

# CARTE ÉCOLOGIQUE DU NÉPAL

## I – RÉGION ANNAPURNA - DHAULAGIRI

par Jean-François DOBREMEZ (Grenoble)  
et Corneille JEST (C.N.R.S., Paris)

OBJECTIF D'UNE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DU NEPAL (J.F. DOBREMEZ) .....	152
METHODES D'ETUDE ET TECHNIQUES D'ETABLISSEMENT DE LA CARTE ÉCOLOGIQUE (J.F. DOBREMEZ) .....	156
CARTE ÉCOLOGIQUE DE LA REGION ANNAPURNA-DHAULAGIRI (J.F. DOBREMEZ) .....	159
I. — PRÉSENTATION GÉOGRAPHIQUE .....	159
II. — LE CLIMAT .....	161
III. — LA VÉGÉTATION .....	166
A. — Formations tropicales et subtropicales .....	167
B. — Formations forestières tempérées .....	170
C. — Formations forestières xérophiles .....	174
D. — Formations steppiques .....	177
E. — Formations alpines .....	178
F. — Caractères dominants de la végétation .....	179
IV. — L'HOMME ET L'UTILISATION DU MILIEU NATUREL .....	182
V. — CONCLUSIONS .....	184
VI. — BIBLIOGRAPHIE .....	185
LES POPULATIONS DE LA REGION ANNAPURNA-DHAULAGIRI ET LEURS RESSOURCES (C. JEST) .....	187

**Résumé.** — La carte écologique de la région Annapurna-Dhaulagiri (Népal) est la première d'une série consacrée à l'Himalaya central. Deux chapitres indiquent les buts de ce travail et les méthodes d'étude du milieu. Deux paragraphes sont consacrés à la présentation géographique, particulièrement climatologique, de cette zone qui comporte trois sommets de plus de 8 000 m, une partie tropicale à rattacher au système indoganétique et une partie steppique du grand ensemble tibétain. Un commentaire substantiel définit les caractères floristico-écologiques des 29 types de milieux distingués sur la carte qui comporte aussi la délimitation des groupes ethniques. L'utilisation du milieu par l'Homme est étudiée en détail.

**Zusammenfassung.** — Die ökologische Karte der Region Annapurna-Dhaulagiri (Nepal) ist die erste aus einer Serie « Zentral-Himalaya ». Zwei Kapitel erläutern Ziel und Methoden dieser Arbeit. In zwei Abschnitten wird die Geographie und besonders die Klimatologie dieser Zone behandelt, die u.a. drei Gipfel über 8 000 m Höhe aufweist, mit einem Tropenbereich zur indischen Tiefebene (Indus-Ganges-System) vermittelt, aber auch mit einem Steppengebiet am tibetanischen Hochland Teil hat. Der floristisch-ökologische Aspekt der 29 auf der Karte unterschiedenen « Milieu-Typen » wird ausführlich erläutert. Die Grenzen zwischen den verschiedenen Volksgruppen sind angegeben. Die Bodennutzung durch den Menschen wurde im Detail studiert.

**Riassunto.** — La carta ecologica della regione dell'Annapurna-Dhaulagiri (Nepal) è la prima di una serie consacrata all'Himalaia centrale. Due capitoli indicano gli scopi di questo lavoro e i metodi di studio dell'ambiente. Due paragrafi sono consacrati alla presentazione geografica, particolarmente climatologica, di questa zona che possiede tre cime di più di 8 000 m, una parte tropicale da ricollegare al sistema indoganetico e una parte steppica del grande insieme tibetano. Un commento sostanziale definisce i caratteri floristico-ecologici dei 29 tipi di ambienti distinti sulla carta che comporta anche la delimitazione dei gruppi etnici. L'utilizzazione dell'ambiente da parte dell'Uomo è studiata minutamente.

**Summary.** — *Principles and objectives of an ecological map of Nepal.* The ecological map of the Annapurna-Dhaulagiri area is the first of a series devoted to cover the whole of Nepal. In this summary, we shall indicate the methods and principles used for the mapping as well as its aims and applications in the different fields of a study of natural environment.

Although quite few foreign botanists penetrated Nepal before 1948, Nepalese flora is now getting well known; this is specially due to the British Museum expeditions (Natural History) and, more recently to the work of the « Department of Medicinal Plant », H.M.G. of Nepal, Ministry of Forest. The Enumeration of « Flowering Plants of Nepal » of L.H.J. WILLIAMS which is being published quotes over 6 000 species. Biogeography of Nepal, on the contrary is only at a start. Among some 500 items devoted to flora 10 % only of the quotations are devoted to phytogeography.

The repartition and ecology of species are completely unknown but for a few important forest species. At the present time, only one botanist, J.D.A. STAINTON, took into consideration the problems of repartition of species and distinction of the different types of forests.

In studying natural environment in Nepal, we tried to apply to the Himalayas the methods of investigation elaborated in the Alps, and specially the mapping of vegetation which has, for many reasons, a privileged place among the methods employed.

The main reasons are due to the extraordinarily synthetic aspect of vegetation mapping, and more over to ecological cartography. In fact, mapping requires an important bibliographical effort, a very tight network of observations and a great variety of techniques and methods in studying environment (climatology, phytosociology, pedology...).

Mapping has to take into consideration all what exists and not only what seems to be the more typical or the more interesting an error often made in classical phytosociology. Besides, mapping offers important advantages and opens to ecological maps a vast field of utilization for nothing is neglected, neither cultivated areas nor damaged areas, nor what generally does not interest the phytogeographer who is only attracted by beautiful forests or high altitude associations undamaged by man.

The ecological map is more synthetic by the density of information it contains than by the preparatory works it requires. Under a slight volume and surface, and owing to the use of a two dimensional representative system with several colours and symbols, it gives an important objective and subjective information more clearly than a long survey.

Without enumerating now all details of methods of studying environment and techniques of mapping, we shall indicate that a map is elaborated according to the principles of «homologous zones» or «isopotential areas», notions which were defined by Professor OZENDA; these principles are now adapted and used by searchers of the Grenoble phytogeographical School.

According to these principles, the map divides the studied environment into a certain number of divisions in which the ecological features are steady or show only slight variations. The amplitude of the variations depends on the scale of the map and on its contingent use. The map is then used as a canvas in which searchers in other fields may work.

Systematists and taxonomists studying flora or fauna have interest in replacing species into this framework both geographical and ecological for it is a way to clear problems of relations between vicarious and endemic species.

Specialists in animal ecology and epidemiologists may use the ecological map with benefit. In fact, it is now well known that animals, and particularly Invertebrates, vehicles of diseases, are enfeoded to certain vegetation types for their ecological needs are similar to those determining the growth of specific vegetation type. In Nepal, mosquitos which vehicle malaria only exist in the ecological area of *Shorea robusta* forest.

A more precise study would point out the fact that mosquitos which are vehicles of the disease can only reproduce in the more watery places of this area, that is in the temporary of permanent waters where larvae may live and grow. An exact knowledge of these «places» would allow a better struggle against malaria.

Geomorphologists whose speciality seems to be remote from ecology will find links between vegetation types and certain geographical forms and erosion. In Nepal, *Alnus nepalensis* which invades erosion pockets and torrential broken stones is an example of these links; another one is that bamboos (*Arundinaria*) are only found on the large rocky and slopy slabs which have nearly inexistant soil.

Although these examples are not limitative, the ethnologists will be able to specify the ecology of the human groups they study with a survey of repartition of ethnic groups and a comparison with corresponding vegetation types. The knowledge of this ecology is essential in a country in such a rapid evolution as Nepal where men will know in coming years a complete change of life. These changes will be easier if the ecological needs of the populations are better known.

We care for cartographical expression because more than synthetical value it may help to development and planification. We must insist upon the extreme importance of such a work in a country like Nepal which has been brought for some years into an area of extraordinarily rapid economic and social development. All those works may only be based on a deep knowledge of natural resources and potentialities. The ecological map with an adequate comment gives all information concerning production, and possibility of forest, agricultural and animal production in both a qualitative and quantitative way.

From the ecological map, the economist may forecast wood or corn production in such or such area; the zoo-technician and the agriculturist may calculate the surface to which such technique of cattle-breeding or agriculture will be applied; the epidemiologist may decide the importance of measures to be taken to struggle against such parasite or disease.

The ecological map is therefore a privileged way of expression when studying natural environment; it is however necessary to undertake these studies according to the objectives proposed by cartography.

The principles of mapping vegetation have been frequently evoked in « Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes » it is however useful to remind them in order to take into account both a new public to whom this work is dedicated, and the particular conditions of work in Nepalese Himalayas.

The first task to be fulfilled when undertaking the study of an unknown area is to take the census of all the works which were devoted to this area. Therefore, we made an important bibliographical effort and gathered nearly 500 titles of books and articles devoted to botany of Nepal. This bibliography deals now with the entire center of the Himalayas from Kumaon to Bhutan. It will be soon published in an analytical and critical work. These bibliographical researches give a present account of the knowledge of Nepalese flora and underlines the lack of general work which would make easier a study of Himalayan botany.

The direct study of vegetation and environment conditions takes place on the field. Our knowledge of the Himalayan flora being very incomplete, we concentrate our efforts on the study of the vegetation not for its own but as a factor of environment among many others.

In the course of many travels, we noted the values and variations of different groups of factors: geographical (slope, exposition), geological (nature of mother rock), pedological (type of soil, pH, structure, texture), climatological (sunniness, temperature, moisture and rainfall), biotic (human density, utilization of natural resources by man and animals). We also carefully noted vegetation and agricultural practices (floristic aspect at least for arborescent species and those whose biogeographical role seems to be important, density, phenology, geographical repartition, utilization by man, productivity, output, agricultural calendars and techniques). Cattle-breeding was studied in connection with natural or transformed vegetation considered as food producer. Samples of Phanerogams, vegetable products, seeds were collected in order to be named or studied. The measures were all made in an empirical way or with help of instruments we carried with us (altimeter, clysimeter, psychrometer, termohygrometer, pH meter, luxmeter...). An important photographic documentation concerning flora, types of vegetation and crops was realized.

All data being collected, the more subjective work when starts investigation determining different isopotential areas. This expression defines parts of ground which ecological and floristic features are quite homogeneous. We already stated that such an homogeneity is relevant both to the chosen scale and to the desired purposes. In the Annapurna-Dhaulagiri map, we give the main place to ecological features for two principal reasons: lack of a total knowledge of the flora and necessity to include cultivated lands in which flora suffered considerable changes into those isopotential areas. It remains however that arborescent species are the more visible; this explains the fact that we mention the isopotential zones according to the name of the more important tree or trees existing in every area. In this map, the size of each area, that means the amplitude of variations of the ecological features in each zone, was chosen in such a way that it could be easily mapped at a 1/250 000 scale and could nearly correspond with the main types of forest, pastures and cultivation systems.

Therefore those lands do not only correspond with lands on which grow different types of forest giving them their name; they also correspond with lands where ecological conditions (climate, microclimate, soil, geography...) allow or would allow the growth of this type of forest even if those lands are covered with bushes or cultures.

In some isopotential areas, we distinguish different facies; this distinction is based on the growth of a particular type of forest which is interesting in its floristic composition or in its ecological needs. This is an example of the convenient of use of such a method of mapping the environment. It is sure that on a larger scale, the size of isopotential areas would have been reduced, and consequently every unity of the map at 1/250 000 would have been divided into several new units.

At the time the Annapurna-Dhaulagiri map was elaborated we could not study the few precise maps which existed (scale: 1 inch: 1 mile) or the scarce aerial photographs which were at disposal; it was then necessary to renounce to an exact delimitation of cultivated lands, and forest areas. The map is clearer and more readable, and the large ecological variations are better pointed out as isopotential areas are not intricated by mingling of cultivated and forest areas.

Techniques used to draw and elaborate the map are those found in the Laboratoire de Biologie Végétale of Grenoble University. The topographic base proceeds from 1/4 miles (quarter inches series) maps of Survey of India, and 1/250 000 maps of U.S. Army. The different colours — a total of 29 — are obtained by mixing five basic colours according to more or less dark wefts. Each colour possesses a well define ecological meaning that is blue for moisture, red for heath, green for temperate zone, yellow for dryness and brown for altitude groups with usually rich soil in organic matter.

This map results from a first contact with Himalayan environment; it is therefore certainly incomplete and contains numerous errors; nevertheless, owing to a better knowledge of environment and a collaboration of several Nepalese organisms, we hope that, in future, ecological maps will be more and more precise and useful, and will then help the country development.

La carte écologique de la région Annapurna-Dhaulagiri est la première d'une série qui couvrira l'ensemble du Népal. Le travail sur le terrain a été réalisé en grande partie en 1969 au cours d'une mission effectuée dans le cadre de la Recherche Coopérative sur Programme n° 65 du Centre National de la Recherche Scientifique (responsable Corneille JEST). Avant d'indiquer les méthodes de travail sur le terrain et les techniques d'établissement de la carte, et avant de passer au commentaire de la carte, il paraît nécessaire d'expliquer les buts et les motifs de cette cartographie écologique.

### OBJECTIFS D'UNE CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE DU NÉPAL

Le Népal, ouvert aux étrangers seulement depuis la révolution libérale de sa Majesté le roi TRIBHUVAN en 1950, a attiré de nombreux scientifiques. Dans le seul champ de la Botanique, près de 500 articles et ouvrages ont été consacrés à ce pays depuis 20 ans. L'immense majorité de ces travaux est limitée à la flore du pays (compte rendu d'expédition, collection, systématique, description d'espèces nouvelles...) ce qui est bien normal si l'on songe qu'avant 1948 quatre botanistes seulement purent pénétrer dans le pays : HAMILTON (1802-1803), WALLICH (1820), HOOKER (1848) et BURKILL (1907).

Le nombre des espèces connues de la flore du Népal s'est donc considérablement accru ces dernières années. Alors que le « *Prodromus Florae nepalensis* » de DON (1825) ne contenait que 766 espèces de Phanérogames et que la flore de LANDON (1928) n'en contenait que 1 672, l'« *Enumeration of Flowering Plants of Nepal* » de WILLIAMS, en cours de publication comporte actuellement plus de 6 000 espèces. Malgré le grand nombre d'expéditions botaniques, certaines régions du Népal sont encore à l'heure actuelle presque totalement inconnues, en particulier dans le Nord Ouest du pays, très difficile d'accès.

Si la flore, malgré quelques lacunes, commence à être bien connue, la biogéographie du Népal en est à ses débuts. Une dizaine de notes seulement, parmi plusieurs centaines, contiennent quelques travaux de phytogéographie ou d'écologie. La répartition des espèces elle-même est totalement ignorée, sauf pour quelques essences forestières importantes. Devant une telle carence, et fort de l'expérience acquise par le Laboratoire de Botanique et Biologie végétale de la Faculté des Sciences de Grenoble

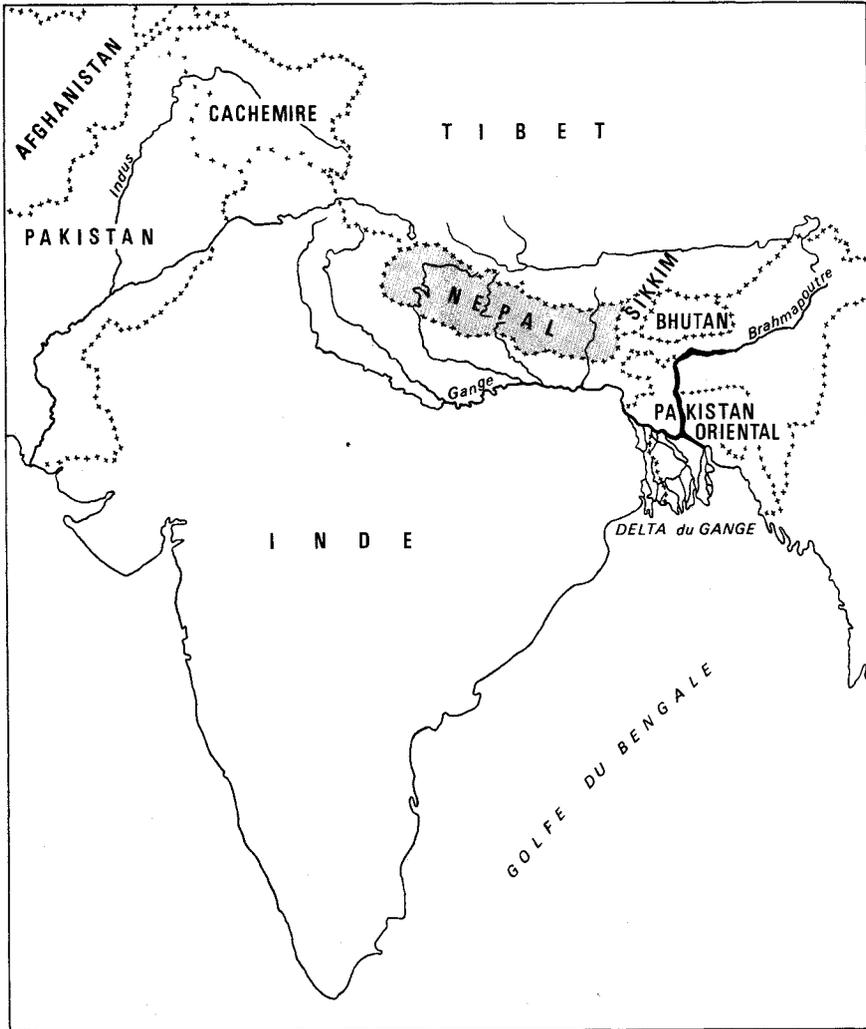


FIG. 1. — Situation géographique du Népal par rapport au subcontinent indien et au plateau tibétain.

depuis plus de dix ans sous l'impulsion de P. OZENDA, il nous a paru évident que le meilleur moyen d'aborder l'étude de l'écologie végétale du Népal était l'établissement de cartes de la végétation.

Nous ne jugeons pas utile de reprendre par le détail toutes les raisons de ce choix, raisons qui ont été invoquées à de nombreuses reprises, en particulier dans différents articles de la revue *Documents*

pour la Carte de la Végétation des Alpes, dirigée par P. OZENDA. Que l'on nous permette cependant d'évoquer quelques-unes des raisons de notre attachement à la cartographie végétale.

Le premier ordre de raisons est dû à l'aspect extraordinairement synthétique de la cartographie de la végétation et plus encore de la cartographie écologique. L'établissement d'une carte nécessite en effet un effort bibliographique important, un réseau d'observations très serré et une grande variété de techniques et de méthodes d'étude du milieu (climatologie, phytosociologie, pédologie...).

L'établissement d'une carte oblige en outre à tenir compte de tout ce qui existe sur le terrain, et non pas seulement de ce qui est jugé le plus typique ou le plus intéressant, erreur que l'on peut reprocher souvent à la phytosociologie classique. Cela d'ailleurs présente de gros avantages et ouvre un champ d'utilisation très étendu aux cartes écologiques car rien n'est négligé, ni les zones cultivées, ni les zones dégradées, ni tout ce qui n'intéresse généralement pas le phytogéographe attiré seulement par les belles forêts ou les associations de haute altitude non perturbées par l'homme.

Plus encore que par les travaux préparatoires qu'elle nécessite, la carte écologique est synthétique par la densité des informations qu'elle contient. Sous un faible volume et une faible surface, par le jeu et l'emploi combiné d'un système de représentation à deux dimensions et à plusieurs couleurs et symboles, elle fournit une masse de renseignements, soit objectifs soit subjectifs, bien plus clairement qu'un long article.

Sans entrer dès maintenant dans le détail des méthodes d'étude du milieu et des techniques d'établissement de la carte, indiquons tout de même qu'elle est établie suivant le principe des zones homologues, ou zones iso-potentielles, notion définie par P. OZENDA puis employée et adaptée depuis, en particulier par les chercheurs de l'école grenobloise de phytogéographie.

Etablie selon ces principes, la carte divise le milieu étudié en un certain nombre de compartiments à l'intérieur desquels les caractères écologiques sont homogènes ou ne présentent que de faibles variations. L'amplitude de ces variations dépend de l'échelle de la carte et de son utilisation éventuelle. La carte sert alors de canevas à l'intérieur duquel les chercheurs d'autres disciplines peuvent travailler.

Les systématiciens et taxonomistes, qu'ils s'occupent de la flore ou de la faune, ont tout intérêt à replacer les espèces dans ce cadre à la fois géographique et écologique, car il peut éclairer les problèmes de relations entre espèces voisines, entre vicariants, entre endémiques.

Les spécialistes d'écologie animale et les épidémiologistes peuvent aussi user avec profit de la carte écologique. Il commence à être bien connu en effet que les animaux et en particulier les invertébrés vecteurs de maladies, sont inféodés à certains groupements végétaux, car leurs exigences écologiques sont les mêmes que celles qui déterminent la croissance de tel ou tel groupement végétal. Au Népal il est évident que la malaria n'existe que dans la zone écologique de la forêt à *Shorea robusta*. Une étude plus précise montrerait que les moustiques vecteurs

de la maladie ne peuvent se reproduire que dans les endroits les plus humides de cette zone, dans les eaux temporaires ou permanentes qui permettent la vie et la croissance des larves; la connaissance exacte de ces « gîtes larvaires » permettrait une meilleure lutte contre la malaria.

Les géomorphologues eux-mêmes, dont la spécialité semble pourtant éloignée de l'écologie, trouveront des liaisons entre les groupements végétaux et certaines formes de modelé ou d'érosion. Au Népal l'envahissement des poches d'érosion et des cailloutis torrentiels par *Alnus nepalensis* est un exemple de ces liaisons; la présence des bambous (*Arundinaria*) uniquement sur les grandes dalles rocheuses en pente, à sol presque inexistant et à nappe suintante, est un autre exemple.

Les ethnologues enfin, mais cette série d'exemples n'est pas du tout limitative, pourront préciser par l'étude de la répartition des ethnies et la comparaison avec les groupements végétaux correspondants l'écologie des groupes humains qu'ils étudient. La connaissance de cette écologie est essentielle dans un pays comme le Népal en voie d'évolution rapide et dans lequel les hommes vont dans les années à venir changer totalement de mode de vie. Ces changements seront plus faciles si les exigences écologiques de ces populations sont bien connues.

Dans le champ de la systématique des ethnies, la première carte écologique présentée dans ce fascicule et qui comporte à la fois la répartition des groupements végétaux et celle des groupes humains, pourra apporter une précision à la notion d'ethnie. Pour un biologiste ou un systématicien il semble que les ethnies comme Dolpo et Lo ou comme Nar, Gyasumdo et Nub-Ri qui vivent dans un milieu écologique tout à fait comparable ne sont que des vicariants géographiques ou sous-espèces géographiques d'une même grande espèce, pour employer une terminologie de systématicien.

Plus encore que pour sa valeur synthétique, nous sommes attachés au mode d'expression cartographique pour l'aide qu'il peut apporter aux projets de développement et de planification. Il est inutile d'insister sur l'extrême importance de ces travaux dans un pays comme le Népal qui est entré depuis quelques années dans une ère de développement économique et social extraordinairement rapide. Tous ces travaux ne peuvent être basés valablement que sur une connaissance approfondie des ressources naturelles, qu'elles soient végétales, animales ou humaines. La carte écologique, assortie d'un commentaire adéquat, apporte toutes ces informations concernant la possibilité de production forestière, agricole, animale, à la fois de manière qualitative et quantitative.

A partir de la carte écologique l'économiste peut prévoir la production en bois d'œuvre ou en Blé de telle ou telle zone, le zootechnicien et l'agronome peuvent calculer la surface d'application de telle ou telle technique d'élevage ou d'agriculture, l'épidémiologiste peut décider de l'importance des mesures à prendre pour lutter contre tel parasite ou telle maladie.

La carte écologique est donc le mode d'expression privilégié des études du milieu naturel; mais encore faut-il que ces études soient menées en fonction des objectifs que se propose la cartographie.

## MÉTHODES D'ÉTUDE ET TECHNIQUE D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE ÉCOLOGIQUE

Les principes d'établissement des cartes de la végétation ont été évoqués à plusieurs reprises dans les *Documents pour la carte de la végétation des Alpes*, mais il n'est pas inutile de les rappeler, à la fois pour tenir compte du public nouveau auquel s'adresse cette publication et pour tenir compte aussi des conditions particulières de travail dans l'Himalaya du Népal.

La première tâche à accomplir lorsque l'on aborde l'étude d'une région mal connue est le recensement de tous les travaux qui ont été effectués dans cette région. Nous avons donc commencé par un important effort bibliographique qui nous a permis de réunir pour le seul Népal près de 500 titres de livres et articles consacrés à la Biologie végétale. Cette bibliographie s'étend maintenant à l'ensemble de l'Himalaya central, du Kumaon au Bhoutan, et elle paraîtra sous forme d'un ouvrage analytique et critique dans un proche avenir. Ces recherches bibliographiques montrent l'état actuel de la connaissance de la flore du Népal et soulignent l'absence d'un ouvrage général qui permette une étude facile de la botanique himalayenne. Cette carence nous a obligé à prendre contact avec la flore himalayenne dans les collections des muséums en particulier au British Museum (Natural History) de Londres et au Conservatoire Botanique de la Ville de Genève. Ces préliminaires achevés, reste le travail sur le terrain.

Il n'est pas inutile de s'étendre un peu sur les conditions de travail dans l'Himalaya, tant les chercheurs européens sont habitués à trouver partout et même dans les endroits les plus inaccessibles des Alpes, des routes en bon état ou des téléphériques qui réduisent aujourd'hui à peu de chose les efforts physiques.

Dans l'ensemble des 100 000 km<sup>2</sup> de montagnes népalaises (sur une superficie totale de 140 000 km<sup>2</sup>) il n'existe guère plus de 300 km de routes ou de pistes accessibles aux véhicules. Tout doit se faire à pied. Durant notre mission de 1969 nous avons parcouru en trois mois plus de 2 500 km entièrement à pied. Dans ce pays où les centres commerciaux sont très rares et où les habitants vivent en autarcie, le ravitaillement est parfois un problème important en particulier dans les zones très peu peuplées du Nord et de l'Ouest. L'absence de bonnes cartes topographiques et la difficulté de se procurer celles qui existent est un handicap sérieux pour les déplacements et le travail sur le terrain. Ajoutons enfin qu'en cas d'incident le médecin le plus proche se trouve souvent à plusieurs jours, voire à plusieurs semaines de marche. Tout ceci, et le fait que la limite de la végétation est toujours au-dessus de 5 000 m, nécessitent que le chercheur, sans être un athlète consommé, soit cependant dans une bonne forme physique.

Sur le terrain commence l'étude directe de la végétation et des conditions de milieu. Ayant une connaissance tout à fait incomplète de la flore himalayenne, nous avons porté nos efforts surtout sur le second volet de l'étude en étudiant la végétation non pas pour elle-même mais surtout en tant que facteur du milieu au même titre que les autres.

Au cours des longs déplacements nous avons noté les valeurs et les variations de différents groupes de facteurs : géographiques (pente, exposition), géologiques (nature de la roche-mère), pédologiques (type de sol, pH, structure, texture, humidité), climatologiques (ensoleillement, température, humidité atmosphérique, pluviosité), biotiques (pression humaine, utilisation des ressources naturelles, transformation du paysage végétal par l'homme et les animaux). Nous avons relevé aussi l'aspect de la végétation et des cultures le plus soigneusement possible (floristique au moins pour les espèces arborescentes et les espèces semblant avoir un rôle biogéographique important, densité, phénologie, recouvrement, répartition géographique, utilisation par l'homme, productivité, rendement, calendriers culturaux et techniques de culture). L'élevage, et ses relations avec la végétation naturelle ou transformée, productrice de nourriture, a été étudié. Des échantillons de Phanérogames, de produits végétaux, de graines ont été collectés pour détermination ou étude. Toutes ces mesures ont été faites soit empiriquement soit avec les instruments que nous avions emportés (boussole, altimètre, clysimètre, psychromètre, thermohygrographes enregistreurs, pH-mètre, luxmètre...). Une importante documentation photographique concernant la flore, les associations végétales et les cultures a été réalisée; ce type de documentation, trop souvent négligé par les chercheurs, offre un grand intérêt tant didactique que scientifique.

Toutes ces données étant collectées, commence le travail le plus subjectif, à savoir la détermination des différentes zones isopotentielles. Ce terme de P. OZENDA définit des compartiments de terrain à l'intérieur desquels les caractères écologiques et floristiques sont assez homogènes, cette homogénéité étant, nous l'avons déjà souligné, fonction à la fois de l'échelle adoptée et des buts recherchés. Dans la carte Annapurna-Dhaulagiri nous avons donné la prépondérance aux caractères écologiques et ceci pour deux raisons: méconnaissance de la flore et nécessité d'intégrer dans ces zones isopotentielles les territoires cultivés dans lesquels la flore a subi d'importants changements. Il n'en reste pas moins cependant que les espèces arborescentes sont ce qu'il y a de plus visible sur le terrain et c'est la raison pour laquelle nous nommons les zones isopotentielles d'après le nom de l'arbre ou des arbres les plus importants dans chaque zone. Dans cette première carte, la taille de chaque zone, c'est-à-dire l'amplitude de variation des caractères écologiques à l'intérieur de chacune d'elles, a été choisie de façon à pouvoir être cartographiée facilement à l'échelle de 1/250 000 et de façon à correspondre à peu près aux grands types de forêts et aux grands types de systèmes agro-sylvo-pastoraux.

Ces zones ne correspondent donc pas seulement à des territoires sur lesquels poussent tel ou tel type de forêt qui leur valent leur nom, mais à des territoires à l'intérieur desquels règnent des conditions écologiques (climat, microclimat, sol, géographie...) qui permettent ou qui permet-

## CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

traient la croissance de ce type de forêt même si les territoires correspondants sont actuellement couverts de landes ou de cultures.

A l'intérieur de certaines zones isopotentielles nous avons distingué différents faciès, distinction basée sur la présence d'un type de forêt particulier, intéressant, soit par sa composition floristique, soit par ses exigences écologiques. Cela donne un exemple de la souplesse d'emploi de cette méthode de cartographie du milieu. Il est bien évident qu'à une échelle plus grande la taille des zones isopotentielles aurait été plus réduite, chaque unité de la carte au 1/250 000 donnant naissance à plusieurs unités nouvelles.

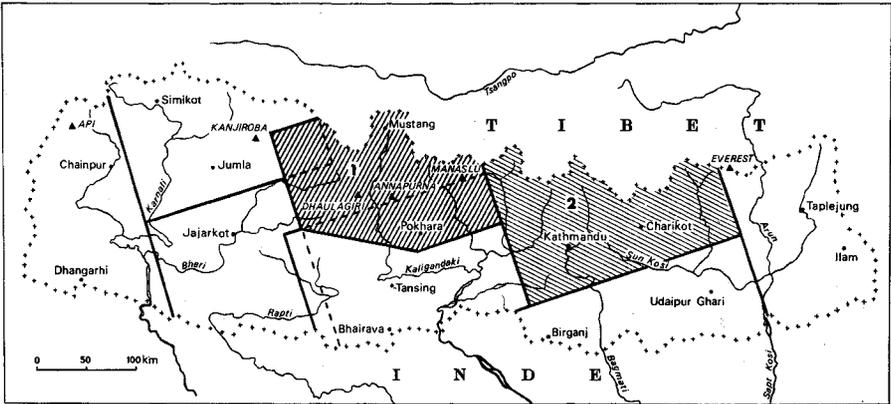


FIG. 2. — Plan de découpage proposé pour la cartographie écologique du Népal au 1/250 000. Les cartes n° 1 parue (Annapurna-Dhaulagiri) et n° 2 en préparation (Kathmandu) sont hachurées.

Lors de l'établissement de la carte Annapurna-Dhaulagiri nous n'avons pu disposer ni des quelques cartes précises existantes (1 inch/1 mile soit 1/63 000 environ) ni des rares photographies aériennes disponibles; il nous a donc fallu renoncer à la délimitation exacte des zones cultivées, des zones forestières et des zones de landes. Cela présente à la fois des avantages et des inconvénients. La carte est beaucoup plus claire et plus lisible et les grandes variations écologiques apparaissent mieux car les zones isopotentielles ne sont pas brouillées par l'intrication des parcelles cultivées et des parcelles forestières. La carte est malheureusement beaucoup moins utile à l'économiste qui ne peut se rendre compte de l'importance réelle des forêts, des cultures ou des pâturages. En outre les caractères écologiques des zones cultivées sont souvent très différents de ceux des zones forestières et cela ne tient pas seulement à l'influence humaine, mais peut être dû à des caractères géographiques importants tels que la pente ou l'orientation. Il est donc parfois utile de différencier certains compartiments, les uns à prédominance de cultures, les autres à prédominance de forêts.

Lors de l'établissement des prochaines coupures de la carte écologique nous espérons avoir la possibilité d'accéder aux cartes topographiques

aux photographies aériennes du Népal, en particulier grâce à la collaboration du « Forest Ressources Survey », organisme du Ministère des Forêts chargé de réaliser l'inventaire forestier. C'est ainsi que nous avons déjà pu dessiner au cours de la mission été 1970 une carte au 1/50 000 de la région du Sulu (Est Népal), de façon plus précise. Les cartes seront ainsi beaucoup plus utiles aux scientifiques et administrateurs népalais.

Les techniques utilisées pour le dessin et la réalisation de la carte sont celles mises au point au laboratoire de Biologie végétale de la Faculté des Sciences de Grenoble. Le fond topographique est tiré des cartes 1 inch / 4 miles (quater inches series) du Survey of India et des cartes au 1/250 000 de l'U.S. Army. Les différentes couleurs, 29 au total, sont obtenues par la combinaison à l'aide de trames plus ou moins foncées de 5 couleurs de base; cette technique très économique permet d'éditer des cartes fort lisibles au dixième du prix habituel des cartes en couleurs.

Les couleurs sont dotées chacune d'une signification écologique précise. Le bleu indique l'humidité, le rouge la chaleur, le vert est le caractère tempéré, le jaune définit la sécheresse et le marron est réservé aux groupements d'altitude à sol généralement riche en matière organique.

Cette carte est le résultat d'un premier contact avec le milieu himalayen, elle est donc forcément imparfaite et comporte sans doute de nombreuses erreurs mais nous espérons que dans l'avenir, grâce à une meilleure connaissance du milieu et à l'apport de la collaboration de divers organismes népalais, les cartes écologiques seront de plus en plus précises et de plus en plus utiles et qu'elles pourront servir alors pleinement au développement du pays.

## CARTE ÉCOLOGIQUE DE LA RÉGION ANNAPURNA-DHAULAGIRI

### I. — PRÉSENTATION GÉOGRAPHIQUE

En raison de son importance écologique particulière, le climat est traité dans un paragraphe distinct.

La zone étudiée (fig. 2), située dans le centre Népal entre 28° 10' et 29° 20' de latitude nord et entre 82° 50' et 84° 45' de longitude est, correspond principalement à la haute vallée de la Kali Gandaki dont l'ensemble du bassin versant draine environ un tiers de la surface du Népal. La même structure, en grands ensembles géographiques juxtaposés du Sud au Nord, se retrouve d'Est en Ouest tout au long des quelques 800 km du pays. Au niveau du centre Népal (Fig. 3) on rencontre successivement une plaine à faible altitude (100 à 200 m), partie septentrionale de la grande plaine gangétique, les premières rides des Siwaliks ou Churia Hills, le grand ensemble du Mahabharat Lekh ou bas

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

Himalaya dont les sommets atteignent souvent 2 500 m et enfin, précédés d'une série de dépressions à basse altitude, les massifs du grand Himalaya et leurs flancs sud ou moyen Himalaya. Dans le centre Népal la frontière ne suit pas la ligne de crête du grand Himalaya mais est reportée quelques dizaines de kilomètres au Nord et englobe les hautes vallées des rivières népalaises qui franchissent le grand Himalaya. La carte ne recouvre que les ensembles les plus septentrionaux : dépressions du Nord du Mahabharat, Himalaya et ses flancs sud, partie transhimalayenne.

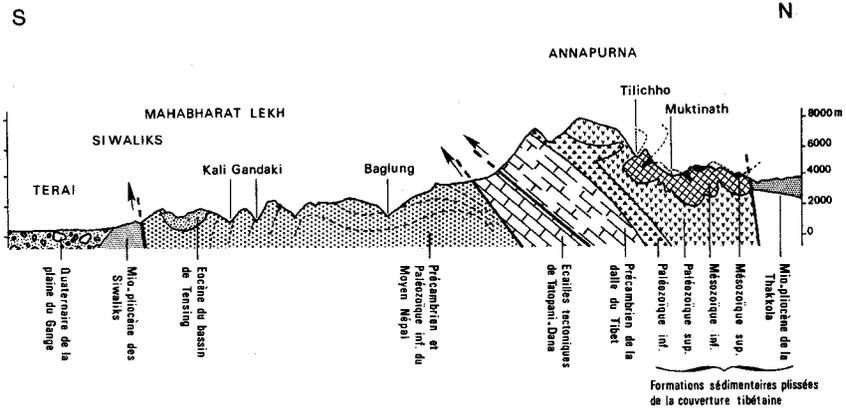


FIG. 3. — Coupe géomorphologique du centre Népal (d'après P. BORDET et O. DOLLFUS).

La plus importante des dépressions est celle du bassin de Pokhara dont l'étude structurale et géomorphologique a été faite par H.B. GURUNG, et reprise très récemment par O. DOLLFUS. L'Himalaya est représenté par trois massifs de première importance : Dhaulagiri, Nilgiri-Annapurna-Lamjung et Manaslu-Himalchuli qui culminent respectivement à 8 137, 8 090 et 8 156 m. 28 sommets de ces massifs dépassent 7 000 m (H.B. GURUNG). La zone transhimalayenne est particulièrement développée. Au Nord du Dhaulagiri elle est représentée par le pays de Dolpo qui correspond aux hautes vallées de la Bheri et de la Panzang. Au Nord de l'Annapurna-Lamjung la haute Marsyandi forme le pays de Manang. Entre les deux, la haute Kali Gandaki forme le vaste pays de Mustang.

Au Sud des grands sommets, les reliefs sont très vifs et les vallées très encaissées, avec des versants très raides qui rendent difficiles les échanges entre vallées même peu éloignées. Cette vigueur du relief s'estompe très légèrement au Sud du Dhaulagiri et surtout dans les zones transhimalayennes, mais reste cependant forte. Les pentes moyennes des versants des rivières de l'Annapurna (Modi, Mardi, Seti, Madi, Midam, Khudi Khola) sont de l'ordre de 45° à 50° sur des dénivellations qui atteignent souvent 6 000 à 7 000 m. Au Sud du Dhaulagiri elles sont encore de 35° à 40° tandis que dans le Mustang elles ne sont plus que de 20° à 25° avec des dénivellations ne dépassant pas 4 000 m. Plus que par ces valeurs moyennes ces trois régions se distinguent surtout par

leur aspect géographique; alors que les versants du Sud de l'Annapurna sont pratiquement homogènes du sommet jusqu'à la base, ceux du Dhaulagiri et plus encore ceux de Mustang et de Dolpo sont formés par la juxtaposition de compartiments très raides et de croupes ou de ressauts assez plats.

Ce degré différent d'évolution du relief se retrouve évidemment dans l'organisation du système des tracés de rivières. Au Sud des massifs Nilgiri-Annapurna-Lamjung et Manaslu-Himalchuli le réseau est très jeune et formé de rivières parallèles et d'importance égale, une dizaine sur 100 kilomètres de large. Au Sud du Dhaulagiri le réseau est beaucoup plus évolué et la Mayangdi Khola draine la presque totalité du massif. Dans la zone transhimalayenne la Bheri (Barbung Chu), la haute Kali Gandaki (Mustang Chu) et la haute Marsyandi drainent respectivement Dolpo Sud, Mustang et Manang.

La vigueur du relief ne facilite évidemment pas les communications et les routes ne dépassent pas Pokhara, tant celle du Sud ouverte en 1969 (Bhairawa-Pokhara) que celle de l'Est (Kathmandu-Pokhara) dont l'ouverture est prévue en 1970. L'avion lui-même ne rend que de maigres services tant les places favorables à l'établissement d'un terrain d'atterrissage sont rares. Seul le terrain de Pokhara est utilisable à peu près en tous temps. Ceux de Dhorpatan au Sud du Dhaulagiri et de Jomosom dans la haute Kali Gandaki ne sont accessibles qu'aux avions à décollage court, et à de rares périodes de l'année tant les conditions climatiques sont défavorables (vent, nébulosité).

Tous les déplacements doivent donc s'effectuer à pied. Au Sud de l'Annapurna ils sont rendus très difficiles par la jeunesse du relief. Parcourir d'Est en Ouest le Sud du massif oblige à gravir puis redescendre chaque jour les crêtes séparant les vallées, ce qui représente souvent des dénivellations de 2 500 à 3 000 m entre le sommet et le bas des versants. Au Sud du Dhaulagiri et dans la zone nord-himalayenne les pistes sont moins accidentées mais les cols qui séparent les bassins versants sont généralement plus hauts, entre 4 000 et 5 000 m, parfois davantage.

Si la topographie de cette région commence à être bien connue malgré quelques lacunes dans les zones du Nord et de l'Est, en revanche la géologie est presque totalement ignorée et les rares travaux effectués, en particulier ceux de P. BORDER entre Annapurna et Dhaulagiri, sont surtout consacrés à la tectonique et aux tentatives d'explication de la structure de la chaîne (Fig. 3). Rien par contre ou presque rien ne concerne la lithologie, extrêmement intéressante pour l'étude des conditions de milieu. Nous connaissons un peu mieux heureusement les conditions climatiques qui règnent dans cette région.

## II. — LE CLIMAT

Nous avons déjà évoqué dans un article précédent les aspects bioclimatologiques du centre Népal (DOBREMEZ, 1970); nous nous bornerons donc à commenter les grands traits du climat de la région Annapurna-

Dhaulagiri à l'aide du tableau, des graphiques et de la carte pluviométrique (Fig. 4, 5 et 6) établis à partir des données contenues dans « climatological records », publication du département de Météorologie du gouvernement du Népal. Ces données concernent malheureusement des périodes d'observation assez courtes, de 6 à 10 ans, et sont réparties très irrégulièrement suivant les régions. Le grand Himalaya et la zone transhimalayenne sont pratiquement dépourvus de postes d'observation (5 pour 20 000 km<sup>2</sup>) et la densité géographique moyenne pour tout le centre du Népal n'est que de un poste pour plus de 2 500 km<sup>2</sup>; cependant ces données sont particulièrement intéressantes et concordent bien avec l'aspect qu'offre la végétation dans les différentes unités géographiques de la région étudiée. Nous n'aborderons pas dans cette brève étude climatologique les phénomènes de circulation générale, mais seulement la répartition géographique de la pluviosité et son influence éventuelle sur la végétation. Indiquons cependant que l'ensemble du Népal est soumis à la mousson dont les effets, qui se font sentir de juin à septembre, s'atténuent d'Est en Ouest.

Les données contenues dans le tableau (Fig. 4) montrent la relative indépendance de la pluviosité moyenne annuelle et de l'altitude. Cependant l'observation du nombre de mois secs dans chaque station et du rapport entre la pluviosité d'été et la pluviosité totale annuelle montre l'influence des fortes altitudes sur la répartition des pluies.

Un mois est considéré comme sec, au sens de GAUSSEN, lorsque sa pluviosité exprimée en millimètres est inférieure au double de sa température moyenne exprimée en degrés. Le rapport entre la pluviosité des mois de juin, juillet et août et la pluviosité totale annuelle, quoique arbitraire, exprime bien quant à lui l'importance des pluies de mousson dans le régime d'une station.

Le cas des stations Jomosom, Dunai, Jagat et Mugu est particulièrement net. Les pluies de mousson s'affaiblissent en haute altitude alors que les précipitations d'hiver d'origine orographique deviennent plus importantes. On manque malheureusement presque totalement de données chiffrées pour les très hautes altitudes, mais toutes les observations faites par les expéditions alpinistes concordent pour indiquer que les précipitations neigeuses au-dessus de 5 000 m sont concentrées presque uniquement en hiver.

Dans le tableau (Fig. 4) les stations à régime bixérique, c'est-à-dire celles qui ont une période sèche interrompue par un ou plusieurs mois non secs ( $P_{mm} > 2T^{\circ}$ ), sont soulignées, ainsi que dans la carte de la pluviosité (Fig. 5). Cela indique que les précipitations d'origine orographique ne sont pas négligeables. Il s'agit généralement dans ces cas-là de l'influence de la position géographique de la station à proximité d'un massif important.

La carte pluviométrique met en évidence les variations de pluviosité particulièrement nettes d'Est en Ouest et du Sud au Nord. Les vents de mousson du Sud-Est chargés d'humidité butent sur les premières pentes des Siwaliks et du Mahabarat (Butwal) et surtout dans l'entonnoir du massif Nilgiri-Annapurna-Lamjung où la pluviosité est très importante. Les zones situées à l'Ouest (Sud du Dhaulagiri) et au Nord (partie trans-

CARTE ÉCOLOGIQUE DU NÉPAL

Stations	Altitude en mètres	Pluviosité annuelle moyenne (mm)	Mois secs	$\frac{P \text{ été}}{P \text{ totale}}$	Durée des observations en années
BAIRIA	152	1467	10 à 5	0,72	10
BUTWAL	263	2520	10 à 5	0,80	6
GIRWARI	303	2400	11 à 4	0,75	9
<u>RIRI BAZAR</u>	606	1269	11à12 2à4	0,69	10
<u>CHAPKOT</u>	606	2010	11à12 4	0,67	8
ARUGHAT	606	2374	11 à 4	0,70	9
<u>TANSING</u>	757	1725	11a12 4	0,67	8
POKHARA	833	3507	12	0,66	10
<u>BIJUWAR PIUTHAN</u>	890	1242	11à1 3a5	0,70	8
<u>KUNCHA</u>	909	2542	11à12 2	0,62	10
BENI	915	1403	11 à 3	0,67	10
<u>BANDIPUR</u>	1061	1834	11à2 4	0,70	10
<u>GURKHA</u>	1061	1588	11à12 2à3	0,75	6
<u>LIBANGAON</u>	1363	1515	11a12 3	0,67	9
DHADING	1440	2636	11 à 12	0,69	9
JAWANI	1515	1726	11 à 4	0,67	7
RUKUMKOT	1591	2769	11 à 12	0,71	8
<u>MUSIKOT</u>	1818	1457	11à12 2à4	0,72	8
SEHRA GAON	2046	1340	11 à 12	0,63	6
<u>JOMOSON</u>	2800	270	4à6 9à12	0,34	5
DUNAI	2803	1170	11	0,49	8
JAGAT	3003	1297	11 à 12	0,60	9
MUGU	3787	1286		0,36	7

FIG. 4. — Données climatologiques des stations du Centre Népal.  
Les stations à climat bixérique sont soulignées.

himalayenne) protégées des vents de mousson sont beaucoup plus sèches, sauf au pied des grands sommets (Dhaulagiri, Hiunchu). Manang, Mustang, Dolpo, en arrière du grand Himalaya sont presque totalement protégés et la pluviosité très faible est répartie presque également entre l'été et l'hiver. Dans la vallée de la Kali Gandaki, du fait de la circulation générale des masses d'air au Sud et au Nord de l'Himalaya, les pluies de mousson dépassent rarement Dana. Dans ces zones la sécheresse est

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

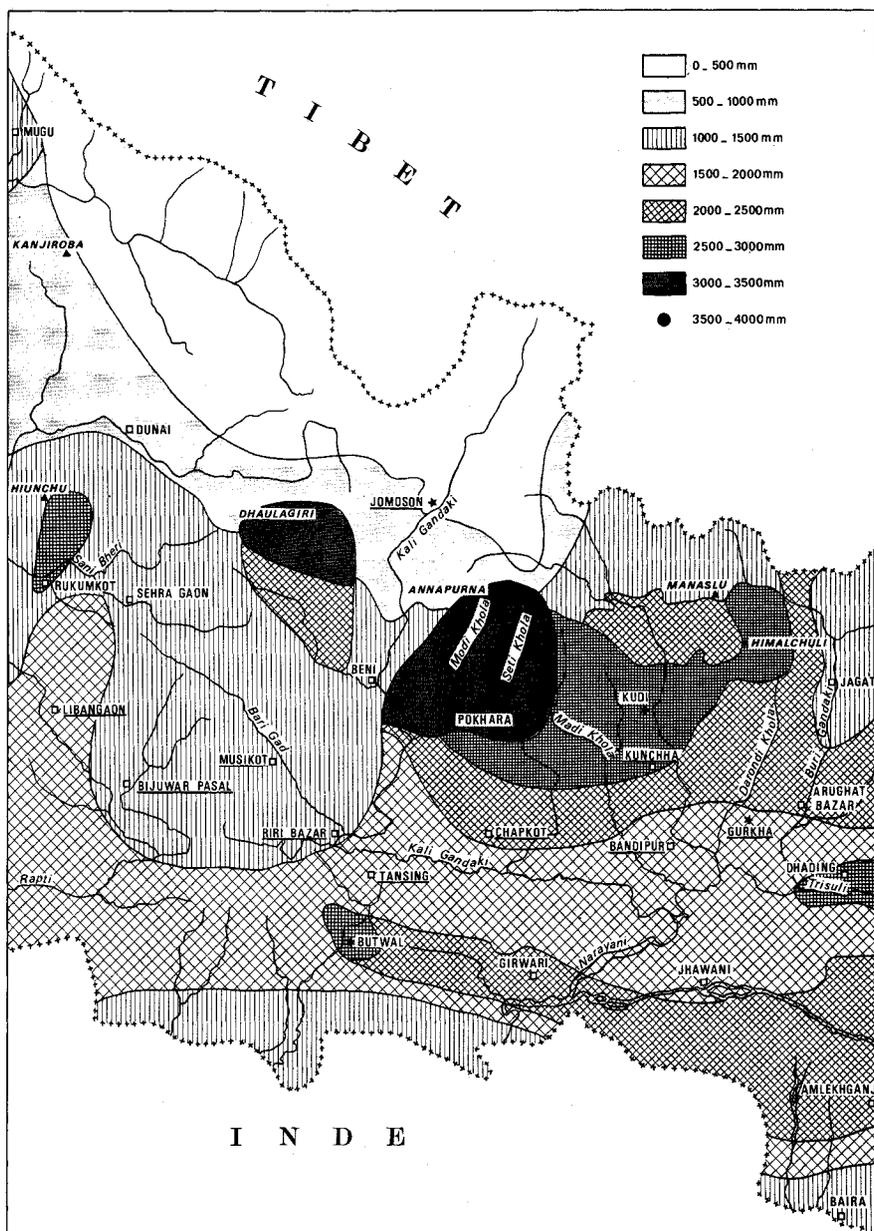


FIG. 5. — Carte de la pluviosité du Népal central.

aggravée par un vent très violent et presque constant du Nord, surtout le long de la Kali Gandaki.

Les diagrammes ombrothermiques (Fig. 6) montrent 4 types de régimes dans lesquels on peut ranger toutes les stations. Dans ces diagrammes les températures en degrés sont portées avec une échelle

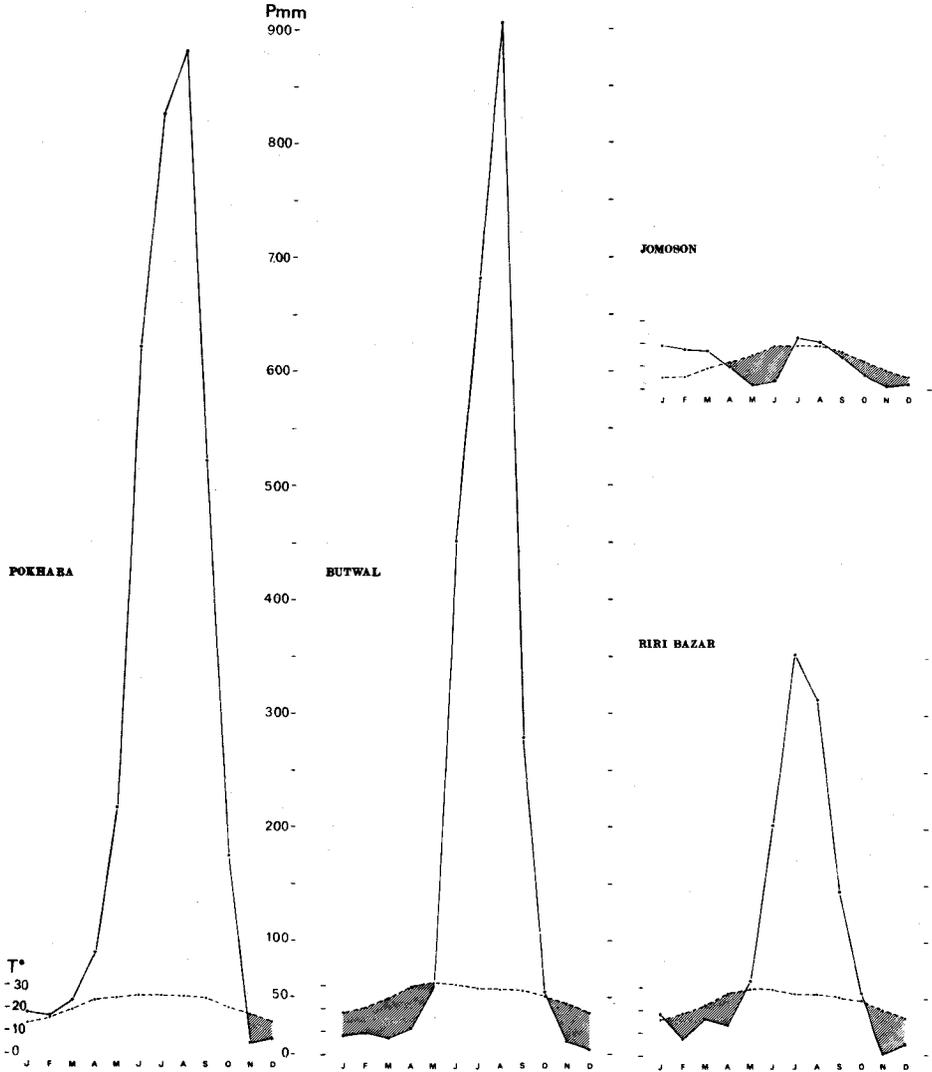


Fig. 6. — Diagrammes ombrothermiques de quelques stations caractéristiques. Les périodes sèches sont soulignées par l'emploi d'une trame grisée.

double de celle des pluviosités en millimètres. Les mois secs sont soulignés graphiquement par l'emploi d'une trame grisée. Butwal est le type des stations à deux saisons très marquées sans aucune pluie parasite en hiver. Toutes les stations du Terai sont de ce type. La position de Butwal au pied des Siwaliks lui vaut une pluviosité anormalement élevée. Riri Bazar est le type des stations du Mahabarat Lekh, à saisons tranchées mais à pluviosité moins importante car une partie de l'humidité a déjà été abandonnée sur les premiers reliefs. Pokhara est remarquable par sa forte pluviosité et sa saison sèche courte. Le haut massif tout proche de l'Annapurna entraîne la condensation et l'épuisement des nuages de mousson et provoque des précipitations orographiques non négligeables. Jomosom est le type des stations d'altitude et du Nord de l'Himalaya. Dans ces stations non seulement la pluie est répartie très irrégulièrement au long de l'année, mais aussi la variabilité d'une année à l'autre est extraordinaire. A Dunai il est tombé, en 1965, 342 mm de pluie et en 1962, 2486 mm; le régime y est de type méditerranéen à fortes pluies d'hiver, et c'est d'ailleurs dans cette région que se rencontrent des groupements végétaux eux aussi d'affinité méditerranéenne, en particulier la Cédraie à *Cedrus deodara*.

Malgré la faible densité des stations et les courtes périodes d'observation, les données climatologiques permettent cependant d'avoir une première idée des conditions écologiques qui règnent dans le centre du Népal. Le trait le plus intéressant de cette région est la juxtaposition de zones à pluviosité aussi différente : Sud-Annapurna hyperpluvieux, Sud-Dhaulagiri moyennement arrosé et Nord-Himalaya très sec. Les transitions entre ces zones sont évidemment particulièrement attachantes; c'est le cas de la vallée de la Kali Gandaki entre Beni et Jomosom. L'étude de la végétation va nous permettre de mieux préciser cette écologie du centre Népal.

### III. — LA VÉGÉTATION

Malgré la relative facilité d'accès de la région Annapurna-Dhaulagiri grâce à l'aéroport de Pokhara, cette région n'a été parcourue que par peu de botanistes et les documents de base, tant floristiques qu'écologiques, sont rares et parfois même totalement absents. L'expédition du British Museum (Natural History) de 1952, basée à Jumla dans l'Ouest Népal, a parcouru la zone de Dolpo Sud. Celle de 1954, basée à Pokhara, a exploré surtout le Sud Annapurna et le Sud Dhaulagiri. Elle a permis de préciser la limite de répartition de très nombreuses espèces d'origine tant orientale qu'occidentale. En 1952 et 1953, les scientifiques des expéditions japonaises d'alpinisme ont effectué le tour des massifs de l'Annapurna et du Manaslu. Les comptes rendus d'expéditions contiennent quelques notes sur la répartition altitudinale de la végétation. Enfin depuis près de 20 ans J.D.A. STANTON a effectué de très nombreux voyages dans l'ensemble du Népal et plusieurs dans le centre du pays. Ses « notes on a journey » fourmillent de renseignements floristiques, phytogéographiques et écologiques. Il est l'homme qui connaît le mieux la végétation du Népal et il

a eu la chance, grâce à la collaboration du département des plantes médicinales du Ministère des Forêts, de pouvoir explorer de nombreuses zones interdites aux étrangers le long de la frontière du Tibet. La cartographie de la zone nord-himalayenne a été faite presque uniquement à l'aide de ses travaux et de ceux des Japonais. Les études les plus importantes sur la végétation de l'Himalaya ne concernent malheureusement pas spécialement le centre Népal : ce sont ceux de CHAMPION, PURI et surtout LEGRIS.

Les zones isopotentielles que nous avons distinguées pour réaliser la carte peuvent être regroupées par affinité en unités supérieures à l'intérieur desquelles les caractères écologiques, tout en ayant des amplitudes de variation assez importantes, conservent une certaine homogénéité. Ces unités supérieures ou formations réunissent plusieurs groupements végétaux caractérisés par leur composition floristico-écologique.

#### A. — Les formations tropicales et subtropicales.

Elles regroupent tous les territoires soumis à un climat de mousson à saison sèche et saison humide tranchée. La pluviosité est généralement forte, supérieure à 2 000 mm par an. Les températures, élevées, ont une faible amplitude, annuelle, voisine de 10° à 12° centigrades. Ces formations ne dépassent pas en altitude 2 000 m et sont localisées, sur la carte, surtout au Sud de l'Annapurna. Les groupements les plus secs pénètrent cependant au Sud du Dhaulagiri et dans la vallée de la Bheri.

##### 1) *Forêt tropicale à Shorea robusta.*

Elle est limitée en altitude à 900-950 m, ce qui correspond à une température moyenne annuelle de 21° au Sud de l'Annapurna. Son importance est très faible dans la zone couverte par la carte. On la trouve à toutes les expositions, sur des sols de type latéritique. A cette altitude elle est beaucoup moins riche en espèces que dans le Terai ou le Mahabarat Lekh dans lesquels les espèces tropicales que l'on rencontre en Inde jusqu'au Cap Comorin sont présentes (*Dillenia, Dalbergia, Acacia, Terminalia, Bauhinia, Anogeissus...*). Du fait du déboisement, du pâturage et des feux très fréquents, ces forêts sont réduites à de petites parcelles où l'on ne rencontre que *Shorea robusta, Bombax ceiba, Castanopsis indica, Castanopsis tribuloides, Hollarhena antidysenterica*.

Ces arbres de taille médiocre (10 à 15 m) sont toujours sévèrement étêtés car leurs feuilles servent de nourriture pour le bétail ou de matière première pour de nombreux usages artisanaux (emballages, plats et assiettes, récipients divers...). Le sous-bois, toujours paturé, est très clair mais très pauvre en espèces à cause du feu auquel ne résistent que deux ou trois espèces de Graminées et de Cypéracées.

La plus grande partie de cette zone est défrichée et cultivée, et le bétail (buffles, vaches) est très nombreux. Les habitants appartiennent pour la plupart aux castes népalaises. La malaria endémique a pratiqué-

ment disparu depuis une dizaine d'années grâce aux travaux de l'Organisation Mondiale de la Santé (« Malaria eradication »).

2) **Forêt subtropicale humide à *Castanopsis indica*, *Schima wallichii* et *Engelhardtia spicata*.**

Elle s'étend en altitude entre 950-1000 m et 1900-2000 m, ce qui correspond à une température annuelle moyenne de 15° à 21°. Elle nécessite une pluviosité supérieure à 2500 mm. Ces conditions sont réunies et dépassées au Sud de l'Annapurna, où ce groupement végétal est le plus caractéristique. Au Sud du Dhaulagiri et dans la Kali Gandaki les espèces les plus hygrophiles disparaissent, et il ne subsiste que dans le fond des vallées (Mayangdi, Rahugat Khola) orientées dans le sens des vents de mousson (du Sud-Est au Nord-Ouest) ou sur les versants exposés au Nord sur lesquels l'évaporation moins forte compense la faible pluviosité.

Toute cette zone est extrêmement peuplée et les vestiges de forêts sont rares. A part les trois espèces qui ont valu son nom à ce groupement, les arbres sont pratiquement absents si l'on excepte quelques pieds de *Castanopsis tribuloides*, *Daphniphyllum himalayense*, *Albizzia procera*, *Terminalia belerica*. De très nombreuses parcelles, trop en pente pour être cultivées, sont couvertes de landes pâturées. Les arbustes les plus fréquents sont : *Mahonia nepalensis*, *Berberis asiatica*, *Woodfordia fruticosa*, *Lantana camara*, *Rubus ellipticus*, *Colebrookia oppositifolia*, *Osbeckia stellata*, *Melastoma normale*, *Pogostemum plectranthoïdes*, *Vitex negundo*, *Mussaenda roxburghii*. *Pteris aquilina* var. *wightianum* couvre parfois de grandes surfaces.

Dans les rares parcelles forestières, les arbres sont couverts d'épiphytes qui témoignent du caractère hygrophile de ce groupement. Bryophytes, Ptéridophytes et Orchidées sont extrêmement abondants. Quelques Angiospermes et quelques Lichens sont parfois présents. Tous les caractères floristiques et écologiques rapprochent cette association végétale des associations subtropicales humides de l'Est himalayen (Sikkim, Bhutan). La très forte pluviosité (sans doute près de 4000 mm par an) est le caractère dominant de cette zone isopotentielle séparée par près de 400 km des zones comparables de l'Himalaya oriental.

3) **Forêt subtropicale sèche à *Pinus roxburghii*.**

Ce Pin subtropical à trois pseudophylles remplace aux mêmes altitudes, mais dans les zones plus sèches, le groupement précédent. Totalement absent du Sud Annapurna, il apparaît en versant sud dans la Modi Khola et la Kali Gandaki. Il est plus important au Sud du Dhaulagiri et se trouve à toutes expositions dans la vallée de la Bheri plus sèche. Au Sud des grands massifs la simple humidité due aux rivières suffit à l'éliminer et à le repousser à quelques centaines de mètres au-dessus du lit.

Les sols, soumis à de très fortes variations d'humidité et de température du fait de leur exposition au Sud, sont de type latéritique avec

une croûte superficielle mince, très riche en colloïdes et en sels minéraux. Les forêts, très rares à cause de la pression humaine, sont soumises systématiquement au feu, au moins une fois par an. Certains auteurs parlent même, à propos de ce groupement, de « fire climax ». Ces feux ont pour but de favoriser la croissance d'un pâturage tendre à Graminées et Cypéracées. Seules les parcelles non incendiées contiennent des espèces arborescentes et arbustives autres que le Pin. Les plus fréquentes sont : *Engelhardtia spicata*, *E. colebrookiana*, *Mallotus philippinensis*, *Phyllanthus emblica*, *Wendlandia exserta*, *Osbeckia nepalensis* et au-dessous de 1250 m *Phoenix humilis*. Cependant ces forêts restent toujours très claires. Le coefficient d'absorption de la lumière solaire par le couvert forestier, qui n'est que de 10 % dans les peuplements purs de Pins, ne dépasse pas 30 à 40 % dans les peuplements mixtes.

Dans la vallée de la Bheri les espèces plus xérophiles, ou à tendance méditerranéenne, pénètrent dans ce groupement. Ce sont les éléments de la Cédraie ou des forêts à *Pinus excelsa*.

#### 4) *Forêt subtropicale riveraine à Alnus nepalensis, Cedrella toona et Albizzia mollis.*

Le long des cours d'eau, et dans tous les territoires soumis à une inondation temporaire ou à des nappes aquifères suintantes ou phréatiques, poussent des groupements végétaux très hygrophiles. La plus caractéristique des espèces de ces groupements est *Alnus nepalensis* qui a une répartition altitudinale très vaste de 200 à 2300 m, liée à ses faibles exigences thermiques. Jusqu'à 650-700 m *Acacia catechu* est très fréquent. Il forme dans le Terai des peuplements importants et de grande valeur commerciale. Au-dessus *Alnus nepalensis*, *Albizzia mollis* et *Cedrella toona* (*Toona ciliata*) sont généralement mêlés jusqu'à 1500 m avec *Pandanus furcatus*, *Cyathea spinulosa*. Aux altitudes supérieures l'Aune subsiste seul, ou en compagnie de *Lyonia ovalifolia*, *Dichroa febrifuga*, *Gleichenia linearis* et de nombreuses *Impatiens* et Urticacées hygrophiles.

*Alnus nepalensis* colonise rapidement, entre 1500 et 2300 m, la plupart des endroits mis à nu soit par des glissements de terrains, soit par des débordements torrentiels. L'âge des arbres permet alors de dater exactement ces catastrophes naturelles, ce qui est très intéressant pour les géomorphologues.

Les sols de ces groupements sont toujours de type alluviaux ou colluviaux, peu évolués et généralement riches. L'importance des cailloux et la fréquence des submersions les rendent impropres à la mise en culture. Seules les parcelles plates et faciles à irriguer situées dans le lit primaire des plus grandes rivières sont utilisées par l'Homme.

#### 5) *Zone cultivée du Bassin de Pokhara.*

La surface subhorizontale du bassin de Pokhara est entièrement déboisée et consacrée aux cultures ou aux pâturages. Suivant la composition granulométrique du sol, en relation avec son histoire géomorphologique, le paysage est soit constitué de champs ouverts (blé d'hiver et

riz d'été), de champs clos par des murettes de pierres et de haies de *Bombax ceiba* (*B. malabaricum*), soit de pâturages à sol très filtrant et très caillouteux.

Dans toutes ces formations, certains arbres sont conservés au milieu de cultures soit pour fournir uniquement de l'ombre (*Ficus religiosa*, *F. bengalensis*) soit pour fournir de la nourriture au bétail (arbres fourragers : *Artocarpus lakoocha*, *Bauhinia longifolia*, *B. purpurea*, *Castanopsis indica*, *C. tribuloides*, *Ficus cunia*, *F. lacor*, *Litsea lanuginosa*, *L. polyantha*, *Sterculia villosa*...).

## B. — Formations forestières tempérées.

Elles occupent les territoires situés au-dessus de 2 000 m jusqu'à la limite de la végétation forestière, dans les zones où la pluviosité est au moins égale à 1 000 mm par an. L'amplitude annuelle des températures varie de 15 à 20°, s'élevant en altitude. Jusqu'à 3 000 ou 3 500 m, seuls les flancs sud de l'Himalaya portent ces formations. Au Nord de la haute chaîne, elles existent parfois, mais seulement à haute altitude où la pluviosité joue un rôle écologique moins important que la température.

### 1) Chênaie hygrophile à *Quercus lamellosa*.

Il s'agit du groupement végétal qui nécessite la plus forte humidité atmosphérique. Il croît à une altitude où la pluviosité atteint son maximum. C'est l'équivalent de l'étage montagnard humide des Alpes françaises. Il correspond au « Nebenwald » des auteurs allemands. On peut estimer à près de 6 000 mm la quantité d'eau reçue annuellement. Cette zone qui n'est évidemment jamais défrichée, étant donné le climat qui y règne, s'étend surtout dans l'entonnoir des Nilgiri-Annapurna-Lamjung et aussi dans les vallées orientées favorablement en cul-de-sac du Sud Dhaulagiri. La présence de *Quercus lamellosa* à l'Ouest de la Kali Gandaki n'était d'ailleurs pas connue avant nos recherches dans le centre Népal. Ce groupement végétal, relayé en altitude par la Chênaie à *Quercus semecarpifolia*, est limité sous sa forme typique à une étroite bande, entre 2-150 et 2 600 m.

Les espèces les plus caractéristiques sont, outre celles que l'on rencontre aussi dans les forêts de Chênes d'altitude, les Symplocos et les Lauracées. *Symplocos theaeifolia*, *S. ramosissima*, *S. spicata*, *S. crataegoides*, *Litsea lanuginosa*, *L. citrata*, *L. elongata*, *L. umbrosa*, *Cinnamomum caudatum*, *C. glanduliferum*, *C. obtusifolium*, *Machilus duthiei*, *M. clarkeana*, tous arbres de seconde grandeur, se trouvent en mélange avec *Quercus lamellosa*, *Q. lineata*, *Lithocarpus spicata* et des Erables. La très forte humidité atmosphérique favorise la croissance des épiphytes, Mousses, Lichens, Ptéridophytes, Orchidées et Dicotylédones particulièrement nombreux.

Le couvert forestier, très dense, intercepte plus de 95 % de la lumière solaire. Seules de nombreuses Impatiens et Urticacées hygrophiles poussent au-dessous de cette forêt dont la strate arborescente atteint souvent

plus de 25 mètres. Le sol est toujours très riche en matières organiques, souvent lessivé, parfois même podzolique, bien que le colluvionnement soit particulièrement fort.

## 2) *Chênaie à Rhododendron mésophile à Quercus lanuginosa.*

Elle succède en altitude au groupement à *Pinus roxburghii* et possède les mêmes caractères écologiques dominants : pluviosité relativement faible, aspect assez clairsemé et utilisation importante par l'Homme. Elle est le pendant ouest, dans des conditions de pluviosité plus faible, de la Chênaie à *Quercus lamellosa* du Sud Annapurna.

La composition floristique est beaucoup moins riche en espèces et comprend surtout, outre le Chêne, *Rhododendron arboreum*, *Lyonia ovalifolia*, *Myrica esculenta*, *Symplocos crataegoides*, *Meliosma dilleniifolia*, *Litsea umbrosa*, *Coriaria nepalensis*, *Deutzia staminea*.

Cette forêt existe à toutes expositions au Sud du Dhaulagiri, mais est limitée aux versants sud dans la Kali Gandaki et dans le bassin de Pokhara. Les sols sont de type brun peu lessivé. Les landes à *Mahonia*, *Berberis*, *Rhus*, *Pteridium* sont très développés alors que les parcelles forestières bien constituées sont rares dans cette zone isopotentielle.

## 3) *Chênaie à Rhododendron à Quercus glauca*

Elle est l'intermédiaire, tant pour la composition floristique que les conditions écologiques, entre la forêt à *Quercus lamellosa* et la forêt à *Quercus semecarpifolia*. Les Chênes sont abondants : *Quercus glauca* bien sûr, et *Q. lamellosa*, *Q. semecarpifolia*, *Q. floribunda*, *Q. acutissima*, *Q. lineata*. *Magnolia campbellii* et *Rhododendron arboreum* ne sont pas rares. Ce type de forêt est limité à la portion de la Marsyandi comprise entre le Lamjung et le Manaslu-Himalchuli.

## 4) *Chênaie à Rhododendron d'altitude à Quercus semecarpifolia.*

C'est encore un groupement assez hygrophile, limité au Sud des grands massifs entre 2 600-2 700 et 3 200 et 3 300 m. La transition avec le groupement situé au-dessous est très progressive, les sols très semblables et l'aspect peu différent. Cette forêt, bien que non défrichée, est très utilisée par l'Homme, car les feuilles de Chênes sont une nourriture de choix pour tous les animaux (moutons, chèvres, vaches, buffles, yaks et hybrides). Les petites clairières qui abritent des habitations temporaires de bergers en transhumance ne sont pas rares.

Le Chêne et un Conifère, *Tsuga dumosa*, dominant ce groupement, le second surtout à partir de 2 750 m. *Rhododendron arboreum* est très abondant, poussant parfois en peuplements purs et de haute taille. Les Erables, *Acer pectinatum*, *A. caesium*, *A. sterculiaceum*, *A. acuminatum*, *A. campbelli*, *A. cappadocicum*, *A. caudatum*, *A. oblongum*, *A. villosum*, les Lauracées, *Magnolia campbellii*, *Carpinus viminea* ne sont pas rares dans cette forêt très riche en épiphytes et en arbustes tels les *Viburnum*

et les *Evonymus*. *Ilex dipyrena*, *Pieris ovalifolia*, *Sarcococca hookeri*, *Daphne papyracea*, *Ainsliaea aptera* et *Arisaema intermedium* sont d'assez bonnes caractéristiques de ce groupement.

5) **Forêt à *Picea smithiana*-*Tsuga dumosa*.**

C'est l'homologue du groupement précédent dans la vallée de la Marsyandi en arrière du Lamjung. Le climat plus contrasté favorise les Conifères aux dépens des Chênes. Les Erables sont très nombreux. L'If, *Taxus baccata* (*T. wallichiana*), très utilisé pour faire des objets en bois tourné, n'existe plus que dans les ravins d'accès difficile. *Picea smithiana* (*P. morinda*), espèce ouest-himalayenne qui pousse dans l'Afghanistan oriental, le Cachemire, le Kumaon et même le Tibet du Sud-Ouest, est un des éléments les plus marquants de cette zone. Dans le Népal occidental il est rare au-delà de la Karnali, mais fréquent autour de Jumla en versant nord entre 2 500 et 3 500 m. Dans la Bheri et deux de ses affluents du Nord, la Suli Gad qui mène au lac de Reng (Phoksumdo Tal) et la Tarap Chu, il pousse en mélange avec d'autres Conifères (*Pinus excelsa*, *Cupressus torulosa*, *Cedrus deodara*). Quelques pieds se trouvent dans la Kali Gandaki en face de Tukucha vers 3 000 m dans les Pins. La Marsyandi représente le dernier endroit où il pousse en abondance. Les Japonais l'ont trouvé dans la Buri Gandaki en 1952 et nous-mêmes au Sud-Est du Ganesh Himal au cours de notre deuxième mission en 1970. C'est pour l'instant la station la plus orientale de cette espèce (Fig. 7).

6) **Forêt à *Abies spectabilis* - *Betula utilis* - *Rhododendron campanulatum*.**

Cette formation végétale atteint la limite de la végétation arborescente au Sud de l'Himalaya, en arrière de l'Annapurna, dans la haute Buri Gandaki, dans la Kali Gandaki entre les massifs, et en versant nord dans la Bheri jusqu'à Tarakot. La limite de croissance des arbres, la « timber line » se trouve vers 3 900 m au Sud de l'Annapurna et vers 4 000 m ailleurs. Ce type de forêt se trouve à toutes expositions, à partir de 3 300-3 400 m; son caractère écologique dominant est donc la température et non l'humidité qui ne joue qu'un rôle secondaire dans sa répartition. Cependant lorsque la pluviosité devient vraiment trop faible (sans doute au-dessous de 1 000 mm par an), cette forêt ne pousse plus qu'en versant nord et finalement disparaît totalement, remplacée par des groupements forestiers xérophiles ou même des steppes à épineux (haute Bheri, Kali Gandaki au Nord de Larjung, haute Marsyandi).

*Abies spectabilis* ne pousse que très rarement en peuplements purs. Il est toujours mêlé par pieds isolés à *Betula utilis* et s'arrête à 200 ou 300 m au-dessous de la limite forestière. Au-dessus le Bouleau pousse en mélange avec *Rhododendron campanulatum* aux fleurs rose pâle et au tronc généralement courbé par la neige. Les Sapins atteignent souvent 30 m de haut, les Bouleaux 10 à 15 m et les Rhododendrons 2 à 3 m seulement.

Dans les parties les plus basses de ces forêts, les Erables sont fréquents. *Juniperus indica*, qui peut atteindre 10 à 15 m, est souvent

présent. Parmi les arbustes, le plus caractéristique est *Rhododendron barbatum* qui peut avoir 3 m à 4 m de hauteur. Dans le sous-bois clair se rencontrent aussi *Viburnum cotinifolium*, *Spiraea hypericifolia*, *Sorbus foliolosa* et de nombreuses espèces herbacées des pelouses alpines (*Primula*, *Gentiana*, *Androsace*...).

Très souvent ce groupement est défriché ou brûlé par l'Homme pour étendre les pâturages d'altitude. De nombreux arbustes apparaissent alors, tels : *Rosa macrophylla*, *R. sericea*, *Berberis aristata*, *Cotoneaster rotundifolia*, *C. microphylla*, *Rhododendron lepidotum*, *R. cowanianum*, *Juniperus squamata*. *Meconopsis paniculata* et *Verbascum thapsus* poussent sur les endroits récemment incendiés.

7) **Forêt à *Abies spectabilis* - *Larix griffithii*.**

Elle ne se distingue de la précédente que par l'importance du Mélèze qui atteint vers Sama son extrême limite occidentale. Cette espèce répandue au Sikkim, au Bhutan et dans l'Est du Népal pousse encore dans le Rolwaling (Gauri Sankar), dans le Langtang et dans la région du Manaslu-Himalchuli (Sama, Shiar Khola, Rupina La). Nous l'avons découvert en 1970 au Sud-Est du Ganesh Himal, dans la Satsaekhola. Cette station nouvelle fait le lien entre les peuplements importants du Langtang et ceux de la haute Buri Gandaki (Fig. 7).

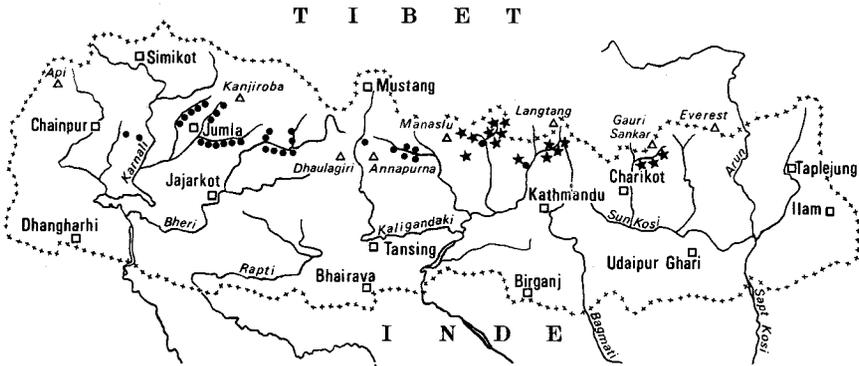


Fig. 7. — Aire de répartition au Népal de *Picea smithiana* (ronds noirs) et de *Larix griffithii* (étoiles noires). La répartition du Mélèze dans l'extrême Est n'est pas indiquée.

Il n'est pas certain d'ailleurs que tous ces Mélèzes appartiennent à l'espèce *L. griffithii* Hook. et Thoms. Il se peut que *L. potanini* Batalin de Chine et du Tibet existe aussi au Sud de l'Himalaya. Même dans les ouvrages de systématique consacrés aux Conifères, les caractères des deux espèces ne sont pas tranchés. Seule une étude portant sur de nombreux exemplaires d'origines géographiques différentes permettrait de résoudre ce problème.

### 8) **Faciès à Bambou.**

Dans les Chênaies hygrophiles, aussi bien que dans les Sapinières à Bouleau, les Bambous peuvent tenir une place considérable. Ce sont des *Arundinaria* de plusieurs espèces, qui poussent surtout lorsque le sol peu épais repose sur de grandes dalles rocheuses à nappe d'eau suintante. Ces groupements sont très difficiles à parcourir car les tiges mortes couchées et les tiges vivantes droites forment un véritable réseau infranchissable. Les racines et rhizomes des Bambous donnent au sol une structure fibreuse très caractéristique. La grande masse de matière organique et l'épaisseur de la litière de feuilles empêchent la croissance et la germination des espèces herbacées.

Ces faciès sont particulièrement fréquents au Sud de l'Annapurna et au fond de la Mayangdi Khola, à cause de la forte pluviosité et par suite de la forte érosion qui met à nu les rochers. L'Homme, par les feux de forêts, joue sans doute aussi un grand rôle dans l'expansion des Bambous, car l'érosion attaque plus facilement les zones non forestières. La structure géologique règle pour une certaine part l'extension de ce groupement. En effet, lorsque la structure est conforme au relief, de grandes dalles rocheuses apparaissent en surface.

### C. — **Formations forestières xérophiles.**

Alors que les formations forestières tempérées sont surtout localisées sur les versants sud des hauts sommets, en revanche les formations xérophiles sont limitées généralement aux pentes nord du grand Himalaya et aux vallées qui le traversent. Ces forêts parfois ouvertes sont soumises à un climat à tendance méditerranéenne et steppique caractérisé par l'importance relative des pluies d'hiver et surtout par une amplitude thermique assez forte qui atteint parfois plus de 25°. Tous ces groupements sont situés au-dessus de 2 500 m et reçoivent moins de 1 000 mm de pluie par an.

Nous avons pu distinguer dans ces formations un assez grand nombre de types forestiers qui diffèrent par leur composition floristique réglée par l'importance des pluies reçues. En réalité ces divers types forestiers forment un continuum et les limites entre eux sont souvent difficiles à préciser car l'amplitude écologique des espèces qui les composent est très variable.

#### 1) **Forêts à *Pinus excelsa*.**

Le Pin de l'Himalaya à 5 pseudophylles (*Pinus excelsa* = *P. chylla*) a une amplitude écologique assez grande qui lui permet de pousser de 2 500 m à près de 4 200 m. Dans l'Est du Népal cette espèce descend même jusqu'à 1 500-1 700 m. Dans le Centre Népal il ne pousse que rarement en peuplements purs. Dans la Kali Gandaki, dans la Bheri et dans le bassin de Dhorpatan ceux-ci semblent correspondre à des

zones autrefois occupées par l'Homme (cultures sur brûlis, pâturages...) et récemment abandonnées. Le Pin semble se comporter dans l'Himalaya à la façon du Mélèze dans les Alpes françaises du Sud. Il faut remarquer que ces deux espèces vivent dans le même type de stations : vallées internes des grands massifs à climat très ensoleillé et continental à tendance steppique.

La composition floristique de ces forêts est assez pauvre, comparable à celle de la Chênaie à *Quercus semecarpifolia* diminuée des espèces les plus hygrophiles. *Holboellia latifolia*, *Prinsepia utilis* sont de bonnes caractéristiques. Le sol est généralement couvert de Graminées favorisées par l'Homme qui utilise ces forêts comme pré-bois pour le gros bétail.

a) *Faciès à Feuillus.*

C'est une Chênaie à *Quercus semecarpifolia* dans laquelle *Pinus excelsa* tient une place importante. Elle est bien représentée dans le Kali Gandaki entre Dana et Lete et en versant nord dans la Murigurja Gad et la Ghustung Khola. La composition floristique de ces forêts est très riche tant dans la strate arborescente que dans la strate arbustive. Parmi les Feuillus, les Erables et les Chênes sont les plus fréquents. Parmi les Conifères on trouve outre *Pinus excelsa*, *Tsuga dumosa*, *Taxus baccata* et *Abies spectabilis*. Les arbustes des genres *Rhododendron*, *Sorbus*, *Evonymus*, *Viburnum*, *Prunus*, *Salix*, *Ribes* poussent en abondance. La richesse floristique et l'harmonieux équilibre entre les Feuillus et les Conifères font de ce groupement forestier un des plus beaux du Centre Népal.

b) *Faciès à Chênes.*

Dans des stations comparables à celles qui portent le groupement précédent, mais en versant sud, se trouvent des forêts claires de Pins et de Chênes. Elles sont l'équivalent des forêts à *Quercus lanuginosa* enrichies de Conifères. Parmi les Chênes *Quercus incana*, espèce de l'Ouest du Népal, tient une place importante. La composition floristique de cette forêt est très appauvrie par le surpâturage et les incendies. En conséquence le sol est souvent érodé et en forte pente. L'Homme intervient souvent pour favoriser les Chênes, arbres fourragers, qui poussent alors en peuplements purs.

c) *Faciès à Epicéa.*

Nous avons noté dans un paragraphe précédent l'importance et la répartition de *Picea smithiana* au Népal. Nous avons distingué ce faciès de la forêt à *Pinus excelsa* car son extension géographique permet de préciser l'écologie de l'Epicéa. Dans la Bheri et ses affluents ce groupement n'existe que sur les versants non exposés au Sud entre 2 500 et 3 500 m comme dans la région de Jumla. Dans la Marsyandi, où la pluviosité est plus forte, il pousse sur tous les versants mais l'Epicéa n'est commun que dans le fond de la vallée vers Chame. (Nous n'avons pas représenté cartographiquement la petite parcelle de ce faciès qui existe dans la Kali Gandaki en face de Tukucha à 3 000 m en versant Nord-

Ouest.). *Picea smithiana* a donc des exigences écologiques assez précises pour la température et la pluviosité, puisque dans les rares zones où il existe il évite les versants soumis à de fortes variations d'humidité et de température.

d) *Faciès à Juniperus indica.*

En versant sud dans la vallée de Dhorpatan et dans la haute Marsyandi, un grand Genévrier arborescent est souvent mêlé au Pin de l'Himalaya. *Juniperus indica* atteint parfois dans ces stations plus de 25 m avec un tronc très droit et dépourvu de branches sur une grande hauteur. Ce groupement est légèrement plus xérophile que la forêt typique à *Pinus excelsa* et supporte des variations de température et d'humidité atmosphérique plus marquées. Outre les espèces de la Pinède, on trouve des plantes à caractère xérophile plus marqué : *Myricaria germanica*, *Rosa sericea*, *Berberis aristata*, *Tanacetum nubigenum*, *Leonopodium stracheyi*.

e) *Forêts mixte à Pinus excelsa - Cupressus torulosa.*

Dans la vallée de la Kali Gandaki, sur la rive gauche orientée au Nord-Ouest entre Tukucha et Jomoson, le Cyprès pousse dans les parties plus basses de la Pinède à *Pinus excelsa*. Le Cyprès et les quelques plantes steppiques qui l'accompagnent sont favorisés par la grande sécheresse atmosphérique due au vent qui souffle de façon presque permanente entre les massifs du Dhaulagiri et des Nilgiri-Annapura.

f) *Forêt mixte à Pinus excelsa - Betula utilis.*

Dans les zones sèches où il ne tombe que 500 mm de pluie environ, *Pinus excelsa* arrive à pousser très haut en altitude, jusqu'à près de 4 200 m dans les très rares parcelles boisées du Nord de Dolpo. Près du monastère de Shey Gompa, ils représentent avec les Bouleaux les arbres les plus hauts du Népal. Ce groupement est surtout localisé dans la Bheri et ses affluents. Dans les versants nord des petits affluents des deux rives de la Kali Gandaki de Tukucha au Nord de Jomoson, Pins et Bouleaux restent nettement séparés. Les bois de Pins ont alors une grande amplitude altitudinale (de 3 000 à 3 900 m) tandis que les Bouleaux n'occupent qu'une mince bande entre 3 900 et 4 100 m avec de très rares *Abies spectabilis*.

2) *Forêt ouverte à Cedrus deodara et Cupressus torulosa.*

C'est le groupement dont les affinités méditerranéennes sont les plus nettes. Il est soumis à un climat à fortes pluies d'hiver et à pluies d'été très variables (100 à 2 200 mm). Il est uniquement localisé dans la Bheri et à l'entrée de la Suli Gad, la petite rivière qui descend du lac de Reng. Les Cèdres, en mélange avec les Cyprès, ne poussent que dans une mince bande entre les forêts de *Pinus roxburghii* et celles de *Pinus excelsa*. Ils forment des peuplements très clairs sur des sols très superficiels et très érodés. Le cortège floristique comporte de nombreuses

espèces d'affinité méditerranéenne : *Capparis spinosa*, *Punica granatum*, *Olea cuspidata*... Les Cèdres qui poussent tout près du village de Tarakot sont les individus les plus orientaux de cette espèce ouest-himalayenne surtout répandue au Cachemire.

### 3) Forêt ouverte à *Cupressus torulosa*.

Ce groupement, comme le suivant, est une véritable forêt-steppe. La densité des arbres est de l'ordre de 100 par hectare et le plus souvent ils ne dépassent pas quelques mètres de hauteur. Les sols, très rocheux, sont de type squelettique. Entre les arbres ne poussent que des espèces steppiques.

Dans la Kali Gandaki le Cyprès pousse sur une distance d'environ 40 km. Alors que vers Larjung il ne pousse qu'en versant sud, au Nord de Jomson il ne supporte que les versants nord. De Marpha à Jomson on le trouve à toutes les expositions. Cela prouve bien que la pluviosité décroît très rapidement le long de la vallée.

### 4) Forêt ouverte à *Juniperus indica*.

C'est un groupement de très peu d'importance, typique seulement en versant sud dans la Thini Khola entre 3 500 et 4 000 m et autour du Phoksumdo Tal. Autour du lac le Genévrier a sans doute été favorisé par l'homme pour sa signification religieuse. Le lac de Reng est en effet un lieu important de pèlerinage bouddhique. Dans la Thini Khola l'aspect et l'écologie sont exactement les mêmes que dans la steppe boisée à Cyprès.

## D. — Formations steppiques.

Lorsque la pluviosité est inférieure à 400 mm par an, les forêts ne peuvent plus subsister et laissent la place à des groupements steppiques parfois très clairsemés, localisés uniquement au Nord du grand Himalaya. Dans cette zone les pluies de mousson arrêtées par les massifs n'ont plus aucune importance et les zones les plus septentrionales reçoivent sans doute moins de 150 mm d'eau en moyenne.

Les steppes sont situées la plupart du temps au-dessus de 3 000 m et sont soumises à un climat très contrasté. A Jomson en été l'amplitude thermique journalière atteint parfois 35°. Le 14 avril 1969 nous avons mesuré dans ce village (2 800 m) à l'évaporimètre de Piche une évaporation fantastique de 42 cm en 24 h alors que dans le même temps elle n'était que de 6,5 cm à Calopani situé à 40 km au Sud et seulement de 1,5 cm dans la Chénaie à Rhododendron au-dessus de Shika à 2 750 m.

Le vent qui souffle avec violence pendant une grande partie de l'année est le principal responsable de cette forte évaporation et de la sécheresse qui en découle. Un peu au Sud de Jomson on voit d'ailleurs apparaître à la surface du sol des efflorescences salines qui

sont la preuve d'un très fort lessivage ascendant du sol. Dans ces steppes tous les végétaux sont évidemment adaptés à ces conditions de vie difficiles : feuilles réduites, présence d'épines ou d'aiguillons, tiges assimilatrices, forme prostrée...

1) *Steppe à Sophora moorcroftiana et Oxytropis sericopetala.*

Le fond de la vallée de la Kali Gandaki est sans doute l'endroit le plus sec du Népal à cause du vent qui souffle en permanence. Cette zone est pratiquement désertique et les végétaux sont très espacés sur les graviers de la rivière et sur ses flancs rocheux. Outre les deux caractéristiques on trouve : *Berberis mucrifolia*, *Ephedra gerardiana*, *Lonicera hypoleuca*, *Incarvillea arguta*.

2) *Steppe à Caragana gerardiana et Artemisia.*

Au-dessus de la précédente, et jusqu'à 4 200 m, pousse un type de steppe plus riche en espèces, caractérisé par la présence d'une Légumineuse armée d'épines, *Caragana gerardiana* et d'un certain nombre d'Armoises suffrutescentes ou arbustives (*Artemisia sacrorum*, *A. stricta*, *A. parviflora*, *A. sieversiana*, *A. roxburghiana*). On peut trouver aussi *Rosa sericea*, *Lonicera rupicola*, *L. minutifolia*, *Spiraea bella*, *S. arcuata*, *Ribes orientalis*, *Berberis angulosa*. Les plantes herbacées sont nombreuses; J.D.A. STAINTON a donné d'importantes listes dans ses « Notes on a journey ».

3) *Steppe à Caragana brevispina et Lonicera spinosa.*

Entre 4 200 et 5 100 m, deux espèces forment la totalité de la végétation et offrent de très maigres pâturages aux troupeaux de yaks des habitants du Nord de l'Himalaya. La densité de ces buissons épineux est inférieure, dans les zones les plus sèches, à 100 pieds par hectare. Dans les endroits un peu plus frais on peut rencontrer cependant *Juniperus squamata*, *Potentilla fruticosa*, *Lonicera myrtillus* et quelques plantes herbacées.

Dans toutes ces steppes les bords des ruisseaux abritent des arbustes à exigences plus importantes en eau : *Hippophae rhamnoides*, *Myricaria dahurica* et des Saules.

E. — **Formation alpines.**

En altitude, le froid qui limite l'extension de la forêt ne permet que la croissance de formations alpines herbacées soumises à des précipitations très variables suivant leur position géographique (plus de 3 000 mm au Sud de l'Annapurna et sans doute moins de 250 mm dans le Nord de Dolpo et de Mustang). Les limites altitudinales inférieures varient peu du Sud (3 900 m) au Nord (4 100 m) des massifs, en revanche les limites supérieures sont très différentes (de 4 800 m à plus de 6 000 m). L'époque

à laquelle nous avons fait notre mission (mars à juin) ne nous a pas permis de faire une étude floristique approfondie des groupements végétaux d'altitude.

### 1) *Pelouse alpine du Sud de l'Himalaya.*

Elles succèdent à la forêt avec une limite nette. La végétation est très fermée, composée surtout de Graminées et de Cypéracées et de genres arcto-alpins : *Gentiana*, *Primula*, *Saxifraga*, *Pedicularis*, *Polygonum*... La limite supérieure de la végétation est elle aussi très nette et brutale.

### 2) *Végétation alpine xérophile du Nord de l'Himalaya.*

Elle débute par une zone où les arbustes sont nombreux : *Rhododendron anthopogon*, *R. lepidotum*, *R. lowndesii*, *Potentilla fruticosa*, *Juniperus squamata*, *Lonicera myrtillus*. Au-dessus la végétation plus clairsemée, pauvre en Graminées, comprend à peu près les mêmes genres qu'au Sud.

### 3) *Végétation alpine discontinue de très haute altitude.*

Un peu au-dessus de 5 000 m les plantes sont très clairsemées et les formes en coussinet prédominant : *Potentilla biflora*, *Androsace sessiliflora*, *Thylacospermum rupifragum*, *Rhododendron nivale* et plusieurs *Saxifraga*. Très peu de plantes dépassent 5 500 m et seuls de rares individus isolés atteignent parfois 6 000 m.

## F. — Caractères dominants de la végétation.

Après cette rapide description des groupements végétaux qui déterminent chacun une zone isopotentielle, on peut tenter de les classer les uns par rapport aux autres. Les caractères climatiques (température et pluviosité) apparaissent comme dominants, les caractères édaphiques et biotiques sont secondaires. C'est donc à l'aide de l'altitude, qui règle la température, et de l'humidité atmosphérique, fonction en grande partie de la pluviosité, que nous pouvons établir un schéma (Fig. 8) qui indique les relations entre chaque groupement. Il s'agit d'un schéma de type ombrothermique ou hypso-ombrique dans lequel chaque type de végétation occupe une surface indiquant son amplitude thermique (altitudinale) et ses exigences en eau (du type de climat le plus sec au plus humide : steppique, xérophile, mésophile, hygrophile). Ces quatre types de climat ne correspondent pas forcément à une tranche de pluviosité à limites très strictes, car d'autres facteurs peuvent accentuer ou diminuer l'influence de la pluviosité sur la végétation (exposition, vent...)

Dans la figure 8 nous avons souligné par un trait fort la réunion de certains types végétaux en grandes formations. Trois de ces formations apparaissent bien individualisées; ce sont les formations tropicales et

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

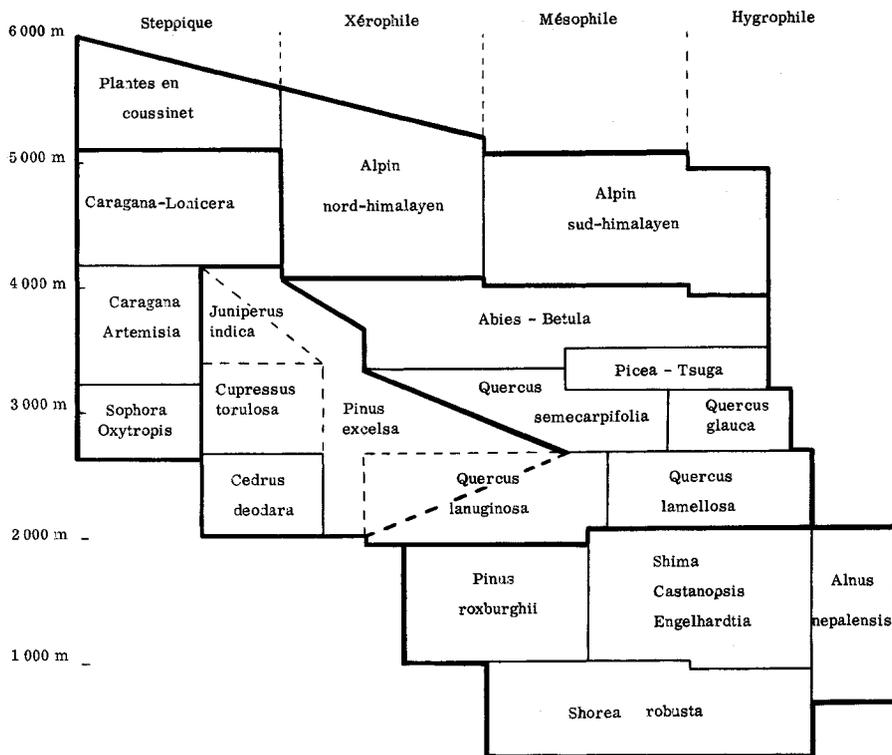


FIG. 8. — Tableau général des types de groupements végétaux du Centre Népal. Des traits forts entourent les formations similaires.

subtropicales dont le caractère dominant est la forte température, les formations steppiques à très faibles exigences en eau et les formations alpines caractérisées par le froid. En revanche les formations forestières tempérées et les formations forestières xérophiles sont moins bien individualisées et ont des exigences écologiques parfois très proches.

L'exposition ne joue un rôle important dans la répartition de la végétation que lorsqu'il n'y a pas de caractère écologique trop dominant. Au Sud de l'Annapurna la pluviosité très forte, et au Nord du grand Himalaya la sécheresse importante, masquent totalement l'effet de l'exposition. En revanche au Sud du Dhaulagiri et dans les zones de transition immédiatement au Nord des grands massifs, la végétation est très différente d'un versant à l'autre (Fig. 9).

L'emploi de couleurs à signification écologique permet de bien voir sur la carte les grandes variations des types de végétation. Dans le Sud-Est dominent les violets des groupements chauds et humides (rouge et bleu). Au-dessus les verts des pentes sud de l'Annapurna soulignent

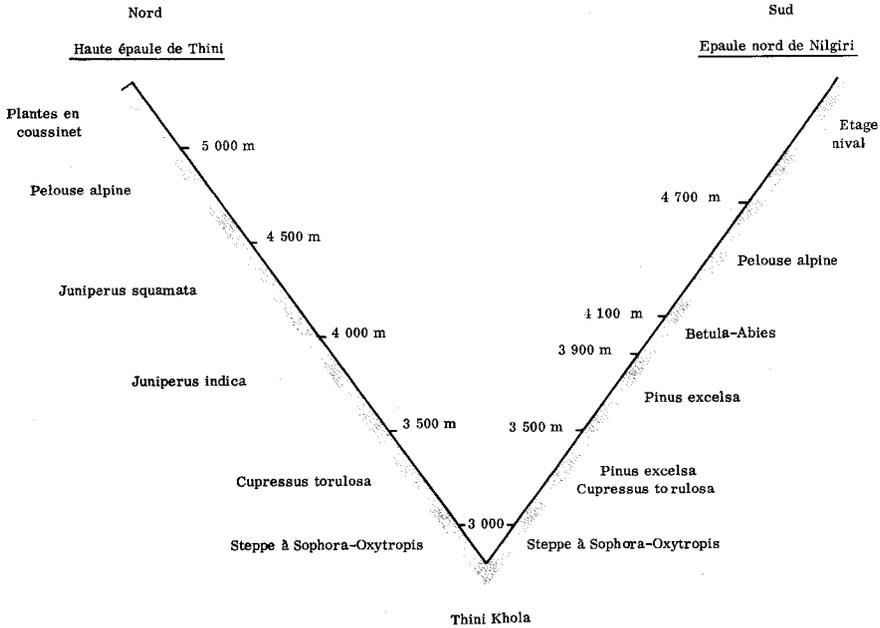


FIG. 9. — Etagement de la végétation au Nord du Grand Himalaya (Thini Khola). Influence de l'exposition.

la pluviosité et la température moyenne (bleu et vert). Vers l'Ouest l'apparition de la couleur jaune indique l'assèchement du climat. Ce même jaune beaucoup plus important au Nord de l'Himalaya avec de petites inclusions rouges dénote les influences steppiques (jaune) et méditerranéennes (rouge) qui règnent dans cette zone. Le marron des formations d'altitude à sol riche en humus se rencontre partout où la température est peu élevée.

Du point de vue floristique, le Népal central est caractérisé par la concentration sur une très faible surface d'espèces à affinités très différentes, tropicales, tempérées, méditerranéennes, steppiques, arcto-alpines. Cette concentration explique souvent la cohabitation dans un même groupement de plantes qui d'ordinaire ne poussent pas ensemble.

BANERJI et STAINTON ont déjà noté l'importance du centre Népal comme carrefour de grands courants floristiques et limite de nombreuses espèces. Nous ne reviendrons pas sur ces deux faits, mais quelque chose nous paraît bien plus important que les limites d'espèces isolées, ce sont les limites de certains groupements végétaux qui dénotent des changements écologiques primordiaux. Les Cédraies atteignent leur limite orientale ainsi que les groupements où dominent *Picea smithiana*. Les Chênaies à *Quercus lamellosa* et les groupements à *Larix griffithii* par contre

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

atteignent leur limite occidentale. La différence entre l'étagement de la végétation entre le Sud de l'Annapurna et le Sud du Dhaulagiri (Fig. 10) souligne aussi les grandes variations climatiques dans cette zone. Les systèmes agro-sylvo-pastoraux comme la végétation naturelle sont soumis eux aussi à ces variations.

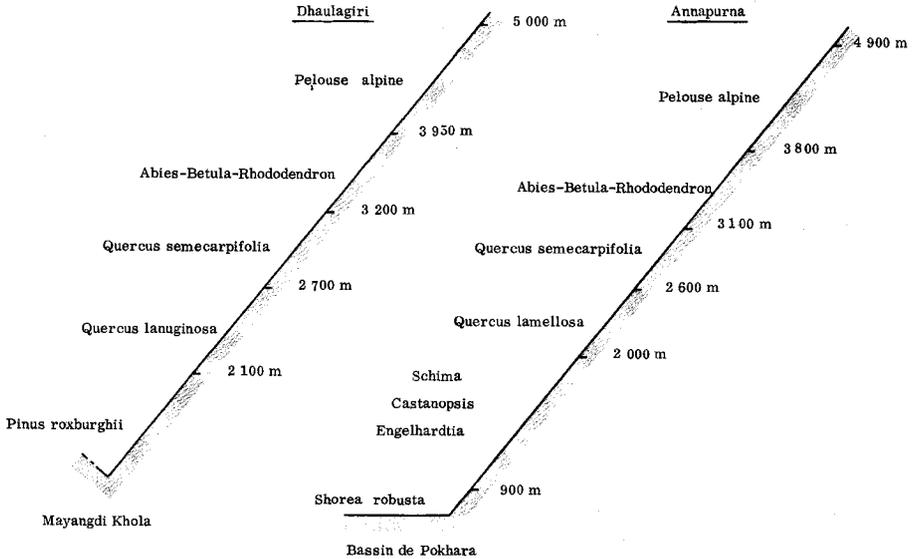


FIG. 10. — Etagement de la végétation au Sud des grands massifs (Annapurna et Dhaulagiri).

IV. — L'HOMME ET L'UTILISATION DU MILIEU NATUREL

La densité de population est très variable dans le centre Népal. Le Sud de l'Annapurna est extrêmement peuplé, surpeuplé même jusqu'à 1 700-2 000 m. En revanche l'habitat à l'Est de la Kali Gandaki est plus dispersé et dans la zone steppique nord-himalayenne les hommes vivent à la manière des habitants des grands déserts dans des villages-oasis très éloignés les uns des autres et installés dans des positions favorables aux cultures par la présence d'eau et de parcelles irrigables.

Jusqu'à 1 850-2 000 m le Riz est cultivé partout où cela est possible, même sur les pentes les plus fortes aménagées à l'aide de terrasses qui couvrent presque tous les versants. Au-dessous de 650 m deux cultures de Riz successives sont possibles durant la mousson. Au-dessus le Riz succède généralement au Maïs ou au Blé. La figure 11 montre la succession des cultures et le calendrier cultural dans les vallées du Sud Annapurna vers 1 500 m (ethnie Gurung). Au cours de l'année sont

cultivés successivement : Blé, Maïs, Riz ou Blé, Maïs, Eleusine. Sarrasin, Orge et Pommes de terre sont plus rarement cultivés. Souvent le Blé manque dans l'assolement et le bétail parcourt en hiver les champs qui porteront plus tard le Maïs. Le Millet (*Eleusine coracana*) est généralement semé en pépinière comme le Riz et repiqué entre les pieds de Maïs avant la récolte. Ce calendrier cultural est valable à peu près pour toute la zone sud-himalayenne, avec des variations locales suivant l'altitude.

Au Nord des massifs, les techniques culturales sont influencées par la grande sécheresse et le froid qui sévit une partie de l'année. Les cultures d'hiver disparaissent totalement et les cultures d'été sont généralement irriguées. La figure 12 montre le calendrier cultural à Muktinath. L'Orge à six rangs est la culture principale. Blé et Sarrasin sont plus rares et la Pomme de terre, d'introduction récente, est encore peu cultivée.

Comme les cultures, l'élevage varie beaucoup dans la zone Annapurna-Dhaulagiri. Au Nord la steppe est le milieu où vivent les animaux (caprins, ovins, yaks, hybrides), au Nord ce sont les pelouses alpines qui fournissent la nourriture en été tandis que les forêts la fournissent en

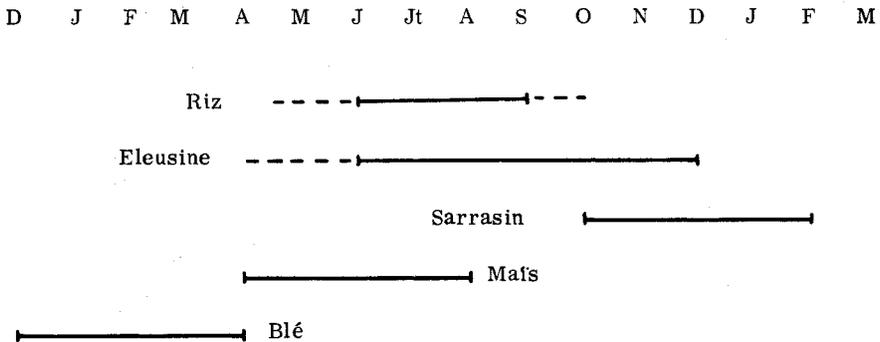


FIG. 11. — Calendrier des cultures en pays gurung (Sud-Annapurna, 1500 m).

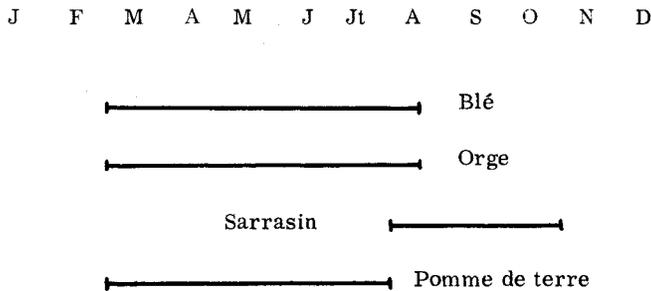


FIG. 12. — Calendrier des cultures dans la haute Kali Gandaki (Muktinath).

## CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

hiver. En effet, les éleveurs ne stockent pas de nourriture sauf dans quelques ethnies au Nord, mais donnent à leurs animaux (buffles, vaches, ovins, caprins) des feuilles d'arbres fourragers à feuilles persistantes (surtout *Quercus*, *Castanopsis*, *Lithocarpus*, *Castanea*, *Symplocos*, *Litsea*).

La forte pression animale en forêt et le défrichement provoquent souvent le remplacement de la forêt primaire par des landes qui servent de terrain de parcours au bétail. La composition floristique de ces landes est dominée par la présence d'espèces qui supportent le surpâturage ou qui sont dédaignées par les animaux (*Berberis*, *Rosa*, *Lantana camara*...).

Un autre trait caractéristique de la pression humaine dans le centre Népal est représenté par les cultures sur brûlis. Ces cultures en forêt ou en lande sont conduites selon des modalités très variables. Actuellement l'Eleusine est l'espèce la plus souvent cultivée, mais Maïs, Sarrasin et Pomme de terre sont parfois plantés dans ces champs temporaires. Au Sud de l'Annapurna une forêt secondaire dominée par *Alnus nepalensis* envahit les champs abandonnés et change totalement l'aspect du paysage.

Nous développerons dans un article ultérieur d'ethnobotanique les relations entre l'Homme et la nature en notant aussi les activités de cueillette, l'utilisation des plantes médicinales, l'utilisation et la transformation des produits forestiers.

## V. — CONCLUSIONS

La carte écologique de la région Annapurna-Dhaulagiri est la première qui soit consacrée au milieu et à la végétation du Népal si l'on excepte la carte de SCHWEINFURTH, au 1/2 000 000 seulement et qui comporte de très nombreux blancs. Elle concerne un territoire très mal connu mais extraordinairement intéressant par la réunion dans une surface réduite de milieux très différents. Les amplitudes altitudinales très fortes, et la position au centre de l'Himalaya entre le gigantesque glacier indo-gangétique et l'énorme plateau tibétain, favorisent la prolifération d'un nombre important d'espèces végétales et animales et de groupes ethniques dont les interactions font de cette zone un laboratoire privilégié pour les études écologiques. Cette première carte apportera, nous l'espérons, une contribution à la connaissance des montagnes tropicales en général et sera un document utile tant pour étayer des projets de développement et d'aménagement, que pour comparer entre elles les végétations des montagnes du Monde.

## VI. — BIBLIOGRAPHIE

- BANERJI (M.L.). — Outline of Nepal phytogeography. — *Vegetatio*, **XI**, 5-6, 1963, pp. 288-296, 2 tabl., 2 fig., bibl.
- BORDET (P.) et coll. — Recherches géologiques dans l'Himalaya du Népal, région de la Takkhola. — *C.N.R.S.*, à paraître en 1970, 1 carte géol.
- BURKILL (J.H.). — Notes from a journey to Nepal. — *Rec. Bot. Survey of India*, **IV**, 4, 1910, pp. 59-140.
- CHAMPION (H.G.). — A preliminary survey of the forest types of India and Burma. — *Ind. For. Rec. (New Series). Silvicult.*, **1**, 1, 1936, 279 p., photos, 2 cartes.
- DOBREMEZ (J.F.) — Biogéographie du Centre Népal. — *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, **4**, 1970, pp. 79-90, 4 fig., 1 tabl.
- DOLLFUS (O.). — Observations géomorphologiques dans le Centre Ouest du Népal. — *Ann. de Géogr.*, **1**, 1970 pp.
- DON (D.). — *Prodromus Florae Nepalensis*, sive enumeratio vegetabilium quae in itinere per Nepauliam proprie dictam et regiones conterminas, ann. 1802-1803, detexit atque legit F. Hamilton (olim Buchanan)... London, J. Gale, 1825, in-12°, 255 p.
- FUCHS (G.). — *Zum Bau des Himalaya*, Oesterreichische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse, Denkschriften, **113** Band, 1967, Vienne, carte géol. de Dolpo et Dhaul Himal au 1/100 000.
- GURUNG (H.B.). — *Pokhara valley, Nepal Himalaya, a field study of regional geography*. — Thèse, Edinburgh, 1965.
- GURUNG (H.B.). — *Annapurna to Dhaulagiri, a decade of mountaineering*. — Kathmandu, H.M.G. Press, 1968, 122 p., nbr. photos noir et coul., nbr. pl., 1 carte.
- HOOKE (J.D.). — *Himalayan Journal*. — London, J. Murray, 1855, Vol. I, 348 p., Vol. II, 348 p.
- LANDON (P.). — *Flora of Nepal*: list of plants compiled under the authority of the director of the royal botanic gardens, in: LANDON (P.). — *Nepal*. — London, Constable, 1928, 2 vol. in-4°, I, Ch. XIV, pp. 334-358, fig. pl., cartes.
- LEGRIS (P.). — La végétation de l'Inde, Ecologie et Flore. — *Trav. Lab. For. Toulouse*, **V**, Section I, Vol. II, 1963, 596 p., 21 cartes, 32 fig., 20 pl. photos, bibl.
- OZENDA (P.). — Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle. — *Doc. pour la Carte de la Vég. des Alpes*, **1**, 1963, pp. 5-18, 1 tabl.
- PURI (G.S.). — *Indian Forest Ecology*. — New Delhi, 1960, 2 vol., 710 p.
- SCHWEINFURTH (U.). — Die horizontale und vertikale Verbreitung der Vegetation im Himalaya. — *Bonner geogr. Abhandl.*, Ferd. Dümmlers Verlag, **20**, 1957, XII-373 p., tabl., 2 cartes, Bibl.
- STANTON (J.D.A.). — *Notes on a journey in West Nepal 1963*. — Privately printed, 1963, in-4°, 29 p.
- STANTON (J.D.A.). — *Notes on a journal in West and Central Nepal, 1966*. (South of Dhaulagiri and Annapurna). — London, publ. par l'auteur, 1966, 33 × 21 cm, 23 p. multigr.

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

- SYKES (W.R.). — 1954 expedition to Nepal. — I : *Jour. Roy. Hort. Soc.*, **LXXX**, 12, 1955, 538-544, 2 ph. n.b.; II : *idem*, **LXXXI**, 1, 1956, 6-14, 3 ph. couleurs h.t.
- WALLICH (N.). — *Tentamen Florae Nepalensis. Illustratae* consisting of botanical descriptions and lithographical figures of selected Nipal plants. Printed and published at the Asiatic Lithographical Press. London, 1826.
- WILLIAMS (L.H.J.). — The 1952 expedition to western Nepal. — *Jour. Roy. Hort. Soc.*, **LXXVIII**, 9, 1953, pp. 323-337, 1 carte, 5 photos.
- Fauna and Flora of Nepal Himalaya*. Scientific results of the Japanese Expeditions to Nepal Himalaya, 1952-1953. Vol. 3 ed. by H. Kihara. — Kyoto, Fauna and Flora research Society, Kyoto University 1956, 25,5 cm, V-391-VII-IX-X p., carte dépl., 1 pl. coul.