

EXTENSION DU CONCEPT D'OROSYSTÈME

Extension of the orosystem concept

This chapter sets out to show that the orosystem concept, which has just been established on the basis of the middle European chains, can be extended by an analogous approach to draw together other large mountain ensembles of Europe and Asia.

- *The first of these is the Pontic system, which comprises the chains situated on the periphery of the Black Sea. This is the one which is most closely related to the Middle European system. The principal chain is that of the Great Caucasus. Its belt pattern continues to the east of the Pontic chains which fringe the north of Anatolia. The limits of this system are marked by the domain of the orient beech (*Fagus orientalis*).*
- *The notion of a common or at least comparable belt pattern in the various Mediterranean mountains has emerged simultaneously from independent works. Three sub-systems succeed each other from north to south:*
 - *the transition with the alpine mountains can be traced progressively along the Apennines and the Dinarids;*
 - *the Mediterranean model finds its full and specific expression in the Atlas and in the chains of southern and western Anatolia;*
 - *an intermediate zone is formed particularly by the large islands and, above all, Corsica.*
- *At the other extreme, two further systems belong to Boreal Eurasia. While the alpine belt pattern cannot be applied to it as such, it may be replaced by a derived model. This related to Scandinavia, the other reliefs of northern Europe, the Urals and the chains of Siberia. We referred earlier to two essential aspects of the unity of this group:*
 - *the foreland and the central mountain area are occupied by a wide band of coniferous boreal forest running all across the north of Eurasia;*
 - *the high mountains, above the forest belts, are home to a special type of alpine vegetation referred to as mountain tundra, which was presented in 6.2.*

This transcontinental grouping stretching for over 8000 km from Norway to Kamtchatka is not uniform and the vegetation cover of its mountains presents gradual modifications from west to east which enable us to distinguish four main segments:

- *the westernmost comprises the mountains of Iceland, Scandinavia, Great Britain and Karelia and is uniform enough to be designated as a boreal-alpine orosystem, also referred to as Caledonian;*
- *the second comprises the Urals and North-Western Siberia;*
- *the third groups together the chains of North-Eastern Siberia;*
- *the last is the oblique branch formed by the Baikal mountains and the Salans-Altai complex.*

Ce chapitre se propose de montrer que le concept d'orosystème, qui vient d'être établi sur l'exemple des chaînes de l'Europe moyenne, peut par une démarche analogue regrouper d'autres grands ensembles montagneux d'Europe et d'Asie.

- Le premier, le Système pontique, comprend des chaînes situées à la périphérie de la Mer Noire. C'est celui qui s'apparente le plus au Système médio-européen. La chaîne principale en est le Grand Caucase. Son étagement se poursuit dans l'est des chaînes pontiques qui frangent le nord de l'Anatolie. L'aire de *Fagus orientalis* matérialise le contour de ce Système.
- La notion d'un étagement commun, ou du moins comparable, dans les diverses montagnes méditerranéennes est née simultanément à partir de travaux indépendants. Trois sous-systèmes se succèdent, du nord au sud :
 - la transition avec les montagnes alpines peut être suivie progressivement le long de l'Apennin et des Dinarides ;
 - le modèle méditerranéen prend toute son extension et son originalité dans l'Atlas et dans les chaînes de l'ouest et du sud de l'Anatolie ;
 - une zone intermédiaire formée surtout par les grandes îles, dont surtout la Corse.
- A l'opposé, deux autres systèmes appartiennent à l'Eurasie boréale. Le modèle d'étagement alpin ne peut s'y appliquer tel quel, mais peut être remplacé par un modèle qui en dérive. Il s'agit de la Scandinavie, d'autres reliefs du nord de l'Europe, de l'Oural et des chaînes de Sibérie. Nous avons vu plus haut deux aspects essentiels de l'unité de ce groupe :
 - l'avant-pays et la moyenne montagne sont occupés par la grande bande forestière boréale de Conifères qui court à travers tout le nord de l'Eurasie ;
 - la haute montagne, au-dessus des étages forestiers, porte un type particulier de végétation alpine appelé toundra de montagne, dont l'étude a été présentée à la section 6.2.

Pour autant, cet ensemble transcontinental, qui s'étire de la Norvège au Kamtchatka sur plus de 8000 km, n'est pas uniforme et le couvert végétal de ses montagnes présente d'ouest en est des modifications graduelles qui permettent de séparer quatre grands segments :

- le plus occidental comprend les montagnes d'Islande, de Scandinavie, de Grande-Bretagne et de Carélie ; il est assez uniforme pour pouvoir être érigé en un Orosystème boréo-alpin, dit aussi calédonien ;
- le second comprend l'Oural et la Sibérie nord-occidentale ;
- le troisième regroupe les chaînes de Sibérie nord-orientale ;
- le dernier est la branche oblique formée par les Monts du Baikal et le complexe Saïans-Altai.

8.1 LE SYSTÈME PONTIQUE

L'exposé qui suit se propose de montrer :

- que la végétation de la chaîne du Grand Caucase peut s'interpréter suivant un schéma parallèle au modèle alpin, malgré l'éloignement géographique ;
- que ce modèle caucasien peut être étendu aux chaînes entourant la Mer Noire en formant un ensemble géobiologique qui sera désigné ici comme *Système pontique*, du fait de sa situation autour de cette mer.

8.1.1 Le Grand Caucase

Relief et climat

Le Grand Caucase est une chaîne rectiligne de 1000 km de longueur, orientée W.NW.-E.SE. entre 43° et 41°N, c'est-à-dire sensiblement à la latitude des Pyrénées (fig. 8.1). La chaîne est climatiquement très dissymétrique dans le sens est-ouest (fig. 8.2). Sa partie occidentale qui borde la mer Noire est très arrosée (avec un maximum de plus de 2 mètres) par les vents qui en proviennent et qui la contournent d'ailleurs pour frapper aussi son versant nord. En allant vers l'est, le climat se dessèche progressivement, jusqu'à la terminaison orientale qui confine, dans la région de Bakou, aux semi-déserts bordant la Caspienne. Paradoxalement, la différence climatique entre les deux versants est beaucoup moins accusée que le gradient ouest-est, situation qui rappellerait plutôt les Alpes orientales que les Pyrénées.

La flore

Elle est très riche, couramment évaluée à 6000 espèces vasculaires, dont plus d'un millier d'endémiques; toutefois, ces évaluations paraissent ne pas concerner seulement la chaîne proprement dite, mais aussi inclure une partie des avant-pays. L'origine et l'histoire de cette flore sont assez différentes de celle des Alpes. L'isolement du Caucase a réduit les possibilités de migration et d'échanges avec d'autres grandes chaînes; par suite, l'élément autochtone domine, et s'est formé essentiellement à partir du stock du Moyen-Orient dont la richesse est exceptionnelle (Turquie, Iran). Les éléments tertiaires sont bien conservés (12%); les espèces méditerranéennes ou du Moyen-Orient forment plus du tiers dans les étages inférieurs. Le contingent arctico-alpin est plus réduit que dans les Alpes, en dépit d'une glaciation quaternaire importante. L'endémisme est très marqué à tous les niveaux, mais son importance est diversement évaluée selon les auteurs.

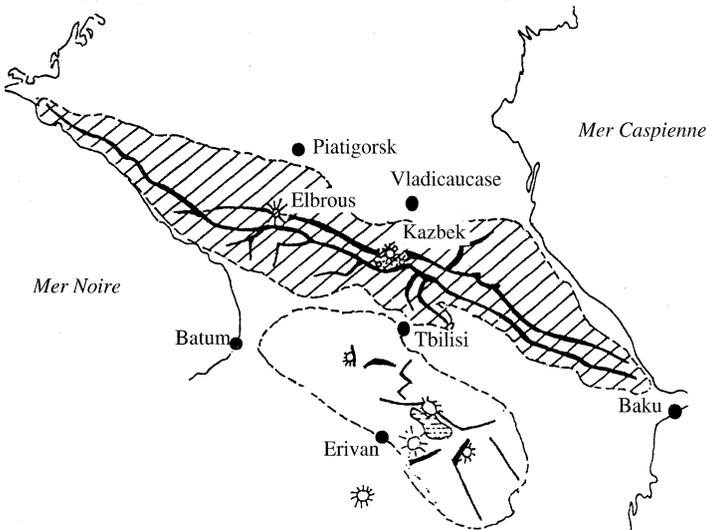


Fig. 8.1 Schéma de situation du Caucase. Le Grand Caucase (hachuré sur la figure) est seul traité ici. Il est partagé entre la Russie (partie occidentale et versant nord de la partie centrale), la Géorgie (versant sud de la partie centrale) et l'Azerbaïdjan (extrémité orientale). Le Petit Caucase (au sud, contour également en tirets) est moins étendu et moins élevé, il est situé essentiellement en Arménie. Les sommets principaux sont des volcans éteints, figurés ici par des étoiles.

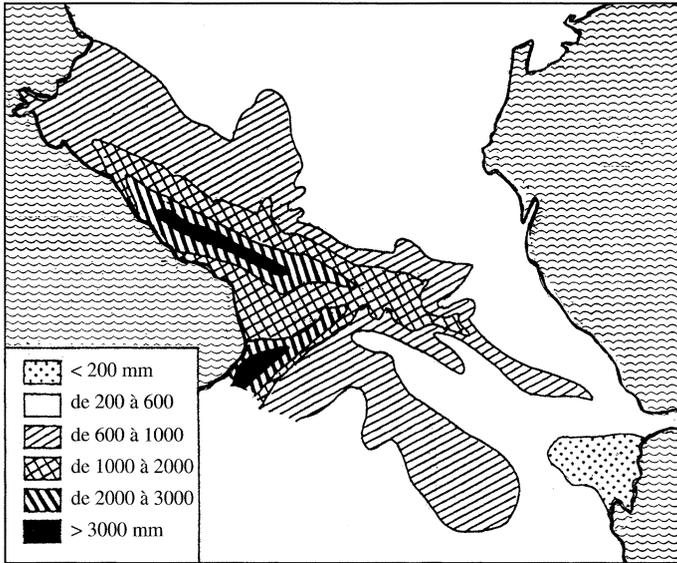


Fig. 8.2 Précipitations annuelles dans le Caucase. Dissymétrie considérable entre l'ouest, très arrosé, soumis au climat pontique, et l'est steppique (d'après diverses sources, simplifié).

La végétation

On trouvera des descriptions synthétiques de la végétation du Caucase dans Stanioukovitch [1974, pp. 259-290, en russe], Walter [1974, pp. 366-410, en allemand], Belanovskaia *et al.* [1984, pp. 221-251, en français], et plus récemment dans la monographie de la végétation de la Géorgie par Nakhutsrichvili [1999, en anglais] qui équivaut à une étude de l'ensemble caucasien. La carte de la végétation de l'Europe orientale à 1/2 500 000 [1997] donne une représentation de la chaîne distinguant une trentaine d'unités. La climatologie des principales formations a été comparée par Grebenchtchikov [1974].

Ces synthèses se complètent dans la mesure où elles procèdent d'approches différentes. Il ne peut être question d'en déduire ici une vue générale de la végétation du Caucase, mais seulement de l'envisager par comparaison avec celle des montagnes alpines et méditerranéennes. On se reportera aux figures 8.3 et 8.4. En raison de la grande dissymétrie climatique est-ouest, la végétation est très différente dans les deux moitiés de la chaîne, de part et d'autre du 44° méridien.

C'est dans le *Grand Caucase occidental et central* que le parallèle avec les Alpes est net. A noter que les mêmes noms d'étage que dans les Alpes sont le plus souvent employés par les auteurs. Les limites d'étages se situent en moyenne un peu plus haut (300 m environ) que les limites homologues dans les Alpes.

L'*étage collinéen* est dominé par les Chênes (*Quercus iberica*) et les Charmes (*Carpinus betulus*, *C. orientalis*), avec localement le Châtaignier. Mais il est bordé le long du littoral de la mer Noire par une frange plus chaude, qui est appelée colchidienne, et que les auteurs russes qualifient d'étage subtropical. La flore arborée contient des reliques tertiaires : *Zelkova crenata*, *Diospyros lotus*, *Pterocarya fraxinifolia*. Dans le sous-bois, lianes (*Hedera colchica*, *Clematis*) et arbustes à feuilles persistantes (Buis, Houx, *Prunus laurocerasus*, *Rhododendron ponticum* et *Rh. flavum*) atteignent des

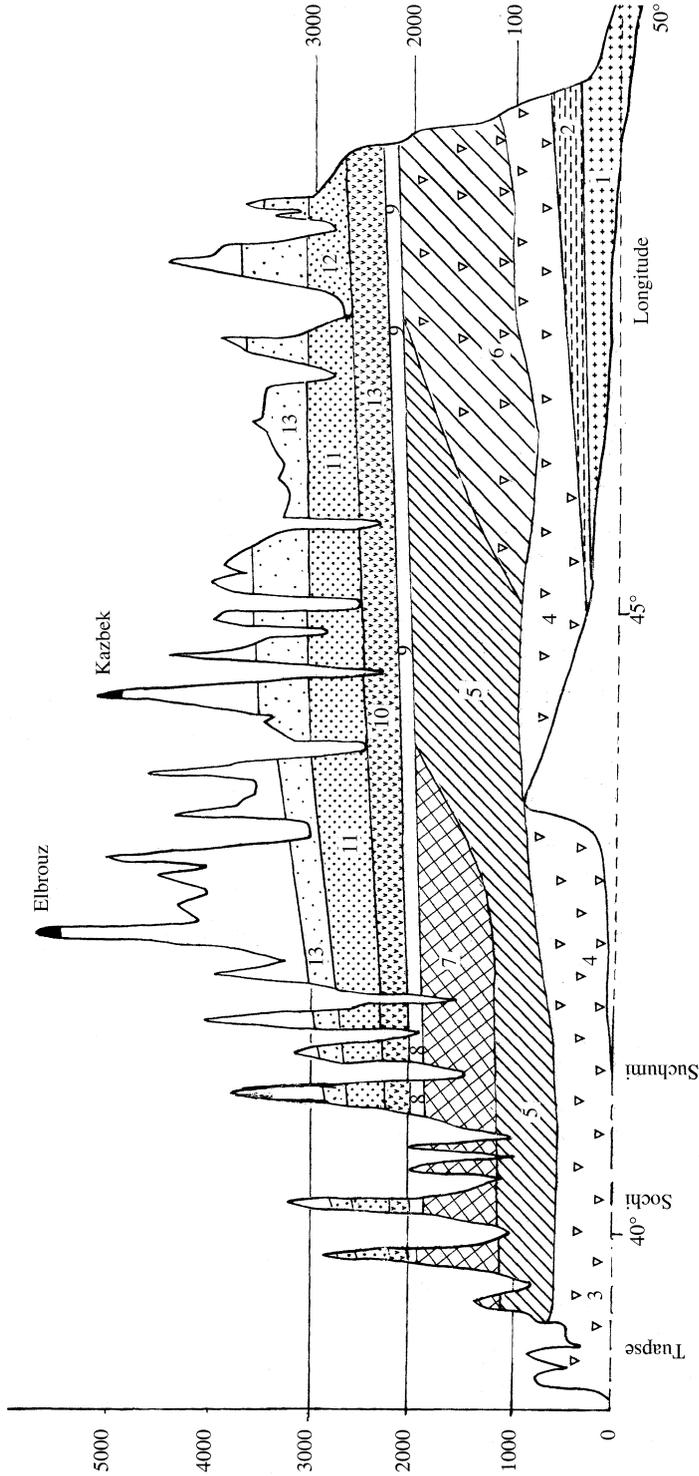


Fig. 8.3 Etagement de la végétation sur le versant sud du Grand Caucase (d'après Stanioukovitch, modifié; le profil des reliefs a été légèrement simplifié): 1, Steppes désertiques de l'Azerbaïdjan oriental, en bordure de la Caspienne; 2, steppes; 3 et 4, étage collinéen des chênaies; 3, à *Quercus* sp. plur.; 4, à *Quercus iberica*. 5 à 7, étage montagnard; 5, mésophile à *Fagus orientalis*, 6, xérophile à *Abies nordmanniana* et *Picea orientalis* («forêt de Conifères sombres» des auteurs russes) dans le montagnard supérieur sur le versant de la Mer Noire, 8 à 10, étage subalpin; 8, subalpin inférieur à *Betula*; 9, subalpin inférieur à *Quercus macranthera*; 10, subalpin moyen et supérieur à *Rhododendron caucasicum*. 11, étage alpin; 12, alpin oriental xérique, 13, étage nivale.

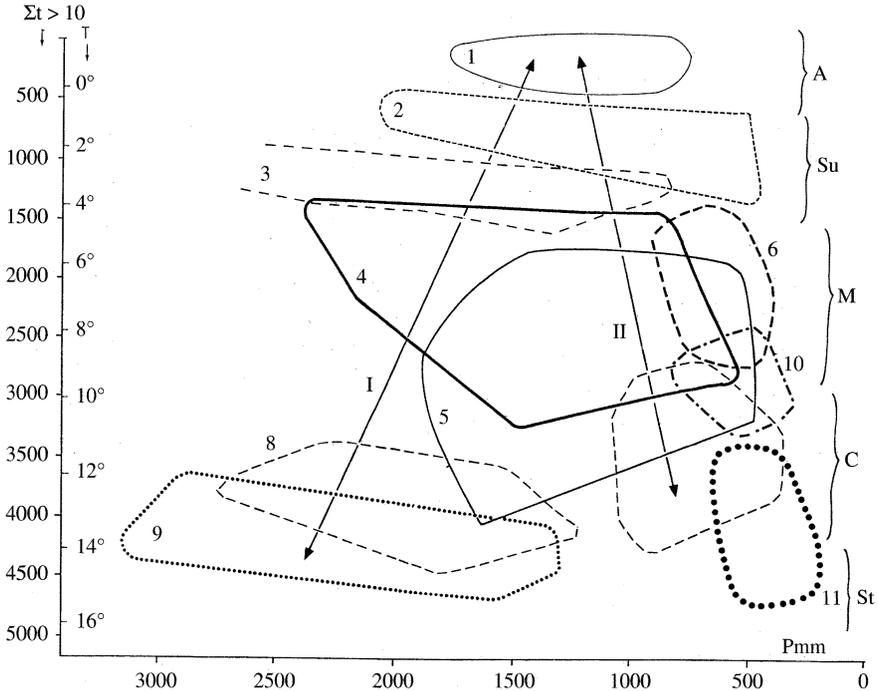


Fig. 8.4 Aires climatiques des principales formations végétales zonales du Caucase: T, température moyenne annuelle; St, somme des moyennes journalières dépassant 10°C; Pmm, précipitations annuelles en millimètres (d'après Grebentchikov [1974] modifié). Le diagramme a été établi d'après 200 stations météorologiques environ. 1, étage alpin. 2, subalpin (prairies et landes à Rhododendron). 3, landes subalpines à Bouleaux. 4, forêt de Conifères à Sapin (*Abies nordmanniana*) et Epicéa (*Picea orientalis*). 5, hêtraies de *Fagus orientalis*. 6, forêt montagnarde sèche à Pin sylvestre et bouleau (zone intra-caucasienne). 7, chênaies à Charme. 8, hêtraies à Charme submontagnardes. 9, forêts de Colchide. 10, forêts montagnardes à Genévriers (*Juniperus polycarpus* et *Juniperus foetidissima*). 11, formations arides à Genévriers et Pistachier. Les flèches I et II schématisent la succession altitudinale de type humide (Caucase occidentale, I) et de type sec (Caucase central et oriental, II).

dimensions géantes. Le thé est cultivé en grand. La côte, abritée du côté du nord, bénéficie d'un effet d'espallier, comme le sud de la Crimée ou la Côte d'Azur.

L'analogie avec les Alpes est remarquable dans l'**étage montagnard** [Ozenda 1976]. Il est caractérisé par des hêtraies, formées ici par *Fagus orientalis*, dont l'aire s'étend de l'est de la Bulgarie à l'Iran (fig. 8.6C). Plus thermophile que le Hêtre d'Europe, il est dominant dans la partie inférieure de l'étage montagnard, jusque vers 1000 mètres, parfois 1300; il peut descendre jusqu'à proximité de la côte en Colchide, et inversement atteindre la timberline. *Carpinus caucasica* est une caractéristique de ces hêtraies, avec *Quercus iberica*, mais aussi *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior* comme en Europe centrale.

La ceinture de Hêtre est relayée plus haut par la «forêt de conifères sombres», analogue à la sapinière-pessièrre alpine, mais ici à base d'*Abies nordmanniana* et de *Picea orientalis* (pl. VI). La flore arbustive est également vicariante de celle des Alpes (*Sorbus caucasigena*, *Lonicera caucasica*), mais une partie de la flore herbacée ne dépayse pas le botaniste alpin: *Oxalis acetosella*, *Galium odoratum*, *Senecio fuchsii*, *Milium effusum*, *Luzula sylvatica* et les mêmes espèces de *Dryopteris* et d' *Athyrium*.

De nombreux groupements forestiers de cet étage montagnard sont décrits par Nakhutsrichvili [1999, pp. 18-26] surtout d'après les travaux de Dolukhanov. Dans le secteur colchidien, des faciès plus hygrothermophiles sont caractérisés par des *Rhododendron*, *Ilex*, *Laurocerasus*, *Viburnum*, tant sous Hêtres que sous Conifères; ils n'ont pas d'équivalent dans le système alpin.

La partie supérieure des vallées du Kuban, de ses affluents, et de celle du Baksan représentent une *zone interne* qui rappelle l'axe intra-alpin: le Hêtre manque, les «Conifères sombres» se raréfient et sont remplacés par *Pinus sosnovskii* (= *p. hamata*). Des landes à Genévrier sabine, des pelouses xérophiles créent par places un paysage steppique.

L'*étage subalpin* s'écarte quelque peu du schéma «Alpes»:

- Pas de Conifères, à la différence des chaînes alpines. Une dominance de brousses de *Betula litvinovii* et d'autres *Betula* plus ou moins arbustifs (ceinture des «Bouleaux rabougris») accompagnés dans la timberline de *Sorbus*, *Acer* [Dolukhanov 1974], *Pinus sosnovskii* remonte dans la base de l'étage, mais sur un sous-bois alors typiquement subalpin, à *Rhododendron caucasicum*. Cette formation pourrait être comparée au sous-étage de la pessière subalpine des Alpes.
- Un développement exubérant de mégaphorbiaires, comprenant plusieurs dizaines d'espèces géantes (3-4 m), endémiques, de *Delphinium*, *Aconitum*, *Heracleum*, *Cephalaria*, entre autres. Cette formation, développée dans des conditions particulièrement favorables de richesse du sol et d'humidité de l'air, n'a pas d'équivalent dans les mégaphorbiaires des Alpes, ni dans l'Himalaya.

Dans l'*étage alpin* (§ 6.1.4), l'analogie avec les Alpes ou les Pyrénées reparaît: pelouses silicicoles à *Carex tristis*, calcicoles à *Carex meinschausiana*, vicariants apparents de nos *Carex curvula* et *C. sempervirens*, pelouses à *Festuea woronowii* analogues au groupe du *F. varia*. Prairies à *Geranium gymnocaulon*, et à dominance d'autres dicotylédones. Les saules nains font défaut, et apparemment aussi les groupements de combes à neige. Les données quantitatives et écologiques sont fragmentaires.

L'étage nival a été particulièrement bien étudié [Nakhutsrichvili *et al.*, 1984, 1990, 1998, 1999 pp. 51-63].

Dans la *moitié orientale de la chaîne*, tous les étages accusent un caractère plus sec. Le collinéen devient progressivement steppique (fig. 8.3, partie droite), mais une formation à *Quercus iberica* et *Carpinus caucasica* se prolonge assez loin vers l'est. Les forêts montagnardes se limitent aux hêtraies. Dans le subalpin les Bouleaux se raréfient mais un chêne apparaît, *Quercus macranthera*. L'étage alpin est toutefois peu différent de celui de l'ouest; quelques groupements plus xériques (*Kobresia capilliformis*).

8.1.2 Les chaînes nord-anatoliennes (ou chaînes pontiques, ou Pontides)

Elles frangent sur un millier de kilomètres la côte septentrionale de la Péninsule d'Anatolie, de la mer de Marmara à la Géorgie. La largeur de la végétation qui leur correspond n'excède nulle part 70 km; vers le sud, elle cède rapidement la place au complexe steppique centre-anatolien (fig. 8.5).

L'essentiel de la documentation sur la végétation de ces chaînes se trouve dans des travaux traitant de l'ensemble de l'Anatolie. Pendant longtemps, l'étude botanique de la Péninsule a été exclusivement floristique. Les premiers documents biogéographiques d'ensemble sont ensuite l'étude de Walter [1956] et la carte forestière de Turquie par Gökmen [1962]. Une cartographie à petite échelle est donnée par les Cartes de Végétation du Conseil de l'Europe [Ozenda *et al.* 1979; Noïrfalise *et al.* 1987] et du

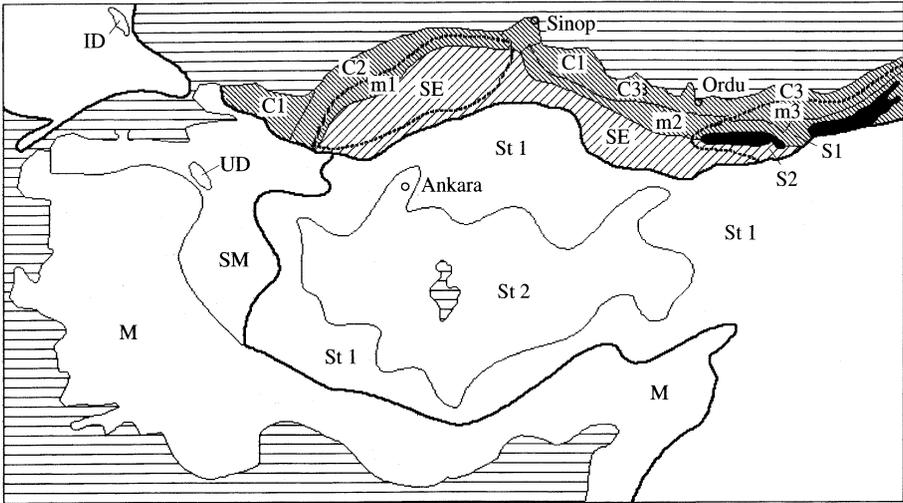


Fig. 8.5 Secteurs biogéographiques de la péninsule anatolienne, et en particulier des chaînes pontiques. Les traits épais séparent les trois grands domaines: pontique, au nord, en grisé; méditerranéen, à l'ouest; steppique, au centre. Dans le domaine pontique ont été séparés le secteur euxinéen, en bordure de la Mer Noire, et le secteur sous-euxinéen Se, en hachuré lâche, au sud. En pointillé: à gauche, le contour de l'aire de *Abies bornmuelleriana*, à droite celui de *Abies nordmanniana*. Dans le secteur euxinéen: C1, collinéen à dominance de chênes; C2, faciès hyrcanien où *Fagus orientalis* descend presque jusqu'à la côte; C3, collinéen silicicole à *Castanea*; m1 et m3 montagnard à *Fagus* et *Abies*; m2 montagnard à *Fagus*; s1, subalpin à *Picea orientalis*; s2, subalpin à *Picea* et *Pinus silvestris*; en noir, étage alpin. ID et UD, les deux chaînons Iğdır et Ulu Dağ. Dans le secteur méditerranéen M, la partie subméditerranéenne SM est caractérisée notamment par *Quercus frainetto*. Dans le domaine steppique: St1, steppes arborées; St2 steppes centro-anatoliennes.

Bassin méditerranéen oriental [Quézel et Barbero 1985]. L'ouvrage de Mayer et Aksoy [1986] donne la description générale des forêts de Turquie.

On peut distinguer nettement deux parties, occidentale et orientale, séparées par un segment intermédiaire moins élevé entre Sinop et Ordu. Dans le sens nord-sud, on peut, moins clairement, séparer des reliefs côtiers et des montagnes intérieures, désignés respectivement comme Euxinien et Prépontique par Quézel *et al.* [1980], Euxinien et Subeuxinien par Mayer et Aksoy [1986].

L'altitude moyenne est plus élevée d'un millier de mètres dans le secteur oriental, et les précipitations croissent d'ouest en est; de ce fait la partie orientale, la plus proche du Caucase, est aussi celle dont la végétation de montagne en est le plus affine (fig. 8.7).

Le secteur occidental a fait l'objet de l'importante monographie de Quézel, Barbero et Akman, qui distinguent trois groupes de formations:

- Des enclaves méditerranéennes, les unes le long du littoral, les autres, au contraire, en bordure de la région steppique.
- Un étage inférieur, dit collinéen dans la bande euxinienne côtière et méditerranéen dans la partie interne prépontique (= subeuxinienne). Ce peuplement forestier est constitué essentiellement de feuillus thermophiles (*Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Quercus iberica*, *Qu. cerris*, *Qu. sypirensis*, *Ostrya carpinifolia*) avec la présence d'éléments colchidiens (*Ilex colchica*, *Hedera colchica*, *Prunus laurocerasus*, *Rhododendron flavum*, *Acer hyrcanum*), et la descente locale du Hêtre et du Sapin. Un Pin noir (*Pinus pallasiana*), devient progressivement dominant vers la lisière steppique.

- Un étage montagnard, dominé par les hêtraies de *Fagus orientalis*, caractérisé par le Sapin endémique *Abies bornmuelleriana* qui forme des peuplements purs au-dessus de 1300 mètres, prenant plus haut un caractère subalpin. L'altitude limitée à 2400 mètres exclut les étages de haute montagne.

Dans le *segment intermédiaire* (*Mittleleuxinisch* de Mayer et Aksoy), les Sapins manquent, l'étage montagnard est représenté par les hêtraies et des pinèdes de Pin sylvestre et de Pin de Pallas; une curieuse station isolée de Cèdre.

Dans le *secteur oriental* (fig. 8.7), la chaîne dépasse 3900 mètres. L'étage inférieur, à Charme, Châtaignier, Bruyère arborée est enrichi en éléments colchidiens.

L'étage montagnard à Hêtre est surmonté, comme dans le Caucase occidental, d'une «forêt de conifères sombres» avec les mêmes *Abies nordmanianna* et *Picea orientalis*; sa partie supérieure constitue un étage subalpin comparable écologiquement, d'après Quézel, à la pessière subalpine des Alpes.

L'étage alpin est très mal connu; il serait pourtant important de savoir s'il se rapproche davantage de celui du Caucase ou bien de celui de l'Alborz iranien étudié par Klein [1994].

8.1.3 Les fondements d'un Système pontique

Les arguments chorologiques

L'aire de grandes espèces forestières caucasiennes, et notamment de celles qui forment la ceinture montagnarde, déborde sur les chaînes nord-anatoliennes (appelées souvent chaînes pontiques). C'est le cas des Sapins, de l'Epicéa et de plusieurs Rhododendrons (fig. 8.6), et de *Fagus orientalis* qui s'étend beaucoup plus loin, à l'ouest en Crimée et jusqu'en Thrace, à l'Est dans la chaîne iranienne de l'Albourz.

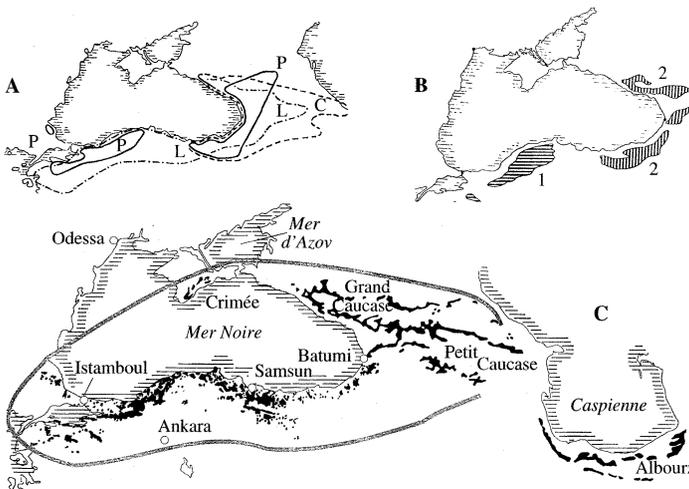


Fig. 8.6 A: Aires des Rhododendrons de la région pontique: P, *Rh. ponticum* subsp. *ponticum* (deux autres aires, plus réduites, se trouvent dans le sud-est de l'Anatolie et le sud de la Biélorussie); L, *Rh. luteum*; C, *Rh. caucasicum*. B: aire des Sapins pontiques: 1, *Abies bornmuelleriana*; 2, *A. nordmanniana* (*Picea orientalis* occupe sensiblement la même aire). C: aire de *Fagus orientalis* (taches noires) et délimitation du Système pontique (l'interruption du contour à droite traduit l'incertitude concernant l'appartenance du Caucase oriental à ce Système). A et B en partie d'après Mayer et Aksoy; C composé d'après diverses sources.

Les affinités biocénotiques

Comme il a été exposé ci-dessus, l'étagement caucasien occidental (Collinéen à faciès colchidien, Montagnard inférieur à Hêtre, Montagnard supérieur à Sapin et Epicéa, Subalpin asylvatique) s'étend sur une partie de la chaîne nord-anatolienne [Quezel *et al.* 1980] et apparaît clairement aussi dans les cartes de végétation et dans leur typologie [Quezel et Barbero 1985; Noirfalise 1987]. La figure 8.7 montre que l'ensemble du Caucase occidental et de la chaîne anatolienne orientale forme une unité biogéographique homogène qui est le cœur du Système pontique envisagé ici. Certes, cet étagement s'estompe d'est en ouest; de plus, il est limité à une bande d'une centaine de kilomètres de largeur bordant la Mer Noire, et cède immédiatement au sud la place à un complexe subméditerranéen aride, puis steppique à Pin sylvestre, situation qui n'est pas sans rappeler une coupe nord-sud de la chaîne pyrénéenne. Mais il est difficile de ne pas considérer que les deux moitiés, orientale et occidentale, de la chaîne pontique forment un tout.

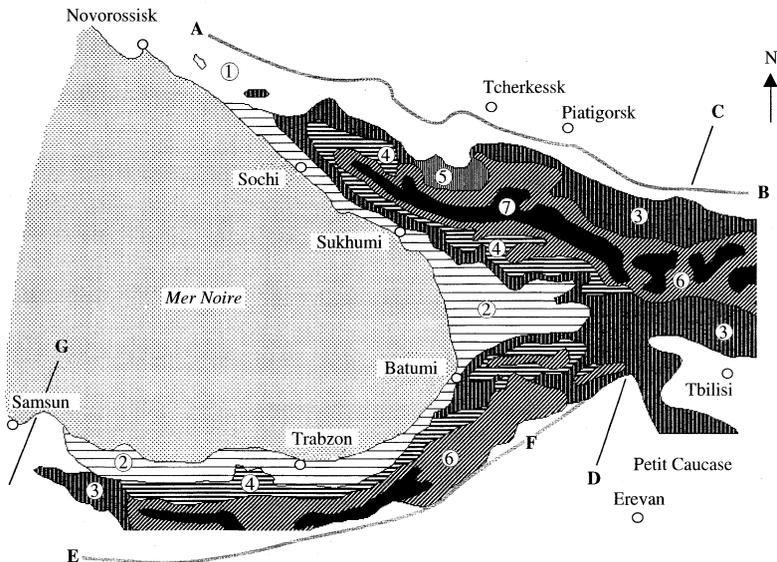


Fig. 8.7 Étages de végétation dans le Caucase occidental et la partie orientale des chaînes d'Anatolie du nord. AB, limite sud des steppes et steppes arborées de l'avant-pays. CD, limite du Caucase occidental. EF, limite nord des steppes centre-anatoliennes. G, limite ouest des chaînes anatoliennes orientales. Les chaînes ouest-anatoliennes (à gauche, hors de la figure) sont moins élevées, de sorte que la partie principale du Système pontique correspond à la région représentée ici. 1, étage collinéen à Chêne (*Quercus petraea*) et Charme (*Carpinus betulus*). 2, étage colchidien à Châtaignier, Chênes, Zelkova, et plaines littorales. 3, étage montagnard inférieur à *Fagus orientalis*. 4, étage montagnard supérieur à «Conifères sombres»: *Picea orientalis* et *Abies nordmanniana*. 5, faciès interne à Pin, du haut bassin du Kuban. 6, étage subalpin. 7 (en noir), étage alpin.

Les marges du système pontique

Vers l'ouest, l'angle nord-ouest de la péninsule anatolienne montre une remontée vers le nord de la végétation méditerranéenne, comme l'atteste par exemple l'aire de *Pinus brutia*. Mais pourtant *Fagus orientalis* atteint les reliefs nord-occidentaux de l'Anatolie [Quézel et Pamukcuoglu 1970], comme l'Ulu Dag (où l'accompagne

Abies bornmuelleriana), et même en Europe la petite chaîne balkanique Istranka Daglari ainsi que la Crimée (où il est représenté par la sous-espèce endémique *Fagus taurica*). Plus à l'ouest encore, le Hêtre d'orient est présent dans la chaîne bulgare *Stara Planina*, suggérant des relations lointaines avec le Caucase [Bondev *et al.*, 1984].

Au sud, le Petit Caucase, ou du moins sa partie occidentale, semble devoir faire partie du Système pontique.

Plus loin vers l'est, la chaîne de l'Albourz doit en revanche être exclue. Certes, elle comporte aussi un étage montagnard à *Fagus orientalis*, surmontant un Collinéen dans lequel de nombreux ligneux thermohygrophiles (*Quercus iberica*, *Castanea vesca* spontanée, des arcto-tertiaires) sont communs avec l'étage colchidien du Grand Caucase, et le terme région hyrcanienne est souvent appliqué [Walter 1974] à la fois à l'Albourz et au Caucase colchidien. Mais la structure de sa végétation paraît relever d'un tout autre modèle [Frey *et al.*, 1985], affine de celui des chaînes afghanes.

8.2 LE SYSTÈME MÉDITERRANÉEN

La Méditerranée est presque partout, sauf dans son quart sud-est, bordée de montagnes importantes, et dans tout l'ensemble des régions soumises au climat méditerranéen le relief est fortement accidenté (fig. 8.8). Par suite, une division écologique de la plupart des pays du Bassin méditerranéen se confond presque inévitablement avec la distinction d'étages fondée sur le gradient altitudinal de température et sur les différences d'humidité particulièrement significatives dans cette région.

En raison de l'originalité floristique et écologique de la région méditerranéenne, il était nécessaire de construire un modèle d'étagement *ad hoc* et de le confronter si possible au modèle traditionnellement utilisé dans les chaînes de type alpin.

Un modèle à six étages est proposé et exposé ici d'emblée (fig. 8.10 et 8.11). Il se raccorde au modèle alpin dans les massifs les plus septentrionaux (dits subméditerranéens), puis passe progressivement le long de l'Apennin et des montagnes balkaniques à un type intermédiaire, et de proche en proche à un étagement de type semi-aride, dit eu-méditerranéen (Maroc, Anatolie). Mais les trois types d'étagement sont en continuité et le modèle proposé préserve l'unité de la montagne méditerranéenne.

Les limites d'application de ce modèle sont ensuite discutées : vers le sud, jusqu'au domaine macaronésien et aux massifs centro-sahariens ; vers l'est, dans le Proche- et le Moyen-Orient.

En dépit de la masse considérable de données climatologiques concernant les pays méditerranéens, et le foisonnement des indices qu'elles ont alimentés [Ozenda 1994, p. 164], il ne semble pas *qu'en ce qui concerne les montagnes* l'écologie des différents étages soit assez connue. Ainsi, le quotient d'Emberger ne distingue pas les étages altitudinaux. Les seuls documents écologiques détaillés se rapportent aux montagnes ibériques [Rivas-Martinez 1987].

8.2.1 Le Bassin méditerranéen, centre de diversification floristique

Il n'est pas nécessaire de revenir ici sur l'exceptionnelle richesse floristique de ces régions, sur les raisons passées et actuelles de cette diversité, sur le rôle des montagnes et de leur isolement. Rappelons seulement l'exemple des Sapins et des Pins noirs (fig. 8.9), le taux d'endémisme à toutes altitudes, les particularités de l'étage de haute montagne méditerranéenne (sect. 6.3).

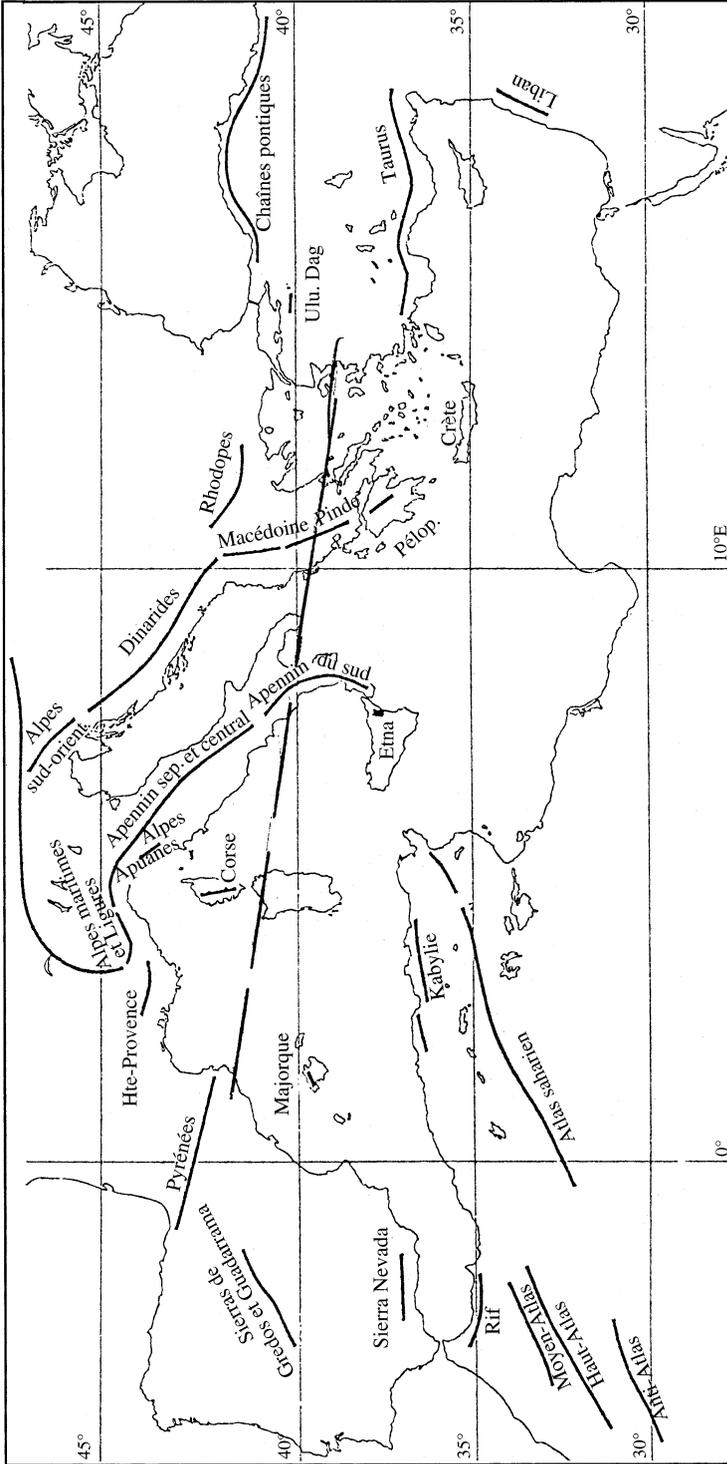
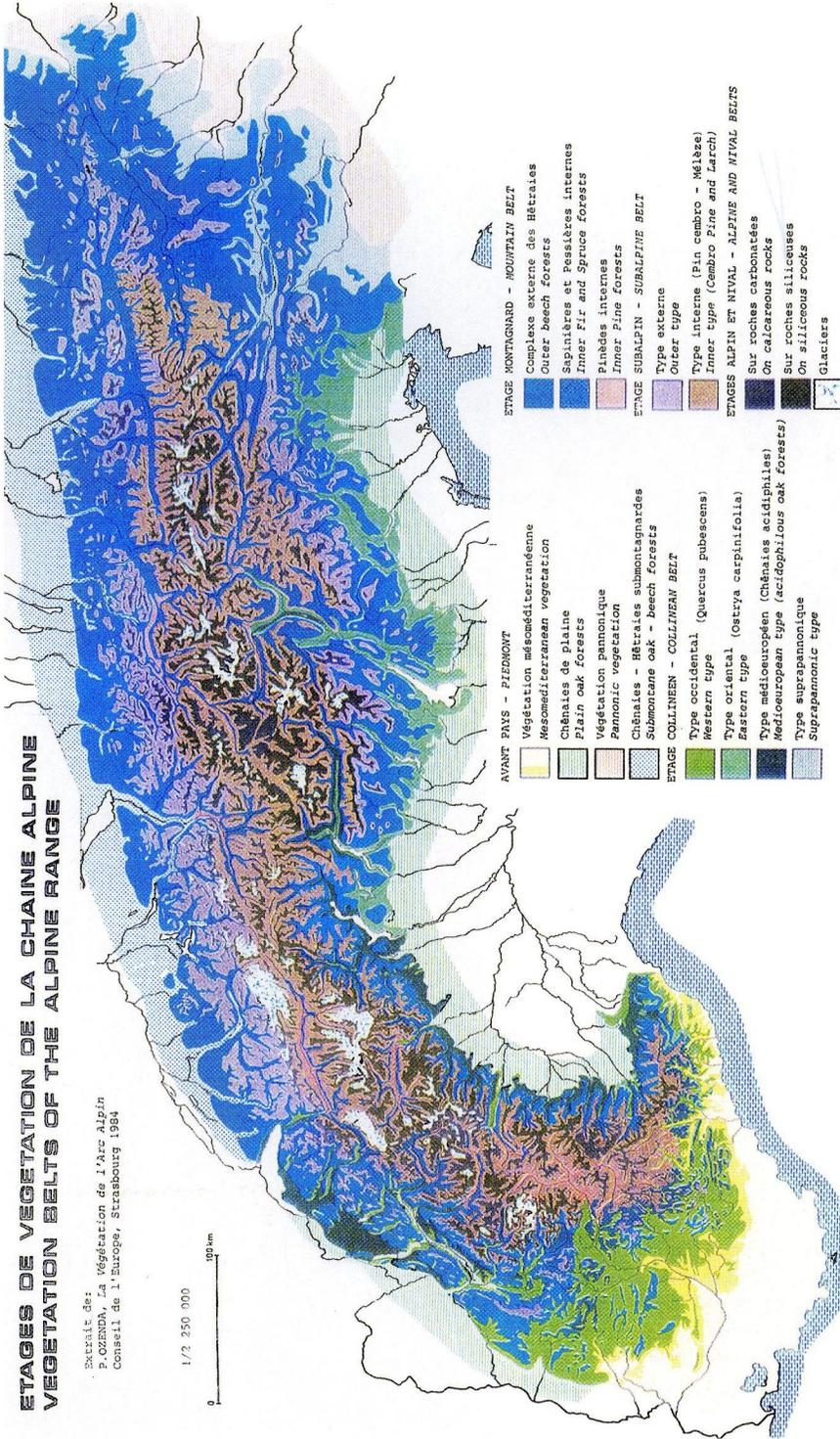


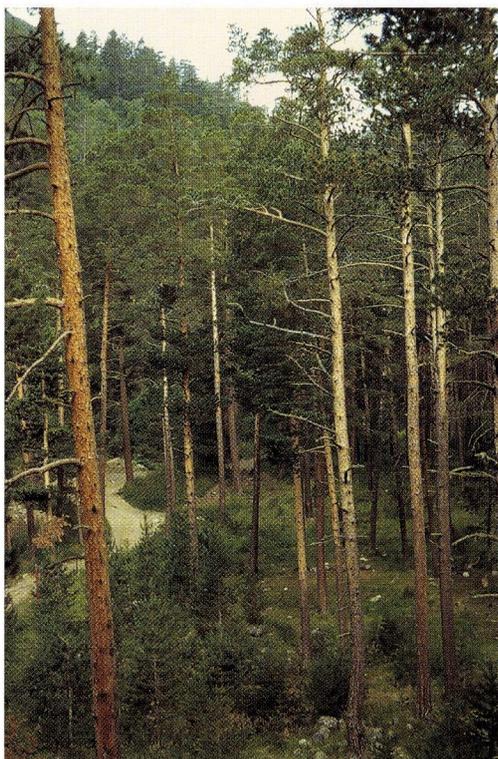
Fig. 8.8 Carte des montagnes du Bassin méditerranéen et des régions limitrophes. La ligne oblique allant de Barcelone à Izmir sépare le Bassin en deux sous-ensembles biogéographiques (§ 8.2.3 et 8.2.4).

ETAGES DE VEGETATION DE LA CHAÎNE ALPINE
VEGETATION BELTS OF THE ALPINE RANGE

Extrait de:
 P. OZENDA, La Végétation de l'Arc alpin
 Conseil de l'Europe, Strasbourg 1984

1/2 250 000





VI Caucase occidental. En haut, forêt dense humide (type «préalpin») sur le versant Mer noire, au-dessus du lac Ritza, 1200 m. La forêt est composée de *Fagus orientalis* et, plus haut, d'*Abies nordmanniana* et *Picea orientalis*. En bas, forêt de type «interne» à *Pinus sosnowskii*, dans la vallée du Baksan (Cl. Auteur).

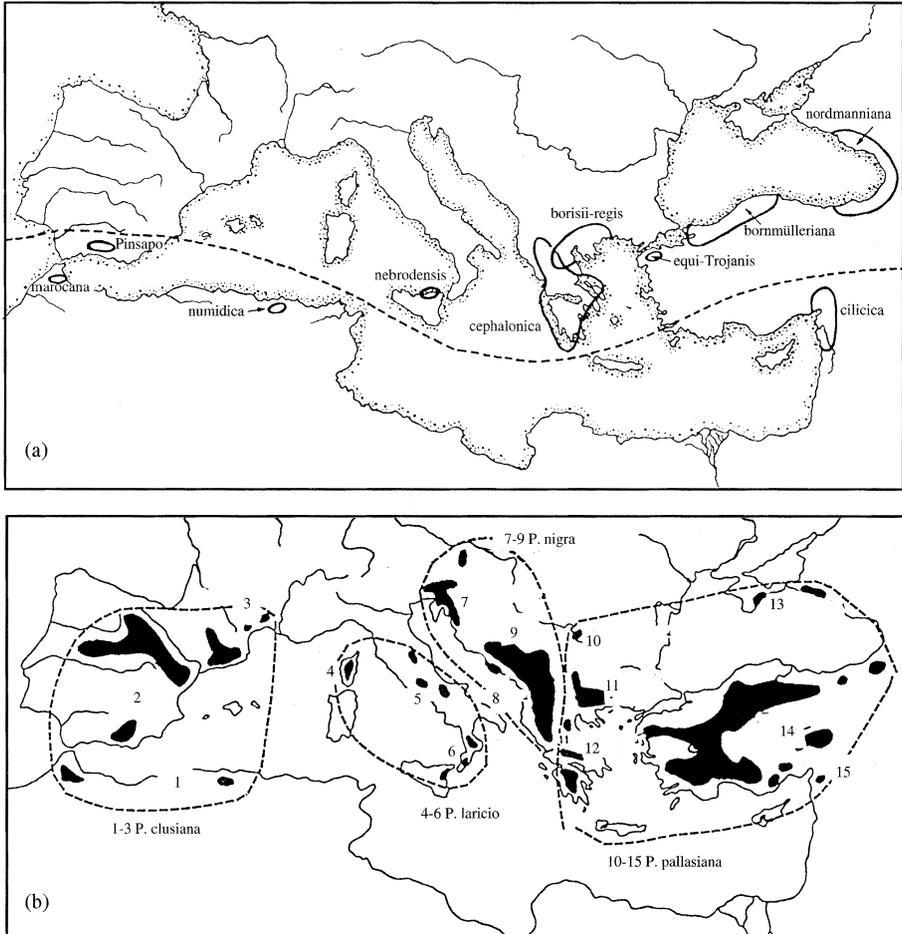


Fig. 8.9 La diversification dans les montagnes méditerranéennes. (a): distribution des Sapins méditerranéens. Les dix espèces méditerranéennes du genre *Abies* forment deux groupes, et la systématique tirée des caractères botaniques est ici en relation nette avec la biogéographie: les six espèces formant un premier phylum se trouvent dans le nord du bassin méditerranéen, les autres espèces, formant un second ensemble, se trouvent au sud de la ligne pointillée. Chaque espèce est endémique d'une région limitée. En outre, l'espèce médio-européenne *A. alba* a différencié dans la frange sud de son aire, en Languedoc par exemple, quelques écotypes à écologie subméditerranéenne (non figurés ici). Une étude d'ensemble des Sapins méditerranéens a été donnée par Quézel [1998]: systématique, répartition géographique et altitudinale, relations édaphiques et bioclimatiques, valeur biocénotique. Mayer a montré les possibilités de leur utilisation sylvicole en dehors même de leurs aires naturelles. (b): le groupe des «Pins noirs» (ancienne espèce collective *Pinus nigra*): quatre espèces et quinze sous-espèces. La plus septentrionale, *P. nigra*, subsp. *austriaca*, est largement plantée comme arbre d'ornement et de reboisements dans tout le sud de l'Europe.

8.2.2 Pourquoi un modèle méditerranéen ?

La biogéographie des montagnes méditerranéennes a donné lieu à un nombre considérable de travaux, depuis l'ouvrage fondamental de Rikli [1913]. Mais jusqu'à une époque récente, une certaine confusion régnait dans la caractérisation des étages,

en raison de l'application de termes inappropriés (ainsi différents auteurs d'Europe centrale ont parlé d'une «remontée d'espèces méditerranéennes dans un étage montagnard» en Afrique du Nord, alors que ce sont les étages méditerranéens eux-mêmes qui s'élèvent là en montagne, du fait de la latitude).

Il fallait créer une nomenclature des étages qui soit à la fois propre au monde méditerranéen et corrélée sans ambiguïté à l'étagement traditionnellement reconnu dans les Alpes et les Pyrénées.

Les travaux de Quézel et de ses collaborateurs sur l'ensemble du Bassin (on se reportera notamment à de nombreux volumes de la revue *Ecologia mediterranea*), ceux de Rivas-Martinez sur la Péninsule ibérique et mes propres observations dans les Alpes sud-occidentales, en Grèce et en Afrique du Nord, ont abouti d'une manière indépendante et presque simultanément à proposer des schémas d'étagement quasi identiques (à des nuances de nomenclature près) et que résume la figure 8.10.

Ce modèle a fait l'objet d'un consensus de tous les auteurs travaillant sur ces régions et a été adopté aussi dans les deux éditions [1979 et 1987] de la Carte de la végétation des Etats membres du Conseil de l'Europe.

T [°C]	m [°C]	Etages de végétation		
		Quezel [1979]	Ozenda [1975]	Rivas- Martinez [1981]
4	-11	Alti- méditerranéen	Alti- méditerranéen	Cryoro- méditerranéen
	-10			
	-9	Oro méditerranéen		
	-8			
8	-7	Montagnard- méditerranéen	Oro méditerranéen	Oro méditerranéen
	-6			
	-5	Supra- méditerranéen	Supra- méditerranéen	
	-4			
12	-3	Mésos- méditerranéen	Mésos- méditerranéen	Mésos- méditerranéen
	-2			
	-1	Thermo- méditerranéen		
	0			
16	1	Thermo- méditerranéen	Thermo- méditerranéen	Thermo- méditerranéen
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			

Fig. 8.10 Etages de végétation dans le Bassin méditerranéen [in Rivas-Martinez, 1981]. T, température moyenne annuelle; m, température moyenne du mois le plus froid.

Pour éviter des confusions dues aux simples divergences de terminologie et la greffe incorrecte de racines latines et grecques, je propose de reprendre le terme *perméditerranéen* que j'avais tout d'abord employé, d'utiliser *medio-* plutôt que *mésos-* méditerranéen, de supprimer *oro-* qui a eu plusieurs sens, et d'adopter maintenant la nomenclature donnée dans la figure 8.11.

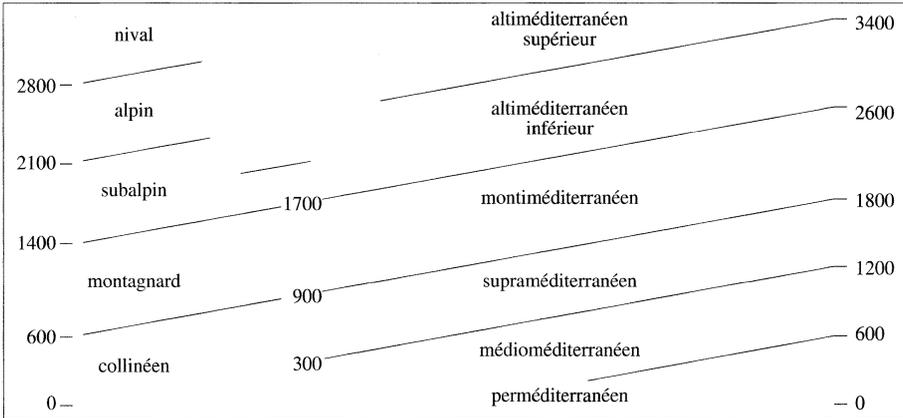


Fig. 8.11 Equivalence proposée entre les noms d'étages dans les Alpes (à gauche) et dans les montagnes méditerranéennes (à droite). Par suite de la translation due à la différence de latitude, la limite des étages s'élève progressivement en allant vers le Sud, ce que traduisent les traits obliques. Les chiffres représentent les limites moyennes d'étages: à gauche en Savoie, au centre en Haute-Provence, à droite dans le Grand Atlas marocain.

8.2.3 Du modèle alpin à l'étagement méditerranéen

Les plus septentrionales des montagnes méditerranéennes sont situées sur la marge sud du Système alpin et en continuité avec lui. Les Pyrénées orientales et les Alpes maritimes, par exemple, sont sur cette limite: leurs étages inférieurs, jusqu'à une altitude que l'on peut situer vers 1200 mètres, sont méditerranéens; au-dessus, la végétation relève exclusivement, sauf quelques enclaves, du type alpin. Les deux régimes, alpin et méditerranéen, sont ici superposés et s'interpénètrent peu (fig. 7.14). Il en est ainsi dans toutes les montagnes de la partie nord du Bassin («montagnes subméditerranéennes»: Alpes de Provence, Apennin septentrional et central, Dinarides slovènes et croates, Catalogne).

Le passage d'un modèle à l'autre est au contraire très progressif tout au long de l'Apennin et c'est précisément là (comme aussi dans l'ouest des Balkans, fig. 8.12) que se rencontre la situation la plus favorable pour établir la correspondance entre les deux modèles [Ozenda 1975, pp. 9-15 et 1994, pp. 174-178]. Dans le nord de la chaîne on peut encore reconnaître un étagement de la végétation homologue de celui des chaînes alpines, auquel il se raccorde; mais en allant vers le sud on le voit se modifier progressivement par deux processus simultanés. D'une part, la végétation méditerranéenne du littoral et des basses altitudes refoule vers le haut les étages de moyenne et haute montagne: ainsi les hêtraies, qui se situent approximativement entre 800 et 1500 mètres dans les Alpes sud-occidentales, sont placées 300 mètres plus haut environ dans l'Apennin central et montent jusqu'à 2000 mètres en Calabre et dans le nord de la Sicile (fig. 2.10). D'autre part, l'écologie et la composition des étages de montagne se modifient: dans l'Apennin central (comme aussi à la même latitude en Catalogne) les hêtraies sont encore semblables, par leur bilan hydrique, leur productivité, leur flore, à celles de l'Europe centrale [Walter et Breckle 1994, pp. 61-64], tandis qu'au sud de Rome elles changent par introduction d'éléments méditerranéens, les associations du *Fagion silvaticae* étant alors remplacées par des hêtraies méditerranéennes du *Geranio-Fagion*: en d'autres termes, l'étage montagnard de type «alpin» passe progressivement à un étage montiméditerranéen.

	Dinarides	Macédoine	Pinde	Parnasse et Péloponèse	
Subalpin	<i>Pinus mugo</i>	<i>Sesleria tenuifolia</i> <i>P. peuce</i> + <i>P. heldreichii</i>	<i>P. heldreichii</i>	<i>Daphno-Festucetea</i>	Altiméd.
Montagnard	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Abies alba</i> + <i>Picea abies</i>	<i>Fagus moesiaca</i> + <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Abies alba</i> et <i>Picea abies</i>)	+ <i>Abies borisii-regis</i>	<i>Berberidion</i> <i>Abies cephalonica</i>	Oroméd.
Collinéen	<i>Ostryo-Carpinion adriaticum</i>		<i>Ostryo-Carpinion aegeicum</i>		Supraméd.
	<i>Quercus frainetto</i>				
	<i>Orno-Quercetum ilicis</i>		<i>Andrachno-Quercetum</i>		Mésoméd.
			<i>Oleo-Ceratonion et Phryganes</i>		Thermoméd.

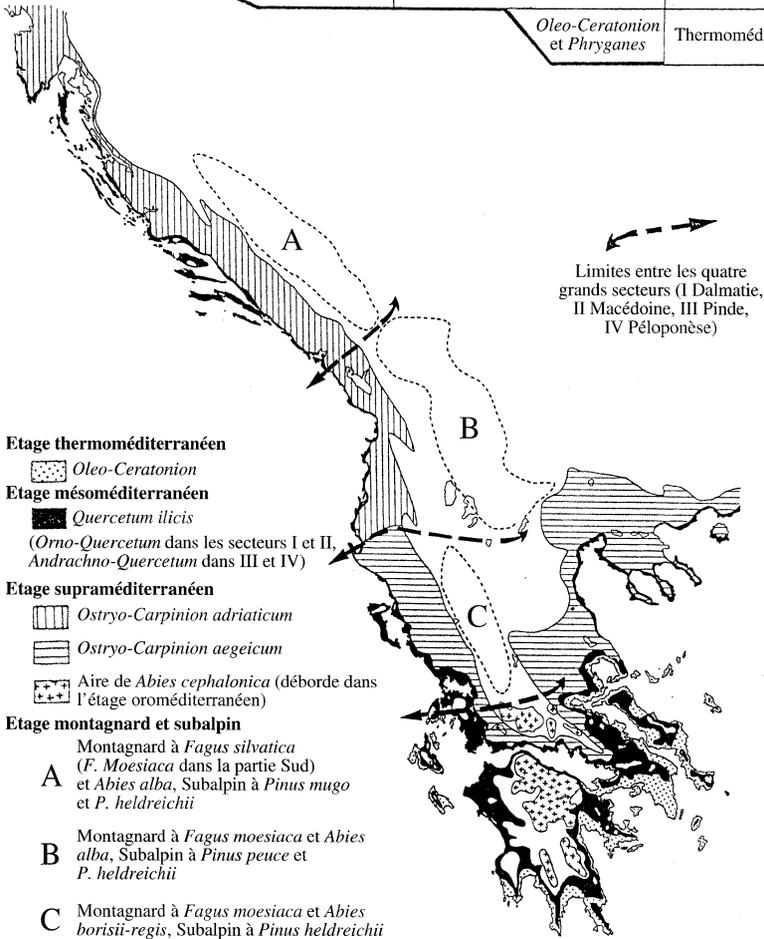


Fig. 8.12 Tableau des principales formations végétales dans quatre secteurs de l'Ouest des Balkans, délimités par la carte. Les parties du tableau encadrées d'un trait épais représentent: à gauche, les formations de type médio-européen; à droite, les formations méditerranéennes franches; entre les deux cadres, les formations intermédiaires. On voit qu'à mesure que l'on se déplace vers le Sud (c'est-à-dire vers la droite du tableau), on assiste à l'apparition progressive des étages méditerranéens inférieurs et à la transformation progressive des étages collinéen, montagnard et subalpin en des formations méditerranéennes.

Le changement dans les Hêtraies est le plus perceptible, et est classiquement décrit. Mais à cette latitude (sensiblement entre 41°N et 42°N) les autres étages se modifient aussi. Sur les côtes apparaît l'étage perméditerranéen; dans le Supraméditerranéen l'*Ostrya* disparaît au profit de chênes thermophiles et d'affinités balkaniques. Dans l'étage subalpin les derniers peuplements de *Pin mugo* disparaissent aussi à cette latitude, et plus au sud l'étage altiméditerranéen, qui remplace le Subalpin, est pratiquement dépourvu d'arbres, mis à part quelques bosquets de *Pinus heldreichii*.

Les mêmes deux processus (remontée altitudinale et « méditerranéisation ») s'observent le long des chaînes ouest-balkaniques: du nord au sud, Dinarides, Macédoine, Pinde, Grèce centrale, Péloponèse (fig. 8.12).

8.2.4 L'étagement semi-aride, typiquement méditerranéen

Au nord d'une ligne jalonnée sensiblement par Barcelone, Naples et Izmir (fig. 8.8), la moitié inférieure de l'étagement est représentée par les étages médio- et supraméditerranéen, mais la partie supérieure appartient encore, comme nous venons de le voir, au moins partiellement, au type alpin: Catalogne, Cévennes, Apennin du nord et du centre, Grèce (« montagnes subméditerranéennes » de Barbero, Bonin et Quézel, [1975]).

Au sud de cette ligne, la végétation est entièrement méditerranéenne, jusqu'aux sommets (centre et sud de l'Espagne, Atlas, Sicile, Crète, sud de l'Anatolie): ce sont les montagnes que l'on peut appeler *euméditerranéennes*. L'étagement commence, le long des côtes, par l'étage perméditerranéen (= thermoméditerranéen), surmonté du médio- puis du supraméditerranéen. Dans celui-ci, les chênes caducifoliés font le plus

1	2	3	4
		Etage alpin supérieur à pelouses	Altiméd. supérieur
2400		Etage alpin inférieur à coussinets épineux	Altiméd. inférieur
	<i>Juniperus excelsa</i>	Limite supérieure des arbres formée par <i>Juniperus excelsa</i> et <i>J. foetidissima</i>	Montiméd.
2000	<i>Abies cilicica</i> <i>Fagus orientalis</i>	Etage subalpin à <i>Cedrus</i> , <i>Abies</i> ou <i>Juniperus sp.</i>	
1700	<i>Cedrus libani</i>		
1500	<i>Pinus pallasiana</i>	Etage montagnard à <i>Pinus pallasiana</i>	Supraméd.
1100			
	Série supérieure de <i>Pinus brutia</i>	Etage méditerranéen supérieur à <i>Pinus brutia</i>	Médioméd.
500	Série inférieure de <i>Pinus brutia</i> mais avec groupements affines de l' <i>Oleo-Cerantonion</i> dans le bas	Etage méditerranéen avec <i>Cerantonion</i> sur la côte	Perméd.
150	<i>Oleo-Lentisque</i>		

Fig. 8.13 Tableau schématique de la végétation dans le Haut-Atlas marocain. Le rectangle en tirets figure la niche écologique assez vaste de *Quercus ilex*. Col. 2, étagement d'après Quézel et Pamukcuoglu [1970]; col. 3, d'après Walter; col. 4, d'après Ozenda [1975].

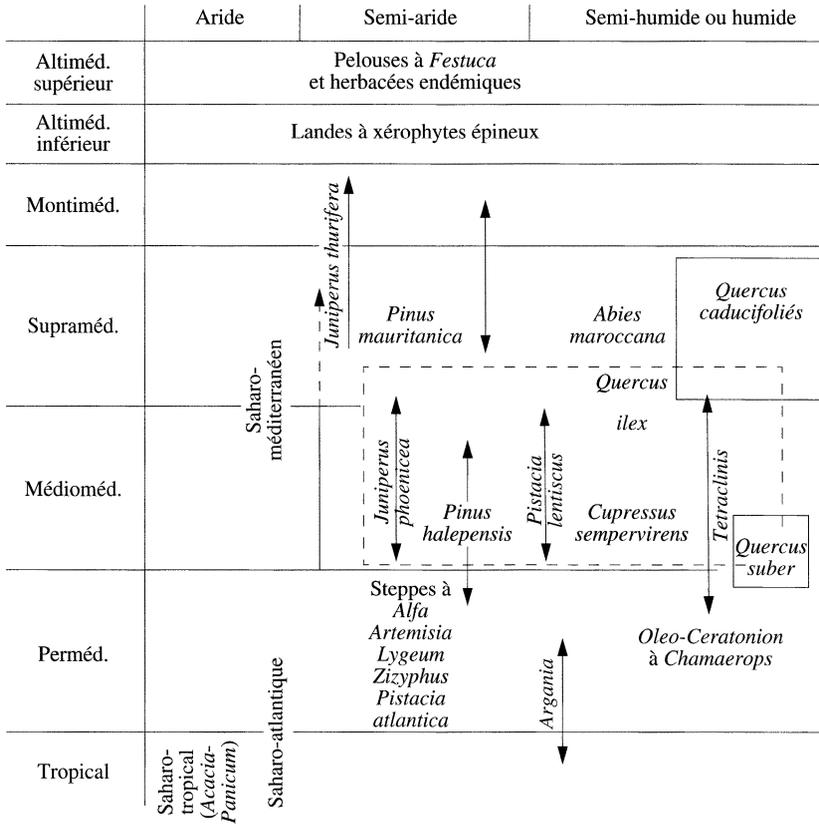


Fig. 8.14 Etages de végétation dans la chaîne du Taurus. Dans les colonnes 1 et 2, étagement d'après Quezel et Pamuckuoglu [1970]; colonne 3, d'après Walter; colonne 4, correspondances avec les noms d'étages proposés dans ce volume.

souvent défaut et cèdent la place à des Conifères: Genévrier thurifère, Cèdre, Pins noirs. Puis vient, remplaçant l'étage montagnard, un montiméditerranéen, également de Conifères. La haute montagne est formée d'un étage altiméditerranéen qui présente la particularité d'être fréquemment formé d'une lande à coussinets épineux, probablement en relation avec une diminution des précipitations en altitude. Lorsque cette dernière est suffisante, l'étage des épineux, que l'on pourrait mettre en parallèle avec un Subalpin, est surmonté d'un altiméditerranéen supérieur herbacé, rappelant un Alpin. Cette superposition a été observée en Sierra Nevada, dans l'Atlas (Maire), sur l'Etna (Poli) (sect. 6.3).

Mais le véritable étagement méditerranéen se présente sur les rives sud de la Mer: dans les chaînes de l'Atlas en Afrique du Nord, et dans le Taurus en Anatolie du Sud. Des tableaux synthétiques ont été établis [Ozenda 1975, pp. 16-19] essentiellement d'après les travaux de Emberger et de Lecompte pour le Maroc, de Walter (1956) et de Schiechl et Stern pour l'Anatolie, et surtout de Quézel et coll. (depuis 1971); ils sont reproduits dans les figures 8.13 et 8.14. A noter la fréquence de l'altiméditerranéen à coussinets épineux, surmonté d'un niveau de pelouses, et la présence des Pins noirs et du Cèdre en moyenne montagne.

Les montagnes de Crète, où le Cyprés est spontané, celles de Chypre et du Liban entrent aussi dans ce cadre.

8.2.5 Le type de transition

Les deux étagements, subméditerranéen et euméditerranéen, sont séparés par une zone de transition à laquelle on peut attribuer les montagnes centre-ibériques, la Corse, l'Apennin du sud.

Dans la Péninsule ibérique, la Chaîne cantabrique et les Pyrénées sont totalement en dehors du système méditerranéen, sauf en quelques enclaves de leurs versants sud où d'ailleurs la xéricité est davantage continentale que méditerranéenne. Dans les Sierres centrales (Gredos et Guadarrama) le Hêtre manque, le Genévrier thurifère caractérise la moyenne montagne, mais sur les hautes crêtes la pelouse de *Festuca indigesta* fait encore, d'après Rivas-Martinez [1984], partie de l'alliance du *Caricion curvulae*. Mais dans les chaînes bétiques, qui ont fait l'objet de travaux récents [Valle 1985, Boucher 1988, Mercé 1988, 1989] la Sierra Nevada au moins est de type euméditerranéen.

En Corse, un Pin noir, *Pinus laricio*, domine dans les étages supra- et montiméditerranéen; ce dernier héberge en outre des hêtraies-sapinières bien différentes de celles du Continent, et l'étage altiméditerranéen est une mosaïque de brousses d'Aune vert (*Alnus viridis* subsp. *suaveolens* et de groupements xériques de versant sud [Dupias et al. 1965, Gamisans 1976]. Cette montagne corse paraît beaucoup plus méditerranéenne que ne l'est pas exemple la petite chaîne des Alpes apuanes située presque à la même latitude en bordure de l'Apennin toscan.

En Sicile, les Monts Nebrodi portent encore des Hêtraies, tandis que l'Etna montre la superposition des deux étages altiméditerranéens.

A noter la présence, dans cette zone de transition, de Sapins méditerranéens: *A. pinsapo* dans le chaînon andalou de Ronda, *A. nebrodensis* en Sicile, *A. borisii-regii* et *A. cephalonica* en Grèce (fig. 8.9).

8.2.6 Unité et frontières du Système méditerranéen

Ainsi, le modèle d'étagement défini tout d'abord dans l'Apennin et les Balkans, en bordure du Système alpin et en continuité avec lui, peut subir de proche en proche le test d'une analyse comparative qui s'étend, à travers une zone de transition, jusqu'au sud du Bassin méditerranéen. La validité de ce modèle général peut être contestée lorsque l'aridité réduit la couverture végétale à un continuum de steppes, comme dans une partie du Taurus, mais c'est un cas limite comme d'autres cités plus loin. En revanche, on notera que la Carte de la Végétation du Bassin méditerranéen oriental par Quézel et Barbero [1970] utilise le modèle général d'étagement dans toute l'étendue du territoire représenté.

Jusqu'où peut-on étendre un orosystème méditerranéen?

- *Vers le Nord.* Une erreur fréquente chez les auteurs d'Europe centrale consiste à incorporer dans le domaine méditerranéen des montagnes qui appartiennent en réalité aux chaînes alpines. Franz [1979] commence sa description des hautes montagnes méditerranéennes avec les Pyrénées orientales et centrales, et même la chaîne Cantabrique. La même erreur est souvent faite pour les Alpes maritimes. Pourtant, les travaux de Guinochet [1938] et de Braun-Blanquet [1947] montrent à l'évidence que les groupements d'altitude du Mercantour et des Pyrénées orientales sont exclusivement alpins. Dans ces massifs la végétation méditerranéenne ne dépasse pas 1500 mètres, atteignant seulement la base de l'étage montagnard (fig. 7.3 et

7.13). A peine peut-on y reconnaître dans l'étage subalpin quelques enclaves que l'on peut rapporter à un faciès altiméditerranéen [Ozenda 1975, p. 28].

- *Vers l'Est.* Des formations comportant des espèces méditerranéennes ou nettement affines ont été décrites sur la côte nord de l'Anatolie [Quézel *et al.* 1980] et plus loin vers l'est, dans le Zagros, l'Afghanistan [Freitag, 1972] et jusque dans l'Himalaya occidental [Meusel et Schubert, § 9.3.7]. Faudrait-il séparer l'Atlas et la Taurus du Système méditerranéen, et considérer un ensemble des «montagnes à Cèdres» qui s'étendrait du Maroc au Népal occidental?
- *Vers le Sud.* La présence dans la moitié est de l'archipel canarien d'espèces et même de groupements d'affinité méditerranéenne est souvent soulignée. Elle ne paraît pas suffisante pour séparer ces îles de l'ensemble macaronésien. Plus significative est l'existence dans la partie supérieure des grands massifs du Sahara central (Hoggar, Tibesti) d'un important contingent (plusieurs dizaines) d'espèces méditerranéennes ou étroitement apparentées (§ 6.3.4).

Ces cas limites appellent deux remarques :

- la nécessité de distinguer, comme l'avait souligné Gaussen, la végétation proprement méditerranéenne, vivant sous le climat du même nom, et la végétation mésogéenne, issue d'un stock floristique méditerranéen secondairement adapté à une écologie différente, comme dans l'étage saharo-tropical ou dans les enclaves subméditerranéennes des Alpes italiennes;
- une interprétation possible de la végétation méditerranéenne, du moins de sa partie la plus thermophile, comme une forme de végétation subtropicale [Ozenda 1975, pp. 29-30].

8.3 LE SYSTÈME BORÉO-ATLANTIQUE (OU CALÉDONIEN)

Il s'agit des montagnes du nord de l'Europe, qui sont situées en partie dans la zone boréale, en partie dans la zone subarctique.

La végétation d'altitude des Scandes et de l'Ecosse a été dénommée par Noirfalise [1987] *étage oro-calédonien*. Du fait de la structure géologique de ces montagnes et de l'Oural (plissement calédonien), l'ensemble montagnard boréo-atlantique proposé ici pourrait effectivement être appelé Système calédonien. La figure 8.15 en résume le contour, auquel a été rattaché l'Islande.

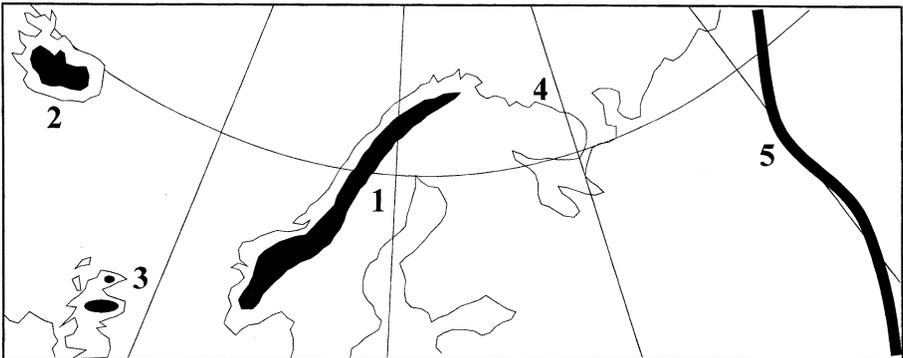


Fig. 8.15 Schéma du système calédonien. 1, Scandes; 2, Islande; 3, Ecosse; 4, presqu'île de Kola; 5, Oural.

Sonesson et Molau [1998], sur les critères de la structure géologique et du climat atlantique, considèrent comme montagnes calédoniennes les Scandes, l'Ecosse, la côte orientale du Groenland et le Spitzberg. Du fait que ces deux derniers sont situés au nord du 70° parallèle, et que la végétation éparsée n'y forme pas de biocénoses, ils ont été exclus ici. En revanche, l'Islande a été ajoutée, malgré la structure volcanique, ainsi que les montagnes de Karélie.

8.3.1 Les Scandes

Le centre du groupe nord-européen, sa partie de loin la plus importante, est la chaîne scandinave ou *Scandes*. C'est la chaîne la mieux connue de l'Eurasie septentrionale; son altitude permet le large développement d'une suite d'étages.

Elle s'étend sur une différence de latitude de 13 degrés (58°N à 75°N), et sur plus de 1400 km. Un abaissement relatif de son axe vers 65° sépare deux parties qui culminent respectivement à 2468 m (haut massif norvégien) et à 2250 m (fig. 8.17).

La flore en est pauvre (moins d'un millier d'espèces) en raison à la fois de la latitude, de la nature presque exclusivement siliceuse ou morainique des sols, et des conséquences des glaciations qui ont recouvert, totalement ou presque, la péninsule et ont cessé plus tardivement qu'ailleurs. Ses caractères ont été rappelés plus haut (§ 5.2.3, flore totale de la chaîne, et § 5.4.3, flore alpine et bicentrisme).

Les grands traits de la végétation peuvent être résumés en considérant trois gradients, déjà représentés dans la figure 2.1.

Le premier, paradoxalement le plus faible malgré le grand étirement nord-sud de la chaîne, est la variation verticale avec la latitude. La translation des limites d'étage est de l'ordre de 60 mètres seulement par degré de latitude, soit la moitié de la valeur habituelle dans les autres grandes chaînes. Les altitudes atteintes par les espèces alpines communes aux Scandes et aux Alpes accusent une différence moyenne du même ordre: 1000 mètres pour 15 degrés (fig. 8.16). Cela est dû surtout à l'effet égalisateur

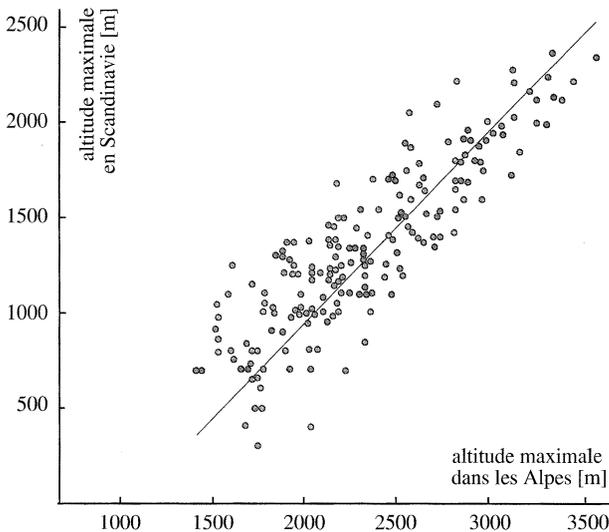


Fig. 8.16 Comparaison de l'altitude maximale atteinte par les mêmes espèces dans le sud de la Norvège (61°N) et dans les Alpes (Grisons, Valais et Tirol, 47°N). [D'après Dahl, 1997.] Chaque point figure une espèce. La différence est en moyenne de 1050 m, alors que sans l'effet du Gulf Stream elle serait théoriquement d'environ 1550 m.

du Gulf Stream, et d'ailleurs sur le versant atlantique les isothermes s'orientent en partie parallèlement à la côte. La timberline se situe vers 1100 m dans le sud, et à 700 m encore sous le cercle polaire, 800 km plus au nord.

Le second gradient, plus marqué, est lié à la longitude et correspond à une différence entre le versant ouest, à climat océanique, recevant sur certains reliefs plus de 4 mètres de précipitations par an, et le versant est tourné vers le golfe de Botnie, continental et ne percevant que des moyennes autour de 500 mm. Sur le versant atlantique lui-même, la décroissance rapide de l'océanité climatique à partir de la côte est matérialisée par l'étude de la répartition de nombreuses espèces [Holten 1986].

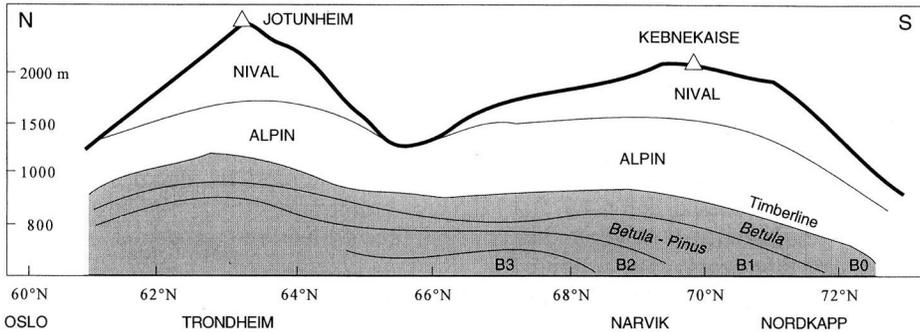


Fig. 8.17 Etagement dans la chaîne scandinave. La figure représente le versant Est (baltique). En grisé, la ceinture de *Betula tortuosa* et les étages forestiers.

Le troisième gradient, le plus important, est l'étagement de la végétation avec l'altitude, résumé ci-après. Cet étagement peut être ramené à un modèle à quatre étages, qui seront énumérés ici de haut en bas (fig. 8.17).

- Un *étage supérieur*, comparable sous certaines réserves à un étage alpin, occupe du fait de la morphologie tabulaire de la chaîne une surface bien plus grande que dans les Alpes. La description en a été présentée plus haut au paragraphe 6.2.1 et dans la figure 6.1, ainsi que la comparaison avec l'étage alpin proprement dit des Alpes (§ 6.5.1), et ne sera pas reprise ici.
- Une *ceinture continue de Bouleau tortueux*, d'une amplitude altitudinale d'une centaine de mètres (entre 900 et 1000 mètres environ dans le haut massif norvégien), assimilable à une Kampfzone du Subalpin supérieur, mais ici encore sur une beaucoup plus vaste étendue de sorte que de nombreuses associations ont été distinguées [Mayer 1984, pp. 29-33]: *Betula tortuosa* (devenu *Betula pubescens*, subsp. *czerepanovii*), serait un hybride fixé B. *pubescens* X B. *nana*. Ce niveau du Bouleau tortueux, que nous considérons comme équivalent au sous-étage Subalpin supérieur des Alpes, est en continuité avec la forêt boréale et il est difficilement séparable des bétulaies à *Betula pubescens* du versant océanique de la chaîne [Dierssen 1996] qui ont une grande amplitude altitudinale.
- Une *couverture forestière*, qui est la remontée de la vaste forêt boréale d'Épicéa et de Pin sylvestre, et tient la place d'un Subalpin inférieur et moyen. Sur le versant est on peut reconnaître plus ou moins nettement les niveaux habituellement distingués dans cette formation (B1 à B3, fig. 8.17); les trois types de tourbières (les deux types subarctiques «palsa» et «aapa», et les hautes tourbières tempérées) se succèdent aussi du nord au sud. En raison de la forte déclivité du versant ouest, ces

niveaux y sont plus ou moins télescopés [Dahl *et al.* 1986]; le Pin y domine. Le haut massif norvégien comporte quelques bassins internes continentaux.

- Dans le sud de la Péninsule (Scanie en Suède, côte sud de la Norvège) apparaît, au pied de la chaîne, la *ceinture boréo-némorale de forêt mixte Conifères-Feuillus*, équivalent de la partie haute du montagnard des chaînes alpines.

On peut concevoir l'étagement de la végétation des Scandes comme équivalent à la partie supérieure d'un modèle alpin qui serait tronqué vers la moitié du Montagnard. Cela implique toutefois d'accepter le parallèle entre la ceinture forestière et l'étage de conifères subalpins des Alpes. Mais si la séquence des étages est analogue, leur amplitude altitudinale, la structure de leurs biocénoses et leur écologie ne sont pas les mêmes que dans les Alpes :

- différences écologiques : photopériodisme, rythme des températures; pentes plus faibles, importance de la solifluction, moindre impact humain;
- différences biocénotiques : étagement réduit à sa moitié supérieure, Alpin plus vaste et de type nordique.

Les relations sont en revanche étroites avec l'étagement des chaînes sibériennes qui va être examiné plus loin (sect. 8.4) et avec lequel, malgré la barrière de l'Oural, le système calédonien est en quelque sorte en continuité.

8.3.2 Les monts de Carélie et de Kola

Le modèle Scandes se retrouve, mais plus écourté, dans les montagnes subarctiques (autour de 68°N) de la *Carélie* et de la *presqu'île de Kola* (Monts Chibini, 1300 m, Lovozero, Montchetoundra) : taïga d'Épicéa et Pin, ici planitiaire, surmontée entre 300 et 600 m par la ceinture de Bouleau tortueux et de Saules buissonnants, puis de la toundra à arbustes nains et enfin d'un Nival à lichens [Stanioukovitch 1973, Walter 1974].

8.3.3 L'Écosse

Le *haut massif écossais* ne culmine qu'à 1340 mètres, mais le climat y est particulièrement rude. L'abaissement de la température annuelle par 100 mètres d'élévation dépasse 0°7, les précipitations peuvent être supérieures à 4 mètres par an sur les crêtes, et comme elles sont surtout de saison froide l'enneigement est considérable [Pearsall 1950]. Ces conditions, aggravées par les vents, déterminent l'existence d'une flore et d'une végétation simulant un étage alpin.

Cette flore d'altitude est intermédiaire entre celle des Scandes et celle des Alpes. L'*Atlas of the British Flora* de Perring et Walters [1962] permet d'y recenser 85 espèces localisées dans les Highlands d'Écosse; la moitié (42) se trouve aussi à la fois dans les Scandes et dans les Alpes, un quart en Scandinavie seulement, un quart dans les Alpes seulement (il n'y a pas d'endémisme spécifique notable, mais des microendémiques de *Hieracium*, *Alchemilla*, *Taraxacum*, *Euphrasia*). Une partie de ces espèces se retrouve dans les autres reliefs de Grande-Bretagne (Lake District, Galles) et du nord de l'Irlande, mais sans les «groupements alpins». Rappelons aussi qu'une trentaine d'espèces d'altitude sont communes à ces montagnes et à l'étage supérieur des Appalaches.

La pauvreté relative de cette flore «oro-écossaise» peut s'expliquer à la fois par l'isolement du massif et par la difficulté pour beaucoup d'espèces du continent de s'adapter aux sols très acides au cours de la recolonisation postglaciaire.

Les groupements végétaux se trouvent décrits minutieusement dans les ouvrages de Pearsall [1950], Burnett [1964], Rodwell *et al.* [dep. 1991]. Plus de 20 associations ont été distinguées; d'après les limites altitudinales indiquées on peut résumer ainsi l'étagement:

- un étage inférieur, jusqu'à 300 mètres en moyenne, dont les formations les plus remarquables sont les tourbières en couverture (*blanket bogs*) dans l'ouest, et dans la partie orientale les bois de *Pinus silvestris* var. *scotica*, lambeaux de la couverture forestière boréale;
- un étage de moyenne montagne, assimilable à un Subalpin, très polymorphe: landes à Ericacées, à Saules; à Dryas et Fétuques sur des enclaves calcaires; marais;
- un étage supérieur, écologiquement un Alpin: landines à *Empetrum*, pelouses à *Juncus trifidus*, nardaies, combes nivales à *Sibbaldia*, tapis muscinal (*Rhacomitrium*) et lichénique; l'affinité avec l'Alpin des Scandes est attestée par la présence de *Carex bigelowii*, *Diapensia lapponica*, entre autres.

8.3.4 L'Islande

L'Islande est un cas particulier. Sa structure entièrement volcanique l'écarte *a priori* des montagnes calédoniennes. C'est une île jeune, aux sols remaniés, et qui subit un impact humain par endroits intense. Mais la flore est étroitement apparentée à celle de la Scandinavie et l'étagement de la végétation entre dans le même cadre.

L'île est située légèrement au sud du Cercle arctique. Elle culmine à 2280 mètres et les deux tiers du territoire sont situés au-dessus de 400 mètres. Des coulées basaltiques sont recouvertes de matériaux meubles ou remaniés (scories dites palagonites, moraines, alluvions). Les précipitations atteignent 1200 mm sur les côtes sud, mais tombent à 700-400 mm dans le nord.

L'altitude, l'importance de la couverture glaciaire, des phénomènes periglaciaires et de l'érosion créent la dominance d'une végétation instable ou pionnière.

La flore est pauvre (450 espèces vasculaires seulement) et sans originalité, en raison de la jeunesse de l'île et malgré son isolement: 97% des espèces sont communes avec la Scandinavie, et l'endémisme est insignifiant.

La végétation de l'Islande a fait l'objet d'une vue générale par Vanden Berghen [1969] et des travaux de Steindorsson [1945-1975] dont une analyse a été donnée récemment par Thorhallsdottir [1997].

Cette végétation présente trois étages, comparables à ceux des Scandes:

- *Etage inférieur.* On peut l'appeler subarctique ou subalpin. La couverture arborée de Bouleau tortueux s'élève jusqu'à 300 à 600 mètres suivant l'exposition; autrefois étendue, elle est réduite à des lambeaux. L'essentiel du terrain est occupé par des landes à *Betula nana*, *Vaccinium*, *Calluna*, *Arctostaphylos*, *Empetrum*, avec *Juncus trifidus* et des *Luzules*; elles présentent des groupements de dégradation à *Kobresia*, et des éboulis à Dryas. Des prairies, en partie artificielles, alimentent un élevage ovin. Les groupements spécialisés tiennent une place importante: eaux courantes, tourbières, dont de nombreux types ont été décrits [Van den Berghen 1969]; champs de laves, où dominent la mousse *Rhacomitrium lanuginosum* et les lichens fruticuleux, suivis de landes maigres, falaises, prés salés et dunes [Tüxen 1970]; enfin, végétation particulière aux abords des bouches de fumerolles.
- *Etage alpin.* Il s'élève jusqu'à 800 à 1000 mètres, exceptionnellement 1200. Sa partie inférieure comporte des landes à Saules arbustifs, relayés plus haut par une toundra à buissons nains (*Betula nana*, *Empetrum*, Ericacées, nombreuses Cypéracées dont

Carex bigelowii, *Rhacomitrium*, des lichens. Les combes à neige sont très développées. Les formations périglaciaires sont étendues : bourrelets de solifluction, buttes cryogènes («thufurs»), sols polygonaux. La partie supérieure de l'étage est occupée par les champs de pierres et les dépôts sableux porteurs d'une végétation éparse où dominent les espèces d'éboulis (*Cerastium*, *Saxifraga*, *Oxyria*).

- *Etage nival*. Les déserts de pierre se poursuivent, avec une végétation sporadique, jusqu'à la limite des neiges permanentes et des glaces, vers 1100-1300 mètres.

Le *versant européen de l'Oural* (fig. 8.19) pourrait entrer dans le même schéma, mais la pénétration d'espèces orientales, comme *Picea obovata* (dont quelques stations atteignent la Scandinavie) et *Larix sibirica*, annoncent déjà la végétation de son versant sibérien, dont il est artificiel de le séparer. L'Oural tout entier est donc reporté ci-après, dans les chaînes sibériennes.

8.4 LES CHAÎNES SIBÉRIENNES

8.4.1 Situation dans la biogéographie de l'Asie tempérée

Il s'agit ici de l'immense bande de massifs qui s'étend de part et d'autre du cercle arctique, depuis l'Oural à travers le nord de la Sibérie jusqu'à l'Extrême-Orient russe, et qui se recourbe ensuite vers le sud-ouest en une diagonale se terminant par les groupes du Baikal et de l'Altaï. Cette disposition apparaît sur les figures 6.5 et 8.18, où la position géographique des différents massifs est localisée par des taches noires correspondant à la haute montagne et plus précisément à la végétation supraforestière.

Dans la partie sibérienne de la figure 8.18, correspondant sensiblement aux deux-tiers supérieurs de la figure, les contours des formations végétales ont été schématisés d'après la plus récente carte [1990] de la végétation de l'URSS. La grande forêt boréale ou taïga, dont l'aire potentielle couvre presque complètement la Sibérie, peut être divisée en trois parties :

- A l'ouest (B1 de la carte), la **taïga sombre** caractérisée par l'Epicéa (*Picea obovata*) et le Sapin (*Abies sibirica*) accompagnés de *Pinus sibirica* (voisin de *p. cembra* des Alpes) et d'un Mélèze, *Larix sibirica* (incl. *L. sukatchevii*). Du fait de l'immensité des marais et des tourbières dans cette partie du continent, la taïga n'y occupe en réalité que des surfaces relativement réduites.
- A l'est, la **taïga claire** (B2) représentée essentiellement par deux espèces voisines de Mélèze [Abaimov & Koropatchinski 1984], *Larix gmelini* et *L. cajanderi*, longtemps réunies sous le nom de *L. dahurica* (fig. 8.20). La forêt couvre ici l'essentiel du terrain.
- Autour de cette formation B2, la carte russe distingue une couronne de **taïgas de montagne** (en hachures serrées sur la figure) qui enveloppe les massifs et déborde à son extrémité sud-ouest dans la zone des steppes, autour du groupe Altaï-Sayans. Les caractères définissant ces taïgas de montagne par rapport aux taïgas de plaine ne sont pas explicités sur les cartes de végétation, et n'apparaissent pas non plus très clairement dans les descriptions que donne Walter [1974, pp. 90-104]. En revanche, la différence entre les taïgas sombres et claires est nettement marquée dans la proportion moyenne des surfaces occupées par les différentes espèces forestières comme l'indique le tableau ci-après (statistiques citées par Walter et Breckle 1994; valeurs arrondies).



Fig. 8.18 Schéma biogéographique de l'Asie tempérée. En faisant abstraction des montagnes, l'Asie tempérée peut être divisée en quatre zones latitudinales: A, arctique et subarctique; B, zone des taïgas (B1, taïga sombre à épicéa dominant; B2, taïga claire à mélèze); C, steppes; D, « déserts froids » centrasiatiques. En Sibérie, les montagnes sont situées d'une part dans le nord, de l'Oural au Kamtchatka, d'autre part le long d'une diagonale allant du nord-est à la région du lac Baïkal et à l'Altaï. La végétation d'altitude y est constituée par une « toundra de montagne », ici en noir. 1, Oural du nord; 2, plateau du Putorana; 3, Monts de Verkoïansk; 4, Monts Tcherski; 5, Anadyr; 6, Monts de la Kolyma; 7, Kamtchatka; 8, Djougdjour; 9, chaînes du Baïkal; 10, Saïans; 11, Altaï sibérien. Autour de ces reliefs s'étend un aurole de taïga de montagne (hachures verticales serrées). 12, Oural du centre et du sud; 13, plateau central sibérien; ensuite une grande plage de cette taïga recouvre presque tout le nord-est de la Sibérie et s'étend le long de la grande diagonale jusqu'à l'Altaï où elle forme une hernie dans la zone des steppes C. Les massifs septentrionaux du groupe Altaï (Alatau de Kuznesk, Altaï sibérien 11, Saïans 10) se trouvent dans la hernie des taïgas de montagne mentionnée ci-dessus. Les massifs méridionaux (Altaï mongol 15 et de Gobi, Kangaï 14) sont dans la zone des steppes C pénétrant elle-même, à la faveur de ces reliefs, dans la zone désertique D. Plus au sud, un autre ensemble de chaînes porte une végétation très différente, constituée en altitude essentiellement par des steppes à *Kobresia* (en hachures obliques). 16, Tarbagataï; 17, chaîne djoungare; 18, Tien-chan oriental (en Turkestan chinois); 19, Tien-chan occidental; 20, Transili-Alatau; 21, Monts de Fergana; 22, Alaï; 23, Pamir. De celui-ci partent l'Indou-Kouch, 24, et les grandes chaînes himalayo-tibétaines: 25, Karakoram; 26, Nord-ouest de l'Himalaya; 27, Kouen Loun; 28, Nan-chan. T, Tibet. En quadrillé, à l'est, partie relevant de l'Asie des Moussons.

	Sibérie occidentale	Sibérie orientale
Pin silvestre	35	16
Épicéas	6	6
Mélèzes	6	48
Autres Conifères	22	15
Bouleaux	25	13
Trembles	6	2
	100	100

8.4.2 Etages de végétation

La végétation de l'ensemble de ces massifs présente, à défaut d'une réelle unité que l'on ne peut attendre sur un aussi vaste territoire, du moins des traits généraux que l'on peut résumer dans la distinction de quatre étages. Leur homogénéité décroissant de haut en bas, il est plus simple de les décrire dans l'ordre descendant.

On remarquera le parallélisme avec les quatre étages distingués dans les Scandes; ils sont d'ailleurs décrits dans le même ordre (fig. 8.19).

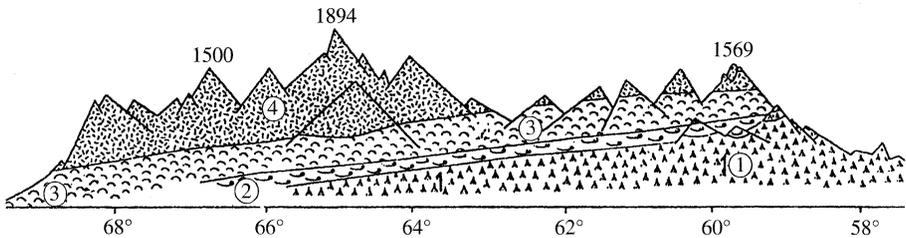


Fig. 8.19 Etagement de la végétation sur le versant ouest (européen) de l'Oural. 1, forêt boréale de Conifères; 2, ceinture subarctique du Bouleau tortueux; 3, toundra (dans la partie la plus septentrionale) et étage alpin représenté par la toundra de montagne; 4, étage nival [d'après Gorchakovski, 1975].

La toundra de montagne

Sa base se situe vers 400-500 m dans l'Oural du Nord, 600-800 m dans les massifs continentaux de l'est de la Sibérie, 2000 m dans le sud (Sayans et Altaï).

Sa composition floristique et sa structure biocénétique sont analogues à ce qui s'observe dans la chaîne scandinave. Une description détaillée en a été donnée dans l'Oural par Gorchakovski (comprenant aussi l'étage nival), dans l'Altaï par Suslov, dans le nord et l'ouest de la Sibérie par divers auteurs, dont Walter [1974:42-51, sous le nom de *Gebirgstundra*]. Elle comprend trois sous-étages analogues à ceux de l'Alpin scandinave.

Cette formation s'étend ainsi dans toutes les chaînes du nord de l'Eurasie, de l'Atlantique à l'Extrême-Orient, avec des différences minimales telles que la dominance dans le sous-étage inférieur de *Betula nana* dans l'ouest, de ses sous-espèces *exilis* dans l'est et *rotundifolia* dans le sud. Des espèces caractéristiques du subarctique se retrouvent constantes, des Scandes à l'Anadyr: *Cassiope tetragona*, *Diapensia lapponica*, *Salix polaris*, *Hierochloa alpina*, la distribution de cette dernière rappelant en outre, par son extension jusqu'à l'Altaï, le cas des arctico-alpines d'Europe (fig. 6.6).

Les différences sensibles par rapport à l'étage alpin des Alpes, des Pyrénées et des chaînes semblables ont été analysées pour l'écologie par Walter [1974, pp. 42-49 et 330] et pour la composition et l'origine des groupements par Ozenda [1993, pp. 464-467] et au § 6.5.1.

La timberline (subalpin supérieur)

Elle est beaucoup plus diversifiée. Suivant les massifs elle peut être :

- formée simplement par l'appauvrissement, en taille et en densité, de la taïga de montagne : par exemple *Larix sibirica* dans le Putorana, *Larix gmelini* et *L. cajanderi* plus à l'est, *Pinus sibirica* dans l'Altai ;
- ou bien soulignée par une frange de bois prostrés comme le «Krummholz» des Alpes: *Betula tortuosa* dans l'Oural, *B. ermanni* dans l'est, divers *Salix*, *Alnus fruticosa* ; un Pin couché, *Pinus pumila* à aiguilles par 5 comme chez *p. sibirica*, caractérise la limite supérieure des arbres dans les massifs orientaux, et jusqu'au Kamtchatka, à Sakhaline et dans le nord du Japon ; il forme des brousses couchées comme le Pin mugo des Alpes.

Ce niveau correspondant à la partie supérieure des forêts et à leur limite est souvent désigné, de même que dans les Alpes orientales, comme étage subalpin. Par référence à notre modèle alpin, nous le considérons comme équivalent du Subalpin supérieur seulement.

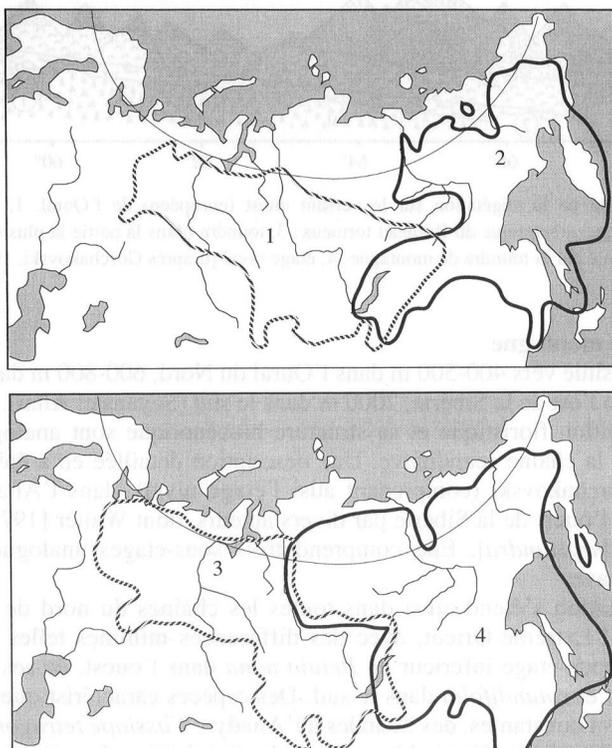


Fig. 8.20 Aire de conifères sibériens: 1, *Pinus sibirica*; 2, *Pinus pumila*; 3, *Larix sibirica* (incl. *Larix sukatchevii*); 4, *Larix dahurica* s.l. (*Larix gmelini* et *Larix cajanderi*) (d'après diverses sources).

La taïga de montagne

Il en a déjà été question ci-dessus. Elle est essentiellement constituée par les espèces de Mélèze se relayant d'ouest en est (fig. 8.20); dans l'Oural, les Monts du Baïkal et l'Altaï, le Mélèze est accompagné d'autres Conifères. Les variations de continentalité suivant la longitude ont été décrites par Stanioukovitch. Cette taïga de montagne est une dépendance de la grande forêt boréale; elle peut être désignée comme la partie principale de l'étage subalpin.

Les étages inférieurs

Ils ne sont représentés que dans les massifs du sud: Monts du Baïkal, et surtout groupe de l'Altaï (10 à 13, fig. 8.21) où ils sont partiellement constitués par des formations steppiques.

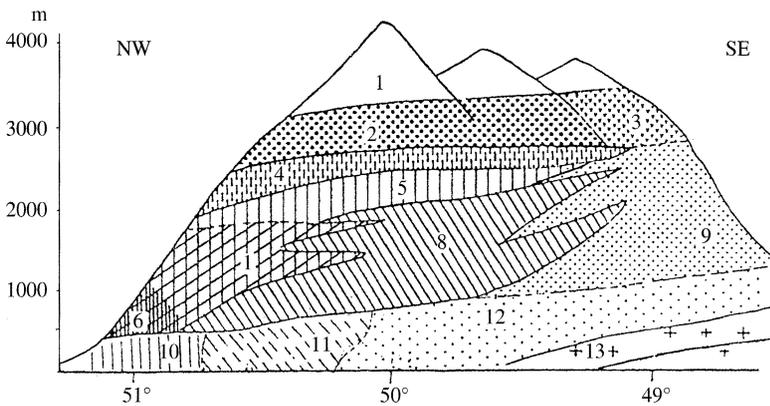


Fig. 8.21 Schéma des étages de végétation dans l'Altaï sibérien : 1, désert rocheux d'altitude («golsy»); 2, toundra de haute montagne, passant vers le sud à la pelouse à *Kobresia*, 3, 4, prairies subalpines; 5, boisement subalpin clairsemé de *Pinus sibirica*; 6 à 9, taïga de montagne : 6, avec feuillus et *Pinus sylvestris*; 7, à *Larix sibirica* et *Pinus sibirica*, passant progressivement vers le sud à une taïga claire à *Larix* (8), puis à des steppes mésophiles (9). 10 à 13, étage inférieur : 10, bois clairs de bouleau et tremble; 11, prairies; 12, steppes sèches à *Stipa*; 13, sur les confins mongols, steppes subdésertiques [d'après Ozenda, 1996].

L'immense ensemble des montagnes sibériennes ne saurait évidemment être regroupé sous un modèle unique et en un même orosystème. On peut en première approximation proposer, comme dans le chapitre suivant pour l'Asie centrale, de grands groupes subcontinentaux :

1. L'Oural et la Sibérie septentrionale (sauf sa partie orientale).
2. La Sibérie du Sud: Monts du Baïkal et Altaï.
3. La partie orientale (dans le territoire désigné par l'administration russe comme «Extrême-Orient»): Monts de Verkoïansk, Tcherski, de la Kolyma, Kamtchka [Rougerie, 1990, pp. 184-186].

En définitive, il paraît admissible d'interpréter l'ensemble des chaînes sibériennes suivant un modèle très analogue à celui de la chaîne scandinave. Mais il est seulement parallèle au modèle alpin, ou plus précisément à l'étagement des Alpes internes en raison du caractère continental et de la prédominance du Mélèze et du Pin de Sibérie apparentés aux Conifères intra-alpins.