

CARTE ÉCOLOGIQUE DU NÉPAL

V. RÉGION ANKHU KHOLA - TRISULI 1 / 50 000

par J.F. DOBREMEZ, A. MAIRE, B. YON (1)

I - SITUATION ET CLIMAT (J. F. DOBREMEZ)	1
II - LES GRANDES LIGNES DE LA VEGETATION (J. F. DOBREMEZ)	2
III - L'ETAGE ALPIN (B. YON)	8
BIBLIOGRAPHIE	18

Résumé. - A l'occasion du levé de la carte écologique du Népal au 1/50 000, région Ankhua Khola - Trisuli qui présente tous les étages de végétation du Tropical supérieur au Nival, l'accent est porté particulièrement sur les étages subalpins et alpins. La végétation des étages subalpins est analysée et les stades de dégradation par les activités humaines sont mis en évidence. La phytosociologie et l'écologie des étages alpins sont décrites pour la première fois de façon précise dans l'Himalaya. En annexe figurent les analyses microbiologiques des groupements végétaux naturels de cette région.

Summary. - The ecological map of Nepal, Ankhua Khola - Trisuli 1/50 000, covers an area of 700 sq. km. which includes all the vegetation levels from upper Tropical to Nival. The study of subalpine and alpine levels is emphasized. In subalpine levels, forests are damaged by grazing and herding ; changes in vegetation are pointed out. For the first time in the Himalayas, phytosociology and ecology of alpine vegetation are analysed. Microbiological data of forests and alpine soils are given.

Zusammenfassung. - Das Blatt Ankhua Khola-Trisuli der ökologischen Karte Nepals am Masstab 1/50 000 enthält alle Vegetation Stufen, von Tropen- bis der Nivalstufe ; die subalpinen und alpinen Stufen wurden besonders studiert. In den subalpinen Stufen werden die Wälder von der Grasweide beschädigt. Zum ersten Mal im Himalaya werden die Phytosoziologie und die Ökologie der alpinen Vegetation beschrieben. Erwähnungen auf der Mikrobiologie der Böden werden im Anhang gegeben.

I.- SITUATION ET CLIMAT

La carte écologique de la région Ankhua Khola - Trisuli couvre une surface d'environ 700 km² dans le centre du Népal. Les points les plus bas sont à moins de 1000 m d'altitude tandis que les flancs Sud du Ganesh Himal s'élèvent à plus de 5000 m dans le Nord.

La carte recouvre les parties supérieures des vallées de l'Ankhua Khola, de la Trisuli et de la Bote Kosi. La vallée de la Mailung, affluente de la Trisuli, est comprise en totalité sur la carte.

L'Ankhua Khola et la Mailung proviennent du massif du Ganesh Himal. La Trisuli prend sa source dans le Gosainkund. La Bote Kosi provient de la Chine (Tibet) et pénètre au Népal près de Rasua Garhi.

Jusqu'à une altitude d'environ 2000 m, la zone est couverte de cultures tandis que, au-dessus, les forêts occupent la plus grande partie du territoire.

Cette zone est habitée en grande majorité par les Tamang ; les habitants de Langtang (groupe ethnique de langue tibétaine) n'occupent que l'extrême Est de la carte ; les Gurung (ethnie de langue tibéto-birmane comme les Tamang) atteignent leur limite occidentale de répartition dans la vallée de l'Ankhua Khola.

Cette région, comme tout le centre du Népal, est soumise au climat de mousson. La pluviosité varie beaucoup en fonction de l'altitude et de l'exposition. Les flancs Est et Sud soumis au flux de mousson reçoivent entre 2000 et 3000 mm de pluie par an. Les fonds des vallées et les versants Ouest reçoivent moins de 1500 mm.

(1) Laboratoire de Biologie Végétale, Université I de Grenoble, B. P. 53, 38041 GRENOBLE Cedex (France)

La vallée de la Trisuli et son prolongement, la Bote Kosi, sont parcourus par des vents secs et violents du Nord qui aggravent la sécheresse due à la position topographique. La figure 1 montre la répartition des pluies au cours de l'année à Timure dans la haute Bote Kosi. 80 % de la pluviosité est reçue pendant la mousson de mai à septembre ; cependant les pluies orographiques d'hiver et de printemps ne sont pas négligeables. La plupart des années connaissent ainsi un climat bixérique.

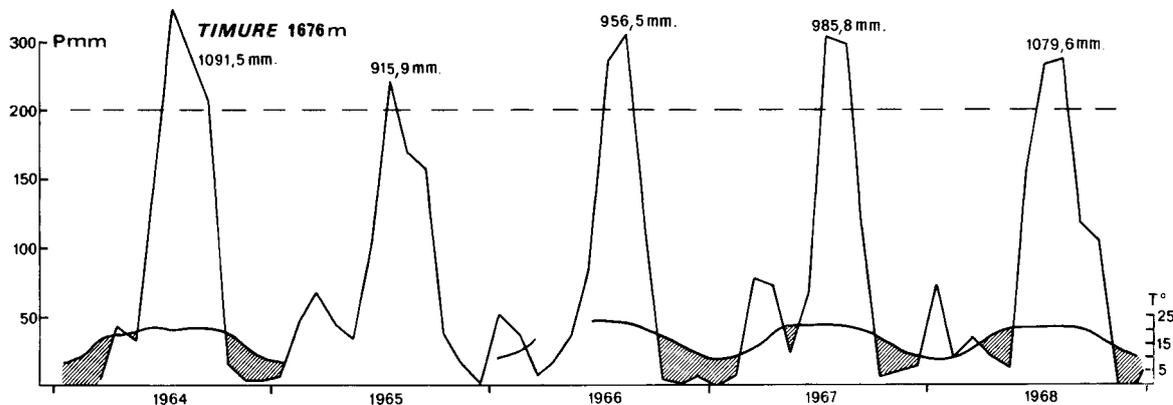


Fig. 1 - Diagrammes ombrothermiques de Timure

II.- LES GRANDES LIGNES DE LA VEGETATION

La région Ankhu Khola - Trisuli appartient en totalité au domaine phytogéographique centre-népalais caractérisé par l'étage collinéen à *Quercus lanata*, l'étage montagnard à *Quercus semecarpifolia* et l'étage subalpin inférieur à *Abies spectabilis*.

Le tableau I montre les relations altitudinales entre les groupements végétaux délimités sur la carte écologique.

Quatre points sont remarquables dans la végétation de cette région :

- les groupements xérophiles à *Pinus roxburghii* et à *Euphorbia royleana* de la haute Bote Kosi ;
- les Pinèdes à *Pinus excelsa* largement répandues ;
- *Larix griffithiana* qui joue un rôle non négligeable dans l'étage subalpin inférieur ;
- *Picea smithiana* qui atteint ici son extrême limite orientale.

A - ETAGE TROPICAL

L'étage tropical n'apparaît sur la carte que dans une petite portion de la basse Trisuli, située au-dessous de 1000 m. La forêt claire et dégradée est constituée uniquement par *Shorea robusta* sur les flancs de la vallée, tandis qu'elle s'enrichit en éléments hygrophiles riverains le long du cours d'eau (groupement n°44) :

<i>Mimosa rubicaulis</i>	<i>Albizia lucida</i>
<i>Albizia mollis</i>	<i>Cedrela toona</i>
<i>Oroxylum indicum</i>	<i>Salmalia malabarica</i>

Les très rares zones cultivées (n° 45) sont occupées par des rizières irriguées en été. En hiver les champs portent du Blé.

B - ETAGES SUBTROPICAUX

L'étage subtropical inférieur et l'étage subtropical supérieur occupent une vaste zone dans les vallées de la Trisuli et de l'Ankhu Khola. Les limites altitudinales des étages se situent à 1500 m et 2000-2100 m. La végétation a des caractères stables de la base au sommet des étages subtropicaux. Cependant la limite entre l'étage subtropical inférieur et l'étage subtropical supérieur est toujours nettement marquée, sauf dans les groupements les plus xérophiles par l'apparition vers 1500 m d'altitude d'espèces tempérées du stock floristique himalayano-sino-japonais (*Quercus*, *Ericacées*, ...).

TABLEAU I - Relations entre les groupements végétaux. (Chaque numéro correspond à un groupement représenté sur la carte écologique)

NIVAL 4800-4900m	0			
ALPIN SUPERIEUR	1			
ALPIN INFERIEUR 3900-4000m	1 2			
SUBALPIN SUPERIEUR 3600-3700m	3 4	5 6 7 8	9 10	
SUBALPIN INFERIEUR 3000-3100m	11 12	13 14	15 16	17
MONTAGNARD 2600m	20 21 18 19	22	23 24	25 26
COLLINEEN 2000-2100m	34 28 27 29	30	31	32 33
SUBTROPICAL SUPERIEUR 1500m	35 37 38 39 41	36	40	42 43
SUBTROPICAL INFERIEUR 1000m				
TROPICAL SUPERIEUR	44			45
	groupements climaciques humide → sec	landes	pelouses	cultures

- Forêts à *Schima wallichii* (n° 35)

Les forêts les plus humides sont localisées dans l'étage subtropical inférieur de la Trisuli, surtout dans la partie où elle tourne de son trajet Sud Est - Nord Ouest vers la direction Sud-Ouest. Elle ne se trouve qu'aux expositions Nord, Nord-Est et Nord-Ouest, là où l'humidité atmosphérique est assez forte. Cette humidité de l'air se double d'ailleurs d'une humidité importante du sol, conséquence des fractures nombreuses de la roche-mère qui favorisent l'écoulement des eaux de surface et de profondeur.

La composition floristique de cette forêt dense et riche en espèces est tout à fait comparable à celle des groupements analogues décrits dans les notices des cartes Kathmandu-Everest et Terai central (Doc. Cartogr. Ecol., XI et XII, 1973)

Un faciès remarquable de ce groupement existe cependant au Nord de Dunche dans la partie de la Trisuli qui provient du Massif du Gosainkund. Le groupement très hygrophile est riche en épiphytes et la strate arborescente est formée presque uniquement de *Homalium nepalense* et de *Wendlandia puberula*.

- Landes et forêts ouvertes à *Schima wallichii* (n° 36)

Très souvent les forêts sont détruites par le parcours des animaux. La plupart des espèces arborescentes sont éliminées et le groupement se réduit à une formation basse, 2 à 3 m, riche en arbustes.

<i>Berberis asiatica</i>	<i>Oxyspora paniculata</i>
<i>Colebrookia oppositifolia</i>	<i>Callicarpa macrophylla</i>
<i>Randia tetrasperma</i>	<i>Cipadessa baccifera</i>
<i>Osyris arborea</i>	<i>Maesa chisia</i>
<i>Myrsine semiserrata</i>	<i>Rubus ellipticus</i>

- Forêts à *Pinus roxburghii* (n° 37, 38, 39)

A la même altitude que les forêts à *Schima wallichii*, tous les versants exposés au Sud, Sud-Est et Sud-Ouest sont occupés par des groupements à *Pinus roxburghii*. Les oppositions de versants sont toujours très nettes, en particulier dans la Trisuli. En amont du confluent Trisuli - Bote Kosi, les groupements hygrophiles disparaissent complètement en raison de la nature très rocheuse des versants et surtout en raison des vents violents et secs qui soufflent du Nord pendant une grande partie de l'année. La pluviosité diminue considérablement du bas vers le haut de la vallée (Nuwakot : 1800 mm/an ; Timure : 1000 mm/an).

Dans la strate arborescente, le Pin est presque toujours seul. La strate herbacée est dense mais pauvre en espèces. La plupart sont de grandes Graminées-Panicoidées favorisées par le feu qui parcourt les forêts plusieurs fois par an.

- Prairies à hautes herbes (n° 40)

Lorsque tous les Pins sont éliminés par le feu ou par l'abattage, seules subsistent les grandes Graminées :

Heteropogon contortus	Themeda villosa
Chrysopogon gryllus	Neyraudia arundinacea
Chrysopogon serrulatus	Cymbopogon thwaitesii
Paspalum commersonnii	Pennisetum orientale
Bothriochloa intermedia	Pennisetum flaccidum
Sporobolus diander	Tripogon filiformis
Oplismenus compositus	Apocopis paleacea
Apluda mutica	Pogonatherum panicum

- Landes à Euphorbia royleana (n° 41)

Les versants les plus rocheux et les plus secs de la Bote Kosi, balayés par les vents, ne portent que quelques végétaux cactiformes ou reviviscents : Euphorbia royleana, Agave mexicana, Selaginella bryopteris. De tels groupements xérophiles se trouvent dans tout l'Himalaya depuis le Cachemire jusqu'au Bhoutan. Ils caractérisent le cours Nord-Sud des vallées, lorsque celles-ci ont leur source à une altitude élevée et qu'elles plongent dans les zones tropicales chaudes.

- Zones cultivées (n° 42, 43)

La raideur des versants, surtout dans la Trisuli et la Bote Kosi, limite beaucoup l'extension des parcelles irriguées. Les rizières n'atteignent presque jamais leur altitude maximale potentielle (1800 à 2000 m). Elles sont localisées dans le fond des vallées et ne dépassent pas Syabrubensi et Chilime vers le Nord-Est.

Les assolements classiques sont Blé d'hiver - Riz d'été sur les parcelles irriguées et Blé d'hiver - Maïs d'été (parfois suivi d'Eleusine sur les parcelles non irriguées).

C - ETAGE COLLINEEN

L'étage collinéen est dominé par les forêts de Chênes et de Pins (*Pinus excelsa*). Comme dans les étages subtropicaux, les oppositions de versants sont toujours nettes. La végétation hygrophile est représentée par *Quercus lamellosa*, tandis que *Quercus lanata* et *Pinus excelsa* forment les groupements mésophiles et xérophiles.

Le Collinéen s'étend de 2000-2100 m à 2600 m en moyenne. En raison de l'altitude, les cultures n'occupent pas une place très importante dans cet étage, contrairement à ce qui s'observe au-dessous. Cependant les forêts, sauf les plus hygrophiles, ne sont jamais très belles. Elles servent de terrains de parcours pour le bétail et cèdent souvent la place à des landes ou à des pelouses.

- Forêt à *Quercus lanata* (n° 27)

Quercus lanata est le moins hygrophile des Chênes centre-népalais. Il pousse surtout aux expositions Sud dans les vallées de la Trisuli, de la Mailung et de l'Ankhu.

Les forêts sont généralement claires, la strate arborescente est constituée presque en totalité par *Quercus lanata*, *Rhododendron arboreum*, *Lyonia ovalifolia*. Les strates herbacée et arbustive sont classiques (Doc. Cartogr. Ecol., 1973, p. 8)

- Forêt à *Quercus lamellosa* (n° 28)

Les forêts de *Quercus lamellosa* relaient généralement en altitude les groupements subtropicaux hygrophiles (*Schima wallichii*). Elles sont presque toujours localisées sur les versants Nord. A côté du Chêne se trouvent un très grand nombre d'espèces laurifoliées (Lauracées, *Symplocos*, ...). Toutes les strates sont très denses et très riches. Les épiphytes couvrent généralement les grands arbres (Doc. Cartogr. Ecol., 1973, XII, p. 8).

C'est le seul groupement forestier bien conservé dans l'étage collinéen. En effet, la densité de la végétation s'oppose à la pénétration des hommes et des animaux.

- Forêt à *Pinus excelsa* et *Quercus lanata* (n° 29)

Dans la région Ankhu Khola - Trisuli, *Pinus excelsa* occupe une place importante comme dans toutes les vallées qui pénètrent dans les massifs. Il pousse généralement en mélange avec *Quercus lanata*. La flore compagne est d'ailleurs tout à fait semblable à celle des Chênaies mésophiles (n° 27). Le Pin cependant colonise beaucoup plus vite que le Chêne les espaces dénudés ; il arrive ainsi, à la suite de la destruction des forêts, à éliminer totalement les autres espèces arborescentes.

- Terrains de parcours (n° 30, 31)

La plupart des villages se trouvent à une altitude comprise entre 1500 et 1800 m, c'est-à-dire à proximité des forêts de l'étage collinéen. Les végétaux de ces forêts servent souvent de nourriture pour le bétail (feuilles de Chênes, de *Symplocos*, de *Carpinus*, ...) et surtout de bois d'oeuvre et de feu. Les forêts sont très dégradées et laissent la place à des groupements arbustifs. Ce ne sont donc pas des landes au sens dynamique du terme. On y trouve tous les éléments des groupements forestiers, avec en plus des arbustes et des plantes herbacées héliophiles (*Berberis*, *Rubus*, *Lonicera*, Graminées, ...).

Le stade ultime de la dégradation des groupements naturels est la pelouse d'où sont éliminés par l'arrachage ou le feu tous les végétaux ligneux. Seules les zones les moins humides sont ainsi transformées en pelouses. Les espèces caractéristiques sont des mésophiles résistant au surpâturage (*Anaphalis*, *Anemone vitiifolia*, *Sopobia trifida*, ...).

- Zones cultivées (n° 32, 33)

En raison de la température, le riz ne pousse pas dans l'étage collinéen. Seules sont cultivées les céréales (Blé, Orge, Maïs, Eleusine) et parfois le Sarrasin.

Les champs sont généralement gagnés sur les groupements mésophiles et grossièrement aménagés en banquettes sans murs de soutènement. Pour des raisons climatiques et ethnologiques, il existe une différence sensible entre les cultures pratiquées d'une part dans l'Ankhu Khola, la Trisuli et la Chilime Khola (n° 32) et les cultures de la Langtang Khola d'autre part (n° 33). La succession de deux récoltes (Blé-Maïs ou Orge-Maïs) dans l'année est assez rare. Dans la plupart des cas, il n'y a qu'une culture d'été, le Maïs, parfois l'Eleusine ou le Sarrasin sur les champs les moins bien aménagés.

- Groupements à *Alnus nepalensis* (n° 34)

Comme dans tout le centre du Népal, *Alnus nepalensis* colonise toutes les zones dont les sols sont instables et bien alimentés en eau : glissement de terrain, ravins, bords de torrents, ... Ce groupement intrazonal traverse la plupart du temps l'étage collinéen et les étages subtropicaux. A côté de l'Aune, se trouve un grand nombre d'espèces hygrophiles ou rudérales.

D - ETAGE MONTAGNARD

Au-dessus de l'étage collinéen et jusqu'à une altitude de 3000-3100 m. s'étend l'étage montagnard. La plupart des espèces du Collinéen poussent aussi dans le Montagnard. Ces deux étages forment en effet une zone assez homogène du point de vue floristique. Ici les différences entre végétation hygrophile et végétation mésophile s'estompent en raison de la diminution de la température.

- Forêts à *Quercus semecarpifolia* (n° 18, 19)

Quercus semecarpifolia, Chêne à feuilles persistantes, caractérise toujours les forêts de l'étage montagnard. Les groupements sont très riches en espèces. Le nombre des épiphytes est lui aussi élevé (Doc. Cartogr. Ecol., XII, 1973, p. 7)

- Forêts à *Quercus semecarpifolia* et *Tsuga dumosa* (n° 20, 21)

Les faciès humides ou ombrophiles de la Chênaie montagnarde sont caractérisés par l'apparition de Conifères : *Tsuga dumosa* surtout, et aussi *Taxus baccata*.

Il faut aussi noter l'existence de quelques *Picea smithiana* à l'Ouest du village de Gatlang dans la Chilime Khola. Cette espèce ouest-himalayenne atteint ici son extrême limite orientale.

- Lande à *Rhododendron* (n° 22), prairies montagnardes (n° 23, 24)

Les forêts de l'étage montagnard servent de terrain de parcours, surtout au printemps et en automne. La dégradation de la forêt et l'élimination des arbres entraînent la prolifération de *Rhododendron arboreum* et d'espèces arbustives (*Viburnum erubescens*, *Elsholtzia fruticosa*, *Cotoneaster microphylla*, ...).

Les véritables pelouses sont rares. Il ne s'agit en fait que des groupements arbustifs précédents dont les végétaux ligneux ont été extirpés.

Dans l'étage montagnard apparaissent les premières bergeries, lieux de stationnement des troupeaux au cours de leur transhumance. A proximité de ces bergeries, les terrains de parcours sont évidemment enrichis d'espèces nitrophiles (n° 24).

E - ETAGE SUBALPIN INFÉRIEUR

L'étage subalpin inférieur occupe la tranche d'altitude située entre 3000-3100 m et 3600-3700 m. Les forêts résineuses occupent la plus grande partie du territoire ; en effet bien que ces zones soient traversées par les troupeaux à leur montée et à leur descente des pâturages, la végétation n'offre que peu de ressources pour les animaux.

- Forêts à *Abies spectabilis* (n° 11)

Les Sapinières ont un grand développement sur les pentes Sud du Ganesh Himal et sur celles du Gosainkund. Ce sont des forêts denses, riches en espèces, dans lesquelles les Sapins atteignent souvent 20 à 30 m de hauteur.

Strate arborescente :

<i>Abies spectabilis</i>	<i>Acer stachyophyllum</i>	<i>Prunus imanishii</i>
<i>Acer caudatum</i>	<i>Taxus baccata</i>	<i>Prunus himalaica</i>
<i>Acer caesium</i>	<i>Rhododendron arboreum</i>	<i>Prunus padus</i>
<i>Acer pectinatum</i>	<i>Rhododendron barbatum</i>	<i>Prunus rufa</i>
<i>Acer sterculiaceum</i>		

Strate arbustive :

<i>Viburnum cotinifolium</i>	<i>Sorbus cuspidata</i>	<i>Cotoneaster frigida</i>
<i>Viburnum cordifolium</i>	<i>Elsholtzia fruticosa</i>	<i>Lonicera angustifolia</i>
<i>Spiraea hypericifolia</i>	<i>Ribes glaciale</i>	<i>Lonicera lanceolata</i>
<i>Spiraea bella</i>	<i>Hydrangea heteromala</i>	<i>Aster albescens</i>
<i>Sorbus foliolosa</i>		

Strate herbacée :

<i>Ajuga lobata</i>	<i>Codonopsis purpurea</i>	<i>Crypsinus malacodon</i>
<i>Phlomis tibetica</i>	<i>Meconopsis napaulensis</i>	<i>Cheilanthes dalhousiae</i>
<i>Veronica deltigera</i>	<i>Meconopsis simplicifolia</i>	<i>Campanula nakaoi</i>
<i>Veronica robusta</i>	<i>Ranunculus hirtellus</i>	<i>Impatiens falcifer</i>
<i>Pedicularis furfuracea</i>	<i>Rheum webbianum</i>	<i>Impatiens hobsoni</i>
<i>Geum elatum</i>	<i>Stachys melissaefolia</i>	<i>Impatiens sulcata</i>
<i>Gaultheria trichophylla</i>	<i>Saxifraga parnassifolia</i>	<i>Impatiens wallichii</i>
<i>Androsace sarmentosa</i>	<i>Saxifraga diversifolia</i>	<i>Rubus fockeanus</i>
<i>Lycopodium clavatum</i>	<i>Polygonum campanulatum</i>	<i>Salvia campanulata</i>
<i>Cardamine violaceae</i>	<i>Codonopsis convolvulacea</i>	<i>Selaginella chrysocaulos</i>
<i>Cheilanthes grisea</i>	<i>Codonopsis thalictrifolia</i>	<i>Swertia racemosa</i>
<i>Cheilanthes rufa</i>	<i>Codonopsis dicentrifolia</i>	

La Sapinière est aussi caractérisée par l'abondance des Lichens, en particulier par les grands Lichens fruticuleux : *Usnea*, *Alectoria*, .. Au premier rang de ceux-ci *Usnea longissima*, très répandu, est le plus visible et le plus caractéristique.

Les sols de ces Sapinières appartiennent, pour la plupart, au groupe des sols bruns acides (L T 23). Certains d'entre eux connaissent un début d'évolution podzolique et présentent un horizon cendré ; ce sont alors des sols bruns ocreux. L'humus est un mull-modér avec un rapport C/N compris entre 15 et 20. La texture est généralement limoneuse. D'autres sols sont plus franchement podzoliques surtout lorsque la pente est peu accentuée (L T 37).

- Forêts à *Abies spectabilis* et *Larix griffithiana* (n° 12)

Larix griffithiana, espèce est-himalayenne, répandue jusqu'au Bhoutan, participe à la composition floristique des Sapinières de la Mailung et de la Chilime Khola. Le Méléze est généralement localisé dans les positions les plus humides.

- Terrains de parcours et zones cultivées (n° 13, 14, 15, 16, 17)

Les Sapinières sont souvent mitées par de petites clairières généralement occupées par des bergeries temporaires, lieu de stationnement des troupeaux au cours de leurs déplacements. Ces bergeries sont entourées d'une auréole de zones de moins en moins dégradées : groupements nitrophiles (16), pelouses (15), landes (14) et forêts claires (13).

Dans la vallée de Langtang, certaines de ces clairières sont parfois mises en culture. Maïs, Pomme de terre, Sarrasin sont ainsi cultivés de façon temporaire. (17)

F - ETAGE SUBALPIN SUPERIEUR

L'étage subalpin supérieur s'étend jusqu'à la limite altitudinale de la forêt qui est située entre 3900 et 4000 m.

- Forêt à *Betula utilis*, *Rhododendron campanulatum* et *Sorbus foliolosa*

La forêt de Bouleau est la formation boisée la plus répandue dans l'étage subalpin supérieur. Le groupement est généralement dense et peu élevé (3 à 10 m).

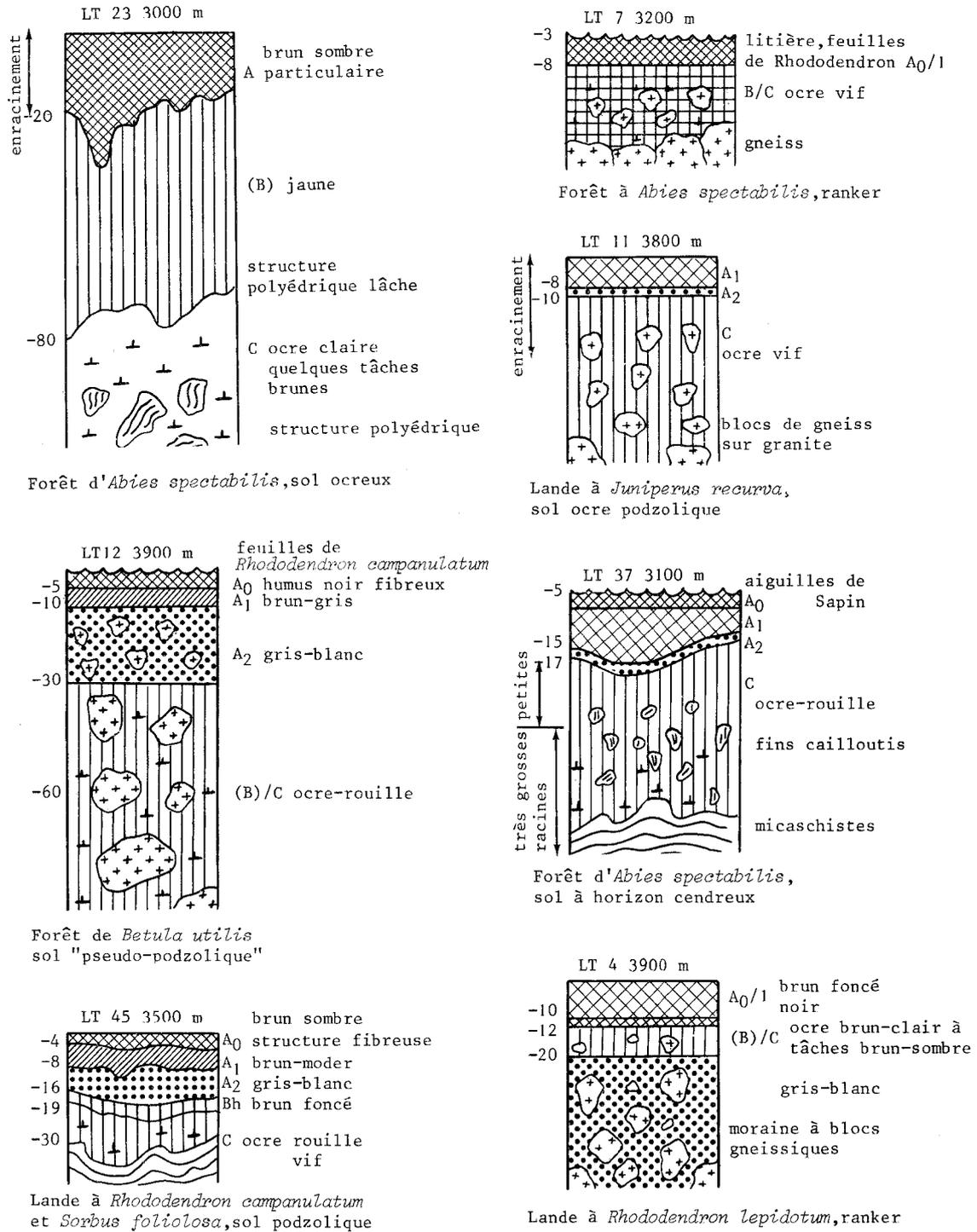


Fig. 2 - Sols des forêts et landes des étages subalpins

Strate arborescente :

Betula utilis (60 %)	Viburnum cotinifolium	Prunus rufa
Sorbus foliolosa (10 %)	Lyonia villosa	Lonicera angustifolia
Acer caudatum (5 %)	Rhododendron campanulatum (25 %)	Lonicera lanceolata
Sorbus microphylla		

Strate arbustive :

Rhododendron anthopogon	Rhododendron setosum
-------------------------	----------------------

Strate herbacée :

Primula geraniifolia	Dryopteris barbigera	Pedicularis flexuosa
Crypsinus malacodon	Dryopteris kawakamii	Pedicularis gibbera
Microula sikkimensis	Dryopteris sinofibrillosa	Polystichum thomsoni
Cheilanthes dalhousiae	Impatiens cymbifera	Primula denticulata
Cicerbita cyanea	Impatiens wallichii	Primula edgeworthii
Brachyactis menthodora	Leucostegia clarkei	Rubus fockeanus
Athyrium subtriangulare	Lobelia seguinii	Saussurea roylei
Arabidopsis mollissima	Cacalia quinquelobus	Saussurea taraxacifolia
Arcyosperma primulifolium	Geum elatum	Sedum linearifolium
Aconitum laciniatum	Morina nepalensis	Senecio alatus
Aconitum heterophylloides	Primula capitata	Streptopus simplex
Cimifuga foetida	Thalictrum reniforme	Trollius acaulis
Cyananthus inflatus	Nephrodium filix mas	Youngia racemifera

Tous les sols des forêts de Bouleau possèdent un horizon cendré décoloré. Cependant l'analyse des cations et la granulométrie ne mettent pas en évidence de phénomènes d'accumulation dans les horizons inférieurs. On se trouve donc en présence de sols pseudo-podzoliques qui semblent caractéristiques des montagnes tropicales.

- Forêts à *Juniperus recurva*

Les expositions les plus sèches de l'étage subalpin supérieur sont occupées par des groupements forestiers à Genévrier. Les arbres peuvent atteindre une hauteur de 10 m et la flore compagne ne comporte que les espèces les moins hygrophiles du groupement précédent.

- Terrains de parcours (n°5, 6, 7, 8, 9, 10)

Plus encore que dans l'étage subalpin inférieur, les forêts sont dégradées par le pâturage. Les pelouses alpines s'étendent ainsi vers le bas du fait de l'occupation humaine.

III.- L'ETAGE ALPIN

A - GEOGRAPHIE-GEOLOGIE

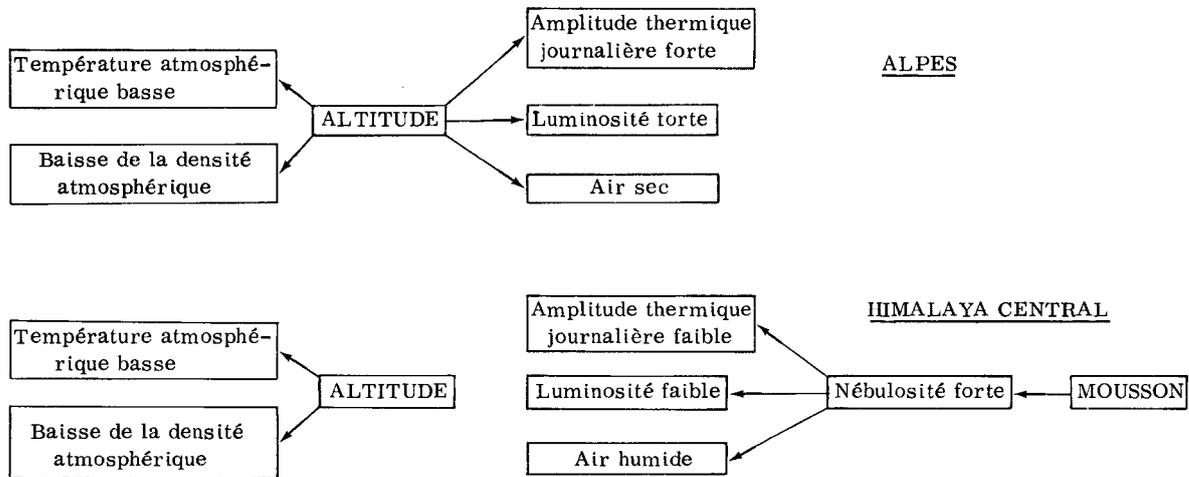
L'étage alpin tel que l'a défini GAUSSEN débute à la limite supérieure de la croissance des arbres (timber-line des Anglo-saxons) et s'étend jusqu'à la limite inférieure des glaciers. La zone ici présentée comme exemple de l'étage alpin du Népal central se situe sur le versant Sud du Paldor (sommet appartenant au massif du Ganesh Himal) par 28°14' de latitude Nord et 85°11' de longitude ; son altitude moyenne est de 4450 m et son toponyme est Lari chez les habitants de la haute vallée de l'Ankhu Khola. C'est un domaine glaciaire et morainique situé à la naissance de la Mailung Khola.

La vallée glaciaire, d'environ 500 m de large et d'un kilomètre de long est orientée approximativement Nord-Sud. Elle s'ouvre au Sud par un verrou glaciaire d'où s'échappe la Mailung Khola et se trouve bloquée au Nord par le versant Sud du Paldor qui supporte deux glaciers : l'un situé sur un versant exposé à l'Ouest descend jusqu'à moins de 4800 m ; le second orienté vers le Sud-Est ne descend pas en dessous de 5000 m.

La forme en auge de la vallée est asymétrique. Le versant exposé à l'Ouest est abrupt et s'élève jusqu'à plus de 5000 m. De ce côté se trouvent des cônes d'éboulis très peu colonisés par la végétation. L'autre versant, moins raide, présente une couverture végétale beaucoup plus fournie, pelouses et landes à Rhododendron, utilisées en août comme pâturages d'estive par les quelques troupeaux d'ovins et de caprins des villages de la haute Ankhu Khola. Ce versant s'élève progressivement de 4500 à 5000 m du Sud vers le Nord.

L'important matériel morainique de tout ce domaine traduit une activité glaciaire importante et récente (nombreuses moraines bien colonisées et moraines très jeunes en début de colonisation par les végétaux pionniers).

La géologie est elle aussi complexe : sur une zone de faible étendue, de nombreux affleurements apparaissent. Cette région est située dans la zone des gneiss du Ganesh Himal (Hashimoto) mais présente cependant des schistosités à schistes calcaires et à schistes à grenats et des affleurements de dolomie et de quartzite.



Comparaison des cinq principaux facteurs de l'étage alpin dans les Alpes et l'Himalaya central.

B - LE CLIMAT

Vallée ouverte vers le Sud, cette zone est soumise directement au flux de mousson en provenance du Sud-Est.

Le climat général est caractérisé par une saison des pluies durant les mois chauds de l'année (de début juin à fin septembre). Ce régime de mousson fait de l'étage alpin de l'Himalaya un niveau dont les conditions climatiques sont très différentes de celles de l'étage alpin des Alpes.

Le facteur fondamental du milieu alpin est l'altitude, mais contrairement aux Alpes, dans les pays soumis au climat de mousson, ce facteur est partiellement masqué par l'action de l'humidité atmosphérique.

1 - La nébulosité et ses conséquences

La nébulosité est un facteur fondamental sous climat de mousson, de juin à septembre. A 4500 m d'altitude, le ciel est généralement clair le matin, la couche nuageuse stagnante dans les vallées entre 1500 et 3500 m.

Sous l'effet du soleil, les masses nuageuses s'échauffent rapidement et s'élèvent pour stationner durant la journée entre 2500 m et 5000 m. Après le coucher du soleil, l'air se refroidit, s'alourdit, et les nuages redescendent progressivement dans la vallée durant la nuit.

Lari se trouve donc dans le brouillard dès 8 h ou 9 h du matin, et jusqu'au coucher du soleil la visibilité varie de quelques mètres à une trentaine de mètres. Les mouvements de ces masses d'air se traduisent par des vents en général peu violents, soufflant dans le sens ascendant le matin et dans le sens descendant le soir.

La situation topoclimatique de Lari (encadrée à l'Est et à l'Ouest par deux crêtes et bloquée au Nord par la barrière imposante du massif du Ganesh Himal) fait de cette zone une cuvette, avec blocage total de la nébulosité venant du Sud. Cette situation favorise donc l'installation d'une nébulosité permanente et joue un rôle important dans le déclenchement des précipitations.

L'existence de cette nébulosité permanente aura diverses conséquences sur les facteurs climatiques.

- Amplitude thermique journalière faible

Contrairement à des amplitudes thermiques journalières de 25 ° à 30 ° C, communes dans l'Alpin des Alpes (mesures faites à 5-10 cm du sol), on observe à Lari des amplitudes thermiques journalières beaucoup plus faibles, de l'ordre de 2° à 12° C environ. Durant les mois de juin, juillet et août 1974, la valeur la plus fréquente est 10°C. La nébulosité importante supprime une grande partie des rayonnements solaires et la température maximale le jour est en moyenne de 11,3 °C pour une température minimale la nuit de -1°C (moyenne des trois mois de mousson).

- Humidité de l'air très élevée

Durant toute la mousson, l'air reste très humide. Le pourcentage d'humidité varie entre 60 % et 100 %, la moyenne des trois mois se situant vers 80-85 %. La nuit, l'humidité est très stable et se fixe vers 92 %. Le jour, en fonction des éclaircies et du vent, l'humidité enregistrée varie beaucoup et très rapidement.

- Faible luminosité

Dès 8 heures le matin, la nébulosité de fond de vallée s'élève et atteint Lari. Il y a disparition immédiate des ombres franches, la zone est alors baignée par une lumière blanche, très diffuse. Des mesures effectuées au mois d'août ont montré que la luminosité ne dépassait que de peu et très rarement 10 000 Lux au cours des heures les plus lumineuses de la journée (de 11 h à 15 h) (fig. 3)

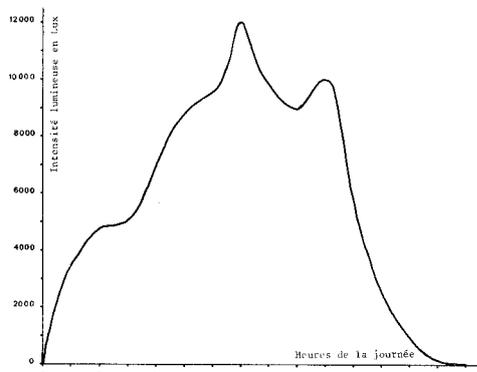


Fig. 3 - Variation de la luminosité au cours de la journée

2 - Les microclimats

L'existence d'un brouillard quasi-permanent favorise une certaine uniformisation des facteurs abiotiques dans la zone de Lari. Cependant, le processus de montée du brouillard le matin fait que seuls les versants exposés à l'Est sont soumis à une insolation directe. Le brouillard est présent avant que le soleil ne soit assez haut pour insoler les versants exposés à l'Ouest.

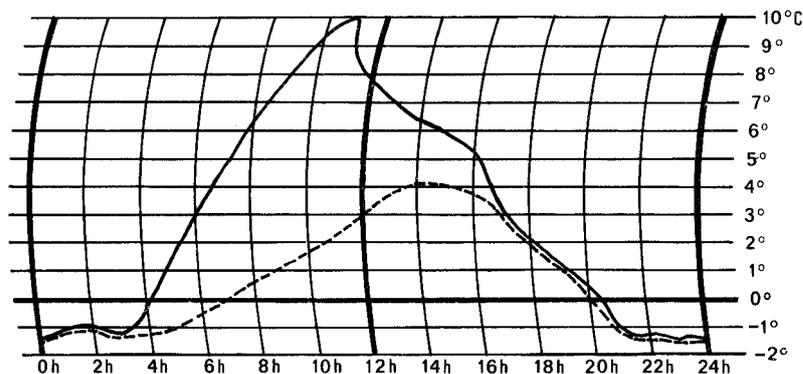


Fig. 4 - Evolution comparée de la température des versants Est (—) et Ouest (---) d'une moraine le 21.06.1974

L'opposition adret - ubac (Sud-Nord) des Alpes est ici masquée par une opposition Est-Ouest des versants himalayens. Ce phénomène est caractéristique des montagnes tropicales soumises au climat de mousson.

Les conséquences sont que les versants exposés à l'Ouest perdent leur couverture neigeuse plus tardivement, ceux exposés à l'Est sont les premiers à voir se développer le couvert végétal (fig. 4).

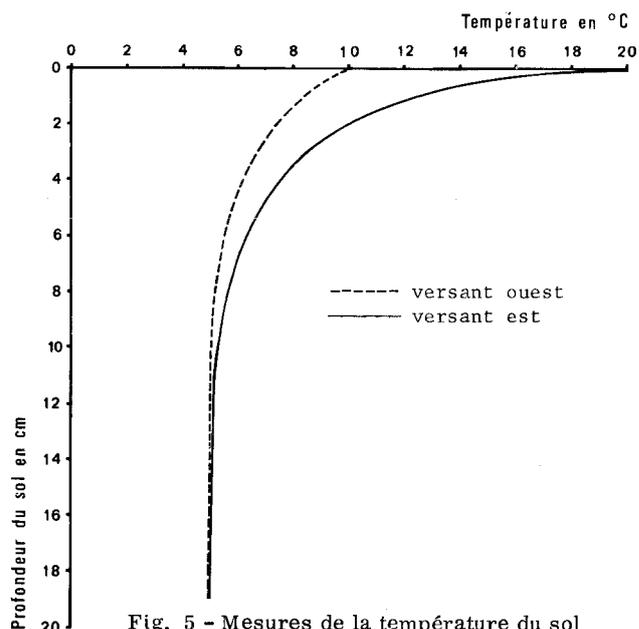


Fig. 5 - Mesures de la température du sol en fonction de la profondeur et de l'exposition

Le sol a sur ce versant une température élevée dans les dix premiers centimètres, ce qui favorise son activité biologique (fig. 5).

3 - Les précipitations

Après une période sèche de printemps qui voit disparaître le manteau neigeux, nous assistons très rapidement dans les premières semaines de juin à l'arrivée du phénomène de mousson. Il n'y a plus au niveau de l'étage alpin le régime d'averses torrentielles brèves qui caractérise les zones tropicales et tempérées.

La pluie est en général continue, sous forme d'un crachin combiné à une pluie fine, assez régulière avec cependant des recrudescences intermittentes. Cet état de faits se répète inlassablement tous les jours de la période de mousson. Sur 75 jours passés à Lari, seuls 4 jours ont été sans pluie durant l'été 1974.

La quantité d'eau reçue est plus importante l'après-midi que le matin, et on observe aussi très souvent un arrêt des précipitations vers 21 h ; ces deux observations sont liées aux mouvements ascendants et descendants des masses nuageuses au cours du cycle de 24 h.

Les précipitations neigeuses, bien que rares l'été à 4500 m, ne sont pas impossibles. Elles ont alors lieu entre 3 h et 6 h, qui sont les heures les plus froides de la nuit.

La pluviométrie, malgré une régularité apparente, varie un peu au cours de la mousson. Jusqu'au milieu du mois de juillet, la pluviométrie quotidienne moyenne est de 15 à 16 mm d'eau. Puis durant la seconde moitié de juillet et tout le mois d'août, elle passe à 24-26 mm d'eau. Il faut préciser cependant qu'au mois d'août des quantités de plus de 100 mm d'eau pour 24 h ont été enregistrées.

Les premières précipitations neigeuses importantes peuvent apparaître durant la seconde moitié du mois de septembre et se succèdent alors généralement toutes les nuits.

La période de végétation de l'étage alpin est donc réduite à quatre mois, de juin à septembre.

4 - Limites en altitude

La limite altitudinale de croissance des plantes est évidemment liée au phénomène de gradient thermique. Pour l'Himalaya du Népal, ce gradient est de 0,40 à 0,50 ° C pour 100 m d'élévation. A partir d'une certaine limite, qui varie avec l'emplacement, la température trop basse ne permettra plus la croissance des plantes.

A Lari, la végétation monte jusqu'à environ 4900 m d'altitude, sous forme de groupements très ouverts. La quantité des précipitations (dépendant de l'exposition de la zone au flux de mousson), combinée à une température atmosphérique basse, conditionnera la limite inférieure des glaciers : pour des précipitations élevées, la limite des glaciers sera plus basse que dans des zones plus arides.

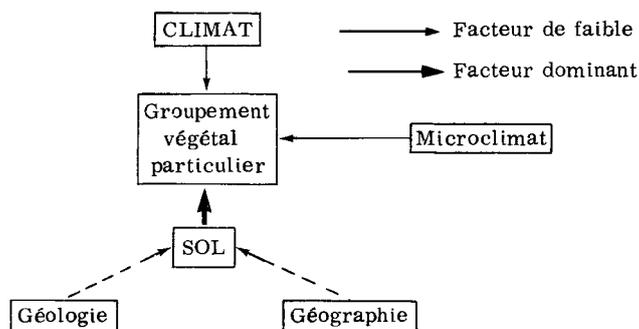
Les glaciers du Paldor descendent relativement bas : 4800 m et 5000 m. Cette limite glaciaire est une barrière au développement de la végétation.

La limite supérieure des espèces arbustives est plus difficile à définir nettement. Les formations de landes à Rhododendron par exemple ne dépassent pas 4500 m d'altitude. Par contre des individus isolés de Rhododendron ou de Salix se rencontrent jusqu'à 4650 m. Ces espèces sont alors très peu développées, rabougries.

5 - Importance des facteurs du milieu sur la végétation

De l'analyse que nous venons de faire des principaux facteurs du milieu de haute altitude dans le Népal central, nous pouvons déjà tirer quelques conclusions concernant leur importance relative sur la végétation.

- L'homogénéisation du climat local due au phénomène de mousson fait que les microclimats sont pratiquement inexistants sur une zone donnée comme Lari. Le seul microclimat mis en évidence est une légère différence de température entre les versants Est et Ouest.



- Le déterminisme de l'installation d'un groupement végétal particulier en un endroit donné sera donc essentiellement dû au sol, lui-même déterminé par la géographie et la géologie locale.

C - LA VEGETATION

La végétation alpine de l'Himalaya central dans son aspect global est comparable à celle de l'étage alpin des Alpes. Les espèces, très nombreuses, sont toutes de petite taille. Les strates supérieures de végétation à partir de 4300 m d'altitude ne dépassent pas 50 centimètres de hauteur et sont même inférieures à 20 centimètres au-dessus de 4500 m. En ce qui concerne les groupements de pelouse, une différence avec celles des Alpes est qu'en Himalaya le recouvrement le plus important est dû aux Dicotylédones. Les pelouses à Gramineae et Cyperaceae de l'Himalaya central n'ont qu'un faible recouvrement en Monocotylédones. La période de floraison débute, à 4500 m d'altitude, vers le milieu du mois de juin. Les espèces les plus précoces appartiennent aux Primulaceae, Liliaceae, Haemodoraceae. La floraison est la plus importante au mois d'août : plus de 80 % des espèces présentes sont en fleurs. Les Compositeae et quelques Onagraceae ont une floraison en général tardive, au mois de septembre.

Dans les descriptions de groupements qui vont suivre, un certain nombre de plantes sont représentées par le nom de la Famille ou du Genre auxquels elles appartiennent, suivi d'un numéro. Ces plantes, au moment de l'impression de cet article, n'ont pas encore reçu de détermination précise.

Le nombre indiqué correspond au numéro sous lequel les échantillons ont été déposés dans l'herbier du Laboratoire de Biologie Végétale de l'Université de Grenoble.

GROUPEMENTS DE VEGETATION

1 - Groupements rupicoles

Les conditions écologiques extrêmes des fentes de rochers vont imposer une sélection rigoureuse des espèces. Cependant, si dans les Alpes l'amplitude thermique très forte et l'humidité très faible de la terre fine contenue dans ces fentes font que seules les vraies Chasmophytes peuvent survivre, dans l'Himalaya central ces conditions sont beaucoup moins rudes et passent même au second plan, en raison de la mousson. Le facteur déterminant est alors la nature de la roche-mère. Nous trouvons, en dehors d'espèces particulières à ces fentes de rochers, des espèces à plus large répartition (éboulis ou moraines par exemple).

- Groupements rupicoles sur quartzite, gneiss ou schistes à grenats

Ces groupements sont peu développés, en raison de la structure dure et homogène de la roche-mère, qui n'offre que peu de prise aux espèces. Trois espèces sont caractéristiques de ces fentes de rochers :

<i>Sedum bupleuroides</i>	<i>Potentilla cuneata</i>
<i>Pleurospermum apiolens</i>	

Les espèces suivantes participent au groupement :

<i>Nardostachys jatamansi</i>	<i>Pegraeophyton minutum</i>
<i>Meconopsis horridula</i>	<i>Scrophularia</i> sp. n° 376
<i>Morina nepalensis</i>	<i>Tanacetum grossypinum</i>

Précisons que *Nardostachys jatamansi* est une Valerianaceae collectée par les habitants pour les propriétés médicinales de son rhizome : stimulant, antiseptique, il est employé pour lutter contre l'épilepsie, les convulsions, les palpitations cardiaques, comme antispasmodique et diurétique.

- Groupements rupicoles sur dolomie primaire

En raison de sa structure granuleuse, cette roche très fissurée permet une fixation aisée des plantes. Les espèces sont plus nombreuses que dans le cas précédent. Les dépôts dans les fentes sont de nature sableuse. Espèces du groupement :

<i>Delphinium cashmerianum</i>	<i>Saussurea graminifolia</i>
<i>Saxifraga flavida</i>	<i>Pedicularis provecta</i>
<i>Anaphalis cavei</i>	<i>Gypsophila</i> sp. (349)
<i>Trigonotis rotundifolia</i>	<i>Poa</i> sp. (79)
<i>Lasyocarium munroi</i>	<i>Saxifraga</i> sp. (67 ou 352)
<i>Corydalis nana</i>	

Trois espèces, ombrophiles, se développent au fond des fentes :

<i>Sedum oreades</i> var?	<i>Saxifraga gageana</i>
<i>Draba altaica</i>	

2 - Groupements d'éboulis

Ils seront avant tout déterminés par la taille des blocs entrant en jeu dans les éboulis. En raison d'une amplitude thermique moins importante que dans les Alpes, les blocs des éboulis pour une altitude équivalente seront moins morcelés par gélifraction et donc plus gros dans l'Himalaya.

- Groupements d'éboulis grossiers

Ils se développent sur des éboulis dont les blocs sont de grosse taille de 50 cm de diamètre à plusieurs mètres.

En raison de la structure très friable des schistes calcaires et de la dolomie, qui ne donnent que des éboulis fins, de structure sableuse, ces éboulis grossiers seront donc essentiellement constitués par des gneiss, quartzite, schistes à grenats.

Ces groupements d'éboulis correspondent aux groupements ouverts de haute altitude et aussi aux groupements pionniers des moraines glaciaires jeunes. Le recouvrement en général n'excède pas 5 à 10 %.

Deux espèces sont caractéristiques de ces associations sur éboulis de gros blocs : *Oxyria digyna* et *Epilobium conspersum*.

Les autres espèces sont les suivantes (par ordre de présence décroissante) :

<i>Corydalis meifolia</i>	<i>Saxifraga saginoides</i>
<i>Rheum moorcroftianum</i>	<i>Sibbaldia cuneata</i>

<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	<i>Anaphalis nubigena</i> var. <i>polycephala</i>
<i>Saussurea gossipyphora</i>	<i>Swertia multicaulis</i>
<i>Lagotis kunawurensis</i>	<i>Poa</i> sp. (79)
<i>Carex nakaoana</i>	

De par ses caractéristiques, cette association semble être équivalente pour l'Himalaya central de l'association de l'Oxyrietum digynae de BRAUN-BLANQUET. Toutes ces espèces lithophiles présentent un système racinaire adapté aux éboulis grossiers. Parmi elles, citons *Rheum moorcroftianum* qui possède une racine de 5 à 10 cm de diamètre à sa base et qui mesure parfois plus d'un mètre de long. Cette racine est collectée par les Népalais des hautes vallées et utilisée bouillie pour lutter contre les refroidissements, la fièvre, la fatigue. Les feuilles sont aussi consommées crues.

- Groupements d'éboulis fins

. Eboulis fins sur schistes calcaires et dolomie

Ces éboulis correspondent en général à des coulées de terrain sur des pentes assez fortes. Les sols de telles zones sont peu stabilisés et la texture est généralement sableuse. Des fragments de roches de dimensions généralement faibles (inférieurs à 50 cm de diamètre) sont répartis dans la masse sableuse. Ces espèces pionnières sont toutes de petite taille et possèdent un système racinaire très fin et très étendu. Le recouvrement est faible (de 5 à 20 %).

Espèces caractéristiques :

<i>Saxifraga flagellaris</i> var. <i>mucronulata</i>	<i>Arenaria glanduligera</i>
<i>Eryophyton wallichianum</i>	<i>Anemone rupicola</i>

Espèces toujours présentes :

<i>Saxifraga flavida</i>	<i>Lychnis himalayense</i>
<i>Saxifraga glabricaulis</i>	<i>Salix lindleyana</i>
<i>Braya oxycarpa</i>	<i>Trisetum spicatum</i>
<i>Euphorbia stracheyi</i>	<i>Cyperaceae</i> , sp. 167

A un stade évolutif postérieur, ou dans le cas des zones plus plates, plus stables, de nouvelles espèces vont apparaître :

<i>Saxifraga</i> sp. 67	<i>Loxostemon pulchellus</i>
<i>Trigonotis rotundifolia</i>	<i>Juncus leucomela</i>
<i>Anaphalis cavei</i>	<i>Pedicularis trichoglossa</i>

Dans le cas de dolomie, nous aurons en plus *Arenaria ciliolata*, *Sedum oreades*

. Eboulis fins sur gneiss, schistes à grenats

Ces éboulis correspondent aussi à des coulées de sols, mais à partir de substratum siliceux. Les espèces pionnières principales seront :

<i>Salix lindleyana</i>	<i>Geum elatum</i>
<i>Saxifraga flavida</i>	<i>Primula tenuiloba</i>
<i>Polygonum affine</i>	<i>Pedicularis</i> sp.
<i>Draba oreades</i>	<i>Saxifraga</i> sp. 67

3 - Groupements de dépôts torrentiels

Ces groupements végétaux se développent sur des zones en général de faible étendue, bien alimentées en eau et situées en bordure de torrents.

La topographie locale va définir des zones de dépôt de structure variable : sur une zone suffisamment pentue pour donner au torrent une vitesse forte, les dépôts laissés par le torrent auront une structure grossière, essentiellement constituée de graviers et de cailloux ; par contre, dans des zones de pente plus faible, la vitesse sera plus lente et le dépôt de particules plus fines (de structure sableuse) sera alors favorisé. Ces différents dépôts seront colonisés par des espèces sensiblement différentes.

. Dépôts torrentiels de graviers et cailloux (inférieurs à 30 cm de diamètre) : *Lagotis glauca* et *Sibbaldia parviflora* sont accompagnés par le cortège des plantes des dépôts torrentiels sableux.

. Une espèce est caractéristique de ces dépôts : Gramineae 80, accompagnée par :

<i>Saxifraga pallida</i>	<i>Anaphalis nubigena</i> var. <i>monocephala</i>
<i>Saxifraga parnassifolia</i>	<i>Gypsophila cerastioides</i>
<i>Saxifraga glabricaulis</i>	<i>Lasiocaryum munroi</i>
<i>Saxifraga gageana</i>	<i>Pedicularis megalantha</i>
<i>Lychnis brachypetala</i>	

. En bordure de torrents, ce dépôt s'enrichit de : *Juncus leucomelas*, *J. sphacelatus*, *J. concinnus*.

Dans le cas de dépôts torrentiels ayant pour origine schistes calcareux ou dolomie, quelques espèces caractéristiques calcicoles de ces dépôts vont apparaître :

Saussurea graminifolia	Saxifraga 67
Corydalis nana	Trigonotis rotundifolia
Saxifraga flavida	

4 - Groupements de moraine

- Groupement pionnier sur moraine jeune

Constitué de blocs rocheux importants, nous allons retrouver dans le type de colonisation ce qui se passe pour les groupements d'éboulis grossiers. Les blocs ont de quelques dizaines de centimètres à un mètre de diamètre, et ne présentent généralement pas d'arêtes vives en raison de l'érosion par frottement durant leur transport.

. une colonisation en surface des gros blocs rocheux. Elle est surtout caractérisée par des espèces ligneuses rampantes de Rhododendron et de Salix ;

. une colonisation des entonnoirs, très nombreux en raison de la forme arrondie des blocs rocheux, où se déposent rapidement des éléments fins dont la texture est généralement sableuse.

Les deux espèces ligneuses qui envahissent ces moraines sont Rhododendron anthopogon et Salix lindleyana. L'adaptation de ces deux espèces au milieu est caractérisée par un système racinaire robuste et bien développé.

Parmi les espèces herbacées, six sont caractéristiques de ce milieu :

Oxyria digyna	Sedum coccineum
Epilobium conspersum	Sedum bupleuroides
Picrorhiza scrofulariifolia	Corydalis stracheyi

Les autres espèces les plus fréquentes dans les entonnoirs sont :

Primula tenuiloba	Rheum moorcroftianum
Anaphalis nubigena var. polycephala	Lychnis brachypetala
Saxifraga stella aurea var. polyadena	Carex nakaoana
Saxifraga brevigliandulosa	Festuca polycolea
Saussurea gossipyphora	Poa sp. 79

Trois espèces, très fréquentes, se développent avec les ligneux à la surface des blocs : Primula pusilla, Saxifraga saginoides, Sibbaldia parviflora.

Vers 4750 m d'altitude, très près du glacier, Rhododendron anthopogon et de nombreuses herbacées ont disparu. La couverture végétale est très faible (inférieure à 10 %). Les seules espèces subsistant sont :

Salix lindleyana	Rheum moorcroftianum
Epilobium conspersum	Sibbaldia parviflora
Picrorhiza scrofulariifolia	Carex nakaoana
Oxyria digyna	Festuca polycolea
Lychnis brachypetala	Poa sp. 79

- Groupements sur moraine ancienne

Sur les moraines anciennes, le recouvrement, en raison des affleurements des blocs rocheux parfois très gros, varie de 30 % à 80 %.

De par l'activité apparemment très récente des glaciers et de leur limite inférieure basse, les moraines anciennes ne dépassent pas 4600 m d'altitude. De ce fait, les espèces ligneuses d'altitude pourront s'y développer, n'étant pas atteintes par la limite thermique de croissance et présentant d'autre part une affinité particulière pour les substrats hétérogènes.

Les groupements caractéristiques des moraines anciennes seront donc dans cette zone humide des groupements de landes à Rhododendrons.

C'est sur ces moraines que se fait sentir l'existence du microclimat lié à l'exposition (voir Fig. 4) Au niveau de la végétation deux types de landes sont observables :

. Formation de lande à Rhododendron anthopogon sur versant exposé à l'Ouest

C'est le versant le plus froid, celui sur lequel la couverture neigeuse subsiste le plus longtemps.

Rhododendron anthopogon ne forme qu'une bande de quelques mètres de large au sommet de la moraine, le reste du versant étant constitué par une pelouse de type hygrophile dont les espèces les plus fréquentes sont :

Lloydia serotina	Primula pusilla
Geum elatum	Primula sikkimensis var. pudibunda
Parnassia pusilla	Leontopodium himalayense
Saxifraga hispidula	Pedicularis furfuracea
Caltha palustris	Stellaria

Ranunculus pulchellus	Cyperaceae 362
Potentilla microphylla	Umbellifereae 78
Cremanthodium nepalense	Geranium donianum
Polygonum affine	Juncus sphacelatus
Viola biflora	Juncus sp. 107

Rhododendron anthopogon est parfois associé à *Cassiope fastigiata* au sommet de la moraine.

. Formation de lande à *Rhododendron setosum* sur versant exposé à l'Est

Ce versant, plus sec par endroits, a une flore plus diversifiée que le précédent. Le démarrage du cycle de végétation est plus précoce. *Rhododendron setosum* a la même disposition sommitale que *Rhododendron anthopogon* sur l'autre versant.

La strate herbacée est composée de :

Polygonum macrophyllum	Pedicularis regeliana
Sedum himalense	Morina nepalensis
Polygonum affine	Saussurea eriostemon
Potentilla peduncularis	Leontopodium himalayense
Cortia depressa	Geranium donianum
Ligularia sp 256	Aconitum spicatum
Pedicularis siphonanta	Viola biflora
Pedicularis mollis	Corydalis juncea
Rheum emodi	Epilobium amurense
Potentilla coriandrifolia	Poa sp. 79
Primula pusilla (au niveau des affleurements)	Cyperaceae 302

Dans les zones pédologiquement plus sèches, où affleurent des gros blocs rocheux, un cortège de plantes plus xérophiles apparaît :

Anaphalis nubigena var. monocephala	Geranium nakaoanum
Anaphalis nubigena var. polycephala	Hypericum sp. 250

Sur les rochers se développent *Polygonum vacciniifolium* et *Potentilla fruticosa*.

Entre les deux bandes de *Rhododendrons*, la crête de la moraine, zone plus soufflée par le vent que les versants, porte une végétation très pauvre, dont le principal représentant est un lichen, *Thamnolia vermicularis*.

De l'étude de ces deux groupements, il ressort que *Rhododendron anthopogon* a une répartition écologique beaucoup plus large que *Rhododendron setosum*.

. Les moraines jeunes sont colonisées en premier lieu par *Rhododendron anthopogon* .

. Sur les moraines anciennes, si l'on peut trouver quelques pieds de *Rhododendron anthopogon* en exposition Est, par contre nous n'avons trouvé aucun individu de *Rhododendron setosum* dans la formation très pure de *Rhododendron anthopogon* sur versant Ouest.

5 - Groupements de pelouses

Comme il a été indiqué dans la présentation géographique de la zone de Lari, les pelouses ne se sont développées que sur le versant exposé à l'Est. L'exposition n'interviendra donc pas dans la différenciation des groupements de pelouse. Le facteur écologique déterminant sera ici la nature du substrat. Trois types de pelouses peuplent le versant Est.

. Pelouse à *Androsace lehmani* et *Cyperaceae* 302

Cette pelouse se développe sur les massifs siliceux en place ; son sol est très peu évolué (10 - 20 cm d'épaisseur). Les affleurements sont encore fréquents. Le recouvrement est de l'ordre de 70 - 80 %.

Espèces caractéristiques : *Androsace lehmani*, *Cyperaceae* 302.

Espèces les plus fréquentes :

Potentilla microphylla (recouvrement supérieur à 50 %)	Euphorbia stracheyi (forme rampante)
Parnassia pusilla	Viola biflora
Saxifraga implicans (186)	Umbellifereae 177-178
Pedicularis sp. 112	Geranium donianum
Polygonum macrophyllum	Primula pusilla
Cremanthodium nepalense	Herminium sp. 187

Au niveau des replats ou des légères dépressions, le sol est plus épais et son humidité est plus élevée. *Androsace lehmani* et *Pedicularis* sp. 112 disparaissent, alors que le groupement s'enrichit de nouvelles espèces :

Lagotis kunawurensis	Lloydia delavayi
----------------------	------------------

Geum elatum
Carex atrofusca

Lloydia serotina

Il semble que cette formation soit un des premiers stades de développement d'un groupement fermé, en raison d'un sol très peu évolué et de la présence de nombreuses espèces qu'on trouve sur les gros blocs rocheux (*Primula pusilla*, *Saxifraga implicans*).

. Pelouse à *Kobresia nepalensis* et *Carex nakaoana*

Ces pelouses s'établissent sur des structures en place ou sur de très anciens éboulements. Le sol est beaucoup plus évolué que dans le cas de la pelouse à *Androsace lehmani* et a une épaisseur d'environ 50 cm. Sa structure est généralement homogène.

<i>Kobresia nepalensis</i>	<i>Corydalis ramosa</i>
<i>Carex nakaoana</i>	<i>Leontopodium himalayense</i>
	<i>Aletris pauciflora</i>
<i>Potentilla microphylla</i>	<i>Primula sikkimensis</i> var. <i>pudivunda</i>
<i>Viola biflora</i>	<i>Parnassia nubicola</i>
<i>Geranium donianum</i>	<i>Euphorbia stracheyi</i>
<i>Geranium nakaoanum</i>	<i>Lilium</i> sp. 168
<i>Cremanthodium oblongatum</i>	<i>Saxifraga pallida</i>
<i>Polygonum viviparum</i>	<i>Saxifraga parnassifolia</i>
<i>Polygonum macrophyllum</i>	<i>Sibbaldia parviflora</i>
<i>Polygonum affine</i>	<i>Epilobium amurense</i>
<i>Sedum himalense</i>	<i>Pedicularis brevifolia</i>
<i>Pedicularis elwesii</i>	<i>Veronica umbelliformis</i>
<i>Cortia depressa</i>	<i>Draba gracillima</i>
Umbellifereae 177-178	<i>Corydalis trifoliolata</i>
<i>Corydalis cashmeriana</i>	

Dans les zones dépressionnaires, le groupement s'enrichit en nouvelles espèces plus hygrophiles :

<i>Geum elatum</i>	<i>Lagotis kunawurensis</i>
<i>Ranunculus hirtellus</i>	<i>Lloydia delavayi</i>
<i>Carex atrata</i>	<i>Lloydia serotina</i>
<i>Carex atrofusca</i>	<i>Potentilla peduncularis</i>

Dans le cas d'un sol à éléments plus hétérogènes, et dans des conditions d'humidité suffisante, nous avons un faciès à *Potentilla peduncularis*.

Cette espèce atteint un recouvrement de 90 %, qui exclut la plupart des espèces précédemment citées. Ce développement très important de *Potentilla peduncularis* pourrait être expliqué par deux faits se rapportant à sa biologie :

- le développement stolonifère de cette espèce, qui débute dès la fonte des neiges et qui est très rapide ;
- ses feuilles se développent vite et ont une grande surface.

Le recouvrement est donc très fort très tôt dans la saison de végétation de l'étage alpin et ne permet qu'à des espèces de petites tailles et ombrophiles de se développer sous les feuilles de la Potentille ou de passer entre *Juncaceae*, *Gramineae*, *Cyperaceae*.

. Pelouses à *Kobresia hookeri* et *Potentilla argyrophylla*

Ces pelouses se développent sur des sols sableux ayant pour origine des schistes calcareux. Ces sols sont aussi bien évolués que les pelouses à *Kobresia nepalensis*, mais en raison de leur structure, ils sont plus secs. Aux espèces précédemment vues, se joint un cortège de plantes ayant des affinités pour les sols plus secs :

<i>Kobresia hookeri</i>	<i>Cyperaceae</i> 302
<i>Carex nakaoana</i>	

Cortège d'espèces plus xérophiles :

<i>Primula wigramiana</i>	<i>Androsace muscoidea</i>
<i>Potentilla argyrophylla</i>	<i>Anaphalis nubigena</i> var. <i>polycephala</i>
<i>Potentilla argyrophylla</i> var. <i>atrosanguinea</i>	<i>Lychnis brachypetala</i>
<i>Pedicularis trichoglossa</i>	<i>Lychnis himalayense</i>

Espèces compagnes :

<i>Geranium donianum</i>	<i>Stellaria</i> sp. 126
<i>Geranium nakaoanum</i>	<i>Euphorbia stacheyi</i>
<i>Viola biflora</i>	<i>Cremanthodium nepalense</i>
<i>Polygonum affine</i>	<i>Cortia depressa</i>
<i>Polygonum macrophyllum</i>	<i>Corydalis cashmeriana</i>

Parnassia nubicola
Epilobium amurense

Lilium sp. 168
Leontopodium himalayense

6 - Groupements végétaux non évolutifs

Ces groupements végétaux sont bloqués dans leur évolution vers d'autres groupements par l'existence d'un facteur du milieu qui devient prépondérant. Deux cas pour la zone alpine sont à citer :

- . Formation de marais
- . Formation nitrophile autour des bergeries
 - Groupements de marais

Ces groupements se forment dans des zones dépressionnaires bien alimentées en eau. En altitude, la formation d'un marais est souvent liée au relief morainique.

A Lari, le cirque glaciaire est bloqué par un dépôt morainique. L'existence d'un verrou dans la partie inférieure du cirque permet, après étalement de l'eau, son écoulement. Nous avons une étendue de végétation dont le sol est saturé en eau et dont le niveau au-dessous de l'eau s'élève progressivement vers l'extérieur. Dans tout le marais, le recouvrement par les Bryophytes est de 80 à 90 %.

En fonction de la distance qui sépare la surface du sol du niveau de la nappe, trois types de végétation, formant des ceintures autour de la zone de pleine eau, peuvent être caractérisés.

Ceinture interne, située entre 0 et 10 cm au-dessus de la nappe

On trouve ici les espèces végétales qui peuvent vivre dans un sol saturé en eau, asphyxique, et qui supportent même une immersion brève. Trois espèces sont caractéristiques :

Pegraeophyton scapiflorum	Koenigia delicatula
Polygonum perpusillum	et Bryophytes n° 296 - 297

Compagnes : Juncus leucanthus, Ranunculus hirtellus

. Ceinture de végétation située entre 10 et 20 cm au-dessus de la nappe

Caractéristiques : Koenigia nummulariifolia, Primula involucrata

Compagnes : Koenigia delicatula (peu)	Juncus sphacelatus
Juncus leucanthus (peu)	Ranunculus hirtellus
Primula sikkimensis var. pudibunda	Carex atrata

. Ceinture de végétation située à plus de 20 cm au-dessus de la nappe

Il n'y a plus ici de véritables caractéristiques, mais des espèces hygrophiles que l'on retrouve dans d'autres formations humides de pelouses ou de moraines.

Juncus sphacelatus	Ranunculus hirtellus
Carex atrata	Pedicularis sp. 81
Carex atrofusca	Potentilla peduncularis
Primula stuartii	Geum elatum
Polygonum affine	Adonis nepalensis

- Groupements nitrophiles (anthropo-zoogènes)

A proximité des bergeries d'altitude ("Goths") se trouvent des zones très riches en déjections animales correspondant aux reposoirs.

. Le piétinement et le broutage font que ces groupements présentent un recouvrement végétal très faible (10 à 30 %)

La végétation est complexe, composée d'espèces nitrophiles préférentielles, mais aussi d'espèces pionnières existant sur les éboulis fins et d'espèces refusées par les animaux et qui trouvent donc ici un terrain favorable à leur développement.

Espèces principales abondantes et toujours présentes :

Thalictrum alpinum	Primula tenuiloba
Koenigia nepalensis	Gentiana tubiflora
Trisetum spicatum	Leontopodium himalayense
Salix lindleyana	Lignariella hobsoni var. serpens
Pedicularis nepalensis	Ligularia sp 180

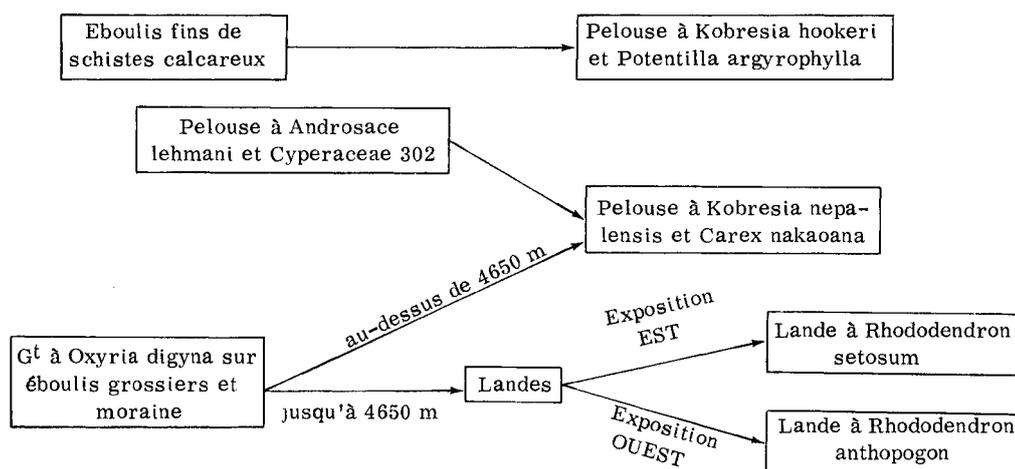
D'autres espèces peuvent participer au groupement, mais elles seront alors plus dépendantes des autres conditions écologiques (humidité, sol, etc..)

7 - Evolution des groupements végétaux

Des quelques descriptions de groupements végétaux qui viennent d'être présentées, nous avons pu tirer quelques conclusions concernant leur évolution.

Deux facteurs semblent intervenir de façon prépondérante sur l'évolution des groupements pionniers, l'altitude qui favorisera au-dessus de 4600 m environ le développement des pelouses et celui des landes à Rhododendron au-dessous, et la nature du substrat rocheux dont dépendra la nature du sol et par suite le type de végétation.

Le schéma ci-dessous illustre les relations évolutives des différents groupements étudiés.



BIBLIOGRAPHIE

- DOBREMEZ (J.-F.) 1970. - Biogéographie du Centre Népal. - Bull. Ass. Geogr. Fr., n° 379-380, 79-90, 4 fig.
- DOBREMEZ (J.-F.) 1972. - Mise au point d'une méthode d'étude des montagnes tropicales. Le Népal, écologie et phytogéographie. - Univ. Grenoble, thèse, 373 p., fig., tabl.
- DOBREMEZ (J.-F.) 1973. - Carte écologique du Népal. III - Région Kathmandu-Everest, 1/250 000. - Doc. Cartogr. Ecol., XI, 17-29, 1 carte coul. h. t., fig., tabl.
- DOBREMEZ (J.-F.) 1973. - Carte écologique du Népal. IV - Région Terai central, 1/250 000. - Doc. Cartogr. Ecol., XII, 1-15, carte coul. h. t., fig.
- MAIRE (A.) 1973. - La vallée du Langtang (centre Népal). Introduction à l'étude des relations sols-groupements végétaux d'altitude sous climat tropical froid. - Ann. Centre Univ. Savoie, I, 7-20, fig., tabl.
- STAINTON (J.D.A.) 1972. - Forests of Nepal. - London, J. Murray, 181 p., fig., tabl., 156 photos coul.