

DES COMPLEXES NON RÉSOLUS : SYSTÈMES OU NÉBULEUSES ?

Unresolved complexes : systems or nebulae ?

The notion of orosystem appears clearly in Europe because the mountains are divided into three large bands, the first two separated by a vast stretch of plain and the third distinguished by its unique Mediterranean vegetation. A similar zonation is found throughout the temperate regions of Asia, from the Black Sea basin to Siberia. It seems possible, therefore, for a large part of Eurasia, to delimit orosystems such as those represented below in figure 10.1.

The situation is different in the vast regions which are too heterogeneous to divide into systems, at least in the current state of our knowledge of their vegetation.

In Central Asia, there are many mountain chains which, due to the general aridity and to their isolation, have a vegetation cover which is both scanty and highly differentiated one from another. The most that can be done here is to distinguish some main groupings (four are shown in fig. 9.1).

The Himalayas are an interzonal chain which sharply separates the desert regions of Central Asia from monsoon Asia and which are divided up from east to west by a steep climatic gradient. The relations of this chain with the mountains of the Middle East on the one hand and China on the other are not yet well enough known to define the contours of a Himalayan system.

In the west of North America, high mountain chains run the whole length of the Pacific coast from subarctic Alaska to tropical Mexico. The only part covered by our study is that situated in the conterminous USA. It is here that, in a west-easterly direction, the mountain complex is at its most extensive and diversified through the continentality gradient.

Despite their importance and originality, other holarctic mountains – such as the Appalachians and the mountains of Japan and the far east of Russia – have had to be left out of account.

La notion d'Orosystème apparaît clairement en Europe parce que les montagnes sont distribuées en trois grandes bandes dont les deux premières, boréale et méditerranéenne, sont largement séparées par une vaste étendue de plaines, la troisième étant elle-même individualisée par l'originalité de la végétation méditerranéenne. Une telle zonation se retrouve à travers l'Asie tempérée, du bassin de la Mer Noire à la Sibérie. Il apparaît donc possible de délimiter, dans une grande partie de l'Eurasie, de tels Orosystèmes dont les contours sont représentés plus loin sur la figure 10.1.

La situation est différente dans de vastes régions trop hétérogènes pour pouvoir être divisées en systèmes, du moins en l'état actuel des connaissances sur leur végétation.

En Asie centrale, une multitude de chaînes doivent à l'aridité générale et à leur isolement une couverture végétale à la fois appauvrie et très différente de l'une à l'autre. Tout au plus peut-on tenter de distinguer de grands ensembles (quatre sur la fig. 9.1).

L'Himalaya est une chaîne interzonale, séparant brusquement l'Asie centrale désertique de l'Asie des moussons, et de plus écartelée dans le sens est-ouest par un gradient climatique de grande amplitude. Ses relations avec les montagnes du Moyen-Orient d'une part, celles de la Chine de l'autre, sont encore trop mal connues pour qu'il soit possible de définir les contours d'un système himalayen.

Dans l'ouest de l'Amérique du Nord, de hautes chaînes courent tout au long de la bordure pacifique du continent, de l'Alaska subarctique au Mexique tropical. Seule la partie située dans les «conterminous USA» est étudiée ici. C'est là que le complexe montagneux est le plus large et le plus diversifié dans le sens ouest-est par le gradient de continentalité.

D'autres montagnes holarctiques ont dû être, malgré leur importance et leur originalité, laissées de côté ici : les Appalaches, le Japon, l'Extrême-Orient russe.

9.1 L'ASIE CENTRALE

La situation est ici compliquée. Les très nombreuses chaînes que représente la figure 9.1 ont en commun la pauvreté de leur couverture végétale, son aridité et la quasi-absence de formations arborées.

Une description générale de cet ensemble se trouve dans Stanioukovitch [1973, pp. 215-254 et pp. 315-356], Walter [1974., pp. 57-274 et pp. 316-327], Walter & Breckle [1994, pp. 336-368 et pp. 408-465], et des données sur la statistique et l'origine des flores dans Agakhyanz & Breckle [1995]. Des coupes de la partie orientale ont été établies par Chang [1983] et Hou & Chang [1992].

Il ne peut être question d'aborder ici, même sommairement, ce complexe qui échappe totalement à une comparaison alpine, comme il ressort des figures 9.2 et 9.3. Vykhodchev [1956] concluait d'une étude de 18 chaînes de Kirghizie qu'il n'y existait

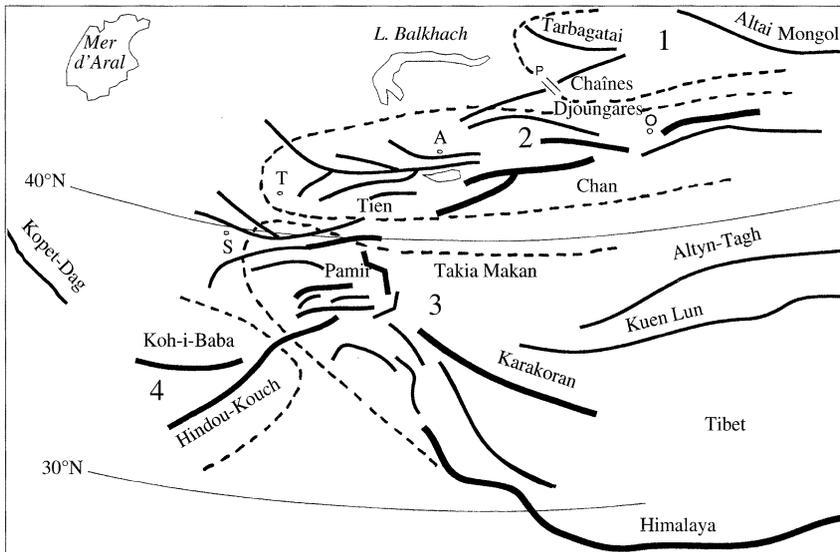


Fig. 9.1 Situation générale des massifs centre-asiatiques. Limites approximatives des quatre groupes distingués dans le texte. (Principales villes : A, Alma-Ata ; O, Ourumchi ; T, Tachkent ; S, Samarkande).

pas deux étagements pareils. Walter, puis Walter et Breckle, dégagent néanmoins trois grands types d'étagement : le premier, le plus aride, sans étage forestier (type Talass-Alatau), le second avec un étage de conifères (type Kungei et Transili-Alatau), le troisième avec étages inférieurs de feuillus (type Hissar). Mais l'immensité du territoire, le nombre et l'éloignement des chaînes, rendent illusoire la recherche d'un modèle unitaire. Tout au plus peut-on séparer les principaux groupes, du nord au sud.

9.1.1 Altaï du Sud

Le premier groupe représente la transition entre l'Altaï et le Tien-Chan. Il commence déjà dans la partie sud du massif de l'Altaï, avec l'Altaï mongol et le bassin de la Tuva [Ozenda, 1996]. Dans le Tarbagataï, Méléze et Sapin de Sibérie sont encore sporadiquement présents ; mais la toundra de montagne a cédé la place, comme déjà dans l'Altaï mongol, aux pelouses steppiques de haute altitude à *Kobresia* [Stanioukovich 1973]. Le corridor de la Porte de Djoungarie marque une limite : le Méléze cesse, l'Epicéa de Schrenk apparaît au sud.

9.1.2 Tien-Chan

La gigantesque chaîne du Tien-Chan (2500 km de longueur, 7450 m en son centre) n'a pour Conifères (en dehors des *Juniperus*) que des peuplements de *Picea schrenkiana*, localement associés à *Abies semenovii*, et localisés en versant nord et moyenne

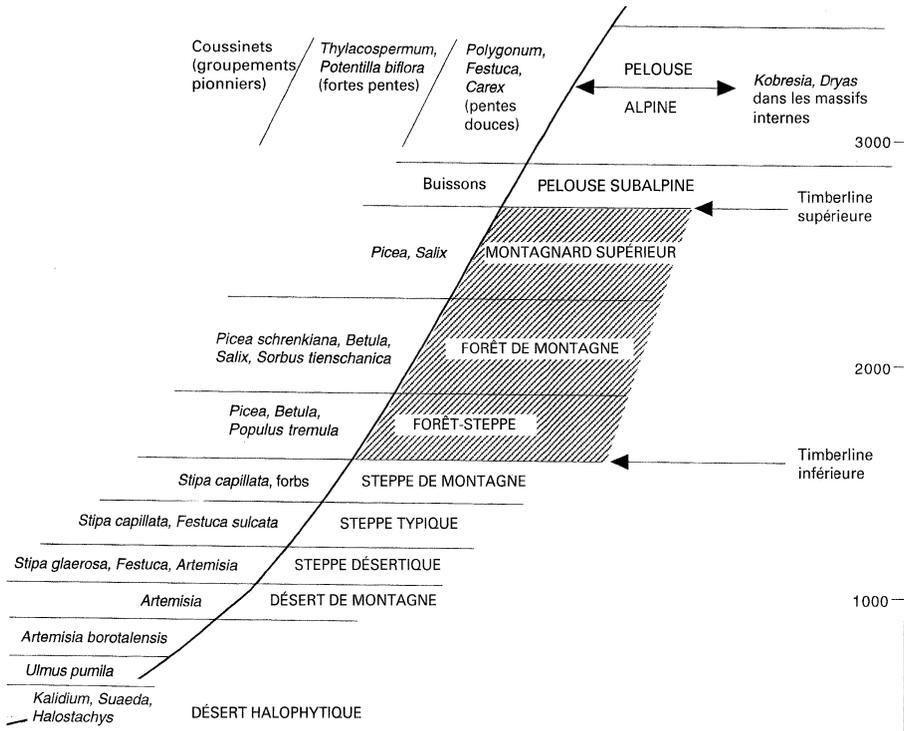


Fig. 9.2 Etages de végétation dans le Tien-Chan oriental (original, d'après des indications de Chang). En grisé, les étages arborés.

montagne. Cet «étage forestier» est encadré par la timberline normale en haut et la limite des steppes en bas: il correspond à un niveau moins aride, pouvant recevoir jusqu'à 500 mm annuellement. Mais c'est un peuplement résiduel, sans sous-bois hormis quelques Genévriers et Buis. Cependant, dans l'ouest de la chaîne, les pentes inférieures jusque vers 2000 mètres portent des peuplements de feuillus: noyers, pistachiers (*Pistacia vera*), diverses espèces d'Erables, des Trembles (*Populus tremula*) dans le nord, et surtout les Pommiers sauvages auxquels la ville d'Alma-Ata doit son nom et une partie de son économie.

Le Tien-Chan occidental est situé en Kirghizie. Aux descriptions de Stanioukovich et de Walter et Breckle, citées ci-dessus, il faut ajouter les travaux plus anciens de Kotov et de Sobolev dans le Terskei-Alatau. Ceux de Zlotin [1971, 1975, 1997] concernent la végétation d'altitude, équivalent de l'étage alpin, sensiblement entre 3000 et 4000 mètres: complexe de prairies, de steppes, localement de milieux humides, dont la composition est caractérisée par différentes espèces de *Kobresia*, *Festuca*, *Ptilagrostis* (sect. 6.4); biomasse et productivité ont été évalués pour chacun d'eux, ainsi que pour la faune associée.

Le Tien-Chan oriental, situé en territoire chinois, est moins connu [Chang 1984] (fig. 9.2). La chaîne la plus orientale, celle du Bogdo Ola (6400 m) porte encore d'importants appareils glaciaires et de notables peuplements de *Picea schrenkiana*.

9.1.3 Pamir et Tibet

Un troisième groupe est constitué par le Pamir et l'immense Tibet. L'aridité est ici à son maximum; les arbres font défaut jusqu'à la crête himalayenne (sauf dans le sud-est du Tibet), et les hauts déserts du Pamir et du Tibet n'ont rien d'un étage alpin. Loin vers l'ouest, le Kopet-Dag ne porte que des feuillus épars.

Une vue d'ensemble du Pamir est donnée par Ionnikov [1970] pour la flore, par Walter et Breckle [1994, pp. 411-465: «Un désert de haute montagne, écologiquement bien étudié»].

L'étagement dans les diverses chaînes du Tibet a été décrit par Chang [1981], Chen Weilie *et al.* [1992], Chen et Yu [1992], Zheng [1992]. L'étagement est une succession de végétations hyperarides, jusqu'à un niveau alpin de plantes en coussinet (fig. 9.3) pour la haute montagne (sect. 6.4).

9.1.4 Afghanistan

De véritables peuplements ligneux ne reparissent qu'avec les chaînes afghanes et iraniennes, dans un dernier groupe qui se raccorde au Zagros.

La grande chaîne de l'Hindoukouch [Freitag 1971; Rathjens 1972; Breckle 1973] est écologiquement dissymétrique. Son versant nord s'apparente encore à l'Asie centrale: peuplements ouverts de *Pistacia*, plus haut de *Juniperus*, puis steppes de coussinets épineux. Son versant sud moins aride présente des traits communs avec celui de l'Himalaya occidental: *Cedrus deodara* en moyenne montagne, et plus bas quelques affinités méditerranéennes avec *Quercus gr. ilex*, *Olea cuspidata*.

9.2 L'HIMALAYA

9.2.1 Rappel physiographique

La plus haute chaîne du globe est aussi l'une des plus longues, et naturellement d'une exceptionnelle complexité (fig. 9.4).

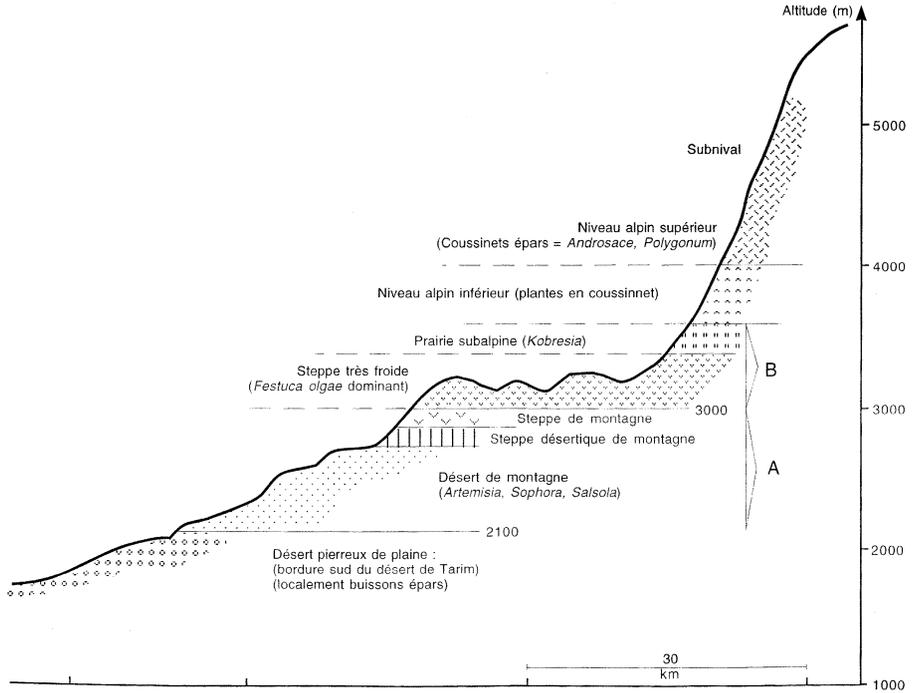


Fig. 9.3 Etages de végétation du rebord nord de la chaîne des Kun-Lun, Tibet [d'après Chen et Yu, 1992, modifié]. A, pâturages d'hiver et de printemps; B, pâturages d'été et d'automne.

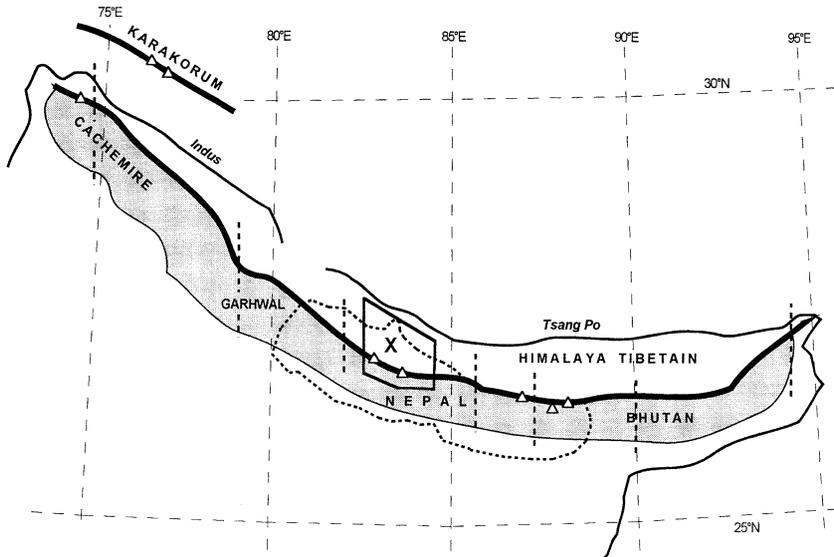


Fig. 9.4 Carton de situation de l'Himalaya. En trait épais, la chaîne principale; les triangles figurent les sommets de plus de 8000 m. En grisé, extension approximative du versant sud. En pointillé, les limites du territoire népalais; le quadrilatère noté X représente la partie mentionnée plus loin dans le paragraphe 9.2.5.

C'est une chaîne réellement multizonale, qui juxtapose même en réalité deux biomes complètement différents: un versant nord aride, adossé au plateau du Tibet, et appartenant biogéographiquement à l'Asie centrale; un versant sud très arrosé, dominant les grands bassins de l'Indus et du Gange et appartenant à l'Asie des moussons.

Ce versant sud est lui-même très différent suivant la longitude, en raison d'un gradient de précipitations décroissantes d'est en ouest, déterminant des différences sensibles même à moyenne échelle comme dans le seul territoire népalais.

En raison de la latitude proche du tropique, de l'ampleur des dénivellations et du climat presque partout humide ou hyper-humide, la végétation de cette gigantesque muraille sud est d'une exceptionnelle diversité dont l'analyse nécessite la distinction d'au moins dix étages (fig. 9.5). C'est certainement l'étagement le plus complet existant au monde, allant ici du tropical au nival. Il est sans équivalent dans les autres chaînes géantes, sauf peut-être les Andes du Nord.

Une carte climatique de la Haute Asie à 1/4 000 000, comprenant notamment toute la chaîne himalayenne, a été établie récemment par Miehe et coll., [2001].

9.2.2 Orientation bibliographique

Un historique détaillé des travaux des récentes décennies sur la flore, sur la végétation et sa cartographie, a été donné par Miehe [1991, *in* Walter et Breckle, IV, pp. 181-183]. Concernant l'étude des groupements végétaux, il est jalonné notamment par les contributions fondamentales de Schweinfurth [1957], Legris [1963], Stainton [1972], Dobremez [depuis 1970], Numata [1983], Miehe [depuis 1984], Ohsawa [1987]. Miehe reproduit [1991, pp. 190-195] douze types d'étagement, échelonnés tout au long de la chaîne entre les longitudes 74° et 95°E: ils sont naturellement assez différents, en raison du gradient climatique est-ouest déjà mentionné.

La flore himalayenne est très riche et a donné lieu à des travaux considérables. Des statistiques générales de la flore et de l'endémisme ont été établies par Dobremez et Vigny [1989, 1997].

Ohsawa [1992] a décrit le dynamisme dans une partie des étages, préfigurant une étude comme celle qui a été réalisée dans les Alpes et que rappelle la figure 5.3.

Une place particulière doit être attribuée à la Cartographie de la végétation: une carte générale du Népal, en huit feuilles à 1/250 000, sous la direction de Dobremez [1972-1985] et des cartes plus détaillées de régions népalaises par Miehe [1985, 1990].

9.2.3 Les étages de végétation: le modèle népalais

On peut considérer comme schéma de base l'étagement observable au centre, en territoire népalais. Parmi les nombreuses versions qui en ont été données, les plus synthétiques ont été regroupées dans la figure 9.5. Ont été retenues particulièrement celle de Dobremez, la plus complète parce qu'elle repose sur un travail cartographique considérable, et celle de Miehe, la plus récente.

Les niveaux distingués dans cet étagement-type peuvent être considérés comme formant trois ensembles (disjoints sur la figure 9.5):

- un socle tropical et subtropical, dont la limite supérieure paraît assez brusque: au Népal oriental on peut voir à 1 800 m en moyenne les rizières céder la place à d'autres céréales, et les *Cyperus* à des *Carex*;
- des étages forestiers «tempérés», que l'on peut comparer à la succession *Collinéen* (prédominance de feuillus caducifoliés), *Montagnard* (forêt mixte), et *Subalpin* (conifères d'altitude) des Alpes. On doit à Schmidt-Vogt [1990] une étude détaillée

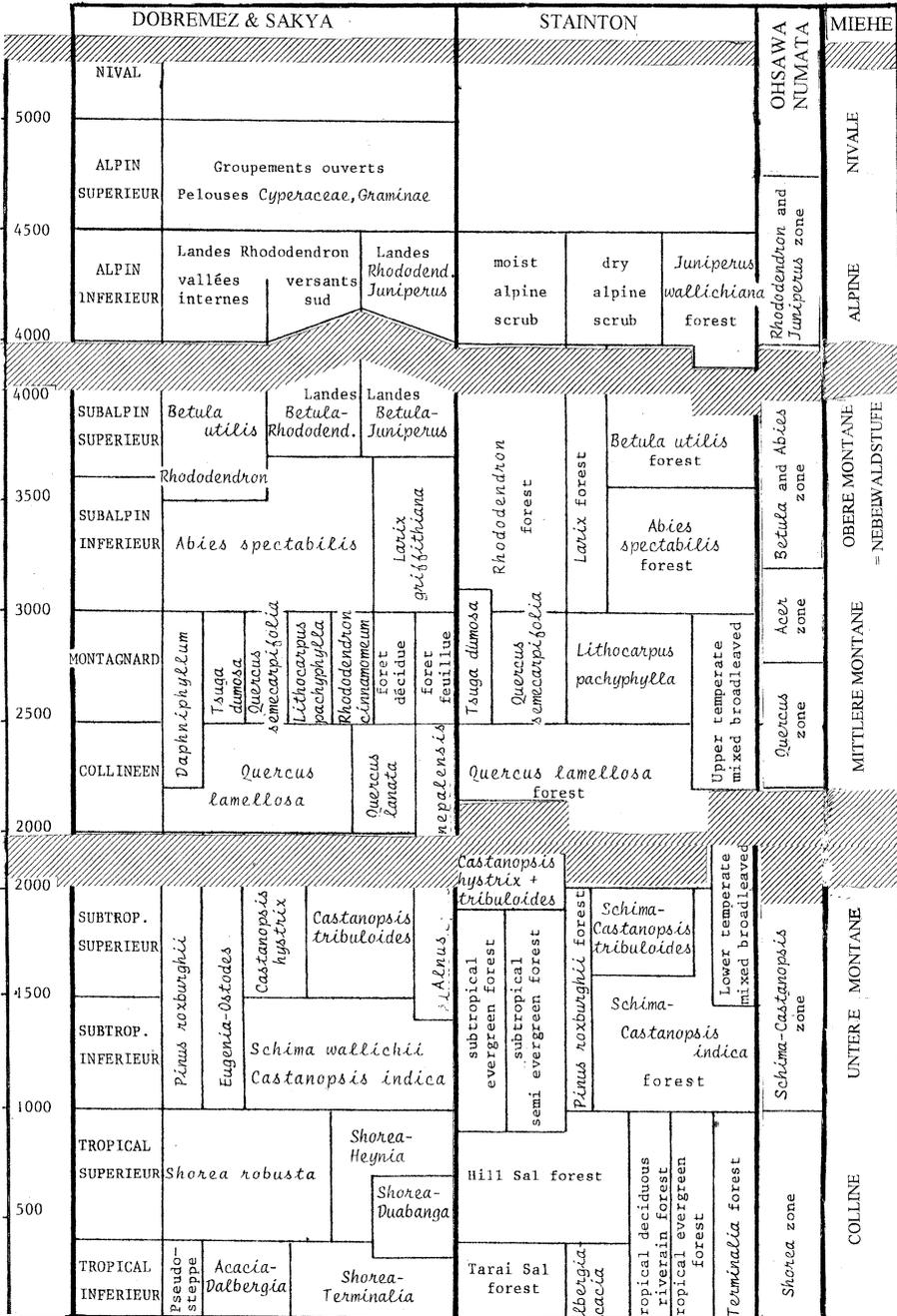


Fig. 9.5 Les étages de végétation au Népal. Dans la moitié gauche de la figure, d'après les travaux de Dobremez et al.; à droite, équivalence avec les modèles proposés par d'autres auteurs. Explications dans le texte.

- des forêts montagnardes et subalpines du Népal centre-oriental: composition, structure, exploitation, pastoralisme, impact humain;
- une végétation supraforestière (dite étage *alpin* ou étage *himalayen*) où prédominent, au-dessus de Rhododendrons nains, une flore affine de celle des autres chaînes holarctiques: *Primula*, *Androsace*, *Pedicularis*, *Gentiana*, *Potentilla*, etc., parmi une dominance de pelouses à *Kobresia*.

On constatera facilement sur la figure 9.5 la concordance entre les étages proposés par les différents auteurs; seules les dénominations diffèrent. Mais une question capitale se pose alors. Les noms d'étage retenus par Dobremez font implicitement référence à un parallèle avec les Alpes: cette assimilation est-elle justifiée, ou seulement un postulat? Cet auteur travaillant depuis longtemps sur la végétation de l'Himalaya central et ayant d'autre part une connaissance approfondie de celle des Alpes, les homologues qu'il établit entre les étages de moyenne montagne des deux chaînes apparaissent comme fiables malgré la distance qui les sépare. Mes observations personnelles, au cours de plusieurs mois de travail de terrain au Népal, vont dans le même sens.

Revenons sur le segment médian de la figure 9.5 (entre 2000 et 4000 m). On retrouve, comme dans les Alpes:

- Un Collinéen formé de feuillus (dont plusieurs chênes) caducifoliés.
- Un Montagnard constitué, comme dans les Alpes, d'une «hémिताïga» dans laquelle la proportion de résineux croît avec l'altitude. La formation principale, à *Quercus semecarpifolia* et *Tsuga dumosa*, rappelle tellement une Hêtraie-Sapinière par la structure des strates, le tapis muscinal, les mêmes lichens épiphytes et terricoles, qu'on peut y voir une vicariance écologique (pl. VII). On retrouve aussi des faciès secs à *Pinus* (ici *Pinus roxburgii*, *p. griffithii*).
- Un Subalpin de Conifères, Sapins (*Abies spectabilis*) et Mélèzes, avec (comme aussi dans le Caucase) une ceinture supérieure de Bouleaux (*Betula utilis*) et Rhododendrons (*Rh. campanulatum*, *Rh. barbatum*).

Ce parallélisme entraîne une conséquence intéressante. La cartographie à moyenne échelle de tout le territoire népalais [Dobremez *et al.*] a permis une détermination statistique, et non plus fragmentaire, des limites altitudinales. Par rapport aux limites des étages de moyenne montagne, et à l'altitude de la timberline dans les Alpes à la latitude de référence de 45°N, les observations indiquent un écart moyen de 1600 mètres, en bon accord avec la translation théorique moyenne de 100 m environ par degré de latitude, qui donnerait 1800 m.

On peut aussi faire abstraction de toute référence aux Alpes et adopter la nomenclature de Miehe, qui a en outre l'intérêt d'individualiser comme *Nebelwald* le même complexe de moyenne montagne. Seul le terme Collinéen appliqué par lui à l'étage tropical paraît inapproprié: certes, cette végétation recouvre les premières collines en avant de la chaîne, mais le mot Collinéen est si classiquement utilisé dans un sens différent en Europe que son emploi ici risque d'être générateur de confusion.

9.2.4 L'étage alpin

Il a été disjoint du chapitre 6 de cet ouvrage, car il n'entre pas dans l'un ou l'autre des types fondamentaux considérés là. Il est mal connu en raison des difficultés d'accès. Même les synthèses données par Miehe [1991, pp. 208-212; 1997, pp. 174-182] sont limitées aux principales formations et distinguent:

- Un *Alpin inférieur* (4000 à 4500 m) à arbustes nains de Rhododendrons (*Rh. lepidotum*, *setosum*, *anthopogen*, *nivale*) et de Genévriers (*J. squamata*, *recurva*, *indica*).

La végétation herbacée, dominée par les Cypéracées (*Kobresia nepalensis*), comprend beaucoup de genres qui rappellent qu'ici se trouve une partie de l'origine de la flore des Alpes (*Primula*, *Gentiana*, *Potentilla*, *Gymnadenia*, *Lloydia*, et aussi les nombreux *Saussurea*, *Leontopodium*) à côté d'autres plus typiquement asiatiques (*Anaphalis*, *Cyananthus*). Des groupements azonaux ou pionniers colonisent les éboulis, les moraines, les combes à neige.

- Un *Alpin supérieur* (4500 à 5000 m), où *Rhododendron nivale* remonte seul, parmi les pelouses à *Kobresia* (*K. pygmaea*, *K. nepalensis*, *K. delicatula*), les placages d'Hépatiques et de Lichens.
- Un *Nival*, s'élevant sur les rochers et éboulis jusqu'aux records d'altitude de 6300 (*Saussurea gnaphalodes*) et 7400 (pour des Lichens).

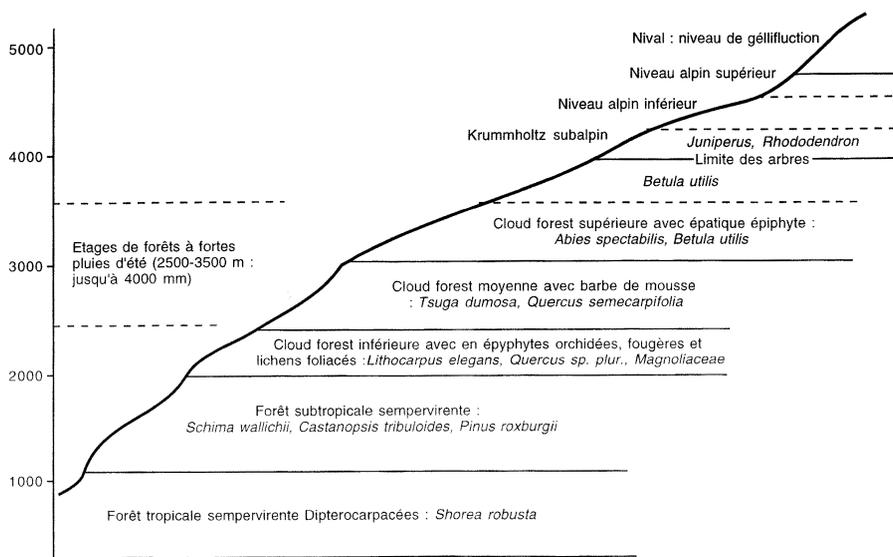


Fig. 9.6 Schéma simplifié de l'étagement dans l'Himalaya népalais. La figure a été composée en résumant une figure de Miehe [1997, p. 163] et sa légende.

Malgré d'innombrables affinités floristiques, il ne semble pas encore possible d'établir un parallèle avec l'étage alpin des chaînes européennes. Seul l'Alpin de l'Himalaya népalais a été vraiment étudié, et les conditions écologiques y sont très différentes de celles des Alpes. La pluie, apportée par la mousson en été et automne, vient du sud-est : le contraste entre adret et ubac en est atténué. La couverture nivale est relativement plus faible : dans l'étage alpin supérieur, les arbustes nains ne dépassent pas 5 cm, rappelant les conditions extrêmes des landines à *Loiseleuria* des Alpes.

L'expression «étage alpin» n'a ici qu'une valeur topographique ou physionomique. Le terme parfois employé d'*étage himalayen* paraît plus approprié.

9.2.5 Les vallées intra-himalayennes

Dans le centre-ouest du Népal, la muraille des hauts sommets, qui dans le reste de la chaîne coïncide avec la ligne de partage des eaux, se situe ici au sud de cette ligne.

Elle est formée par les massifs jumeaux du Dhaulagiri et de l'Annapurna, dépassant l'un et l'autre 8000 m. En arrière d'eux, c'est-à-dire au nord, la haute vallée de la rivière Kali Gandaki forme une cellule steppique dite pays de Mustang. Vers l'amont, en quelques dizaines de kilomètres, l'étage montagnard hygrophile des *Quercus* passe à un type mésophile à *Acer*, puis à des forêts xérophiles de *Pinus wallichii* (= *P. griffithii*, *p. excelsa*), ensuite à des îlots de *Juniperus torulosa*, enfin à une steppe de *Caragana*, surmontée d'un Alpin à *Kobresia* et d'un Nival à coussinets diffus. À l'ouest du Mustang, les hautes vallées du pays de Dolpo portent des faciès analogues, avec localement *Cedrus deodara* qui est ici à sa limite occidentale.

Ces formations se retrouvent beaucoup plus loin vers l'ouest, jusque dans des vallées du Cachemire (§ 9.2.7).

9.2.6 L'Himalaya tibétain

On nomme ainsi le côté tibétain de la chaîne, entre les hauts sommets et la vallée du Tsang Po (cours supérieur du Brahmapoutre). La végétation est quasi désertique et se limite, du fait de l'altitude, à l'équivalent des étages alpin et nival.

Des pelouses maigres et humifères à *Kobresia pygmaea* sont peut-être le reste d'une période plus humide, mais l'essentiel du terrain est soumis à une intense érosion éolienne et occupé par des *Stipa*, des *Carex* et de nombreuses dicotylédones en coussinets; des traînées arbustives à *Myricaria*, *Hippophae*, *Salix*, *Caragana* subsistent dans les dépressions humides, et l'endémique *Carex moorcroftii* couvre des dépôts sableux [Miehe, 1991, 2000]. L'étage nival, au-dessus de 5000 m, porte une végétation en espaliers sur éboulis mouvants jusqu'à 6000 m.

Dans le sud-est du Tibet, des formations ligneuses à *Juniperus* et *Rhododendron* font transition entre les steppes désertiques du Plateau et les forêts de mousson qui remontent les grandes vallées [Miehe *et al.*, 2000].

9.2.7 L'Himalaya occidental

Meusel et Schubert ont étudié la végétation du tiers occidental de la chaîne, entre le Jammu et la frontière ouest du Népal, et plus particulièrement le Cachemire. Le tableau comparatif qu'ils donnent [1972, pp. 582-583] montre un raccordement progressif au modèle népalais, avec toutefois une différence sensible entre les deux secteurs est et ouest de cet Himalaya occidental, différence qui apparaît bien si nous reprenons la division en trois modules exprimée par la figure 9.5.

Dans le module inférieur, l'étage hygrophile de *Shorea* est remplacé dans le secteur ouest par une forêt sèche d'*Acacia* et *Carissa* souvent dégradée en fourré épineux. Dans l'étage subtropical (dit sub-montagnard par les auteurs), la ceinture de *Pinus roxburgii* se limite aux reliefs externes, remplacée dans les vallées internes du Cachemire par *Pinus wallichii* et plus fréquemment par une formation de feuillus sempervivents à *Olea cuspidata* et *Quercus baloot*. Ces formations ont parfois été qualifiées de méditerranéennes; mais les *Olea*, *Cedrus* et les *Quercus* à feuilles coriaces sont absents du Moyen-Orient.

Dans le module moyen, les différences sont moins marquées mais cependant sensibles. Les ceintures de *Quercus*, *Qu. dilatata* et *incana* collinéens, *semecarpifolia* montagnard, cèdent progressivement la place à des formations de conifères, respectivement *Cedrus deodara* - *Pinus wallichii* et *Picea smithiana* - *Abies spectabilis*.

En revanche, l'étage subalpin reste à base de *Betula utilis* et l'alpin est peu modifié.

9.2.8 Un Système himalayen ?

Par analogie avec les orosystèmes proposés dans les chapitres 6 et 7, on peut se demander s'il serait logique de concevoir un système dont l'arc himalayen serait le centre, et dont dériverait un modèle biogéographique applicable à d'autres chaînes. Mais la situation est ici différente.

L'Himalaya est coincé entre la plaine indienne qui s'étend très loin vers le sud et le plateau tibétain qui s'étire au nord sur dix degrés de latitude. Faire entrer ce dernier, qui appartient au monde très différent de l'Asie centrale aride, dans un système himalayen relèverait de l'arbitraire.

Vers l'ouest, la végétation himalayenne ne se prolonge pas dans l'Afghanistan et l'Iran, où se trouve un immense hiatus dans la répartition d'espèces ou de groupes taxonomiques à disjonction méditerranéo-ouest/himalayens. L'étagement de l'Hindou Kusch [Breckle et Frey, 1974] est déjà très différent, celui de l'Alborz encore davantage. Une étude comparative depuis les chaînes méditerranéennes jusqu'à l'Himalaya à travers le Caucase et le Moyen-Orient serait à faire.

Vers l'est, l'étagement himalayen, toujours typique dans le Bhutan [Oshawa, 1987], est apparemment en continuité avec celui des hautes montagnes qui forment le rebord sud-est du Tibet. La question peut se poser de son extension à travers la Chine jusqu'en Mandchourie, au vu des coupes donnés par Chen [*in* Walter et Breckle, 1991] ainsi que par Hou et Chang [1992] dans une présentation synthétique de cinq transects à travers les montagnes chinoises. Mais nous ne disposons pas d'une documentation suffisamment précise pour proposer et délimiter un tel ensemble sino-himalayen.

L'orobiome Himalaya, lié à l'évidence du côté est aux montagnes chinoises, est fermé en revanche sur ses trois autres côtés. Meusel et Schubert considèrent l'Himalaya comme une *Province de la Région sino-japonaise* formant vers l'ouest une hernie (*vorgeschobene Korridor*, Lavrenko, [1950]) entre le désert tibétain et l'Asie tropicale.

9.3 L'OUEST DES U.S.A.

Il ne s'agit évidemment pas, dans les quelques pages qui suivent, de tenter l'application du modèle alpin aux montagnes nord-américaines, mais seulement d'éprouver si les schémas proposés par les auteurs américains sont compatibles avec ce modèle. On notera d'emblée que les dénominations d'étage sont fréquemment les mêmes qu'en Europe, que les limites altitudinales concordent assez bien avec celles du Système alpin compte tenu des corrections de latitude, et qu'ici encore un parallèle avec les zones forestières du continent concerné est souvent implicite.

La structure générale des montagnes de l'Ouest de l'Amérique du Nord est représentée par la figure 9.7. Leur insertion dans le présent travail est difficile, car :

- il ne paraît pas exister encore de synthèse comparative ;
- les méthodes d'étude et de description sont assez différentes de celles qui sont en usage pour les montagnes européennes.

Il ne peut être question d'envisager ici toute la tranche 30°-70°, mais seulement la partie comprise dans les U.S.A. (hors Alaska), la seule dont l'auteur a une expérience personnelle sur le terrain.

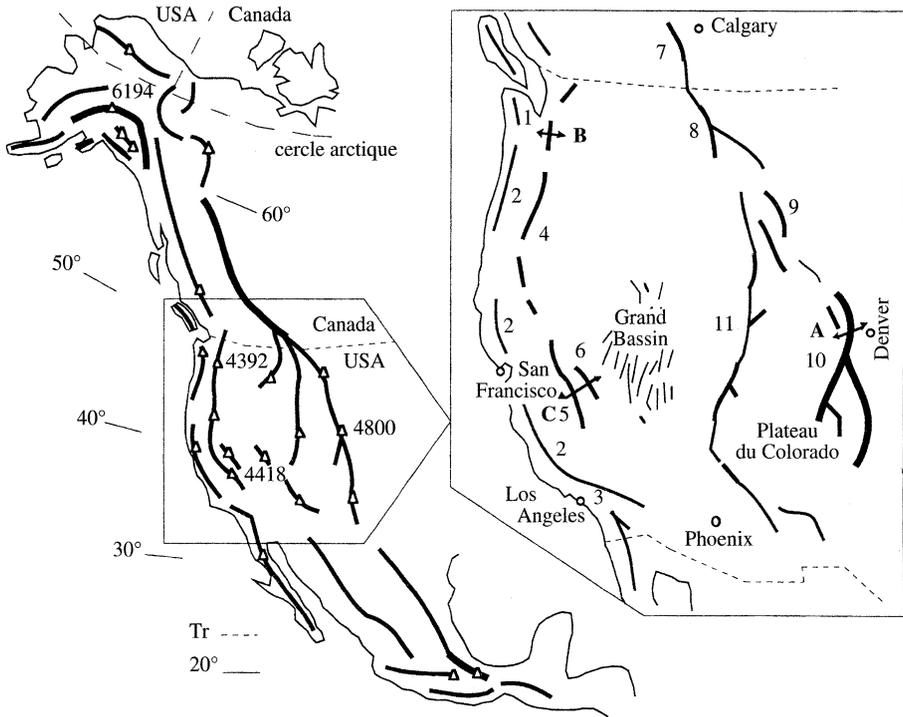


Fig. 9.7 A gauche, disposition générale des chaînes de l'Ouest de l'Amérique du Nord, de l'Alaska au Mexique. A droite, agrandissement de la partie étudiée ici : 1, Olympic Mountains ; 2, autres chaînes côtières ; 3, chaînes «transverses» de Californie ; 4, chaîne des Cascades ; 5, Sierra Nevada ; 6, White Mountains ; 7 à 11, Montagnes Rocheuses (7, de l'Alberta ; 8, du Montana ; 9, du Wyoming ; 10, du Colorado ; 11, de l'Utah). A, B, C, emplacement approximatif des coupes transversales représentées par les figures 9.9, 9.11 et 9.12 respectivement.

Rappelons que le Sud des USA se situe sensiblement à la même latitude que le Bassin méditerranéen :

- Denver 40°N, comme Majorque ou la Calabre ;
- San Francisco, 38°N, comme la Sicile ;
- Los Angeles, 34°N, comme Rabat.

La Californie a été classiquement comparée à la région méditerranéenne en raison à la fois de sa latitude (33° - 42°) et de son climat (faibles précipitations, sécheresse estivale accentuée).

Considérée à l'échelle continentale, la végétation de l'Ouest américain présente deux gradients orthogonaux :

- L'un nord-sud, lié à la grande différence de latitude depuis les chaînes de l'Alaska jusqu'à celles du Nord du Mexique. Cependant, la succession et la composition des étages peuvent rester uniformes tout au long d'un vaste segment, par exemple le long de la Chaîne des Cascades ou des Rocheuses du Sud, à la translation d'altitude près.
- L'autre d'ouest en est, beaucoup plus sensible sur de courtes distances ; il est lié à la continentalité rapidement croissante lorsqu'on s'éloigne du Pacifique, en raison

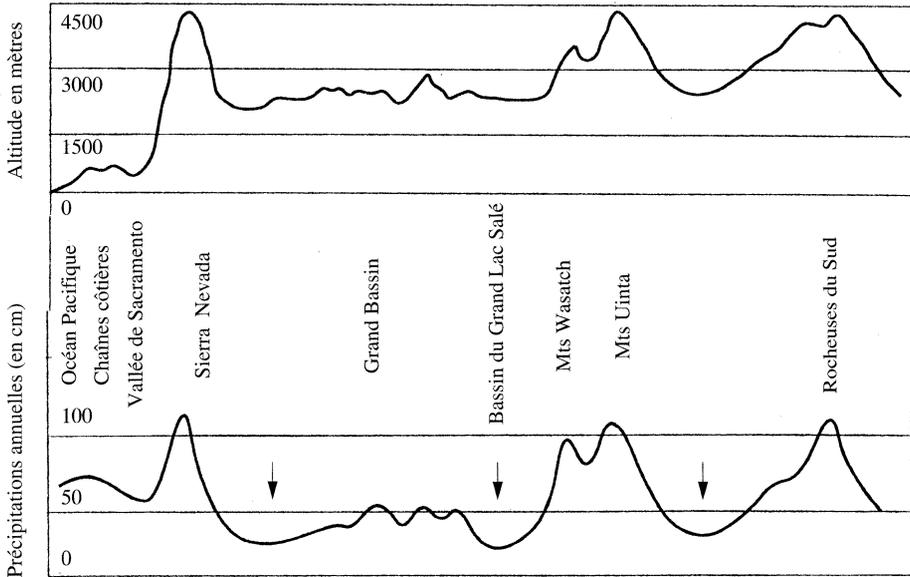


Fig. 9.8 Variation des précipitations (partie inférieure) le long d'un transect ouest-est (partie supérieure) suivant approximativement le 40^e parallèle (d'après West [1988], modifiée). Les précipitations, déjà modestes le long de la côte (surtout en comparaison des côtes du Washington et de l'Oregon situées plus au nord) sont en grande partie arrêtées par la Sierra Nevada et ne dépassent guère le mètre dans les Montagnes Rocheuses.

de l'effet d'écran que jouent les chaînes disposées parallèlement à la côte. Les précipitations présentent un maximum remarquable dans le nord-ouest (dans la partie occidentale du Washington et de l'Oregon) où elles peuvent localement dépasser 3 mètres par an, pour décroître très vite à l'est de la ligne de faite des Cascades. Plus au sud, elles sont relativement faibles même en altitude, dans la Sierra Nevada et les Rocheuses, ne dépassant guère le mètre pour tomber à 300 mm dans les bassins intérieurs (fig. 9.8).

L'étagement de la végétation de montagne est ici, à la différence de l'Eurasie, fondé essentiellement sur des Conifères, qui sont d'ailleurs beaucoup plus nombreux (fig. 9.12) et dont certains ont une large ubiquité écologique, comme le Sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), ou une étonnante amplitude altitudinale comme la formation dite du *Juniper-Pinyon*. L'exposé qui suit sera limité à la description de trois schémas relatifs aux grandes chaînes, et à leurs principales variations le long de ces chaînes. Nous commencerons par le cas des Rocheuses, qui paraît le plus «alpin».

Rappelons que l'étage alpin a déjà été abordé au chapitre 6, aux paragraphes 6.1.5 et 6.2.4.

9.3.1 Les Montagnes Rocheuses

Un «modèle de base», que représente la figure 9.9, a été établi d'après diverses sources (surtout Peet [1988], Weber & Willard [1969]; également Arno & Hammerly [1985], Marr [1964]). La succession des étages, leur contenu et leur dénomination varient relativement peu d'un auteur à l'autre. Le même modèle peut être tenu pour

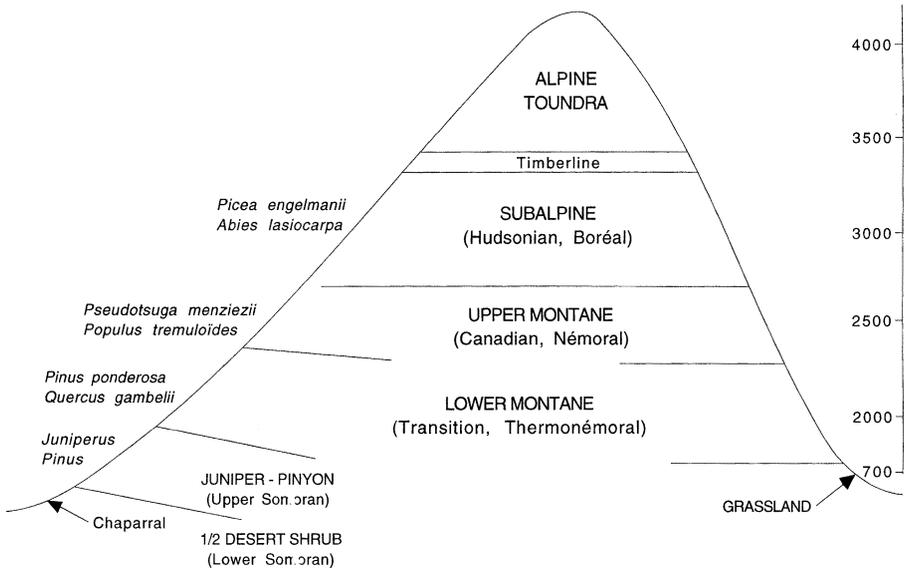


Fig. 9.9 L'étagement dans les Rocheuses du Sud-Est. La figure représente plus précisément la coupe au niveau des Rocheuses du Colorado, vers 40°N: le versant occidental, orienté vers le plateau du Colorado, d'après Weber et Willard, et le versant oriental, plus abrupt, formant le «Front range» du côté de la Grande prairie, d'après Marr. Les altitudes des limites d'étage sont des moyennes, car elles peuvent varier de 200 à 300 m suivant l'exposition, la topographie, la nature des roches. Les précipitations sont plus faibles que dans les Alpes: 200 à 300 mm par an à la base, de l'ordre du mètre en altitude, mais différent peu des deux côtés de la chaîne. Les noms d'étage indiqués en majuscules sont ceux qui sont employés couramment dans les sources consultées: on relèvera la similitude avec les termes utilisés dans les Alpes, mais les altitudes sont ici plus élevées en raison de la latitude plus méridionale. Les termes entre parenthèses correspondent à une mise en parallèle classique entre les étages en montagne et les zones en plaine; mais tandis qu'en Europe cette analogie est fondée sur l'existence des mêmes grandes espèces forestières (*Epicéa* dans le Boréal et le Subalpin, Hêtre et Sapin dans le Némoral et le Montagnard, etc.) elle est moins évidente en Amérique, et doit de toute façon être regardée avec prudence et comme une simple hypothèse de travail dans chacun des deux continents.

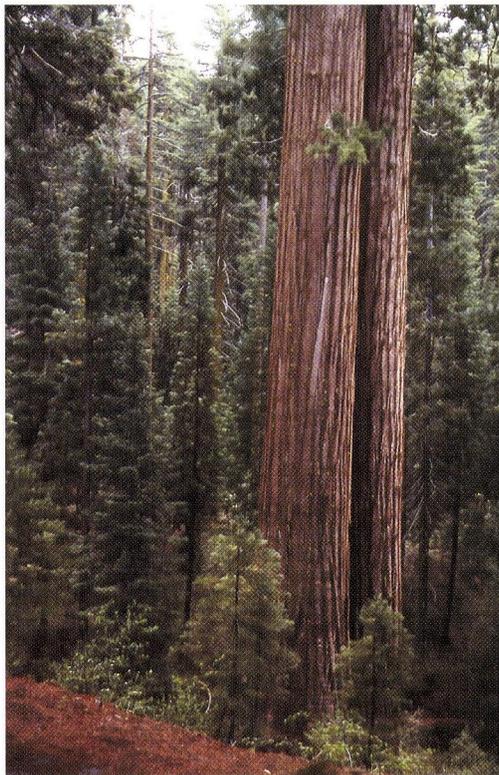
valable, sous réserve des corrections d'altitude en fonction de la situation géographique, pour l'ensemble des Rocheuses dans les limites des «conterminous U.S.A.». Plus au nord, il se poursuit assez loin dans les Rocheuses canadiennes [Krajina *et al.*], mais n'est plus applicable en Alaska où les grandes espèces formatrices sont, même en moyenne montagne, celles de la grande forêt boréale. Vers le sud, il se modifie en direction des montagnes mexicaines, et déjà dans le massif des Santa Catalina Mountains dans le sud de l'Arizona [Niering et Lowe 1984].

Les parties les plus basses du plateau du Colorado (à gauche) sont occupées par une brousse semi-désertique dominée par le *sagebrush* (*Artemisia tridentata*), par des *Atriplex* et par de nombreuses autres espèces buissonnantes. Au-dessus vient la formation dite du *Juniper-Pinyon*: c'est une végétation arborée, mais basse et très ouverte, qui associe des espèces de Genévriers et de Pins différentes suivant les secteurs. Elle s'étend sur un vaste territoire, formant une aire sensiblement rectangulaire de 1500 × 1000 km, qui couvre l'essentiel du Nevada, de l'Utah, de l'Arizona et du Nouveau-Mexique, le sud-ouest de la Californie et l'ouest du Colorado. Elle forme l'essentiel de la couverture végétale de basse et moyenne montagne dans les chaînons du Grand



VII L'étage de moyenne montagne dans l'Himalaya népalais – Vallée du Langtang. Forêt pluviale de *Tsuga dumosa* et *Quercus semecarpifolia* (Cl. Auteur).

VIII Sierra Nevada de Californie. En haut, forêt dense du versant occidental, dans le Parc National de Yosemite, 1100 m. Enormité des trocs géants de *Sequoiadendron* comparés à ceux des autres conifères. En bas, formation xérophile dite du *Juniper-Pinyon*, couvrant des espaces immenses dans l'ouest américain: ici à *Pinus monophylla*, dans les White Mountains, peu à l'est de la Sierra Nevada (Cl. Auteur).



Bassin où elle peut s'élever jusqu'à plus de 2300 m, la sécheresse continentale favorisant cette végétation de steppe arborée au détriment des étages forestiers qui ne reparaissent là qu'en haute altitude.

Dans l'étage montagnard inférieur, la coexistence de *Pinus ponderosa* et de *Quercus* rappelle quelque peu la formation supraméditerranéenne à *Pinus silvestris* et *Quercus pubescens* des Alpes sud-occidentales, ainsi que l'enrichissement en «Sapin» de Douglas (*Pseudotsuga*) et en *Abies* avec l'altitude. L'étage subalpin est dominé, tout au long de la chaîne, par *Abies lasiocarpa* et *Picea engelmannii* et se termine à sa partie supérieure par des formes buissonnantes de ces deux espèces, constituant la timberline (fig. 9.10).



Fig. 9.10 Dans les Rocheuses du Colorado. Forêt subalpine de Sapin; en arrière-plan, écotone Subalpin/Alpin à arbres prostrés. La route à mi-hauteur est à 2900 m (Cl. Auteur).

L'étage alpin est surtout connu dans les Rocheuses du Colorado par les travaux de Komarkova (§ 6.1.5), conduits suivant les mêmes méthodes phytosociologiques que dans les Alpes. Les associations et les alliances sont naturellement différentes dans les deux chaînes, mais les unités supérieures (classes) sont sensiblement les mêmes. La structure biocénotique de cet étage est donc comparable. En revanche, dans le nord des Rocheuses l'étage alpin semble être du type tundra de montagne, et des affinités ont été reconnues avec la chaîne Scandinave [Gjärevoll 1980, § 6.2.4]. Il n'est pas possible encore de préciser à quelle latitude se ferait la transition d'un type à l'autre.

9.3.2 La Chaîne des Cascades

Elle aligne sur près de 1000 km, à travers toute la hauteur du Washington et de l'Oregon et jusqu'au nord de la Californie, une suite de volcans bien distincts mais proches les uns des autres et dont plusieurs dépassent 4000 m, de sorte que le faite de la chaîne est une vraie barrière géobiologique. Le versant ouest est très arrosé et porte une

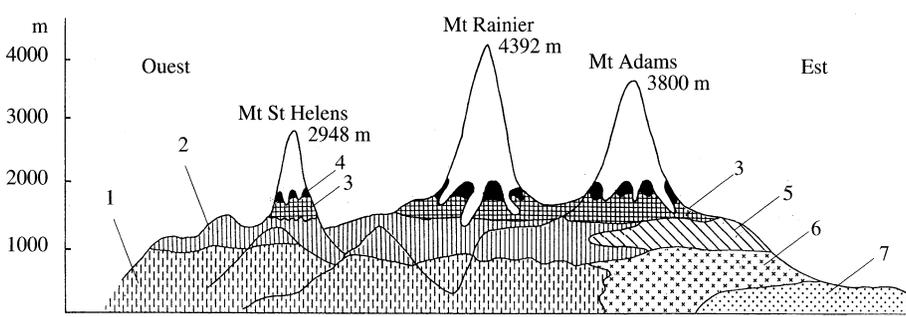


Fig. 9.11 Coupe transversale de la Chaîne des Cascades (d'après Franklin et Dyrness [1973], légèrement modifié). La figure superpose trois coupes, dont la structure est analogue, situées entre 46°N et 47°N. A gauche et au centre de la figure, étagement de type pacifique. L'étage littoral, à *Picea sitchensis*, n'est pas représenté ici; il forme le long de la côte une frange de 20 à 40 km de largeur de «rain forest» tempérée (moyennes annuelles 10° à 11,5°) dont les arbres (Epicéa, Sapin de Douglas, Erables) sont souvent géants et tout couverts de longues barbes de mousses. 1, étage inférieur, très développé, correspondant à un collinéen et un submontagnard, dominé par *Tsuga heterophylla* et *Pseudotsuga menziesii*, jusqu'à l'altitude de 700 m dans le nord, 1000 dans le sud; température annuelle 10°5 à 7°5. Les précipitations sont considérables pour une région tempérée: 1800 à 3400 mm sur la côte, 1700 à 2800 mm encore à la limite supérieure des forêts. Toutefois elles présentent un minimum estival très accusé: 100 à 250 mm seulement. 2, étage montagnard à *Abies amabilis*, *A. procera*, *Pinus monticola*. Entre 600 et 1300 m dans le nord, 1000-1500 dans le sud; 7° à 5° env. 3, étage subalpin à *Tsuga mertensiana* et *Chamaecyparis nootkatensis*, entre 1300 et 1700 m dans le nord, atteint 2000 dans le sud; 5° à 3,5°. La timberline peut être formée ici ou là d'une dizaine d'espèces différentes. 4, étage alpin, dont la limite supérieure est abaissée par l'ampleur des calottes glaciaires mais a été indiquée jusqu'à 2300 et même 2500 m; la composition en est appauvrie du fait de sa faible surface et de son isolement. A droite de la figure, l'étagement du versant est passe progressivement à un type continental. Dans l'étage subalpin 3, des espèces du Subalpin des Rocheuses apparaissent: *Abies lasiocarpa* et, dans le Sud-Est de l'Oregon, *Picea engelmannii*, *Abies grandis*. 5, étage montagnard à *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga* et *Abies grandis*. 6, étage à *Pinus ponderosa* et *Quercus garryana*. 7, étage inférieur substeppe à *Juniperus occidentalis* et *Artemisia tridentata* (terminaison septentrionale de la formation dite du *Juniper-Pinyon*) et prairie d'*Agropyron spicatum*. Il faut noter que la plupart des espèces, dominantes dans un étage donné, sont cependant largement présentes dans les deux étages encadrants.

végétation bien spéciale, que l'on trouve également dans les chaînes côtières (non étudiées ici) et notamment le massif des Olympic Mountains qui culmine à 2426 m; partout les limites d'étage sont basses, celle des forêts vers 1500 m dans le nord, 2000 dans le sud. Le versant est, plus continental, porte déjà des faciès végétaux analogues à ceux des Rocheuses [Price 1972]. L'étagement des Cascades se prolonge vers le nord, dans la partie occidentale de la Colombie britannique [Krajina 1965] et en particulier dans l'île de Vancouver [Klinka *et al.* 1979].

9.3.3 Les montagnes de Californie

Les montagnes californiennes comprennent:

- les chaînes côtières, en bordure du Pacifique;
- la terminaison sud de ces chaînes, où elles prennent dans la région de Los Angeles une orientation oblique qui leur a fait donner le nom de chaînes transverses;
- la Sierra Nevada, la chaîne la plus importante, qui porte le parc national de Yosemite, célèbre par ses Séquoia géants;
- le versant occidental des White Mountains, limitrophes de l'Arizona.

Malgré leur altitude, qui dépasse 3000 m dans le massif de San Bernardino, les chaînes locales et transverses ne seront pas traitées ici. La figure 9.12 représente essentiellement un schéma de la Sierra Nevada.

La Sierra Nevada est un bloc compact, basculé vers l'ouest: le bord oriental redressé (qui porte le plus haut sommet des USA, hors Alaska, le Mt Whitney, 4441 m) est une barrière à la fois climatique et biogéographique. Le versant occidental est soumis à un climat de type méditerranéen, à sécheresse estivale.

La flore est exceptionnellement riche, en particulier la flore arborée (fig. 9.12). L'endémisme est élevé, en raison de l'isolement de la chaîne.

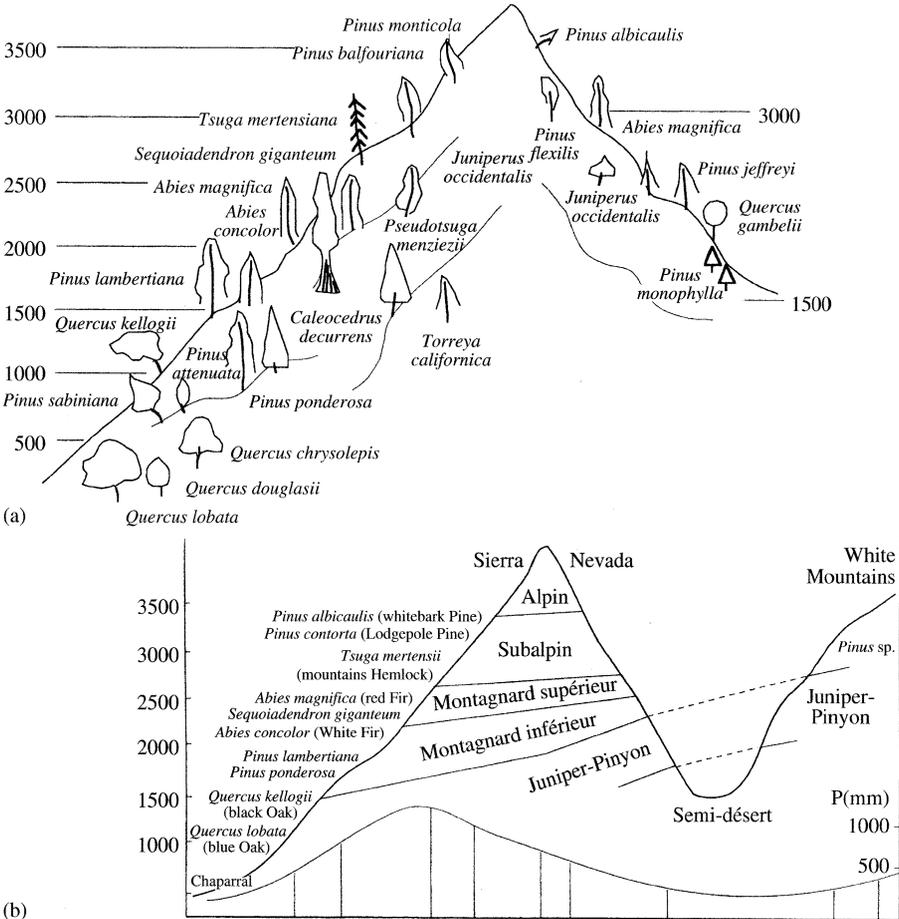


Fig. 9.12 Coupe transversale de la Sierra Nevada. Cette chaîne porte une flore arborée exceptionnellement riche: on y compte plus de trente espèces de Conifères (dont la moitié de Pins), contre une dizaine seulement pour toute la chaîne des Alpes, beaucoup plus étendue. La partie (a) de la figure montre cette diversité, en reproduisant (simplifiée) une figure de Arno et Gyer. A la partie (b), seules ont été retenues les espèces les plus significatives, et un étagement analogue à celui du modèle alpin est proposé, d'après diverses sources (Arno et Gyer [1973], Barbour [1988], Küchler [1977], Schumacher et Vestal [1969]). Le versant occidental des White Mountains a été également représenté, au-delà de la dépression de la Owen Valley qui voit apparaître la végétation semi-désertique. On notera que les limites d'étages s'élèvent d'ouest en est, en relation avec la continentalité croissante.

La moyenne montagne est remarquable par les peuplements de *Sequoiadendron* géants, vers 2000 m, sous des précipitations de l'ordre du mètre seulement, mais avec fort enneigement hivernal (pl. VIII).

La Californie est toujours citée comme l'une des régions dont le climat est analogue au climat méditerranéen : précipitations relativement faibles, saison sèche estivale, parenté physiologique et écologique du chaparral californien avec le maquis méditerranéen. Cette analogie s'étend-elle à la montagne ? Shmida a établi une comparaison de l'étagement des montagnes du sud de la Californie avec celui qui s'observe dans l'est du bassin méditerranéen [*in* Walter et Breckle, 1991, p. 136].

Il serait tentant d'admettre aussi que le parallèle établi par Quezel, Scherwack et Barbero [1982, 1989] entre les étages californiens et ceux des montagnes méditerranéennes va dans le sens des propositions développées dans le présent travail, mais il soulève d'importantes objections. Les comparaisons climatiques données par ces auteurs reposent surtout sur la forme générale des diagrammes mais ne tiennent pas compte des différences importantes de températures. D'une manière générale, la partie vraiment méditerranéenne de la Californie semble beaucoup plus limitée que l'aire qui lui est souvent attribuée.

9.3.4 Affinités et divisions dans l'ensemble nord-américain

Si nous avons commencé par l'étagement des Rocheuses, considéré un peu arbitrairement comme «le plus alpin», c'est dans l'idée qu'il devrait devenir possible de continuer, avec davantage de rigueur, ce modèle vers le nord, de proche en proche, jusqu'à pouvoir le raccorder à la végétation des montagnes de l'Alaska.

Quel serait le champ d'application d'un modèle commun Alpes-Rocheuses dans le cadre général des montagnes nord-américaines ? (le cas des Appalaches étant laissé de côté). Doit-on considérer l'étagement continental des Rocheuses, d'une part, les étagements des chaînes de l'ouest, d'autre part, comme deux variantes d'un même schéma, au même titre que la différence entre Préalpes et Massifs intra-alpins, ou au contraire comme deux modèles tout à fait indépendants ? Les espèces forestières essentielles sont différentes, à l'inverse de ce qui se passe dans les Alpes : tout au plus peut-on faire un parallèle entre l'omniprésence du Sapin de Douglas en Amérique, celle de l'Epicéa et du Pin sylvestre dans les chaînes centre-européennes, avec probablement dans les deux cas un foisonnement d'écotypes.

L'ensemble des montagnes nord-américaines n'est certainement pas un Orosystème, au sens employé plus haut. Il est plus prudent de prendre en compte des groupes distincts, par exemple les cinq suivants :

- Alaska et Canada ;
- Rocheuses des U.S.A. et est du Grand Bassin ;
- Sierra Nevada et White Mountains ;
- Est du Grand Bassin.
- Cascades, Olympus et ouest de la Colombie britannique.

Il faudrait y ajouter les deux Sierra Madre mexicaines.

Il n'est pas excessif de considérer cet ensemble nord-américain comme aussi diversifié que celui de l'Eurasie tempérée tout entière.