibles s'est poursuivie sur des forêts sempervirentes et semi-décidues un peu à l'est du continuum sempervirent : les « Kan Forests » de la région de Sorab. Ces forêts se trouvent sous des conditions climatiques qui conditionnent normalement l'existence de formations décidues. Sous la pression anthropique, très élevée dans cette région, elles se transforment rapidement en forêts décidues. Le problème de leur maintien se pose donc de façon urgente.

D'autres études ont été publiées sur les écosystèmes et les régions à protéger. Il s'agit essentiellement de travaux sur les mangroves et les écosystèmes montagnards, zones particulièrement fragiles.

Une estimation des surfaces boisées de l'Etat du Karnataka a été réalisée à partir des cartes de végétation.

2. Parcs nationaux et réserves de biosphère

— *Carte de la végétation du parc national de Keoladeo Ghana (ou Bharatpur), Rajasthan.*

La préparation de cette carte a été demandée à l'IFP par la Bombay Natural History Society (l'institution indienne de haut niveau en matière de faune) qui a également collaboré à sa réalisation. L'objectif était de cartographier avant tout les facteurs pouvant influencer la répartition de la faune, tels que la physionomie de la végétation, sa composition, sa densité etc., sans chercher à définir des séries de végétation mais en gardant ouvertes des possibilités d'utilisation dans d'autres domaines de recherche.

— *La réserve de biosphère des Nilgiris.*

L'IFP est chargé de la réalisation des cartes thématiques (climat, végétation) de la réserve. Ces cartes en noir et blanc sont prévues au 1/250.000. Le comité scientifique de la réserve a souhaité que l'IFP entreprenne des études sur la dynamique de fonctionnement d'une forêt sempervirente dans la réserve. Ce projet est à l'étude.

II. FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

Les études menées à l'IFP sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers concernent les formations climatiques non perturbées et la reconstitution des forêts après exploitation.

A. Etude du fonctionnement d'une forêt sempervirente et d'une forêt décidue

Dans deux sites choisis pour être représentatifs, l'un des forêts sempervirentes, l'autre des forêts décidues il a été effectué un certain nombre de mesures de fonctionnement portant essentiellement sur les accroissements de circonférence, la phénologie, les chutes de litière et sa décomposition.

— Les études réalisées dans *les forêts sempervirentes des Ghâts occidentaux* montrent un accroissement global semblable à celui mesuré dans d'autres forêts homologues, en Afrique notamment. Les différences apparaissent par contre au niveau de la chute des feuilles, des taux de décomposition et surtout des rythmes saisonniers. Tous ces phénomènes sont fortement marqués (dès que la sécheresse dépasse 3 à 4 mois) par l'alternance mousson pluvieuse/saison sèche. Les rythmes et les valeurs obtenues se rapprochent alors très nettement

de ceux des formations semi-décidues africaines ou américaines.

Ces forêts des Ghâts, structurellement et floristiquement sempervirentes, ont donc pour certains aspects de leur fonctionnement (au moins à partir d'une certaine latitude) un comportement de forêt semi-caducifoliée.

Les conséquences de ce phénomène sont multiples. La plus importante concerne leur fragilité. Beaucoup de ces forêts sont dans un équilibre difficile avec leur environnement. Une exploitation un peu trop poussée aura des effets d'autant plus catastrophiques que le dynamisme naturel assurera difficilement le retour à la formation climacique, les phénomènes empirant avec l'augmentation de la latitude.

— Les recherches *en forêt décidue* ont été entreprises dans le cadre d'une action concertée DGRST pour une étude comparative avec des formations ligneuses de Côte d'Ivoire. La forêt étudiée (Ainurmariguddi) est située à l'intérieur de la réserve forestière du Tiger project. Elle possède un tapis herbacé continu qui a été protégé du passage du feu pendant toute la période d'observation.

Les chutes de litière présentent un maximum en janvier ou février pendant la période la plus sèche. La valeur moyenne est de 6,4 t/ha/an dont 4,7 pour les feuilles uniquement. La litière au sol varie selon la saison de 4,1 t/ha (juillet) à 8,4 t/ha (mars). Les mesures d'accroissement montrent que le rythme de fonctionnement est identique à celui de la forêt sempervirente.

B. Biodégradation des humus forestiers tropicaux

Tous ou presque tous les humus forestiers tropicaux peuvent être considérés comme des « mull » dans lesquels les processus de biodégradation sont rapides. Cependant il n'en existe aucune classification détaillée pour le moment.

En collaboration avec le Centre de Pédagogie Biologique (CNRS) de Vandœuvre-lès-Nancy, l'IFP vient d'entreprendre un programme de recherche pour établir la typologie des principaux humus rencontrés dans les forêts du Karnataka.

Chaque humus est caractérisé par :

- son autoécologie, à savoir les conditions climatiques, édaphiques, etc., qui conduisent à sa formation,
- ses propriétés physico-chimiques, desquelles on déduit sa fertilité,
- son fonctionnement, ou l'ensemble des processus biologiques et physico-chimiques qui déterminent la décomposition de la litière et les transformations de la matière organique dans le sol.

Une première année d'étude portant sur trois forêts sempervirentes et une forêt décidue sèche a déjà apporté des éléments intéressants quant aux rythmes saisonniers (essentiellement liés à la mousson) de la faune et de la microflore du sol. Des différences nettes sont apparues entre les stations au niveau des principaux décomposeurs de litière, du stock et du turnover de la matière organique du sol et de la maturation des molécules humiques.

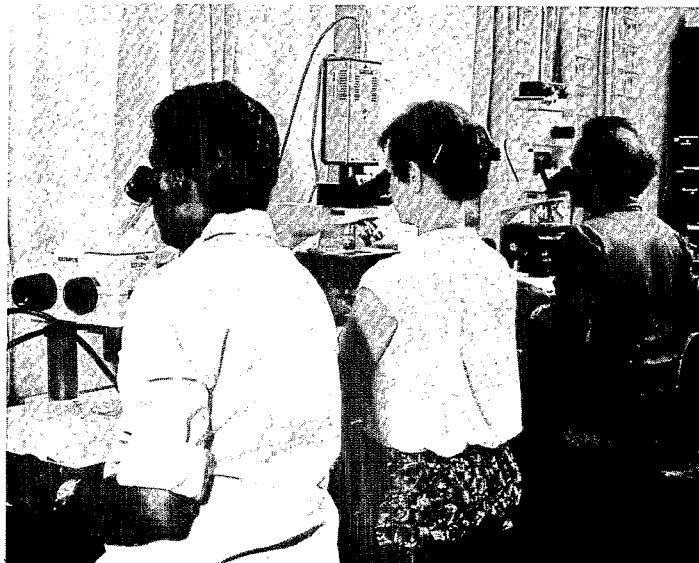
L'étude actuelle porte sur des formations végétales pas ou peu perturbées. Les effets de l'activité anthropique sur l'humus (plantations, feu, coupe à blanc, etc.) seront étudiés ultérieurement, conformément aux souhaits des forestiers indiens.

III. PALYNOLOGIE

L'IFP possède un laboratoire de palynologie dont l'objet est l'étude des grains de pollen et des spores. Créé au début des années 60, ce laboratoire est maintenant l'un des plus importants du monde tropical. Il renferme une collection de pollens et spores de près de 25 000 lames, particulièrement bien fournie en pollens tropicaux, ainsi qu'une bibliothèque d'ouvrages, revues, tirés à part et copies de l'essentiel des travaux palynologiques publiés à ce jour. La richesse de ces collections attire de nombreux chercheurs indiens ou étrangers.

Les travaux réalisés à l'IFP peuvent être groupés selon trois grands thèmes.

Le laboratoire de palynologie.



C. Reconstitution après exploitation sélective dans une forêt dense sempervirente au Karnataka

Les forêts des Ghâts occidentaux ont été exploitées depuis le XIX^e siècle de façon plus ou moins sélective, mais apparemment sans connaissance précise de leur capacité de régénération.

Un programme de coopération a été élaboré entre l'IFP et les services forestiers du Karnataka pour fournir des bases pour la sylviculture des forêts sempervirentes des Ghâts. Une étude a donc été entreprise sur une forêt 6 ans après une coupe d'exploitation afin de :

- comprendre et rechercher les mécanismes de la sylvigénèse au niveau de la mosaïque forestière en quantifiant la dynamique de reconstitution après exploitation,
- donner aux forestiers, d'une part des éléments précis sur la reconstitution des forêts et ses conséquences sur l'aménagement au sens sylvicole (durée des rotations, taux de prélèvement, etc.) en mesurant la réponse de la forêt à l'exploitation, d'autre part une base méthodologique afin de permettre ultérieurement l'extension de ce genre d'analyse aux autres formations forestières sempervirentes du continuum pour appréhender la variabilité régionale.

La procédure est basée sur une double comparaison :

- entre la forêt exploitée et un témoin non exploité, pour mesurer l'impact de l'exploitation ;
- dans la forêt exploitée, par des remesures successives pour estimer le dynamisme de reconstitution.

1. Morphologie sporo-pollinique et systématique évolutive

Ces travaux associent la structure et la morphologie des pollens à la phylogénie et à la systématique. Ils ont permis de réaliser des synthèses au niveau des familles (Annonaceae, Aponogetonaceae, Araceae, Clusiaceae, Eriocanaceae, Menispermaceae, Palmae, Sonneratiaceae...) ou au niveau du genre (*Pinanga*, *Poeciloneuron*, *Utricularia*, *Vernonia*, etc.).

2. Groupes écologiques et histoire de la végétation

En liaison étroite avec les recherches écologiques de l'Institut, et pour étayer ces recherches, ont été entreprises des études spéciales sur des groupes d'espèces, en général caractéristiques de milieux extrêmes ou de comportement écologique particulier : plantes de milieux marécageux, aquatiques ou de mangroves. De telles études apportent une aide précieuse à l'interprétation des sondages de sédiments actuels et fossiles. En effet les études palynologiques des sondages fournissent des informations dans des domaines variés : évolution de la végétation, changements climatiques, influences de l'activité humaine, reconstitution du cadre de vie de l'Homme, variation du niveau marin, etc.

Des travaux ont ainsi été entrepris pour comprendre la succession des phases climatiques quaternaires sur les hauts plateaux du sud de l'Inde. Ces travaux ont d'abord nécessité la réalisation d'un atlas des pollens actuels pour permettre la détermination des pollens observés dans les sondages. Les résultats ont montré que la savanisation de ces hautes terres a des causes lointaines, antérieures à l'occupation par l'homme.

D'autres travaux ont porté sur l'environnement de sites archéologiques tels que Borobudur en Indonésie,

Laang Spean au Cambodge et Satingpra en Thaïlande.

De nombreuses recherches ont été réalisées sur les mangroves, en particulier un atlas des pollens des mangroves du monde. L'étude de l'évolution de ces formations constitue, en effet, un moyen privilégié de retracer l'histoire des changements climatiques et les variations du niveau marin.

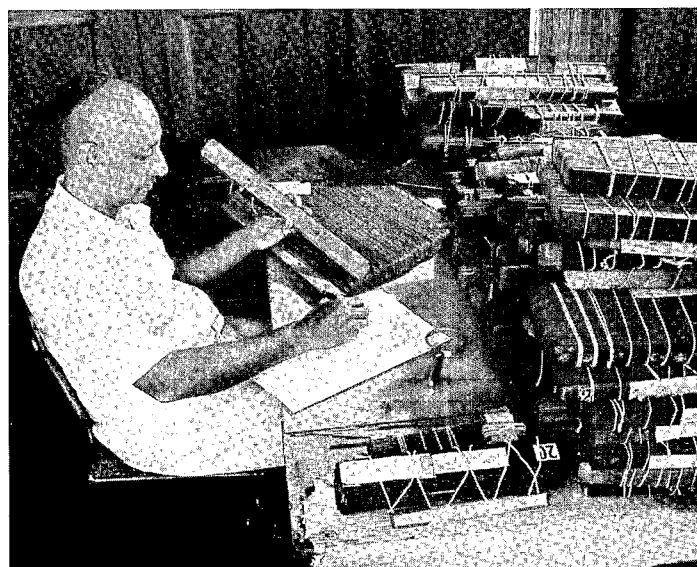
L'identification correcte des formes polliniques fossiles est une nécessité pour reconstituer l'évolution des flores. L'IFP a organisé un atelier de travail en 1983 sur la palynologie du Tertiaire de l'Inde et de l'Afrique réunissant des palynologues indiens et des palynologues français. Les travaux sur les matériels scientifiques, apportés par chacun des participants, ont permis de mettre de l'ordre dans la systématique des formes polliniques du Tertiaire, qui servent de fossiles stratigraphiques en particulier pour les recherches pétrolières. Les résultats de cette réunion ont été publiés en 1984 sous forme d'un Atlas.

Une convention de coopération a été passée avec le Birbal Sahni Institute of Palaeobotany de Lucknow pour la poursuite des recherches sur le Tertiaire.

3. Préparation et édition d'index bibliographiques

L'IFP édite depuis 1972 un index bibliographique sur la morphologie des pollens d'Angiospermes. Cinq volumes ont été publiés analysant 5 618 références. L'index comprend un index des genres (9 224 genres cités au total), les références bibliographiques complètes s'y rapportant et un index des familles. Aussi bien pour les genres que pour les familles il est tenu compte des derniers changements taxonomiques.

Un index semblable sur la bibliographie des spores couvrant 4 000 références a été préparé et sera publié par le Missouri Botanical Garden, St Louis, U.S.A.



*Un pandit
de la
section
d'indologie.*

PRINCIPALES PUBLICATIONS

I. Bioclimats

- LEGRIS (P.) et VIART (M.), 1961. — Bioclimates of South India and Ceylon, **III** (2), 165-178, 1 carte détachée.
- MEHER-HOMJI (V. M.), 1963. — Les bioclimats du sub-continent indien et leurs types analogues dans le monde, **VII** (1 + 2), 254 p. + 386 p.
- LABROUE (L.), LEGRIS (P.) et VIART (M.), 1965. — Bioclimats du sous-continent indien, **III** (3), 32 p., 3 cartes détachées.
- GAUSSEN (H.), LEGRIS (P.) et BLASCO (F.), 1967. — Bioclimats du sud-est asiatique, **III** (4), 115 p., 1 carte détachée.
- LEGRIS (P.) et BLASCO (F.), 1969. — Variabilité des facteurs du climat : cas des montagnes du sud de l'Inde et de Ceylan, **VIII**, 95 p.
- FONTANEL (J.) et CHANTEFORT (A.), 1978. — Bioclimats du monde indonésien, **XVI**, 104 p., 4 cartes h.t.
- PASCAL (J. P.), 1982. — Bioclimats des Ghâts occidentaux, 2 feuilles au 1/500.000, **Hors série n° 17**.

II. Etude des types de végétation

- LEGRIS (P.), 1963. — La végétation de l'Inde : écologie et flore, **VI**, 596 p.

BLASCO (F.), 1971. — Montagnes du sud de l'Inde : forêts, savanes, écologie, **XIV**, 436 p.

- BLASCO (F.), 1975. — Les mangroves de l'Inde, **XIV**, 175 p.
- PASCAL (J.-P.), 1984. — Forêts denses humides sempervirentes des Ghâts occidentaux de l'Inde, **XX**, 365 p.
- PASCAL (J.-P.) et RAMESH (B. R.), 1987. — A field key to the trees and lianas of the evergreen forests of the Western Ghâts (India), **XXIII**, 236 p.

III. Cartographie de la végétation

Carte Internationale du Tapis Végétal et des Conditions Ecologiques au 1/1.000.000

Inde : Cap Comorin (Carte 1961/Notice 1961), Madras (1961/1963), Godavari (1963/1964), Jagannath (1963/1964), Mysore (1965/1966), Bombay (1965/1966), Kathiawar (1968/1968), Saptura Mountains (1968/1970), Rajasthan (1971/1972), Wainganga (1972/1974), Orissa (1973/1975), Allahabad (1978/1978), GAUSSEN H., LEGRIS P., MEHER-HOMJI V. M. *et al.*

Sri Lanka : Carte Ceylan (1964/1965), GAUSSEN H., LEGRIS P. *et al.*