

BRAUN-BLANQUETIA

RECUEIL DE TRAVAUX DE GEOBOTANIQUE / REVIEW OF GEOBOTANICAL MONOGRAPHS

41

LA VÉGÉTATION DES ALPES OCCIDENTALES
Un sommet de la biodiversité

Paul Ozenda et Jean-Luc Borel

CAMERINO
2006

ÉDITEURS:

Jean-Marie Géhu
Université R. Descartes, Paris et
Station Internationale de
Phytosociologie, Haendries
F - 59270 Bailleul

Franco Pedrotti
Dipartimento di Botanica ed Ecologia
Via Pontoni, 5
I - 62032 Camerino (MC)

Sandro Pignatti
Dipartimento di Biologia Vegetale
Università "La Sapienza"
Piazzale Aldo Moro
I - 00185 Roma

Salvador Rivas-Martinez
Departamento de Botanica
Facultad de Farmacia
Universidad Complutense
E - 28040 Madrid

Erich Hübl
Botanisches Institut
Universität für Bodenkunde
Gymnasiumstraße, 79
A - 1190 Wien

COMITÉ DE LECTURE:

P.V. Arrigoni (Firenze)
O. De Bolòs (Barcelona)
N. Boscaiu (Cluj-Napoca)
P. Bridgewater (Canberra)
M. Costa (Valencia)
K. Dierssen (Kiel)
N. Donita (Bucuresti)
U. Eskuche (Corrientes)
K. Falinska (Bialowieza-Cracovia)
D. Gafta (Cluj-Napoca)
M. Grandtner (Québec)
J. Izco (Santiago)
F. Klötzli (Zürich)
A. Lacoste (Paris-Orsay)
A. Miyawaki (Yokohama)
J. Moravec (Pruhonice)
A. Pirola (Pavia)
R. Pott (Hannover)
P. Quezel (Marseille)
F. A. Roig (Mendoza)
R. Schumacker (Liège)
M.A.J. Werger (Utrecht)
R. Wittig (Frankfurt a.M.)
O. Wilmanns (Freiburg i.Br.)

BRAUN-BLANQUETIA

Un héritage est enrichissant et ouvre de nouvelles possibilités créatrices. Mais il en découle en contre partie l'obligation de ne pas gaspiller le patrimoine reçu. Ceux qui, aujourd'hui étudient la végétation grâce à la phytosociologie peuvent utiliser des méthodologies bien au point et tirer profit d'un ensemble cohérent de connaissances.

C'est le résultat du travail méthodique de nombreux chercheurs de qualité pendant plusieurs décennies. Aujourd'hui, nous nous trouvons face à des problèmes qui ne sont sans doute pas tout à fait nouveaux mais qui paraissent infiniment plus graves que dans le passé: primauté de la technique, spécialisation, pénurie de matières premières, d'énergie et d'espace, crise de l'environnement...

Il se développe ainsi des problèmes spécifiques divers pour lesquels il est nécessaire de trouver des réponses nouvelles. Les chercheurs sont placés devant un véritable défi et il dépend de leur savoir et de leur imagination de montrer si la Science de la végétation est capable d'apporter une contribution appréciable à la solution de ces problèmes. La tradition phytosociologique dans ce contexte constitue une base essentielle. La conception typologique de la végétation et la clarté du système qui en découle, l'habitude des chercheurs de vivre en contact étroit avec la végétation, les recherches basées sur l'observation condition antithétique de l'expérimentation, sont les traits caractéristiques de la phytosociologie.

Les lignes directrices qui nous ont été transmises par les maîtres de la Science de la végétation, Josias Braun-Blanquet et Reinhold Tüxen avant tout, constituent actuellement une part importante de notre patrimoine d'idées. Notre but est de valoriser cet héritage et d'honorer la mémoire du premier de ces maîtres et fondateur de la phytosociologie moderne par une nouvelle série de publications.

Pourront y trouver place des monographies étudiant concrètement la végétation selon les enseignements de J. Braun-Blanquet et R. Tüxen qui, à travers la créativité des auteurs, produiront de nouveaux fruits. Disciples nous-mêmes de J. Braun-Blanquet et ayant collaboré à son activité, nous pensons qu'à travers cette série de publications son héritage restera vivant dans l'esprit originel et avec de nouvelles idées.

Sécretariat général de la publication:

Prof. Roberto Venanzoni
e-mail: rvenanzo@unipg.it

Sécretariat d'édition:

Laura Carimini
Dipartimento di Scienze ambientali
Sezione di Botanica ed Ecologia
Via Pontoni 5, 62032 Camerino (Italia)
e-mail: laura.carimini@unicam.it
Tel. 0737/404513 Fax 0737/404508

This volume has been written, edited and composed on a desktop publishing system using Apple Macintosh™ PageMaker® 6.5 by Laura Carimini.

© 2006 Dipartimento di Botanica ed Ecologia,
Università di Camerino

Printed in Italy by Tipografia "Arte Lito", Camerino 2006.

BRAUN-BLANQUETIA

RECUEIL DE TRAVAUX DE GEOBOTANIQUE/ REVIEW OF GEOBOTANICAL MONOGRAPHS

41

LA VÉGÉTATION DES ALPES OCCIDENTALES
Un sommet de la biodiversité

Paul Ozenda et Jean-Luc Borel

CAMERINO
2006

Courtesy of Editors Courtesy of Editors Courtesy of Editors Courtesy of Editors Courtesy of Editors

BRAUN-BLANQUETIA
RECUEIL DE TRAVAUX DE GEBOTANIQUE REVIEW OF GEBOTANICAL MONOGRAPHS



J. BRAUN-BLANQUET, 1954
Drawn from a photograph by Françoise M. Dansereau

CAMBRIDGE
2008

LA VÉGÉTATION DES ALPES OCCIDENTALES UN SOMMET DE LA BIODIVERSITÉ

Les régions concernées par ce volume sont les Alpes françaises, le Canton suisse du Valais et les Alpes italiennes de la Ligurie au Val d'Aoste.

Pourquoi les Alpes occidentales? C'est d'une part en raison de leur richesse et de leur originalité, dues à leur situation de carrefour biogéographique entre l'Europe centrale et le monde méditerranéen: "le pays des superlatifs" (BURGA, 2004). Mais aussi parce qu'elles ont été très bien étudiées au cours des récentes décennies, rattrapant leur retard par rapport à la connaissance biogéographique des Alpes orientales.

En effet, si la végétation de ces dernières est bien connue et si les grandes lignes en sont depuis longtemps devenues des notions classiques, en revanche celle des Alpes occidentales est restée en retrait, non que les connaissances en soient finalement moins avancées, mais parce que les travaux s'y rapportant ont été pour l'essentiel réalisés seulement dans la deuxième moitié du 20^e siècle. Ils ont bénéficié de l'impulsion donnée par les sessions de terrain de la Société Botanique de France en 1949 et 1950, puis par l'E.P.I. (excursion phytogéographique internationale) de 1966, et surtout des moyens liés au développement du Laboratoire de Biologie végétale de l'Université de Grenoble, en relation avec des groupes de chercheurs des Universités de Marseille, Turin, Genève et Innsbruck. Un ensemble très volumineux de publications a été regroupé dans les Documents de Cartographie Ecologique (1963 à 1988), et résumé essentiellement dans OZENDA 1966, 1982 et 1985 et dans RICHARD et PAUTOU, 1983; des cartes synthétiques au 1/200.000 (CNRS) et 1/400.000, ont été publiées (cf. fig. 24 et 29).

Comment se situe alors le présent volume? Il se propose de prendre un nouveau recul est de dégager dans une optique différente les grandes lignes de la biogéographie des Alpes occidentales. Il ne s'agit pas de refaire une monographie, mais tout différemment de proposer une réflexion sur la géobiologie de cette chaîne, illustrant l'intérêt de la montagne en tant que frontière écologique, refuge de la nature, et observatoire de biodiversité.

Nous supposons connue du lecteur la différence fondamentale entre *flore* et *végétation*, et nous précisons bien que par *biodiversité* nous entendons ici non seulement les aspects floristiques, souvent seuls pris en compte, mais aussi toutes les autres faces, écologique et

biocénotique notamment (cf. OZENDA, 2002: 45-48).

Ce volume comprend trois parties:

- 1) Un texte, divisé en six chapitres.
 1. Délimitation des régions décrites, dans les Alpes françaises, italiennes et suisses.
 2. Révision statistique et grandes lignes de la flore, en particulier de l'endémisme.
 3. Notions de série dynamique de végétation et d'étage biologique.
 4. Rappel de la documentation cartographique exceptionnelle concernant la végétation des Alpes occidentales, et tableaux synthétiques des séries.
 5. Aspects biogéographiques particuliers aux Alpes occidentales: pénétration de la zone intra-alpine jusque dans la terminaison sud de la chaîne, passage progressif de la végétation méditerranéenne de montagne à la végétation médioeuropéenne, vallées intra-alpines continentales, espèces et groupements de caractère oriental.
 6. Evolution actuelle de la végétation: impact humain, effet des variations climatiques en cours.
- 2) Une carte des grands ensembles végétaux, en couleurs, à l'échelle de 1/500.000. Elle est précédée d'une notice qui facilite la lecture de la carte en exposant les grandes lignes de la végétation, justifie les simplifications que l'échelle a imposées, et situe les descriptions détaillées contenues ici et dans les ouvrages antérieurs (p. 39).
- 3) Des résumés en anglais, en italien et en français.

1. QU'APPELEZ-VOUS ALPES OCCIDENTALES?

Un consensus divise depuis longtemps l'étude de l'arc alpin en deux moitiés, suivant approximativement une ligne qui va de l'est du lac de Constance au lac de Côme. En cette région la largeur de la chaîne se réduit sensiblement à la faveur des bassins supérieurs du Rhin et du Tessin; et l'axe interne continental, dont il sera souvent question plus loin, présente également une constriction. La ligne de démarcation entre les deux parties de la chaîne varie quelque peu dans le détail suivant les auteurs; nous adopterons ici la plus récente, celle qu'indique *Flora alpina* (AB, fig. 1).

Les différences entre les deux parties, occidentale et orientale, de la chaîne, apparaissent:

- dans la structure géologique (fig. 2);
- dans le climat: les Alpes occidentales, situées plus au sud et en partie sous influence subméditerranéenne, ont des

précipitations plus faibles. La différence est plus accentuée si l'on considère le régime saisonnier et notamment la pluviosité estivale (fig. 3);

- dans la composition de la flore, comme il est exposé plus loin, chap. 2. Si la moitié des espèces sont communes aux deux parties de la chaîne, le reste se partage sensiblement à égalité entre ces deux parties. Chacune d'elles héberge d'autre part de nombreuses espèces endémiques qui lui sont propres;
- dans la couverture forestière, dont deux exemples sont représentés par les fig. 3 et 4.

À l'unité reconnue des Alpes orientales on peut opposer une "segmentation" des Alpes occidentales. Dans le cadre de l'étude des Alpes françaises il est habituel de distinguer les Alpes du nord humides et les Alpes du sud sèches. L'étude détaillée, notamment cartographique, des Alpes occidentales au cours des récentes décennies a permis d'analyser en détail cette séparation au niveau d'une ligne (CD, fig. 1) allant de Valence à Turin, qui est plus précisément une zone de transition d'une vingtaine de kilomètres (cf. chap. 5.3).

Une troisième coupure a été parfois proposée, séparant la chaîne en trois segments, isolant les Alpes suisses et la partie limitrophe des Alpes italiennes sous le nom d'Alpes centrales (EF, fig. 1). Mais les affinités entre la flore des Alpes suisses occidentales et celle de la Savoie et du Val d'Aoste réduisent beaucoup la portée de cette coupure.

- Au sud-est, la chaîne alpine se termine par le chaînon des Alpes Ligures et se raccorde à l'Apennin occidental, dit Apennin Ligure. La limite Alpes-Apennin se trouve au col de Cadibone, un peu au nord de la ville de Savone. Une méconnaissance de la région conduit parfois à situer la fin des Alpes au col de Tende; c'était la position de BLANCHARD (1952), auteur d'un monumental traité sur la géographie des Alpes occidentales qui en excluait, on ne sait trop pourquoi, les Alpes Ligures. Il est vrai qu'il laissait aussi de côté le Val d'Aoste, limitant ainsi l'étude du versant italien aux limites administratives du Piémont.

La délimitation de la chaîne vis-à-vis de son avant-pays ne présente pas de difficultés particulières. La lisière des Alpes occidentales est jalonnée sur une grande longueur par des déclivités qui séparent nettement les premiers reliefs par rapport à la plaine: il en est ainsi pour tout le versant italien et pour les Préalpes françaises du nord (les chaînons sud-jurassiens de la région d'Aix-les-Bains sont à exclure).

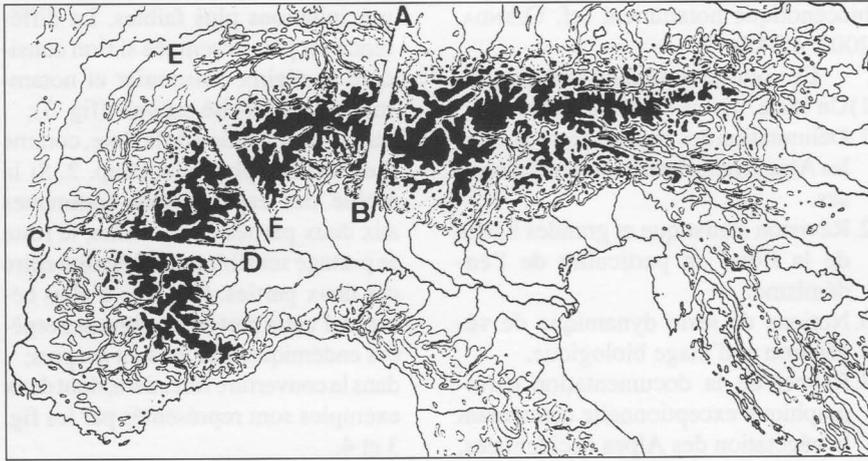


Fig. 1 - Les grandes divisions transversales proposées pour la chaîne alpine.

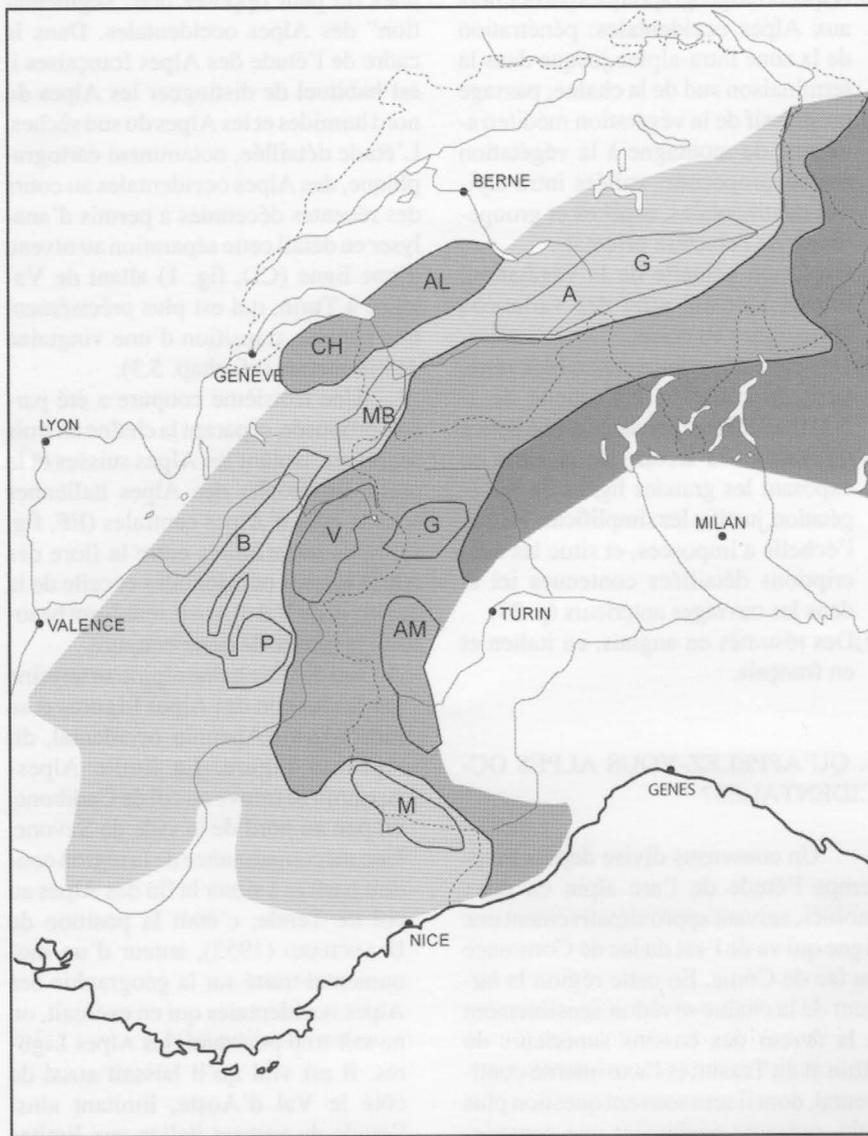


Fig. 2 - Géologie simplifiée des Alpes occidentales. La structure géologique de la chaîne alpine est constituée de trois ensembles, séparés par des traits épais sur la figure, et appelés d'ouest en est *Helvétides*, *Pennides* et *Austrides*. Les deux premiers forment les Alpes occidentales, le troisième la presque totalité des Alpes orientales. A. Les Helvétides (ici en gris clair) sont faites de massifs autochtones, c'est-à-dire non transportés sur une longue distance, à la différence des deux ensembles suivants. L'arc le plus externe de la chaîne est formé de massifs calcaires, allant des Préalpes suisses aux Préalpes de Haute Provence. Ils sont bordés, du côté est, de massifs cristallins plus élevés, de l'Aar au Mercantour, et culminant au Mont Blanc. B. Les Pennides (en gris moyen) sont un ensemble de nappes charriées d'est en ouest, dont les racines se trouvent sous les sédiments de la plaine du Pô. La nature lithologique est complexe: calcaire, cristallin, schistes métamorphiques dits schistes lustrés. Seuls les massifs les plus élevés ont été mentionnés sur la figure, en particulier en France la Vanoise. La masse charriée déborde en deux secteurs les massifs cristallins autochtones: d'une part un lobe s'est avancé entre Pelvoux et Mercantour (nappes dites de l'Embrunais-Ubaye), d'autre part des massifs calcaires ont été projetés très loin vers le nord constituant le Chablais et les Alpes lémanes (dits Préalpes au sens des géologues suisses; noter que ce terme n'a pas alors le même sens que pour les géographes qui désignent très généralement par Préalpes les parties périphériques de l'arc alpin). C. Les Austrides (en gris foncé) sont charriées à partir du sud sur l'extrémité orientale des Pennides. Les Austrides ne sont pas représentées ici, sauf par leur extrémité ouest et par une langue de terrain siliceux qui borde la chaîne en Lombardie. Notons cependant que pour une étude de biogéographie, c'est bien entendu la nature lithologique du terrain qui compte, plus que son origine tectonique. Il est évident à ce sujet que lorsque l'on parle de massif cristallin ou calcaire, il s'agit d'une indication très générale, valable à petite échelle, mais les massifs préalpins calcaires par exemple portent d'importants affleurements siliceux (mollasses, dépôts morainiques), et inversement. Les sols des Alpes occidentales n'ont pas fait l'objet d'études d'ensemble. Seuls ceux des étages subalpin et alpin ont été étudiés en détail à propos de chaque association (GUINOCHET, 1938; LACOSTE, 1972; GENSAC, 1977).

En Suisse, la séparation entre la partie alpine et le Moyen Pays est bien connue. Les seules imprécisions peuvent concerner la limite sud de la chaîne, en dehors des régions où elle se termine par le rebord de plateaux ("plans") tombant nettement sur la Provence; ailleurs on peut, suivant une possibilité d'ailleurs retenue par *Flora alpina*, adopter la limite entre les végétations méditerranéenne et supraméditerranéenne.

Ce volume n'étant pas une monographie, mais un ensemble de réflexions, peut se permettre une délimitation souple des Alpes occidentales, variable d'un chapitre à l'autre, en quelque sorte *ad hoc* pour chaque question traitée. L'apport fondamental de la récente *Flora alpina* conduit naturellement à traiter la floristique dans le cadre le plus large (chap. 2). En revanche la disparité de la documentation cartographique entre les Alpes suisses et les Alpes franco-italiennes nous a contraints à réduire l'étendue de la *Carte générale de la végétation* en hors-texte annexée à ce volume et de la limiter sensiblement au niveau du Lac Léman. Toutefois les vallées continentales intra-alpines étant une caractéristique majeure de cette étude, il aurait été regrettable de l'amputer de l'exemple remarquable du Valais; encore qu'il soit téméraire de tenter une représentation simplifiée d'une région qui a fait l'objet d'une littérature botanique aussi considérable. Pour l'étude du gradient méditerranéen (chap. 5.3) nous retiendrons surtout les Alpes françaises.

2. RICHESSE ET ORIGINALITÉ D'UNE FLORE

2.1. Aperçu de l'histoire de la floristique dans les Alpes occidentales

La flore des Alpes occidentales a donné lieu, comme celle de tout l'arc alpin, à une grande quantité de travaux et de publications, et à des ouvrages de synthèse dont nous ne retiendrons que les principaux. L'un des premiers est la *Flora pedemontana* d'ALLIONI, 1785. Les

Alpes françaises ont donné lieu à un ensemble de *Catalogues raisonnés des plantes vasculaires*: Dauphiné par VERLOT, 1872-1877, Savoie par PERRIER DE LA BATIE, 1917-1918, Drôme par LENOBLE, 1935. La richesse floristique exceptionnelle des Alpes Maritimes a été reconnue très tôt: dès 1879 ARDOINO donnait une première flore de ce département, mais l'ensemble des Alpes Maritimes françaises et italiennes a fait l'objet surtout des campagnes de terrain de l'équipe de BURNAT (plus de 200.000 parts d'herbier) et de la parution de sa monumentale Flore des Alpes Maritimes, à partir de 1892, continuée par BRIQUET et CAVILLIER mais restée inachevée après eux. Cette période se termine par la revue d'ensemble *Un siècle de floristique dans les Alpes françaises*, due à OFFNER et LE BRUN, 1950-1951, qui cite plus de 200 publications. Récemment des Flores régionales nouvelles ont vu le jour: Drôme (GARRAUD, 2003), Hautes-Alpes (CHAS, 1994), Alpes Maritimes (CHARPIN et SALANON, 1985; SALANON et KULESZA, 1998).

De plus la flore des Alpes occidentales se trouve maintenant incluse dans de plus grandes synthèses concernant la totalité de la chaîne alpine. La grande *Flora d'Italia* de PIGNATTI (1982) ne se limite pas strictement au territoire italien, mais s'étend aussi à une partie des Alpes françaises limitrophes et notamment à toutes les Alpes Maritimes. Tout récemment, la *Flora alpina* du groupe genevois dirigé par AESCHIMANN (2004) donne un inventaire complet et critique de la flore de toute la chaîne, avec des cartes de répartition, une documentation détaillée sur l'écologie de chaque espèce, et de superbes photographies. Une partie des statistiques des pages qui suivent ici ont été affinées à partir de cet ouvrage.

2.2. Evaluation générale de la flore

On ne considèrera ici que les espèces et sous-espèces, et non les taxons de rang inférieur.

D'après *Flora alpina*, la chaîne alpine héberge environ 4500 espèces et sous-espèces, dont 500 sont adventices: soit 4000 taxons spontanée (exactement 3987), dont 3500 espèces linnéennes. Cette évaluation est un peu en retrait par rapport à des données antérieures: OZENDA, 1985, proposait $5000 \pm 10\%$.

A partir des cartes de répartition contenues dans *Flora alpina*, on peut essayer de classer les taxons en trois ensembles:

- ceux dont l'aire, continue ou souvent très discontinue, s'étend à l'ensemble de la chaîne;

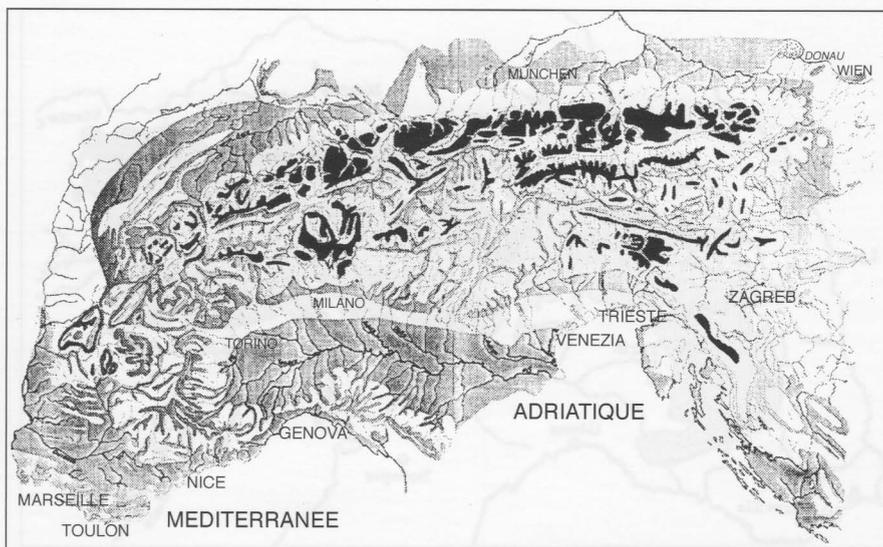


Fig. 3 – Répartition de la pluviosité estivale (d'ap. RICHARD et TONNEL, 1987). Déjà la pluviosité totale annuelle est sensiblement plus faible dans les Alpes occidentales, mais le contraste entre les deux parties de la chaîne est encore accentué du fait d'une répartition mensuelle très différente. En effet les Alpes occidentales connaissent dans leur partie franco-italienne un creux estival de précipitations en raison du climat méditerranéen et subméditerranéen, tandis que dans les Alpes orientales le maximum de pluie se situe pendant l'été.

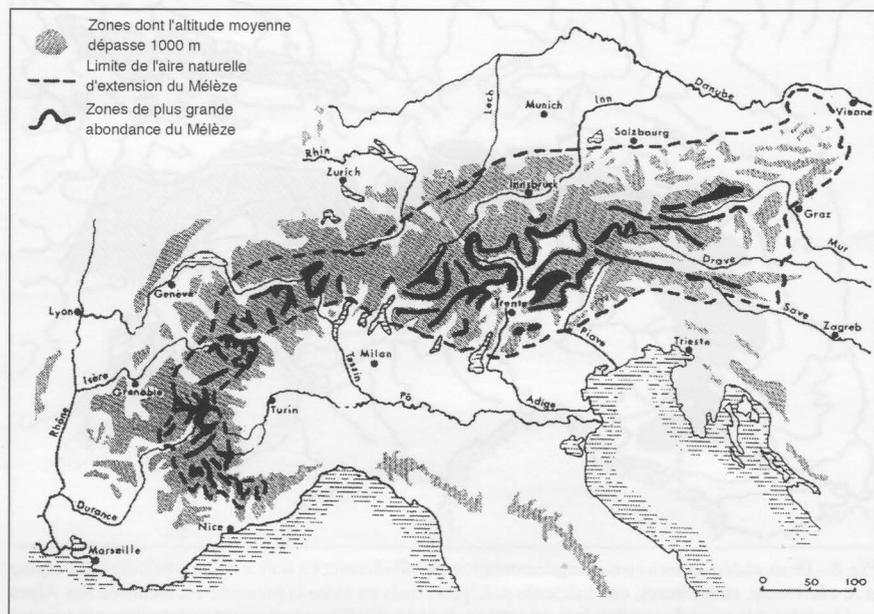


Fig. 4 – Disparité de la répartition du mélèze dans les deux moitiés de la chaîne (d'ap. FOURCHY, 1952). Dans les Alpes occidentales le mélèze est strictement limité à la zone axiale, tandis que dans les Alpes orientales il se trouve aussi à l'état naturel dans les Préalpes, avec cependant une plus grande abondance dans la zone axiale (et aussi dans les Dolomites et les Alpes juliennes).

- ceux dont l'aire de répartition est limitée aux Alpes occidentales, ou tout au moins présente une répartition qui déborde peu leur limite vers l'est;
- ceux dont l'aire est limitée aux Alpes orientales, ou les déborde peu.

Le dénombrement des deux dernières catégories présente nécessairement une marge d'erreur ou une appréciation conventionnelle, de sorte que l'évaluation ne peut déboucher que sur des chiffres arrondis. L'appartenance d'une espèce (ou sous-espèce) à l'une ou l'autre des deux moitiés de la chaîne peut apparaître évidente (fig. 5), plus encore s'il s'agit d'endémiques (fig. 6). Mais souvent l'aire du taxons consi-

déré, bien qu'ayant nettement son centre de gravité d'un côté ou de l'autre, déborde plus largement la limite (fig. 7): il a fallu dans certain nombre de cas - disons un sur dix, peut être - trancher avec l'espoir que les erreurs d'appréciation éventuelles se compensent de part et d'autre. Il apparaît que les espèces communes aux deux moitiés de la chaîne dominent très largement, 56%, le reste se partageant à peu près également entre les deux parties, avec toutefois un avantage aux Alpes orientales, 23%, contre 21% seulement pour les Alpes occidentales. Les effectifs arrondis sont 2220, 905 et 820 espèces et sous-espèces, respectivement.

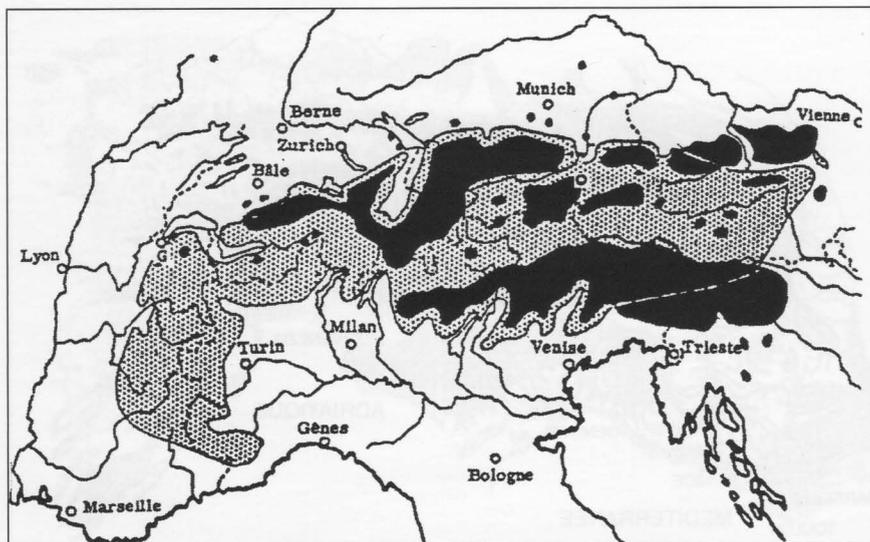


Fig. 5 – Aire alpine des Rhododendrons: *Rh. ferrugineum*, en grisé et *Rh. hirsutum*, en noir. Ici intervient essentiellement un déterminisme édaphique. La première espèce est acidophile et son maximum de répartition se trouve dans l'axe intra-alpin de l'ensemble de la chaîne. La seconde espèce est neutrophile et calcicole, elle se trouve localisée dans les Préalpes orientales et centrales et ne pénètre dans l'axe intra-alpin qu'à la faveur de massifs calcaires; quelques stations isolées se trouvent dans le sud-ouest de la Suisse et en Haute-Savoie.

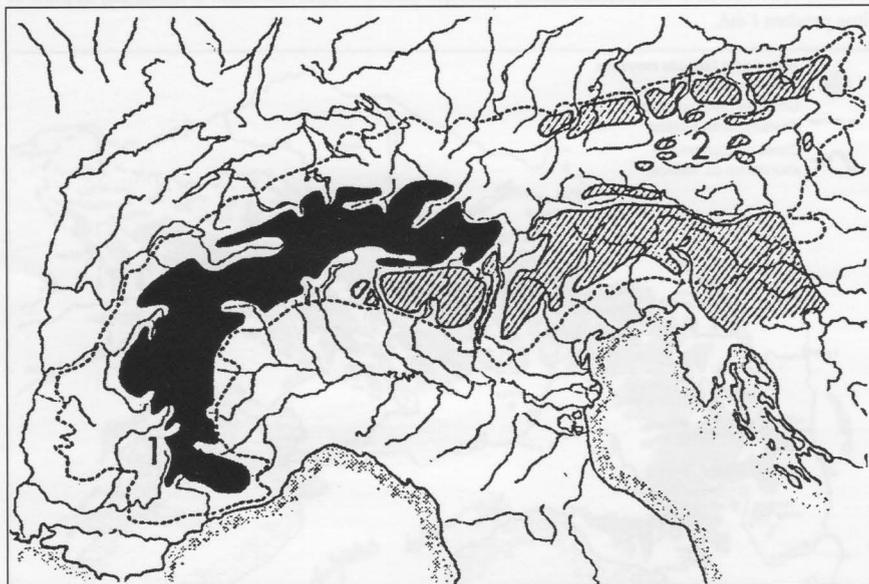


Fig. 6 – Deux endémiques à aires complémentaires. *Achillea nana*, en noir, est une silicicole intra-alpine et *A. clavennae*, en hachures, une calcicole préalpine; mais en outre la première est localisée aux Alpes occidentales et la seconde aux Préalpes orientales, de sorte qu'elles apparaissent comme deux vicariantes à la fois géographiques et écologiques.

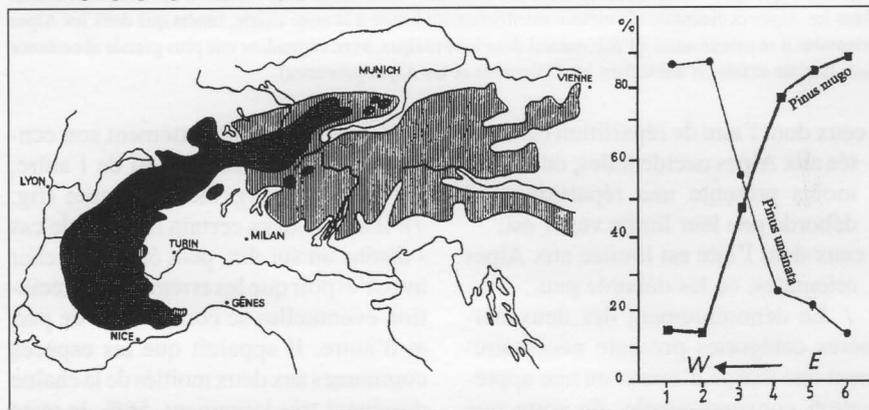


Fig. 7 – Les Pins du groupe *Pinus montana* dans les Alpes. À gauche, l'aire des deux espèces: en quadrillé, le Pin à crochets (*Pinus uncinata*), limité aux Alpes occidentales et centrales; en hachures verticales, le Pin rampant (*P. mugo*) limitée aux Alpes orientales (et à quelques localités dans les Alpes Ligures et le Piémont). Les formes intermédiaires ou présumées hybrides n'ont pas été figurées ici. A droite, remplacement progressif du Pin à crochets, d'est en ouest dans l'étage subalpin des Alpes suisses. La statistique a été établie à l'aide de la carte de la végétation de la Suisse par Schmid: les Alpes suisses ont été divisées en huit tranches méridiennes de 50 km de largeur et dans chacune d'elles l'importance relative des deux espèces a été évaluée d'après la proportion des signes représentatifs de l'une ou l'autre figurant dans la carte (près d'un millier de signes au total).

Les Alpes occidentales compteraient donc environ 3040 taxons et les Alpes orientales environ 3125. L'indice de parenté entre les deux moitiés de la chaîne (indice de Jacquard, qui est le quotient du nombre des espèces communes à deux territoires par le nombre total d'espèces qu'ils possèdent) est de l'ordre de 56% (2220/3987).

Contrairement à ce qui est souvent admis, les Alpes occidentales ne sont pas tellement plus pauvres que les orientales. Si leur superficie est notablement plus faible, en revanche elles sont très étalées en latitude, donc sous des climats différents, et de plus ont subi une moindre glaciation.

Les régions floristiquement les plus riches sont:

- les Alpes Ligures et la vallée moyenne de la Roya;
- les Préalpes de Haute Provence (montagnes de Grasse et du Verdon);
- le massif du Vercors;
- les vallées internes: Haute Durance, Val d'Aoste, Valais.

La répartition de la richesse floristique en altitude montre, comme dans la plupart des grandes chaînes, un léger maximum dans l'étage subalpin.

2.3. La flore de l'étage alpin

Outre les imprécisions relatives au dénombrement d'espèces en général, les statistiques concernant l'étage alpin demandent des précautions supplémentaires liées à la définition de la base de cet étage, notamment à la structure de l'écotone subalpin/alpin et à son incorporation partielle éventuelle dans la statistique de l'alpin. Ici ont été utilisées par convention les indications de répartition altitudinale données pour chaque espèce par *Flora alpina* (bien que non accompagnées de valeurs numériques). On a retenu comme *alpines* les espèces indiquées comme présentes dans les étages alpin et nival; de plus ont été séparées celles qui sont limitées à ces étages, dites *alpines strictes* ci-après, de celles qui remontent des étages inférieurs, c'est-à-dire présentes aussi dans le subalpin et même plus bas.

L'effectif de l'étage alpin évalué sur ces bases est pour l'ensemble de la chaîne 1092 taxons, dont 986 espèces linnéennes et 106 sous-espèces. Les alpines strictes sont 644, soit 59%.

Les taxons communs aux deux parties de la chaîne sont 618, les occidentaux 213, les orientaux 261, soit 56,5%, 19,5% et 24%: la proportion des espèces communes est donc exactement la même que lorsqu'on considère la flore de l'ensemble des étages, mais les Al-

pes orientales ont ici un avantage plus net. Au total, on compte donc 831 espèces dans l'étage alpin occidental, et 879 à l'est.

Une intéressante comparaison avec les Pyrénées paraît s'imposer. D'après *Flora alpina*, on retrouve dans l'étage alpin des Pyrénées 540 espèces ou sous-espèces de l'étage alpin des Alpes; parmi elles 478 sont présentes dans les deux parties des Alpes, 56 sont occidentales, et 6 orientales seulement (soit respectivement 534 "pyrénéennes" à l'ouest et 484 à l'est).

D'après diverses sources, l'effectif de l'alpin des Pyrénées peut être évalué à 725 environ. Dans ces conditions, les valeurs de l'indice de similitude de Jaccard seraient celles qui sont données dans la fig. 8: il apparaît que l'étage alpin des Alpes occidentales est presque aussi proche de celui des Pyrénées que de celui des Alpes orientales.

2.4. L'endémisme

L'endémisme dans la chaîne alpine a donné lieu à une foule de travaux. Pour les Alpes occidentales ils se trouvent résumés dans BARBERO, 1967; BREISTROFFER, 1965; MARTINI, 1984; OZENDA, 1951 et 1995; PAWLOWSKI, 1970; SALANON et KULESZA, 1998.

Il est intéressant de rappeler ici l'existence d'un endémisme au niveau de l'ensemble du système alpin (OZENDA, 1995). De nombreuses espèces, présentes à la fois dans les Alpes et d'autres chaînes alpines médio-européennes, mais non ailleurs, peuvent être considérées comme endémiques de ce système alpin pris dans son ensemble. Cette extension peut même s'étendre à l'échelle supra-spécifique, comme *Soldanella*, *Cardamine* subgen. *Dentaria*, *Primula* subgen. *Auriculastrum*, *Gentiana* sect. *Coelantha* et *Megalanthe*, *Saxifraga* sect. *Aizoonia*; dans chacun de ces cas, la parenté systématique des espèces s'accompagne d'une unité écologique qu'atteste la similitude d'habitat.

Revenons aux Alpes et examinons d'abord les principales données relatives à l'endémisme dans l'ensemble de la chaîne alpine. Elles sont résumées dans le tableau ci-dessus. Ces évaluations comprennent les espèces subendémiques.

Les subendémiques alpines sont des espèces dont l'aire coïncide presque complètement avec l'une des grandes subdivisions de la chaîne mais pénètre légèrement dans une autre.

Les "subendémiques dépassant les limites des Alpes" sont des espèces qui débordent quelque peu soit dans l'avant-pays soit dans les montagnes voisines.

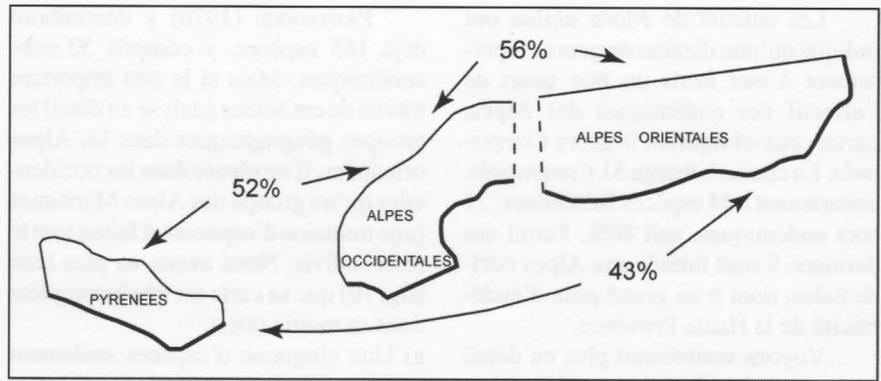


Fig. 8 – Parenté de l'étage alpin des Alpes occidentales avec celui des Pyrénées. Mode de calcul des indices: Alpes occidentales et Pyrénées par ex., $534 / (831 + 725 - 534) = 52\%$.

	Total	Alpes occident seulement	Toute la chaîne	Alpes orientales seulement
Pawłowski, 1970	452	165 38%	73 16%	214 46%
Flora alpina (tous étages)	501	179 36%	67 14%	255 50%
Flora alpina (alpin seulement)	265	85 32%	46 17%	134 51%

On peut remarquer:

- 1) que les endémiques présentes dans l'étage alpin forment la moitié environ de l'endémisme général "tous étages confondus": $265/501 = 53\%$.
- 2) que les endémiques communes aux deux parties de la chaîne sont peu nombreuses (env. 15%), autrement dit que l'endémisme est surtout affaire de l'une ou l'autre des deux moitiés contrairement à ce qui se passe pour la flore totale (cf. ci-dessus, 2.2). Notons que beaucoup d'espèces sont représentées par des sous-espèces voisines dans les différentes parties de la chaîne (*Senecio incanus*, fig. 9).
- 3) que l'avantage des Alpes orientales est ici encore plus net que précédemment, leur taux d'endémisme étant

dans l'étage alpin de 15% ($134/879$), contre 10% à l'ouest ($85/832$).

- 4) qu'elles constituent le quart environ de l'effectif de l'étage alpin, $265/1092 = 24\%$.

- 5) qu'une partie d'entre elles ayant une large distribution verticale, et qu'il y a aussi 236 endémiques "hors étage alpin", l'endémisme est donc important aussi dans les basses et moyennes altitudes, notamment dans la partie subméditerranéenne des Alpes sud-occidentales.

La répartition géographique de l'endémisme dans la chaîne est très inégale (fig. 10). Elle présente quatre centres principaux: la Haute Provence et les Alpes Maritimes et Ligures d'une part, le sud-ouest et le sud-est des Alpes orientales d'autre part.

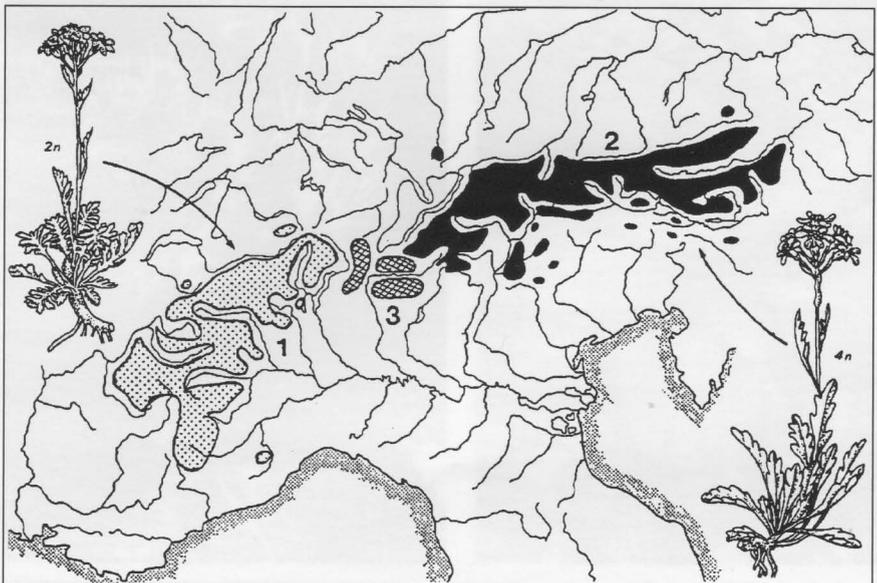


Fig. 9 – Les sous-espèces de *Senecio incanus* dans les Alpes: 1, ssp. *incanus*, diploïde; 2, ssp. *carniolicus*, tétraploïde; 3, ssp. *insubricus* (d'ap. MERXMÜLLER, 1952).

Les auteurs de *Flora alpina* ont indiqué qu'une dizaine de genres représentent à eux seuls un bon quart de l'effectif des endémiques des Alpes; parmi ceux-ci figurent le genre *Campanula*. La chaîne héberge 51 *Campanula*, appartenant à 44 espèces linnéennes; 21 sont endémiques, soit 40%. Parmi ces derniers, 9 sont limités aux Alpes occidentales, dont 6 au grand pôle d'endémicité de la Haute Provence.

Voyons maintenant plus en détail la situation dans les Alpes occidentales.

Flora alpina recense 179 espèces endémiques de cette moitié de la chaîne, contre 255 dans l'autre moitié. La richesse plus grande des Alpes orientales peut tenir en partie à une connaissance plus ancienne et plus approfondie, mais réciproquement il faut noter que beaucoup d'endémiques ont été décrites dans les Alpes occidentales au cours des récentes décennies seulement.

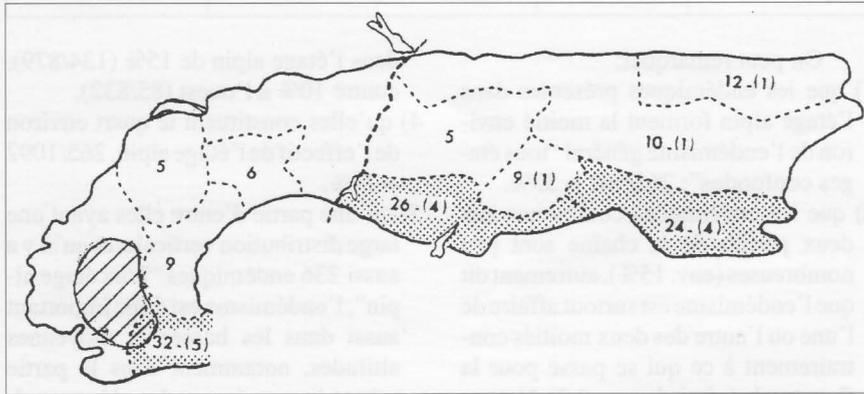


Fig. 10 - L'endémisme dans la chaîne alpine, d'après PAWLOWSKI (1970), complété. Le premier chiffre (ou le chiffre unique), indique le nombre des espèces endémiques de chaque secteur figuré; le second chiffre (entre parenthèses), le nombre de taxons supraspécifiques (sections, genres) endémiques de ce secteur. Les trois grands pôles d'endémicité mentionnés par PAWLOWSKI (1970) sont en grisé; on a ajouté en hachures celui de la Haute Provence qu'il n'avait pas reconnu.

PAWLOWSKI (1970) y dénombre déjà 165 espèces, y compris 32 sub-endémiques. Mais si le très important travail de cet auteur analyse en détail les groupes géographiques dans les Alpes orientales, il ne sépare dans les occidentales qu'un groupe des Alpes Maritimes (une trentaine d'espèces) et laisse tout le reste indivis. Nous avons vu plus haut (fig. 10) que sa carte est très incomplète dans sa moitié ouest.

a) Une vingtaine d'espèces seulement ont une aire qui couvre l'ensemble des Alpes occidentales (*Saxifraga diapensioides*, *Hugueninia tanacetifolia*, *Artemisia glacialis*); certaines débordent un peu vers l'est de la chaîne (*Viola cenisia*), d'autres en revanche s'arrêtent au nord du Dauphiné et manquent en Savoie, Val d'Aoste et Valais (*Phyteuma michelii*, *Festuca flavescens*, *Brassica repanda*, *Coincya richeri*).

b) Le groupe de beaucoup le plus important est celui qui occupe les montagnes calcaires allant de la Drôme jusqu'à l'est de la Haute Provence. On y trouve des célébrités comme le genre endémique *Berardia subacaulis* (fig. 11), dont l'aire couvre celle de tout le groupe, et d'autres plus localisées par exemple dans la Montagne de l'Auroux, le bassin du Verdon, les plateaux karstiques situés au nord et à l'est de Grasse.

c) Il faut toujours faire une place à part pour les Alpes Maritimes (au sens large, fig. 12 et 13). On peut y distinguer les espèces de moyenne et basse montagne, terminaison orientale du groupe précédent, et celles de haute montagne: les unes dans le massif siliceux du Mercantour, les autres sur le chaînon calcaire des Alpes Ligures.

3. LA VÉGÉTATION, DÉCODEUR DE L'ÉCOLOGIE

3.1. Le groupement végétal comme représentation approchée de l'écosystème.

L'étude complète d'une biocénose, et à plus forte raison celle d'un écosystème, est une entreprise considérable, nécessairement pluridisciplinaire et qui requiert de nombreux spécialistes. Une telle étude n'a été réalisée, ou du moins entreprise, que dans un nombre limité de cas, notamment dans le cadre du Programme Biologique International; il est hors de question d'étudier à fond tous les écosystèmes, même avec le secours des méthodes les plus modernes de recueil et de traitement de l'information. Il faut donc chercher à remplacer la représentation de chaque écosystème par une image simplifiée mais suffisamment fidèle.

L'expérience a montré qu'en pratique la considération de la partie végétale de l'écosystème, c'est-à-dire celle de la phytocénose, donne une image approchée et que la réduction de cette phytocénose aux plantes vasculaires donne encore une image satisfaisante tout en fournissant l'approche la plus facile, pour les raisons suivantes:

- les végétaux vasculaires représentent, et de très loin, l'essentiel de la biomasse, parfois dans une forêt plus de 90%. Ces végétaux, et notamment les ligneux, concourent à créer ou à façonner d'une manière déterminante le milieu qui abrite à son tour les autres constituants de la biocénose: ils sont les espèces dites formatrice du système (*key species* de Grabherr);
- par leur immobilité et, pour certains d'entre eux, leur grande taille et leur

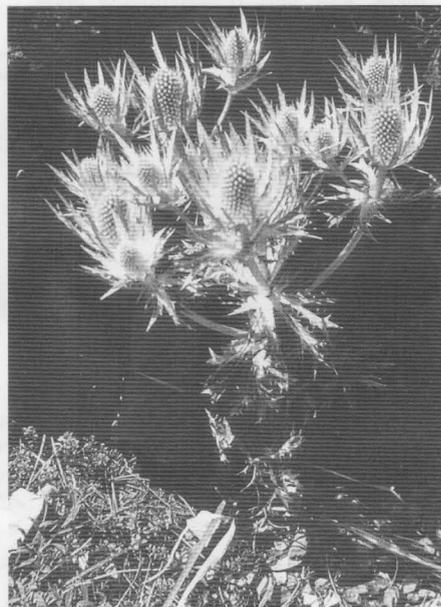
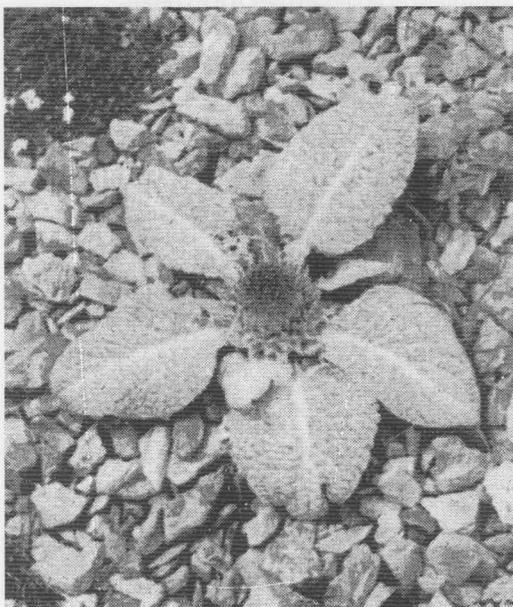


Fig. 11 - Deux endémiques des Alpes occidentales: *Berardia subacaulis* genre monospécifique, et *Eryngium spina-alba*.

longévités, ils sont des indicateurs et des intégrateurs des conditions de milieu; la plus grande partie des flux de matière et d'énergie passe également par les végétaux vasculaires;

- les méthodes d'étude et de classement des groupements phanérogamiques sont maintenant bien au point.

Dans cette masse végétale vasculaire les ligneux jouent un rôle privilégié, de sorte que la représentation des types de forêts a tenu dès l'origine une place de premier plan dans l'étude de la végétation, surtout à l'échelle géographique qui est celle de ce volume.

3.2. Le manteau forestier, fondement d'une biogéographie de la chaîne alpine

Pourquoi donner une place privilégiée à l'arbre? Il y a à cela des motifs de trois ordres:

- des raisons théoriques. L'arbre est le meilleur reflet des conditions de milieu, car du fait de la dimension de ses parties aériennes, du volume de sol qu'il exploite et de sa longévités, il intègre bien ces conditions à la fois dans l'espace et dans le temps. Il est aussi l'expression matérielle du climat, du fait que la forêt est le plus souvent le terme du dynamisme;

- des raisons pratiques:

a) ce sont les forêts que l'on voit bien de prime abord, tant dans l'étude au sol que dans l'interprétation des photographies aériennes. Ce sont elles qui dès l'origine ont été à la base de la définition des étages de végétation.

b) en montagne, la forêt est en général beaucoup mieux conservée qu'en plaine.

c) enfin c'est elle qui a fait l'objet de la plupart des documents disponibles: les cartes forestières ont été souvent les premières, ou sont encore les seules, pour certaines régions, et il en est de même pour des ouvrages scientifiques.

- des raisons utilitaires enfin, en relation avec le rôle des arbres dans les divers aspects de l'économie montagnarde (exploitation, forêts de protection, réserves naturelles) et avec l'intérêt de l'étude du dynamisme dans l'aménagement du territoire.

La répartition des grandes espèces forestières permet une première distinction des grands secteurs biologiques des Alpes occidentales.

a) Les aires comparées du Hêtre et du Mélèze séparent en première approximation une couronne de massifs préalpins et un axe intra-alpin (fig. 14).

- une étude plus détaillée des forêts résineuses de moyenne montagne conduit à la séparation dans l'axe intra-

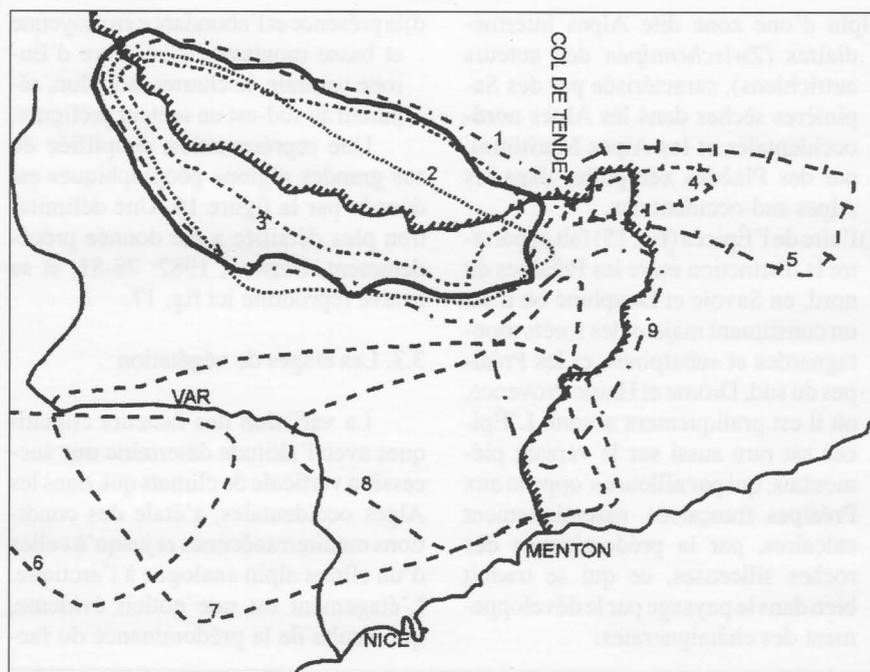


Fig. 12 – Aires de distribution d'espèces endémiques des Alpes Maritimes (d'ap. OZENDA, 1951) - Groupe du Mercantour: 1, *Potentilla valderia*; 2, *Silene cordifolia*; 3, *Saxifraga florulenta*. Le trait plein indique la limite des terrains cristallins de ce massif. La ligne garnie de hachures représente la frontière franco-italienne, qui correspond dans la partie supérieure de la figure à la ligne de partage des eaux, entre les deux versants. Groupe des Alpes Ligures: 4, *Iberis nana*; 5, *Helianthemum lunulatum*. Groupe des moyennes montagnes: 6, *Arenaria cinerea*; 7, *Ballota frutescens*; 8, *Potentilla saxifraga*; 9, *Saxifraga cochlearis*.

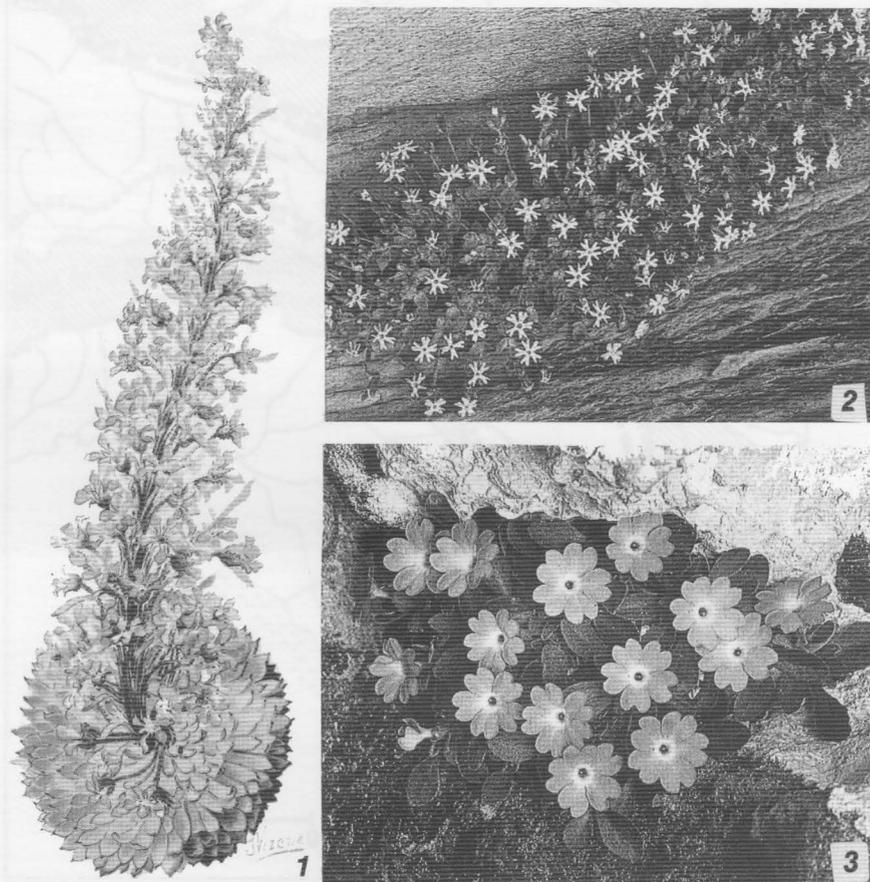


Fig. 13 – Trois raretés de la flore des Alpes Maritimes. 1, *Saxifraga florulenta* (d'après une ancienne aquarelle; échelle 1/2 environ). Cette superbe saxifrage est endémique du massif du Mercantour. Longtemps menacée de disparition, elle est maintenant protégée par le Parc national dont elle est devenue l'emblème. Elle vit dans les fissures des parois rocheuses des étages alpin et nival; sa rosette met plusieurs décennies à constituer un coussinet d'un pouce d'épaisseur. Elle fleurit une fois; la hampe florale peut atteindre 40 cm et porter plus d'une centaine de fleurs rouges. 2, *Silene cordifolia*, endémique du même massif. 3, *Primula allionii*, de la vallée de la Roya et de quelques localités du versant italien (2 et 3 d'ap. MARTINI, 1992).

alpin d'une zone dite Alpes intermédiaires (*Zwischenalpen* des auteurs autrichiens), caractérisée par des Sapinières sèches dans les Alpes nord-occidentales et les Alpes Maritimes, par des Pinèdes xérophiles dans les Alpes sud-occidentales.

c) l'aire de l'Épicéa (fig. 15) fait apparaître la distinction entre les Préalpes du nord, en Savoie et Dauphiné où il est un constituant majeur des forêts montagnardes et subalpines, et les Préalpes du sud, Drôme et Haute Provence, où il est pratiquement absent. L'Épicéa est rare aussi sur le versant piémontais, qui par ailleurs s'oppose aux Préalpes françaises, essentiellement calcaires, par la prédominance des roches siliceuses, ce qui se traduit bien dans le paysage par le développement des châtaigneraies.

d) la présence et l'abondance en moyenne et basse montagne d'un arbre d'Europe centrale, le charme-houblon, séparent au sud-est un secteur préalpin.

Une représentation simplifiée de ces grandes régions géographiques est donnée par la figure 16. Une délimitation plus détaillée a été donnée précédemment, OZENDA, 1982: 78-81, et se trouve reproduite ici fig. 17.

3.3. Les étages de végétation

La variation des facteurs climatiques avec l'altitude détermine une succession verticale de climats qui, dans les Alpes occidentales, s'étale des conditions méditerranéennes et jusqu'à celles d'un climat alpin analogue à l'arctique. L'étagement est une notion évidente, qui résulte de la prédominance du fac-

teur écologique constitué par le gradient altitudinal de température.

De longues et nombreuses observations ayant montré que les étages des Alpes ont une amplitude moyenne de l'ordre de 700 m, la fourchette de température dans la quelle chacun se développe doit être environ de 4°C.

On pourrait objecter que la distribution altitudinale de la végétation est un continuum; mais c'est un faux problème. Outre que l'observation montre bien l'existence de discontinuités, l'étage conserve toute façon la valeur pragmatique d'une hypothèse de travail et d'une base de classement de l'information.

La distinction d'étages de végétation s'est imposée du reste très tôt comme une nécessité dans l'étude de la chaîne alpine, et de nombreuses représentations ont été proposées. L'ouvrage classique de SCHRÖTER (1928) regroupait en un vaste dépliant pas moins de vingt-quatre étagements dus à de nombreux auteurs de l'époque. La plupart de ces systèmes reposaient sur de grands faits géographiques (altitude, limite des neiges permanentes, ...) ou bien sur des types d'utilisation de la montagne (cultures, forêts, pâturages) et ne prenaient pas en compte autant qu'aujourd'hui la végétation naturelle. L'étage ainsi compris était une notion plus large et d'une application plus générale qu'actuellement; notons l'importance qui était donnée au facteur humain dans un type d'exploitation qui, il est vrai, était une économie rurale séculaire en équilibre avec l'écologie.

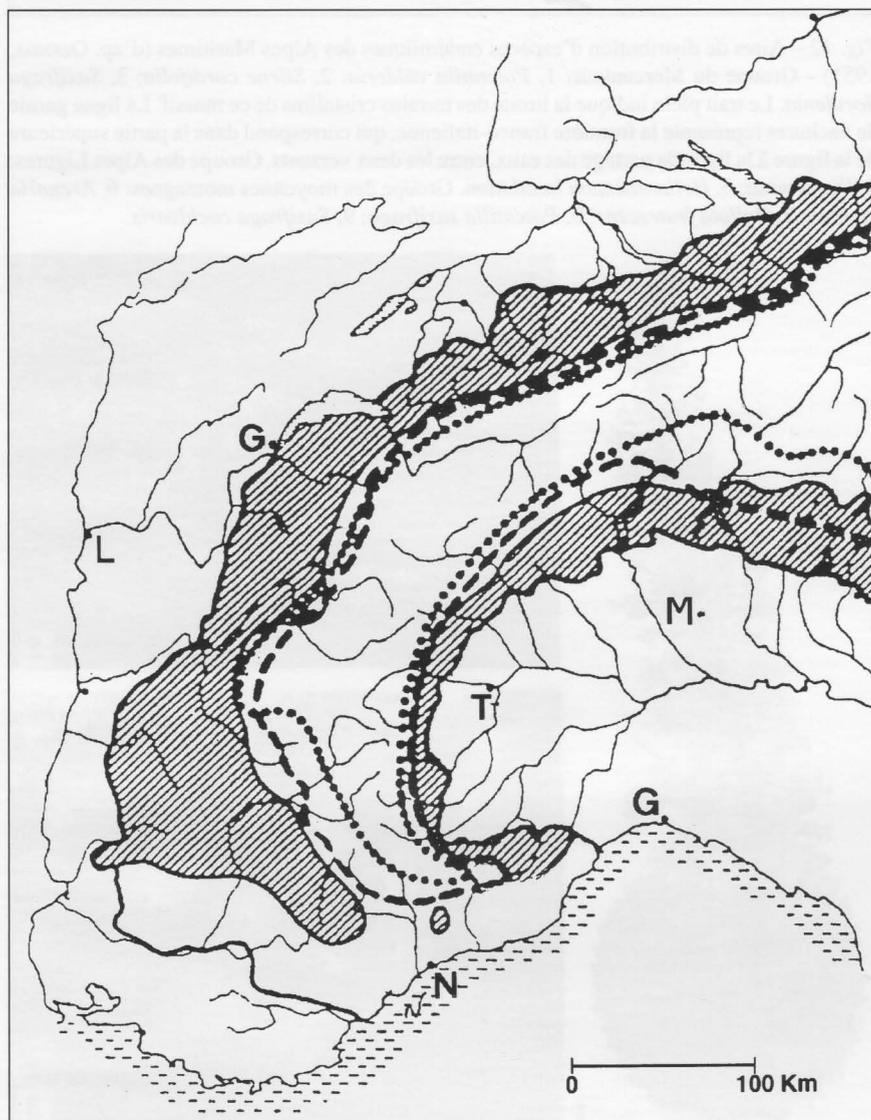


Fig. 14 – Complémentarité des aires du Hêtre (en hachures) et du mélèze (limite externe en tirets) dans les Alpes occidentales (d'ap. ZUKRIGL, in MAYER 1984, modifié). Limite du Pin cembro en pointillé. Les principales villes sont indiquées par leur initiale. Remarquer dans les Alpes Maritimes le hiatus de l'aire du Hêtre (cf. plus loin, fig. 28) et l'avancée de la zone interne (cf. fig. 35). Une représentation plus détaillée de la limite du mélèze en Savoie et Dauphiné est donnée dans RICHARD et PAUTOU, 1982, p. 48.

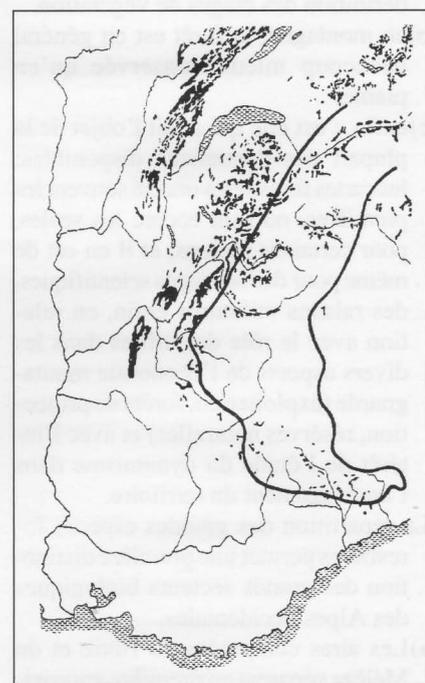


Fig. 15 – Aire de l'Épicéa dans les Alpes occidentales (taches noires). 1, limite du mélèze: on voit que la plus grande partie des forêts d'épicéa (pessières) se trouve dans les Préalpes du nord.

Très vite, il est apparu qu'une manière commode de désigner les étages était la référence à l'arbre forestier dominant; en raison du petit nombre des espèces forestières présentes dans la chaîne alpine, notamment à cause de l'appauvrissement du aux glaciations, la couverture arborée présente des discontinuités qui permettent de matérialiser celle des étages de végétation. (Ce qui n'est pas exact dans des montagnes dont la végétation forestière est beaucoup plus riche, comme par exemple la Sierra Nevada de Californie).

Dans les Alpes centrales et nord-occidentales, il est devenu d'usage de distinguer cinq étages: nival, alpin, subalpin, montagnards et collinéen. Cet étagement est typique jusque dans le nord du Dauphiné. Mais plus au sud il entre en contact progressivement avec la végétation méditerranéenne qui occupe la Basse Provence et que nous appellerons ici pour simplifier mésoméditerranéenne. Celle-ci remonte le long des vallées, occupe les pentes inférieures jusqu'à une altitude qui croît à mesure que l'on va vers le sud. Mais en outre l'influence du climat méditerranéen modifie la nature même de l'étage colinéen qui la surmonte et qui prend un faciès particulier, que nous appellerons subméditerranéen ou supraméditerranéen (nous verrons plus loin la nuance entre ces termes). L'étage montagnard lui-même se modifie partiellement dans le même sens et devient oroméditerranéen. L'ensemble de l'étagement des Alpes sud-occidentales comporte alors le raccord des deux types d'étagement, alpin et méditerranéen, suivant le schéma résumé par la figure 18. Cette question sera étudiée plus loin en 5.3.

Des travaux conduits presque simultanément dans les années 70 par Ozenda, par Quezel et par Rivas-Martinez ont conduit à une normalisation de la nomenclature des étages de végétation des montagnes méditerranéennes, à quelques nuances près suivant les auteurs. En particulier les variations de la végétation le long de l'Apenin, qui présentent une "méditerranéisation" progressive en allant vers le sud, ont permis d'étudier le passage latéral des étages alpins aux étages méditerranéens (OZENDA, 1975).

Les étages des Alpes occidentales se trouvent décrits en détail, avec tous les groupements qui les constituent, dans les ouvrages suivants: OZENDA, 1981 et 1985, RICHARD et PAUTOU, 1982, auxquels nous renvoyons le lecteur.

Cela dit, c'est la notion même d'étage qui paraît devoir aujourd'hui être complètement révisée et céder la place à des vues plus rigoureuses, en

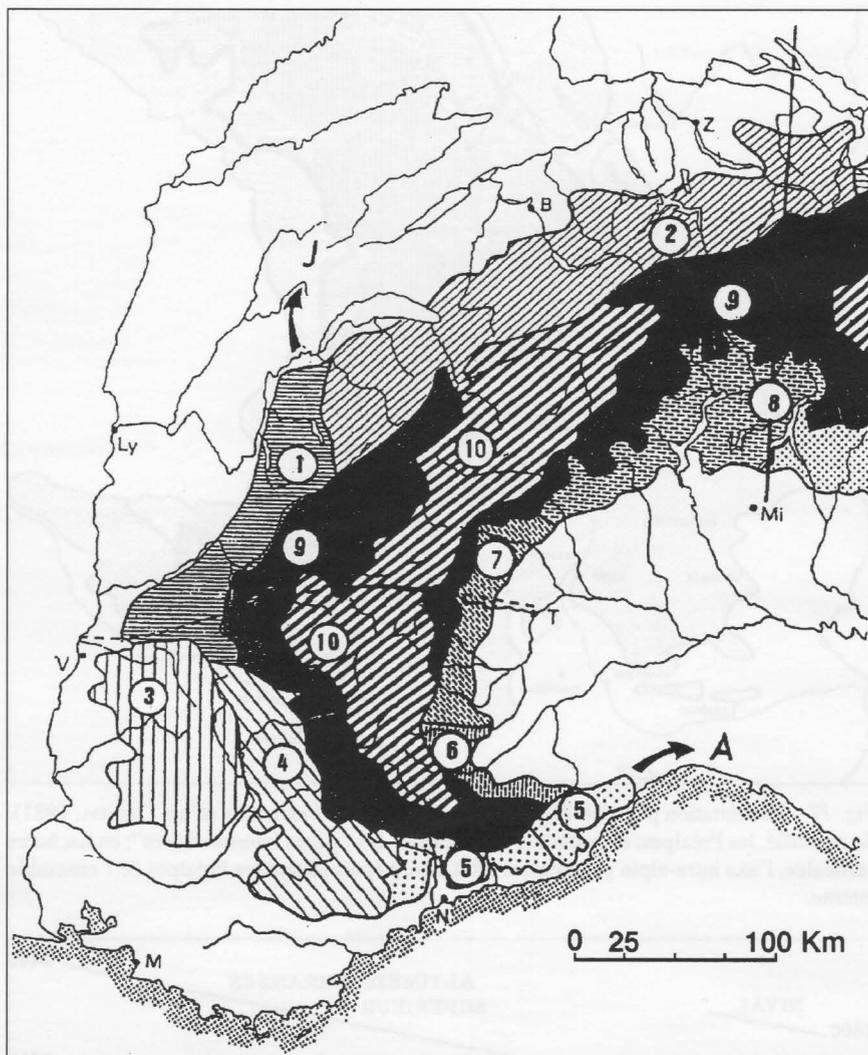


Fig. 16 – Représentation simplifiée des secteurs (d'ap. OZENDA, 1985, modifié). Le trait vertical sur la longitude de Milan rappelle la limite est des Alpes occidentales, le pointillé entre Valence et Turin la limite entre les Alpes nord- et sud-occidentales. Les deux flèches rappellent les affinités de la végétation entre les Préalpes calcaires d'une part, et les chaînes périphériques (Jura et Apennin) d'autre part.

1 à 8, Préalpes externes: 1, secteur delphino-savoyard. 2, Préalpes suisses. 3 et 4, secteur drômois-haut-provençal. 5, secteur préligure. 6 et 7, secteur des Alpes piémontaises. 8, secteur des Alpes lombardes. 9, couronne des Alpes intermédiaires, représentée ici en plus foncé pour bien la distinguer à la fois des Préalpes et de l'axe interne; elle est discontinue dans les Alpes occidentales. 10, axe intra-alpin, partie la plus continentale de la chaîne, qui s'interrompt au nord-est et reprend plus loin dans les Alpes orientales.

fonction précisément de l'avancement des recherches sur la végétation des Alpes occidentales.

1. La dénomination de l'étage par une espèce forestière dominante est un bon repérage physiognomique (fig. 19), mais n'est pas toujours une nomenclature fiable. Ainsi l'Épicéa est source de confusion. Du fait de sa grande amplitude thermique, et aussi de l'existence d'écotypes, l'Épicéa est présent dans une large tranche d'altitude et également dans divers types de milieu (OZENDA, 1985 p. 80-82). Gausson disait plaisamment que pour comprendre la biogéographie des Alpes il fallait d'abord éliminer les Épicéas. L'espèce continue semble-ils à poser des problèmes dans les Alpes suisses où elle semble toujours implicitement attribuée à l'étage subalpin.

Ainsi la coupe des étages donnée par LANDOLT et AESCHMANN (1986), présente dans les Alpes internes une dilatation considérable de l'étage subalpin allant de 1000 m à 2000 m environ, due à notre avis à la non-distinction du *Piceetum subalpinum* et du *Piceetum montanum*, qui se présentent à vrai dire comme un continuum, mais qu'un tableau de ELLENBERG (1996 p. 340) entre autres, présente bien comme deux groupements distincts. Plus surprenante est l'indication de THEURILLAT (1991 p. 116): "il semble impossible de pouvoir attribuer à un même étage des essences telles que le Hêtre, le Sapin et l'Épicéa dont les exigences varient suivant le régime climatique": or l'association de ces trois espèces, en pourcentage d'ailleurs comparable, est courante dans les Alpes de

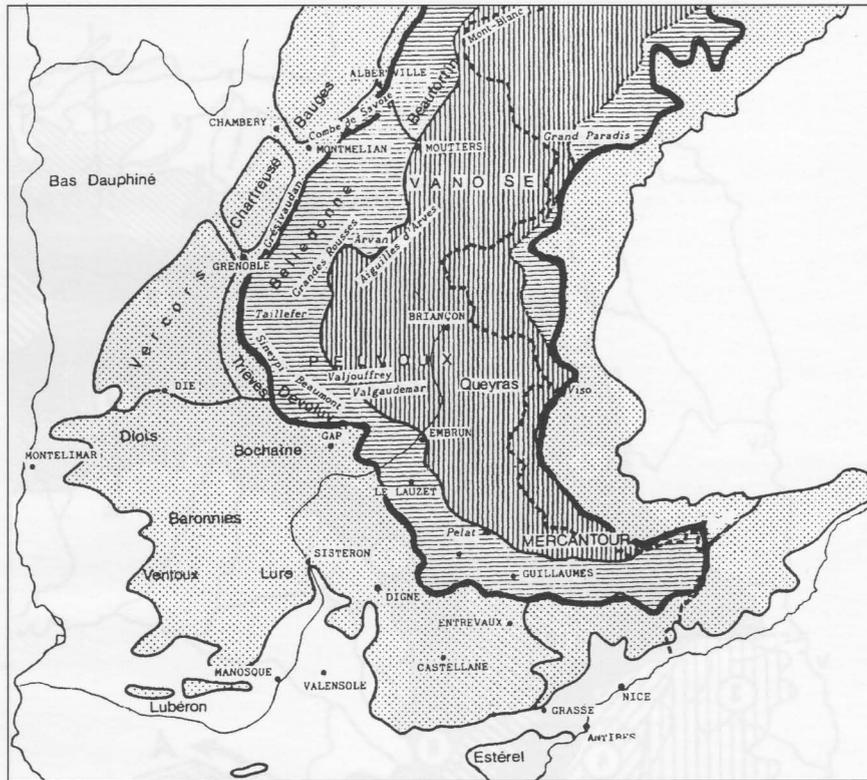


Fig. 17 – Délimitation plus détaillée dans les Alpes sud-occidentales (d'ap. OZENDA, 1981). En pointillé, les Préalpes; en hachures horizontales, les "Alpes intermédiaires"; en hachures verticales, l'axe intra-alpin proprement dit. Le trait épais sépare les Préalpes de l'ensemble interne.

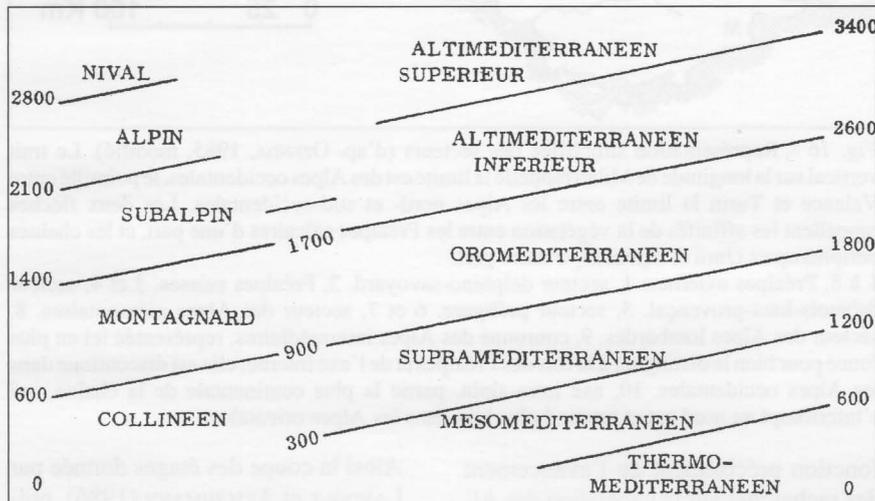


Fig. 18 – Passage latéral des étages de type alpin, à gauche, aux étages de type méditerranéen, à droite. Les limites des étages s'élèvent en allant vers le sud, d'un peu plus de 100 m par degré de latitude, ce que traduisent les lignes obliques. Les chiffres représentent les limites d'étages (valeurs moyennes, arrondies): à gauche en Savoie, au centre en Haute Provence, à droite par exemple dans l'Atlas marocain.

Savoie et du Dauphiné et a même été étudiée statistiquement (OZENDA, 1981 p. 170 et 1985 p. 175 et 177).

2. Si la végétation forestière a été à l'origine de différences régionales telles que l'individualité de l'axe intra-alpin, il faut aujourd'hui tenir compte de deux progrès importants:

- les notions de dynamisme et de série, qui seront développées ci-après en 3.4.;
- les méthodes d'étude rigoureuses des groupements végétaux, permettant l'analyse précise, à la fois floristique,

structurale et écologique, des biocénoses et celle des écosystèmes qu'elles forment avec leur milieu de vie. Remarquons toutefois que les étages correspondent plus ou moins à de grandes unités phytosociologiques fondées sur des groupements forestiers: le méditerranéen aux *Quercetalia ilicis*, le subméditerranéen aux *Quercetalia pubescentis*, le montagnard des Préalpes aux *Fagetalia*, le subalpin (et aussi le montagnard intra-alpin) aux *Vaccinio-Piceetalia*.

3. La composition de tous ces groupements, leurs relations mutuelles, leur compétition pour l'espace, leur évolution, sont régies par la mosaïque des conditions de milieu et le tout forme un ensemble cohérent. L'étage n'est plus alors simplement la végétation contenue dans une certaine tranche d'altitude, mais un système de groupements végétaux réunis par une affinité écologique dans une même tranche d'altitude, suivant une définition déjà proposée par Emberger. C'est un ensemble biocénotique structuré. A l'étage végétal sont associés des types précis de sols, de faune, d'activités humaines. Comprise ainsi, la notion d'étage paraît rejoindre celle d'éco-complexe définie par BLANDIN et LAMOTTE, 1988.

4. La notion d'étage doit rester liée au facteur écologique qui la détermine, c'est-à-dire à la température. Un étage n'est donc pas associé à une altitude donnée: il subit au contraire, d'une région à l'autre, un déplacement vertical en fonction des différences de climat entre ces régions, elles-mêmes liées à la différence de latitude qui les séparent (fig. 20). Nous avons appelé ce déplacement vertical *translation* (OZENDA, 1989).

Mais il reste ensuite à tenir compte des autres facteurs et notamment de l'humidité. C'est pourquoi nous avons distingué dans chaque étage trois modes: humide, mésophile et sec. L'intervention de ce découpage hydrique, qui est en quelque sorte orthogonal par rapport au gradient thermique, transforme le simple étagement altitudinal en un tableau à double entrée, en une grille, comme le montre la figure 30.

D'autres facteurs écologiques interviennent à leur tour: ce sont les conditions édaphiques. Et d'une manière générale, le contenu et les limites des étages sont soumis à une foule de facteurs: ils peuvent varier avec l'exposition, la géomorphologie, les climats locaux, et il est fréquent par exemple que les versants nord et sud d'une même vallée soient occupés à la même altitude par deux étages biologiquement différents.

Enfin, il faut bien avoir présent à l'esprit que l'étage de végétation n'est pas une entité douée d'une existence en elle-même, mais une notion que la biogéographie utilise comme moyen de travail. C'est une coupure commode que nous introduisons pour décrire la séquence altitudinale d'une végétation, et la succession des étages est un peu d'ordre que nous mettons dans cette séquence; elle est évidemment susceptible de retouches suivant les besoins de notre travail.

3.4. Le concept de série

3.4.1. Rappel du dynamisme et définition de la série

Nous supposons connues les notions de dynamisme spontané de la végétation, de groupements climaciques, de groupements permanents, ainsi que les mécanismes d'altération du tapis végétal par l'action humaine et les méthodes de restauration. (Nous reviendrons sur ces questions dans le chapitre 6.1).

À la suite des travaux de Gaussen, on appelle *série* l'ensemble d'un climax, des groupements végétaux qui y conduisent par évolution progressive et de ceux qui en dérivent par dégradation, y compris les cultures. L'intérêt de cette notion de série réside dans le fait que la reconnaissance, en un point, de l'un de ses groupements permet, avec une forte probabilité, d'identifier la série, de prévoir l'évolution possible de la végétation en ce point: d'accélérer ou d'infléchir au besoin cette évolution, et d'aider ainsi à l'installation des groupements ou des modes d'utilisation du sol les plus intéressants pour l'homme.

L'évolution tout au long de la série est en général lente et la réalisation d'un climax forestier à partir d'un terrain nu est un processus plus que séculaire; la formation d'un sol en équilibre avec une forêt peut être encore plus lente (fig. 21). L'évolution va généralement dans le sens d'un accroissement de la masse de matière vivante (biomasse) par unité de surface, de la diversité structurale et de la complexité de fonctionnement de l'écosystème.

3.4.2. Quelques exemples de séries de végétation dans les Alpes occidentales (fig. 22)

Les recherches poursuivies depuis plusieurs décennies dans la chaîne alpine et en particulier dans les Alpes occidentales ont montré que le tapis végétal de ces chaînes peut s'interpréter d'une manière suffisamment précise en distinguant une trentaine de séries de végétation, dont une présentation synthétique a été donnée par OZENDA et WAGNER, 1975 (voir plus loin, fig. 30). Mais ces séries sont très inégalement étudiées et nous sommes loin de connaître dans le détail, pour certaines d'entre elles, tous les termes d'évolution progressive et régressive, les relations entre ces stades d'évolution, et la causalité du dynamisme; parfois seul le climax a été étudié. Le déterminisme est plus net et mieux connu en versant exposé au sud (adret) où la forêt n'occupe



Fig. 19 – Le vallon du Casset, dans le massif du Pelvoux. Le mélèze forme ici une bande continue entre 1500 et 2400 m, mais il ne s'agit pas d'un étage homogène. Si la forêt dense occupe bien le subalpin, à la base les peuplements lâches proviennent de la recolonisation de prairies et de cultures de l'étage montagnard supérieur (cl. CADEL et GILOT, 1963).

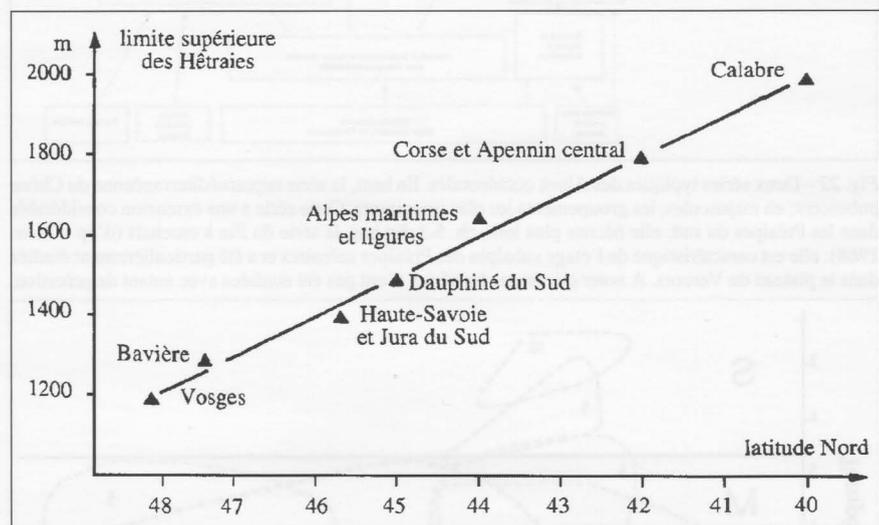


Fig. 20 – Variation d'une limite altitudinale d'étage (ici la limite supérieure des Hêtres) en fonction de la latitude. Loi pratiquement linéaire; gradient de 100 mètres environ par degré de latitude.

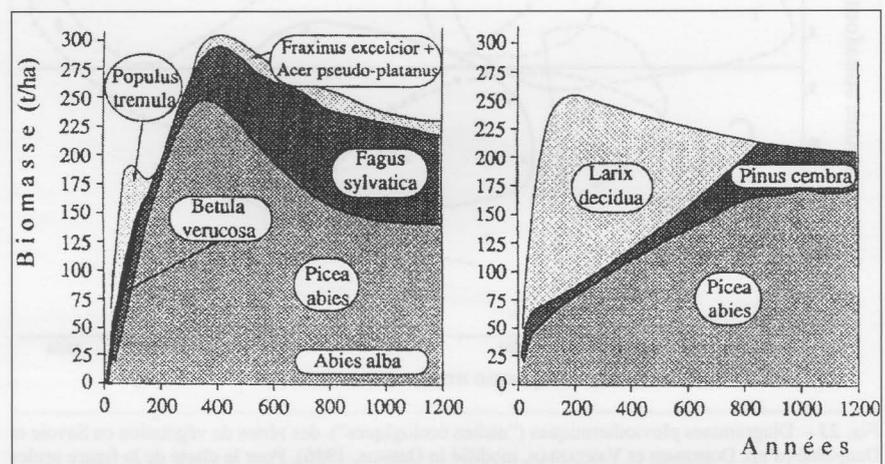


Fig. 21 – Deux exemples de dynamisme des groupements forestiers dans les Alpes suisses (d' ap. KIENAST et KUHN, 1989, simplifié): la forêt montagnarde des Préalpes, à gauche, et la forêt subalpine des Alpes internes, à droite. Cette modélisation a été obtenue, à partir de la composition observée dans des parcelles de différents âges, par simulation de ce que serait le développement des écosystèmes considérés dans les conditions climatiques actuelles. Si la croissance complète d'une population forestière peut s'effectuer en un temps de l'ordre du siècle (durée d'une "révolution forestière", c'est-à-dire de l'intervalle séparant deux coupes d'une même parcelle), en revanche la maturation des écosystèmes et de leur sol est de l'ordre du millénaire. Noter que la composition du peuplement forestier se modifie avec le temps: des espèces pionnières (peuplier tremble, bouleau) ou transitoires (Mélèze) ne participent pas, ou peu, au stade climacique.

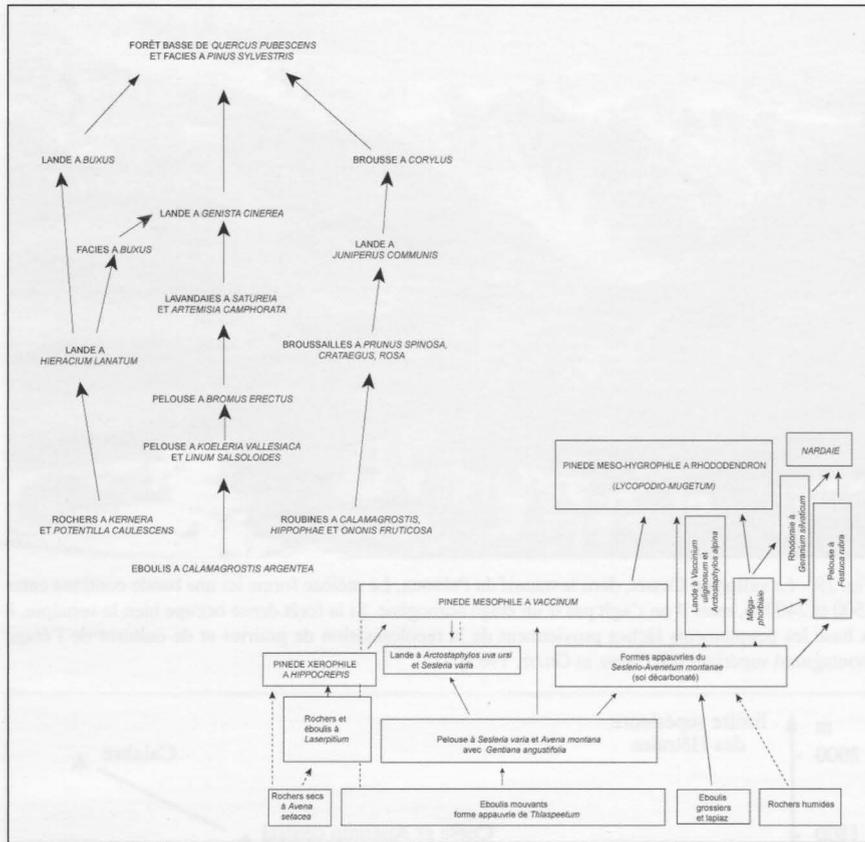


Fig. 22 – Deux séries typiques des Alpes occidentales. En haut, la série supraméditerranéenne du Chêne pubescent; en majuscules, les groupements les plus importants. Cette série a une extension considérable dans les Préalpes du sud; elle décrite plus loin, ch. 5.3. En bas, la série du Pin à crochets (d'ap. FAURE, 1968); elle est caractéristique de l'étage subalpin des Préalpes calcaires et a été particulièrement étudiée dans le plateau du Vercors. A noter que toutes les séries n'ont pas été étudiées avec autant de précision.

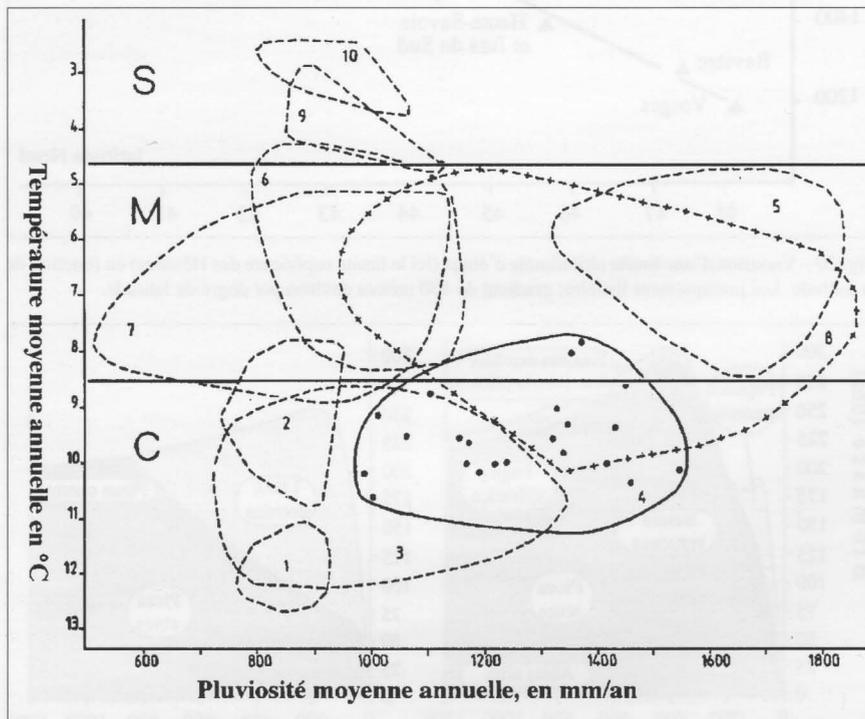


Fig. 23 – Diagrammes pluviothermiques ("niches écologiques") des séries de végétation en Savoie et Dauphiné (d'ap. DOBREMEZ et VARTANIAN, modifié en OZENDA, 1986). Pour la clarté de la figure seules certaines séries ont été représentées; dans l'étage collinéen la série n° 4, celle des Chênaies à charme, a été choisie comme exemple et les points figuratifs ont été indiqués, ils l'ont pas été pour les autres séries pour ne pas surcharger la figure. 1, série subméditerranéenne du Chêne pubescent, thermophile, dans la vallée du Rhône. 2, série du Chêne pubescent dans les vallées intra-alpines, plus froide. 3, série supraméditerranéenne, des Préalpes. Dans l'étage montagnard, les séries s'ordonnent suivant leurs exigences hydriques: 5, Hêtre-Sapinière, la plus humide et caractérisant les Préalpes; 6, série interne de l'Épicéa; 7, série xérophile du Pin sylvestre, des vallées les plus internes. Dans l'étage subalpin: 9, série subalpine de l'Épicéa; 10, série du Pin cembro. A noter le cas particulier de la série 8, mésophile du Hêtre: l'aire de son diagramme est beaucoup plus grande que les autres, laissant supposer qu'elle est hétérogène; effectivement elle a dû être subdivisée ensuite en plusieurs sous-séries ce qui montre qu'un tel diagramme, résultant d'une analyse cartographique, peut affiner et même orienter l'étude des écosystèmes.

ordinairement qu'une partie de la place; il est plus discret par contre en exposition nord, et plus généralement dans les séries à fort recouvrement forestier comme dans l'étage montagnard humide des Préalpes.

L'une des séries les mieux connues est la série dite supraméditerranéenne du Chêne pubescent, qui sera traitée dans le chap. 5.3 (fig. 40 et 41 et phot. B, Cet D pl. I). Elle a une importante extension territoriale, coïncidant sensiblement avec la Haute Provence. Elle est relativement bien connue dans ses différents stades, et fournit des exemples de dynamisme, de sous séries, et de différents types d'action anthropique. Enfin elle présente des relations étroites avec d'autres séries dont le climax est également le Chêne pubescent, mais dont l'écologie et la répartition géographique sont différents (fig. 32).

Deux autres séries, également bien étudiées, sont la série préalpine du Pin à crochets, dans l'étage subalpin des Alpes occidentales, et la série xérophile du Pin sylvestre dans l'étage montagnard de la zone intra-alpine (cf. chap. 5.2. et 5.4.).

3.4.3. Série et écologie

Chaque série est développée sous un ensemble de conditions écologiques, en particulier dans une certaine fourchette de température et de pluviosité. On peut rechercher, parmi tous les postes météorologiques d'une région donnée, ceux qui se trouvent précisément sur le territoire occupé par une série, ou sont clairement en relation avec elle. Reportant alors, sur un diagramme température-pluviosité les moyennes annuelles données par ces stations, on obtient des points figuratifs qui délimitent une surface de ce graphique correspondant à l'écologie de la série (fig. 23). Réciproquement, la reconnaissance de la présence d'une série en une parcelle donnée de terrain permet de conclure avec une certaine probabilité que l'on s'y trouve dans la fourchette de conditions climatiques lue sur le diagramme.

L'introduction de la notion de série dans la cartographie fait alors de celle-ci un instrument prospectif et ouvre la voie à de nombreuses applications:

- on peut affiner le tracé des isothermes et des isohyètes sur les cartes climatologiques grâce au fait que le réseau des observations biologiques est plus dense que celui des stations météorologiques;
- les différents groupements constituant la même série dynamique ne sont que des états possibles, et en quelque sorte

interchangeables, à l'intérieur du territoire couvert par la série, où règnent des conditions de milieu relativement homogènes. Il en résulte qu'une carte des séries, dite encore *carte de végétation potentielle*, découpe la région étudiée en *zones équipotentiels* (REY, 1980) à l'intérieur desquelles l'action de l'homme, en particulier la planification de l'aménagement, est assurée d'une certaine unité. Ainsi toute expérience de culture, de reboisement ou autre, qui a réussi ou échoué en un point de la série, a une forte probabilité de réussite ou d'échec sur tout le territoire de la série. La carte devient une *carte de vocation des terres*.

3.4.4. Une dénomination binomiale des séries

Une série peut être logiquement désignée par son climax, qui est ordinairement un groupement forestier, et par conséquent par l'arbre qui constitue ce groupement. Cette façon de faire n'est pas univoque, malgré le petit nombre d'essences forestières climaciques dans les Alpes, car un même arbre peut, si son écologie est assez souple, former le climax de plusieurs séries très différentes (fig. 31). Par exemple il ne suffit pas de parler de la série du Hêtre, et encore moins de l'étage du Hêtre, car il existe plusieurs types écologiques de Hêtraies (très humides, souvent avec Sapins et Épicéas, ou très sèches, ou encore sur sols acides); chacune peut être le stade terminal d'une série qui a ses groupements propres. C'est d'ailleurs une notion familière aux phytosociologues: ainsi le terme général de Hêtraies recouvre des ensembles écologiques très différents, distingués par les noms de *Cephalanthero-Fagion*, *Luzulo-Fagion*, etc., qui correspondent au climax de nos séries méso-calcicole, acidophile, etc.

Il faut donc substituer, le cas échéant, au nom de la série un binôme précisant l'écologie de la série considérée (par ex. Série acidophile du Hêtre). Les deux termes de ce binôme, par exemple *hêtre* et *acidophile*, sont nécessaires à la définition correcte et sans ambiguïté de la série. Ainsi les travaux relatifs aux Alpes occidentales ont conduit à distinguer plusieurs séries du Chêne pubescent (cf. fig. 32), du Pin sylvestre, de l'Épicéa, du Hêtre (voir OZENDA, 1985 p. 78-84).

3.4.5. La série, un concept évolutif

Enfin nous devons insister, comme nous l'avons fait déjà à propos de la notion d'étage, sur le fait qu'il ne faut pas commettre l'erreur de considérer les

séries comme des êtres physiques doués d'une existence propre, indépendante de toute analyse, qui seraient présents en nombre déterminé et qu'il s'agirait d'identifier comme les espèces en systématique. Ce sont plutôt des directions que l'on reconnaît dans le phénomène général du dynamisme de la végétation, des lignes de force que l'on distingue le plus ou moins serrées suivant que le territoire étudié est plus ou moins complexe ou que nous avons besoin de le connaître à un degré plus ou moins grand de précision. Il ne peut être question d'importer ici les contraintes ou les fantaisies de nomenclature que connaissent parfois la systématique ou la phytosociologie, en affublant le nom de séries présumées nouvelles d'un nom d'auteur et d'une date.

4. ELABORATION D'UN MODÈLE BIOGÉOGRAPHIQUE ALPIN

La grande carte en couleurs qui est la pièce principale de ce volume a pour objet de montrer les principaux ensembles biogéographiques et écologiques des Alpes occidentales, mais bien entendu l'échelle ne permet pas d'entrer dans les détails régionaux ou locaux. Il est donc nécessaire de donner au lecteur la possibilité d'accéder à une connaissance plus approfondie.

Cette carte s'appuie sur un long travail de cartographie de la végétation qui a été tout particulièrement développé dans les Alpes occidentales. Nous retracerons ici ce long chemin et nous donnons toutes les indications bibliographiques précises sous une forme facile à consulter (cf. p. 39 Notice de la Carte).

4.1. Pourquoi une cartographie?

La cartographie thématique présente, par rapport à un texte qui décrirait les mêmes faits, un certain nombre d'avantages. En effet, la carte exprime plus de choses que ne peut le faire un texte, elle les exprime plus clairement, c'est-à-dire d'une manière aisément et plus vite exploitable, elle les exprime enfin plus objectivement. L'analyse des écosystèmes est aujourd'hui presque unanimement abordée par le biais de la modélisation. Cette méthode, certes, a deux avantages: la rigueur quantitative, et l'utilisation de l'informatique à tous niveaux. Mais elle a des inconvénients: le poids des opérations de saisie des données et de l'établissement des programmes, et son caractère abstrait qui rend moins évident le passage aux applications.

Toutefois la cartographie doit être considérée non comme un but en elle-même, quelle qu'en soit l'esthétique, mais comme un moyen: celui d'interpréter le milieu naturel, de représenter un ensemble régional, ou encore de prévoir une évolution.

Alors que la géographie botanique est née et s'est développée essentiellement dans les Alpes suisses et autrichiennes, les groupements végétaux des Alpes occidentales, dans leur partie française et italienne, n'ont été abordés que très tardivement. Jusqu'au milieu du 20^e siècle, les travaux qui s'y rapportaient ne comprenaient que des secteurs limités, bien que décrits avec quelques détails; mais aucun massif n'avait fait l'objet d'une description phytogéographique complète.

Le volume "Coupe botanique des Alpes" qui contient les comptes-rendus de la session 1950 de la Société Botanique de France porte la marque de cette disparité entre la connaissance de l'est et de l'ouest de l'arc alpin. Tout, ou presque, restait alors à faire dans les Alpes occidentales, tant françaises qu'italiennes, à quelques exceptions remarquables près: l'étude de l'étage alpin dans le bassin supérieur de la Tinée par GUINOCHE, 1938; la carte de la végétation de la Suisse à 1/1200.000 en quatre feuilles, réalisée par SCHMID de 1938 à 1950.

Pour une étude méthodique et complète de la végétation des Alpes occidentales, il n'était pas question d'espérer la réalisation rapide de travaux détaillés dans tous les massifs et il était réaliste d'envisager tout d'abord d'en dégager les grandes lignes. Le caractère synthétique de la cartographie, la souplesse d'expression qu'elle représente, et la nécessité de toute étudier sur le même plan, qui peut sembler une contrainte mais apparaît au contraire comme une garantie d'objectivité, nous ont conduits à donner la préférence à cette méthode de publication.

La cartographie de la végétation des Alpes occidentales s'est déroulée dans le cadre du Laboratoire de Biologie végétale de l'Université de Grenoble, avec la collaboration de chercheurs des Universités de Marseille et de Turin, sous la forme de deux ensembles de travaux conduits simultanément et étroitement reliés:

- la réalisation des feuilles alpines de la Carte de la Végétation de la France au 1/200.000 du CNRS (fig. 24), en liaison avec le Service dirigé à Toubuse par H. Gaussen, puis par P. Rey et par G. Dupias;
- des cartes à échelle plus détaillée (fig.

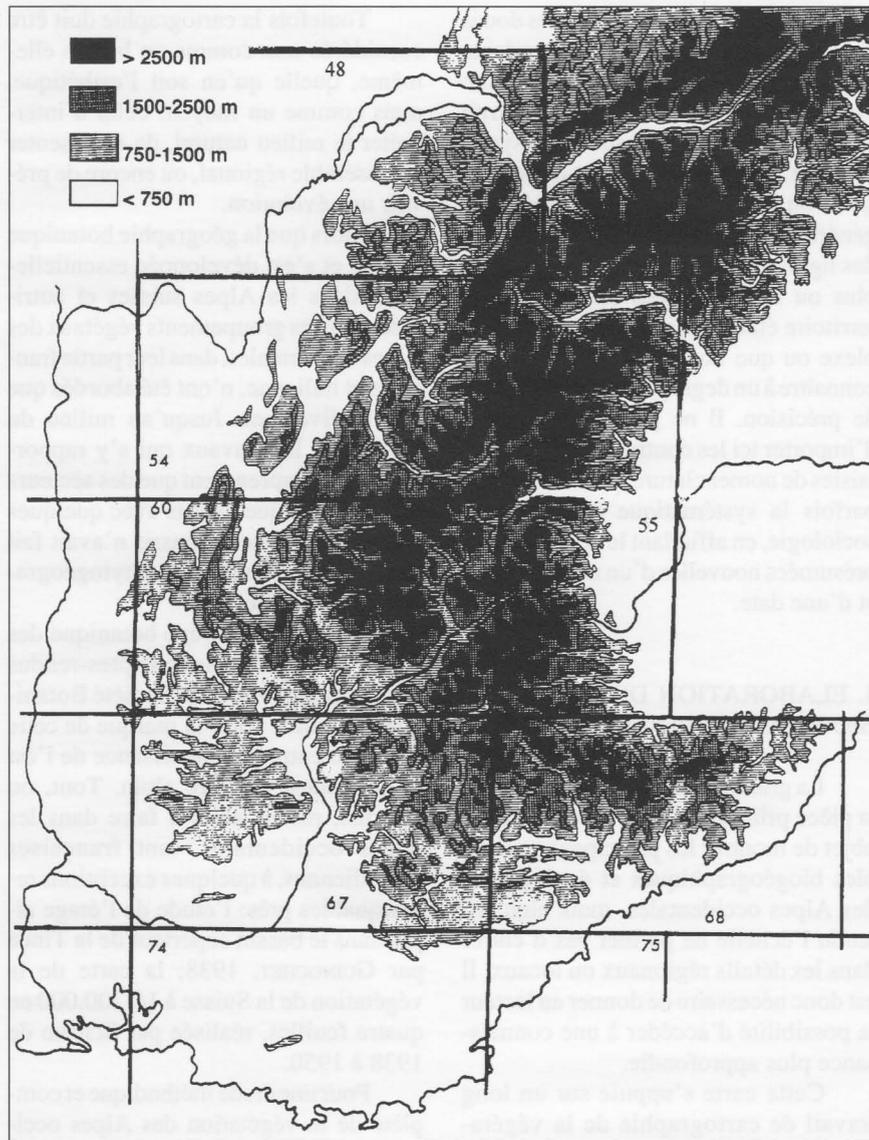


Fig. 24 – Tableau d'assemblage des feuilles alpines et provençales de la Carte à 1/200.000. Les cadres représentent le contour des feuilles et les numéros sont ceux de ces feuilles: 48 Annecy-Genève, 54 Grenoble, 55 Tignes-Larche, 60 Gap, 67 Digne; 68 Nice, 74 Marseille, 75 Antibes.

29), suivant des principes et des techniques différents, progressivement orientées vers une cartographie écologique et ses applications (cf. OZENDA, 1986).

4.2. La participation à la Carte de la végétation de la France, du CNRS

Les feuilles alpines de cette carte sont au nombre de six et leur assemblage est représenté par la figure 24. À titre d'exemple nous avons choisi de donner ici, en réduction au 1/500.000, la partie centrale de la feuille de Grenoble, 1978 (fig. 25).

Chaque feuille concerne un territoire de 125 x 80 km, superficie sensiblement égale à la moyenne de deux départements français. Elle comprend une carte centrale à 1/200.000, huit cartons à échelle plus réduite destinés à compléter la documentation (climat,

sols, agriculture) et une légende en deux colonnes sur les côtés de la feuille.

La carte principale représente à la fois la végétation potentielle et la végétation actuelle, grâce à des conventions nouvelles:

- un choix écologique bien normalisé des couleurs, représentant les séries;
- une expression graphique simple du dynamisme. À l'intérieur du territoire occupé par chaque série, l'état réel de la végétation est exprimé par l'intensité de la couleur, en quatre stades du moins: les forêts sont représentées par des teintes plates, les landes par des hachurés, les pelouses par des pointillés; le blanc est réservé à la représentation des cultures mentionnées, lorsqu'elles sont permanentes, par des signes colorés.

Les travaux de GAUSSEN sur la moitié orientale des Pyrénées (1926) lui avaient permis d'établir un premier

modèle d'étages et de séries, concrétisé par la suite dans la feuille Perpignan de la Carte de la végétation de la France (1948). La simplicité relative du tapis végétal dans cette région permettait de se limiter à une ou deux séries par étage. Ultérieurement les travaux de Gruber et de Rivas-Martinez ont apporté davantage de précisions et notamment une diversification de l'étage subalpin.

L'adaptation de cette méthode au cas des Alpes s'est révélée tout de suite plus complexe. Les climax sont beaucoup plus diversifiées, par exemple par la présence du Mélèze, du Pin cembro et de l'Épicéa dans le subalpin. L'analyse biocénétique se devait d'être beaucoup plus poussée, en parvenant au contact des travaux phytosociologiques de l'Europe centrale, par exemple dans la distinction de plusieurs séries du Hêtre sur des bases écologiques. Enfin la totalité de la chaîne, y compris le versant italien, a été traitée sur le même plan que la partie française, alors que dans les Pyrénées la partie espagnole avait été relativement simplifiée.

C'est cependant à partir du schéma pyrénéen qu'avait été abordé le levé de la première feuille alpine, celle de Nice (fig. 26); le contact direct d'une haute chaîne avec la végétation méditerranéenne, comme dans les Pyrénées orientales, pouvait a priori justifier cette transposition. En fait une très grande complexité est tout de suite apparue: ainsi pour le seul étage subalpin les Alpes Maritimes et Ligures portent six climax forestiers au lieu d'un seul pour toute la chaîne des Pyrénées. La réalisation de la feuille de Nice a été donc laborieuse, de 1945 à 1960, mais a facilité par la suite l'étude de l'ensemble des Alpes occidentales (fig. 27 et 28).

4.3. Les Documents de Cartographie Ecologique

Il s'agit ici pour l'essentiel d'une cinquantaine de feuilles de cartes de végétation, de cartes écologiques et de cartes de l'environnement, qui ont été réalisées et publiées par le Laboratoire de Biologie végétale de l'Université de Grenoble, avec la collaboration des laboratoires homologues des Universités de Marseille, Genève et surtout Turin, de 1963 à 1987.

Il est apparu que la carte du CNRS, décrite ci-dessus en 4.2., présentait quelques contraintes: outre la faible échelle, faisant disparaître beaucoup d'information des minutes de terrain, un inconvénient majeur résidait dans les longs délais de publication, dus à la très grande étendue du territoire à traiter pour cha-

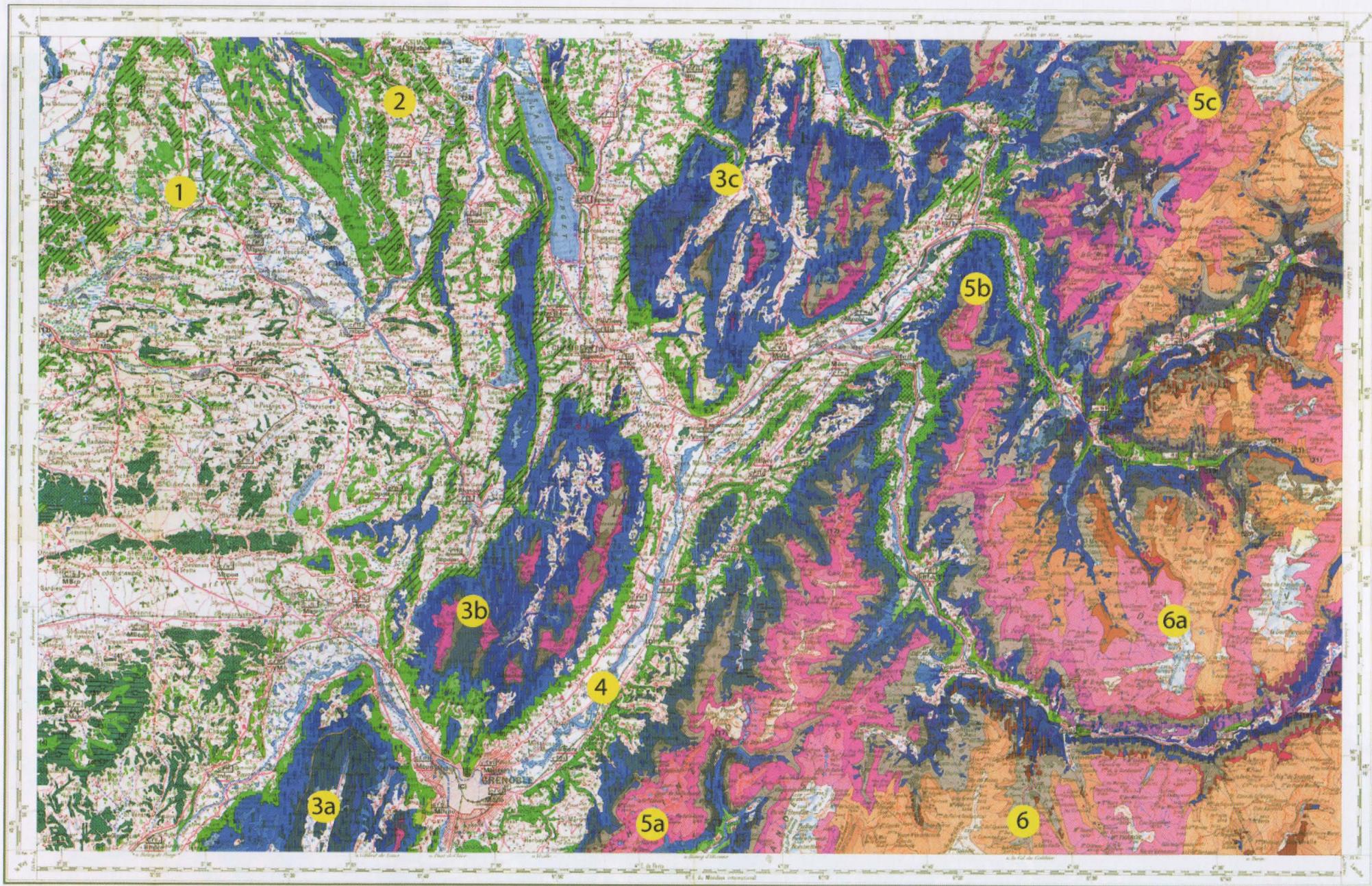


Fig. 25 – Feuille de Grenoble (PAUOU *et al.*, 1978). La figure représente seulement la partie centrale de la feuille figurant la végétation à l'échelle du 1/200.000. Malgré la forte réduction ici, on peut reconnaître facilement les régions naturelles suivantes (chiffres circlés): 1, collines du Bas-Dauphiné, situées entre la vallée du Rhône et les premiers reliefs préalpins: prédominane des cultures, restes de chênaies en vert; 2, Jura méridional et 3, Préalpes (3a, Vercors; 3b, Chartreuse; 3c, Bauges): fort taux de boisement, étage montagnard à Hêtre, Sapin et Épicéa (teintes bleue et indigo, évoquant les précipitations élevées que reçoivent ces massifs); 4, Sillon alpin, dépression parcourue par l'Isère entre Préalpes et Grandes Alpes; 5, Massifs cristallins des "Alpes intermédiaires" (5a, Belledonne; 5b, Grand Arc; 5c, Beaufortin) 6, Massifs internes, plus secs, sans Hêtre et à faible taux de boisement (6a, Vanoise, encadrée par la haute vallée de l'Isère ou Tarentaise, au nord, et la vallée de l'Arc, ou Maurienne, au sud).

que feuille et aux procédés d'impression, complexes dans leur programmation et dans leur exécution par l'Institut Géographique National. Le groupe de travail de Grenoble s'est donc orienté vers des techniques allégées, comportant la publication de "précartes": coupures de faible surface, publiées au fur et à mesure de l'achèvement de leur maquette, et imprimées par des procédés moins brillants mais plus rapides, à la portée technique et financière d'un laboratoire universitaire.

L'échelle a été augmentée: 1/100.000, 1/50.000 et davantage quand nécessaire (fig. 29). Il a en outre été entendu que, s'affranchissant d'une normalisation excessive chaque feuille devait être l'occasion d'un essai méthodologique original, depuis le levé sur le terrain jusqu'aux conventions graphiques de la carte définitive et à la rédaction de la notice. Pour assurer la diffusion, une publication à périodicité sensiblement annuelle a été créée, dans un premier temps sous le titre *Documents pour la carte de la végétation des Alpes* (dix volumes parus de 1963 à 1971).

De plus, nous avons cherché à dépasser le cadre de la cartographie de la végétation traditionnelle en ayant en vue des *Cartes de deuxième génération* orientées davantage vers l'écologie et vers les applications. Nous avons vu ci-dessus (chap. 3.1) que si la végétation est le reflet les conditions de milieu et de l'action humaine, elle peut réciproquement en être un indicateur, est donc un instrument d'analyse (fig. 23). Par conséquent toutes les fois que l'on peut établir, et vérifier d'une manière statistique, une relation (soit liaison positive, soit anti-coïncidence) entre un groupement végétal déterminé et un phénomène donné, la distribution spatiale et souvent aussi les évolutions saisonnières de ce phénomène doivent pouvoir se déduire de celle de la végétation est donc de la cartographie de cette dernière; c'est le principe de la *cartographie écologique*. Dans les cas particuliers où le phénomène considéré et en rapport avec les conditions de vie de l'homme (possibilité d'aménagement, nuisances,...), sa répartition peut se déduire aussi de celle de la végétation, en général plus facile à appréhender: c'est le principe de la *cartographie de l'environnement*.

La publication est devenue *Documents de Cartographie Ecologique* et 21 volumes ont paru, de 1972 à 1988. Des groupes de travail et des colloques ont été organisés en ce sens, des volumes thématiques en rendent compte (vol. XIII, XVIII, XXIV). Parmi les applications qui ont été ainsi testées, nous cite-

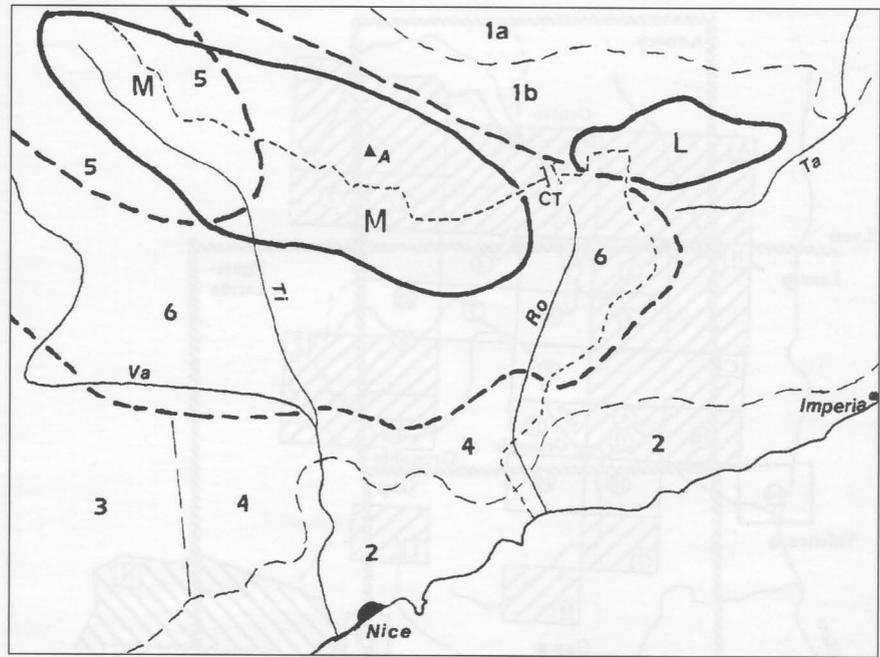


Fig. 27 - L'extrémité sud de la chaîne alpine: les Alpes Maritimes et Ligures. La figure correspond au contour de la feuille "Nice" de la Carte de la végétation de la France au 1:200.000. L'extrême complexité de cette région a été beaucoup schématisée ici; la lecture de la légende est en outre facilitée en se reportant à la reproduction colorée ci-contre (dont les couleurs sont rappelées entre parenthèses dans le courant de cette légende). La frontière franco-italienne, en pointillé, partage à peu près également le territoire: à gauche le département français des Alpes Maritimes, à droite l'ouest de la province ligure d'Imperia et en haut le sud de la province piémontaise de Cuneo. À titre de repère ont été figurés le cours des principales rivières, le Var Va, la Tinée Ti, la Roya Ro et le Tanaro Ta. L'axe de la chaîne (en rose, dans le haut de la carte) est formé, de part et d'autre du col de Tende CT, par le massif siliceux du Mercantour M (appelé aussi Argentera du nom de son point culminant, A, 3.290 m) et par la chaîne calcaire des Alpes Ligures L; le contour approximatif de ces deux massifs est figuré en trait épais. Contrairement à ce que l'on trouve souvent écrit, la haute montagne des Alpes Maritimes, et en particulier le Mercantour, portent une végétation de type strictement alpin qui n'a rien à voir avec celle des montagnes méditerranéennes. Dans le nord de la feuille, frangeant la plaine du Pô, une zone de collines préalpines est couverte d'une végétation de type médio-européen (Chênaies en vert la, surmontées de Hêtraies et de Sapinières en bleu 1b). Au sud, le long de la côte, la végétation mésoméditerranéenne 2 (en rouge) remonte dans les vallées du Var et de ses affluents. La couronne préalpine supraméditerranéenne de Haute Provence vient se terminer ici par les Préalpes de Grasse 3; à l'est elle est relayée par les reliefs du secteur préligure 4, caractérisé par l'Ostrya. Le reste de la feuille appartient à la zone intra-alpine; suivant une disposition unique dans la chaîne des Alpes, elle crève comme une sorte de hernie la couronne des Préalpes et vient presque au contact de la végétation méditerranéenne. Cette particularité a été la plus grande difficulté dans l'interprétation biogéographique de cette feuille. On peut distinguer une partie intra-alpine proprement dite 5, bien caractérisée plus au nord dans le Briançonnais et la région de Barcelonnette, mais qui sur la feuille de Nice ne dépasse pas la Haute Tinée, et une région "Alpes intermédiaires" 6 qui va jusqu'à la Haute Roya. Les contours de 5 et de 6, indiqués sur la fig. 27 en tirets épais, ne sont pas matérialisés sur la fig. 26 en couleurs. Soulignons que le Hêtre y fait totalement défaut, hormis une petite Hêtraie rélictuelle, et cela contrairement à une grave erreur de la récente Carte de la végétation de l'Europe à 1/2.500.000 qui attribue toute cette moyenne montagne des Alpes Maritimes au climax du Hêtre, peut-être par confusion avec l'Ostrya (cf. ch. 5, fig. 49).

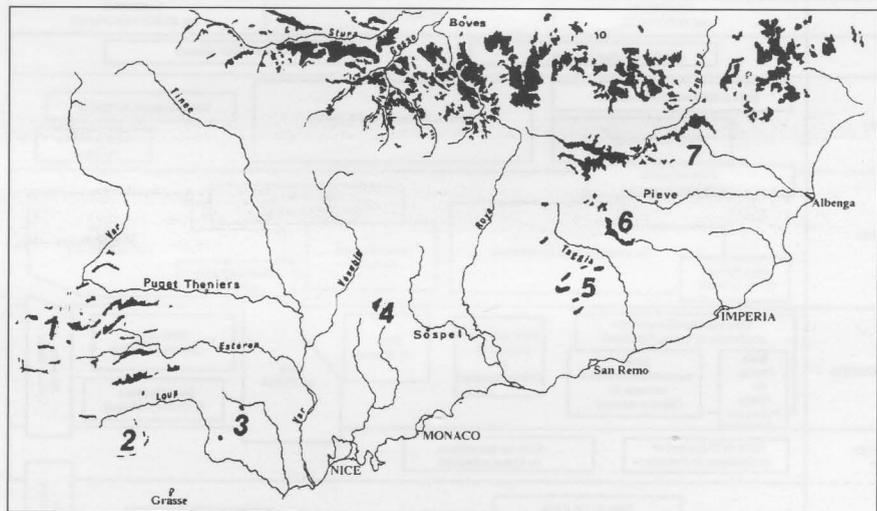


Fig. 28 - Répartition du Hêtre dans les Alpes Maritimes. 1, terminaison est des Hêtraies provençales. 2, Hêtraie résiduelle du Plateau de Caussols au nord de Grasse. 3, Hêtraies appauvries à Ostrya. 4, Hêtraie de la Cabanette, bien développée et floristiquement riche malgré son isolement. 5, Hêtraies résiduelles. 6, Hêtraies à Lavande et à Ostrya. 7, Hêtraies ligures normales. On notera qu'entre 1 et 7 se trouve un très vaste hiatus dans lequel n'existent, à l'exception de 4, que des formes très appauvries ou des Hêtraies marginales à Ostrya.

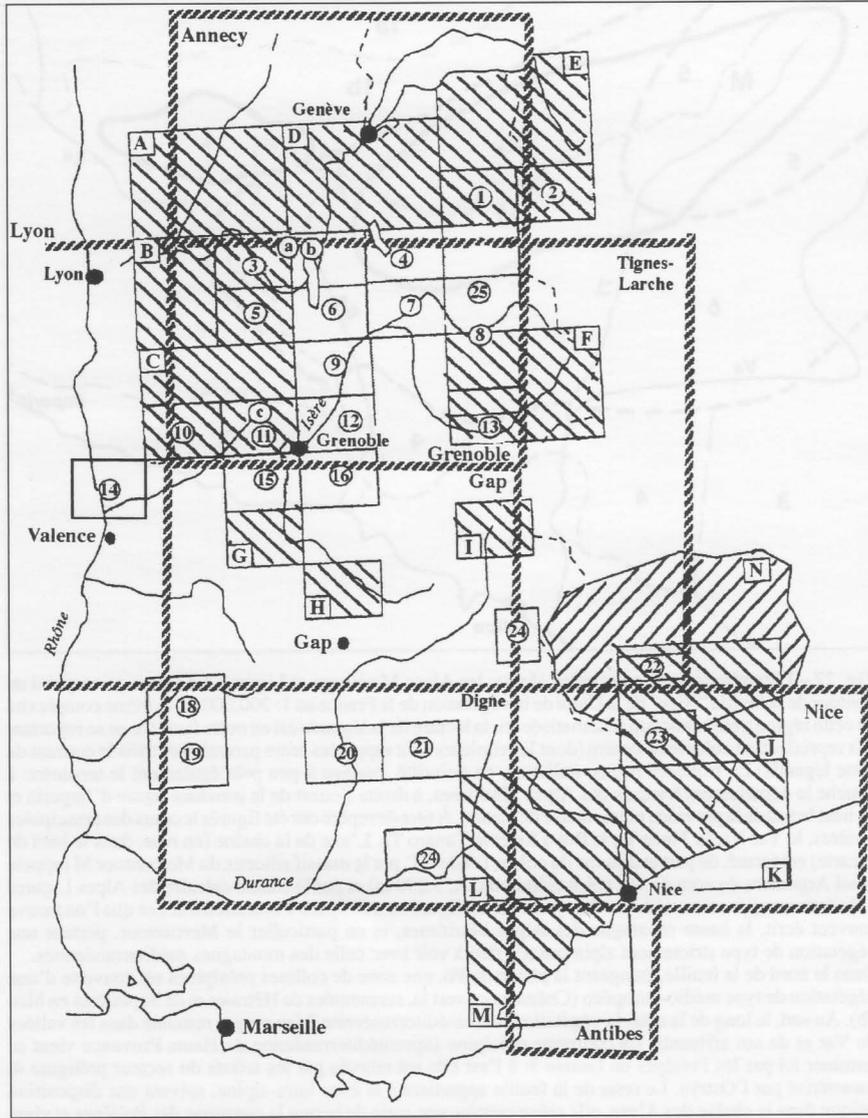


Fig. 29 – Tableau général des cartes de végétation concernant les Alpes occidentales.
 a) les contours en hachures serrées correspondent aux feuilles de la Carte de France à 200.000; ces contours sont obliques par rapport à ceux des autres cartes, le principe de découpage de l’institut Géographique National ayant été modifié par la suite
 b) les rectangles en hachures lâches, et les initiales A à N, désignent les feuilles à 1/100.000.
 c) les plus petits rectangles, et les n° 20 à 25, sont les feuilles à 1/50.000.
 Les cartes à 1/100.000 et 1/50.000 ont été publiées dans les Documents de Cartographie Ecologique, 1963 à 1988, ainsi que d’autres feuilles à différentes échelle non mentionnées ici. Pour plus de détails, se reporter à OZENDA et PAUTOU, 1996.

rons le drainage des végétations riveraines, la lutte anticulicidienne, la détection de pollutions, la délimitation des types d’utilisation du sol. On en trouvera des exposés dans un ouvrage également publié dans le cadre du même laboratoire, *La cartographie écologique et ses applications*, OZENDA, 1986 (cf. les ch. V, VI et VII, p. 78-130 de cet ouvrage).

4.4. La cartographie dans le versant italien

Rappelons d’abord un ensemble de travaux, faits d’ailleurs en grande partie dans le cadre du programme ci-dessus, qui concernent le sud du Piémont: le Val Pesio dans les Alpes Ligures, la région au nord du Col de Tende (BARBERO *et al.*, 1972), le Val Gesso (BONO, 1969) et surtout la grande carte à 1/100.000 de la Province de Cuneo qui passe pour la province la plus vaste d’Italie (BONO et BARBERO, 1976).

Un autre ensemble concerne, plus au nord, les vallées de la Province de Turin: il est dû à MONTACCHINI (1972), à MONTACCHINI *et al.* (1982), à MONDINO (1964-65) et à leurs collaborateurs. Il concerne surtout le Val de Susse (vallée de la Doire Ripaire), cartographié sous ses différents aspects, fondamentaux et appliqués, à 1/50.000 et en partie à 1/10.000, ainsi que le Val Pellice (GIORDANO *et al.*, 1972,1974).

4.5. Tableau général des séries (fig. 30).

La réalisation des cartes a demandé bien entendu l’étude précise de tous les groupements végétaux.

Une difficulté majeure est le fait que les travaux de biogéographie alpine, et européenne d’une manière générale, ont été conduits par différentes écoles avec des principes et des notations considérés comme plus ou moins irréductibles.

Un long et patient travail a permis d’établir des correspondances (OZENDA, 1963) entre les trois méthodologies couramment utilisées dans la dénomination et la classification des biocénoses des Alpes (BRAUN-BLANQUET, 1954; SCHMID, 1938-50; GAUSSEN, 1948) et de les intégrer ensuite en un système unitaire fondé sur le concept de série dynamique de la végétation.

Un tableau de l’ensemble des séries identifiées, classées en fonction de leur appartenance aux différents étages de végétation et de leurs principales caractéristiques édaphoclimatiques, a été établi (OZENDA et WAGNER, 1975). Il est reproduit ici dans la fig. 30.

Rappelons, ainsi qu’il a été exposé plus haut en 3.4.4, que si les séries sont

	CALCICOLE (ou XEROPHILE)	MESOPHILE	SILICICOLE (ou MESOHYGROPHILE)
ALPIN	Série de l’Alpin calcicole		Série de l’Alpin silicicole
SUBALPIN	Série préalpine du Pin à crochets	Série du Mélèze et du Pin centro	Série subalpine de l’Epicéa
	Série du Pin mugo		Série subalpine du Sapin
MONTAGNARD	Série subalpine alpinoméditerranéenne	Série de la Pessière-Sapinière	Série de la Hêtraie-Sapinière
	Série interne du Pin sylvestre		
	Série mésophile du Pin sylvestre	Série acidophile du Hêtre	
COLLINEEN (inclus SUPRAMEDITERRANEEN)	Série supraméditerranéenne occidentale du Chêne Pubescent	Série delphino-jurassienne du Chêne Pubescent	Série de la Chênaie acidophile
	Série interne du Chêne Pubescent	Série du Charme	Série de l’Ostrya
	Série supraméditerranéenne orientale du Chêne pubescent		Série planitiaire du Chêne pédonculé
			Série de l’Aune blanc
MEDITERRANEEN SUPERIEUR	Série du Chêne vert et du Genévrier de Phénicie	Série méditerranéenne du Chêne pubescent	
MEDITERRANEEN INFÉRIEUR		Série du Pin d’Alep	
		Série du Caroubier	Série du Chêne liège
			Série du Peuplier blanc

Fig. 30 – Disposition des séries de végétation de la chaîne alpine en fonction de leur écologie. Le détail de deux séries a été en plus haut en exemple dans la figure 22.

naturellement désignées par le nom de l'arbre qui en constitue le climax, ce nom est souvent accompagné d'un qualificatif: série *interne* du Pin sylvestre, série *acidophile* du Hêtre, l'ensemble formant une sorte de binôme et que les deux termes de ce binôme, par exemple *hêtre* et *acidophile*, sont nécessaires à la définition correcte et sans ambiguïté de la série. C'est qu'en effet il peut exister plusieurs séries ayant pour groupement terminal une même espèce d'arbre: c'est ce qu'illustre la figure 31.

Comme exemple de la multiplicité des séries caractérisées par un même arbre, nous détaillerons celui du Chêne pubescent (fig. 32).

5. UN CARREFOUR ÉCOLOGIQUE ET BIOGÉOGRAPHIQUE

5.1. Notion de tridimensionalité écologique

Le grand biogéographe Karl Troil avait introduit l'expression, devenue classique, de *tridimensionnelle Gliederung* pour insister sur le fait que l'écologie des montagnes se situe, à la différence de celle de la plaine, dans un espace à trois dimensions géométriques dont l'altitude est le facteur primordial. Ce concept presque terre-à-terre peut être enrichi en considérant qu'il s'agit de trois dimensions *écologiques*, orientées respectivement suivant l'altitude, la latitude qui implique des différences dans le climat général, et la longitude souvent créatrice de continentalité.

Ce trièdre écologique est particulièrement net dans le cas d'une chaîne qui est à la fois assez élevée pour présenter un net étagement, allongée du nord au sud et située en position de cordillère: le cas de la chaîne scandinave (OZENDA, 2002 p. 15) en est le meilleur exemple, ainsi qu'à l'échelle continentale le cas d'une série de chaînes parallèles allongées dans sens nord-sud comme dans l'ouest de l'Amérique du nord. La situation est sensiblement différente pour des chaînes orientées est-ouest comme les Pyrénées, le Caucase, l'Himalaya: les deux gradient latitude et continentalité sont alors parallèles. C'est aussi le cas des Alpes orientales.

Dans les Alpes occidentales le trièdre écologique est évident (fig. 33), du moins dans la partie franco-italienne de la chaîne. Altitude et latitude concourent pour créer une palette d'étages exceptionnelle qui va du méditerranéen au nival. La longitude se traduit par l'opposition entre une zone interne à continentalité particulièrement élevée

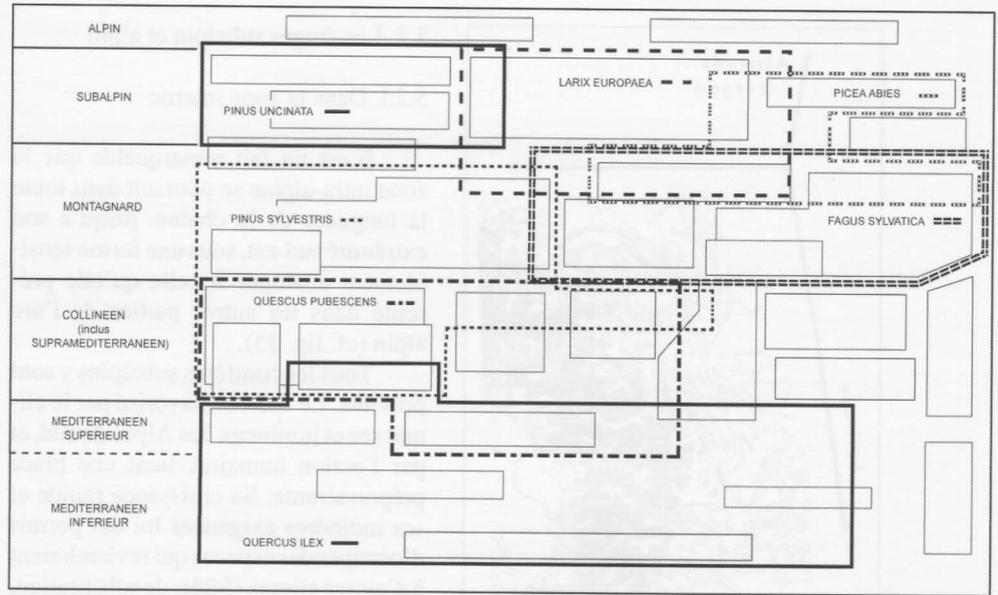


Fig. 31 – Présence de d'une même essence forestière dans différentes séries. Les cadres en trait fin représentent toutes les séries de la figure précédente, à la même place. Les cadres épais figurent la niche écologique des arbres forestiers dont le nom est indiqué: on voit que chacun de ces arbres peut occuper plusieurs séries (entre trois et sept) et qu'en conséquence celles-ci doivent être dénommées ainsi qu'il a été proposé plus haut en 3.4.4., p. 15.

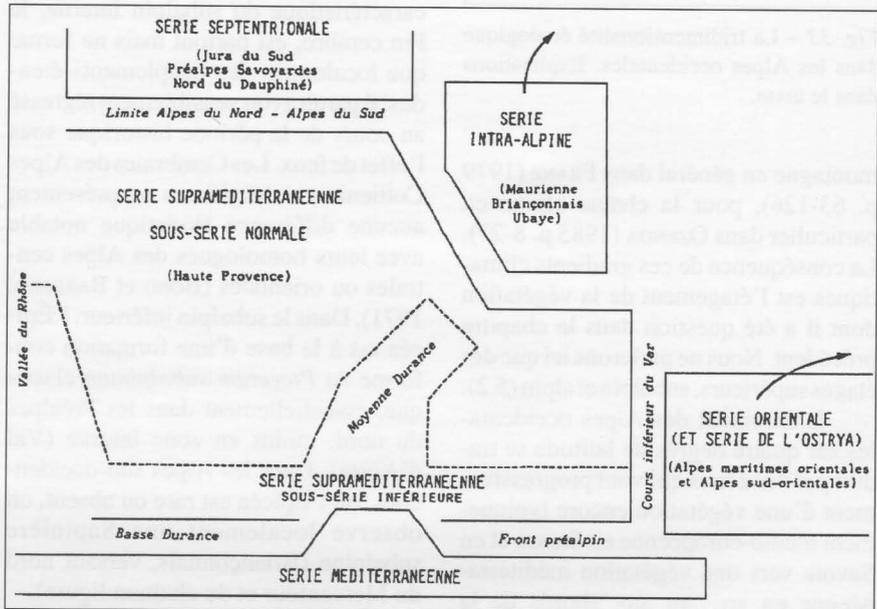


Fig. 32 – Pluralité des séries du Chêne pubescent dans les Alpes occidentales.

Un vaste ensemble traditionnellement appelé subméditerranéen, forme dans le sud de l'Europe une zone située entre la végétation méditerranéenne et la zone dite némorale du Hêtre. Dominée par le Chêne pubescent et des espèces affines, cette zone est appelée dans le système phytosociologique *Quercetalia pubescens* (BRAUN-BLANQUET, 1931); nous l'avons analysé sous le nom de *zone némorale xérothermique sud-européenne* (OZENDA, 1990). Au terme *subméditerranéen* traditionnellement utilisé nous avons proposé de substituer en montagne celui de *supraméditerranéen*. En effet lorsqu'on quitte la végétation méditerranéenne proprement dite, on observe:

- si l'on est en plaine, un appauvrissement progressif et une disparition des éléments méditerranéens, c'est ce que l'on voit par exemple lorsque on remonte vers le nord le couloir rhodanien; c'est à notre avis le vrai sens de subméditerranéen (Qo, sur la grande carte hors-texte);
- lorsqu'on remonte au contraire en altitude, dans des montagnes situées aux limites de la région méditerranéenne, un appauvrissement des éléments méditerranéens bien entendu, mais aussi l'apparition d'espèces orophiles, par exemple de différentes Labiées de montagne: c'est ce que nous appelons le facies supraméditerranéen (QI, sur la grande carte).

et les Préalpes, elles-mêmes dissemblables sur les deux côtés de la chaîne.

Nous ne verrons ici que les aspects illustrant plus particulièrement l'originalité des Alpes occidentales.

Concernant l'effet de la latitude, nous ne reviendrons pas sur les gra-

dients altitudinaux des principaux facteurs du climat: pression atmosphérique, radiations, température, précipitations et nivrosité. On en trouvera des exposés, pour la montagne en général dans PRICE (1981 p. 57-125) et dans OZENDA (2002 p. 16-25), pour la haute

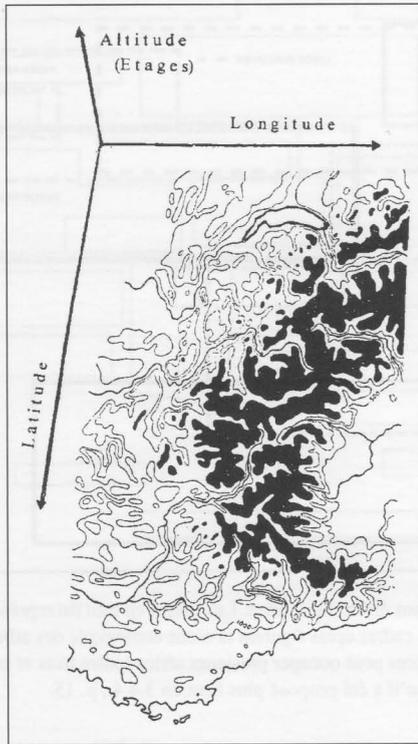


Fig. 33 – La tridimensionalité écologique dans les Alpes occidentales. Explications dans le texte.

montagne en général dans FRANZ (1979 p. 63-126), pour la chaîne alpine en particulier dans OZENDA (1985 p. 8-27). La conséquence de ces gradients climatiques est l'étagement de la végétation dont il a été question dans le chapitre précédent. Nous ne parlerons ici que des étages supérieurs, subalpin et alpin (5.2).

L'étirement des Alpes occidentales sur quatre degrés de latitude se traduit par des zones qui vont progressivement d'une végétation encore typiquement médio-européenne en Suisse et en Savoie vers une végétation méditerranéenne en arrivant aux abords de la Provence (chap. 5.3).

L'effet de la longitude est lié en premier lieu à l'épaisseur de la chaîne, qui détermine l'existence d'un axe intralpin dont les aspects les plus continentaux se trouvent dans les bassins encaissés Valais, Val d'Aoste et Haute Durance (5.4).

Cet axe est flanqué de deux bordures préalpines très dissymétriques, l'une large et surtout calcaire du côté français, abrupte et surtout siliceuse sur le versant italien. Dans ce dernier, des espèces et des groupements orientaux s'observent sporadiquement; ils prennent de l'ampleur dans l'est des Alpes Maritimes (5.5).

5.2. Les étages subalpin et alpin

5.2.1. Dans la zone interne

Il est un fait remarquable que la zone intra-alpine se poursuit dans toute la longueur de la chaîne, jusqu'à son extrémité sud-est, sous une forme sensiblement analogue à celle qu'elle présente dans les autres parties de l'arc alpin (cf. fig. 35).

Tous les conifères subalpins y sont présents. Le Mélèze, favorisé par le climat sec et lumineux des Alpes du sud, et par l'action humaine, tient une place prépondérante. Sa croissance rapide et ses moindres exigences lui ont permis d'occuper des espaces qui reviendraient à d'autres climax (forêts de substitution, OZENDA, 1985 p. 85), comme la pessière subalpine, et qui reparassent peu à peu. Il colonise aussi les places laissées vides dans l'étage montagnard par l'abandon des cultures (cf. fig. 19). L'arbre le plus caractéristique du subalpin interne, le Pin cembro, est partout mais ne forme que localement des peuplements étendus; il paraît avoir sensiblement régressé au cours de la période historique sous l'effet de feux. Les Cembraies des Alpes Cottiennes et Maritimes ne présentent aucune différence floristique notable avec leurs homologues des Alpes centrales ou orientales (BONO et BARBERO, 1971). Dans le subalpin inférieur, l'Épicéa est à la base d'une formation conforme au *Piceetum subalpinum* classique, essentiellement dans les Préalpes du nord, moins en zone interne (Val d'Aoste). Dans les Alpes sud-occidentales, où l'Épicéa est rare ou absent, on observe localement une Sapinière subalpine (Briançonnais, versant nord du Mercantour et du chaînon ligure).

Un nouveau venu par rapport aux Alpes orientales est le Pin à crochets qui tient, comme le Mélèze et souvent associé à lui, une place dominante tant sur calcaire que sur silice, sans être toutefois le conifère exclusif du subalpin comme dans les Pyrénées.

Ce qui paraît être la réalité profonde de l'étage subalpin des Alpes internes, c'est l'existence de deux situations écologiques, l'une en ubac et l'autre en adret, qui coïncident assez nettement avec deux complexes de landes, celui des rhodoraies-vacciniées et celui du genévrier nain, pouvant suivant la multiplicité des conditions stationnelles se boisier en l'une ou l'autre des quatre espèces arborescentes.

La végétation de l'étage alpin est assez semblable à celle du reste de la chaîne, en ce qui concerne les grandes divisions écologiques et les principales

associations, qui sont sensiblement les mêmes que celles que BRAUN-BLANQUET (1948-1950) a décrites par exemple dans les Alpes Rhétiques. Mais le *Carex curvula* se fait rare en allant vers le sud, il est remplacé par *Festuca halleri* en terrain siliceux et par *Carex curvula* subsp. *rosae* dans les parties calcaires. A noter aussi un faciès spécial de l'alpin sur les schistes lustrés.

L'étage alpin a fait l'objet des travaux de GUINOCHET (1938) dans la Haute Tinée; ils confirment cette similitude avec le schéma général, la seule différence étant l'existence d'associations régionales (fig. 34). Le massif du Mercantour n'a rien d'une montagne méditerranéenne, contrairement à ce qu'ont pu dire ou écrire des botanistes renommés, qui n'y étaient apparemment pas allés; sa flore même ne possède que trois espèces endémiques, en dépit de sa situation géographique et de son isolement.

Au sud du Briançonnais, l'axe interne se rétrécit et s'incurve vers le sud-est suivant la direction générale de la chaîne, pour se terminer dans les Alpes Maritimes (fig. 35).

5.2.2. Dans les Préalpes

La véritable originalité de la haute montagne des Alpes occidentales se trouve dans la partie préalpine, dans la mesure où l'altitude est suffisante; elle consiste essentiellement en trois formations (OZENDA, 1985 p. 219-223):

a) la série préalpine du Pin à crochets (fig. 36). Elle est déjà reconnaissable dans le Jura méridional, les Préalpes suisses (ELLENBERG et KLÖTZLI, 1972) et la Savoie; mais son principal développement se trouve dans les Préalpes dauphinoises. Elle a été décrite dans la Grande Chartreuse (BARTOLI, 1968), où elle est cantonnée sur la ligne des reliefs orientaux de ce massif. Le développement optimal est réalisé sur les hauts plateaux du Vercors, dont la structure tabulaire et l'altitude relativement élevée favorisent son extension dans une large bande continue tout le long de la bordure orientale de ce massif. C'est ici que se trouve probablement le plus vaste peuplement de Pin à crochets: une forêt claire, de recouvrement inférieur à 30%, mais formant un vaste quadrilatère de plusieurs milliers d'hectares. Une étude détaillée des différents groupements et de leur dynamisme a été rappelée dans la figure 22. Le subalpin du Dévoluy est probablement à rapporter à cette série, mais l'exceptionnelle dégradation due à la nature ingrate du sol et à l'intensité du

pâturage rend son étude difficile, le Pin étant lui-même rare. Un dernier lambeau de cette formation se trouve près des crêtes du Ventoux

b) la série altiméditerranéenne du Pin sylvestre. L'absence des conifères subalpins laisse place dans les Préalpes du sud à un étage chauve, qui ne peut être confondu avec la base de l'alpin lorsque par exemple des reboisements de Mélèze y prospèrent. Il occupe l'étage culminant des reliefs des Préalpes de Provence, qui forment une suite d'arcs ou de chaînons calcaires de direction dominante ouest-est, du Vaucluse au Var, et dont une partie atteignent ou dépassent la cote 1.600 (fig. 37).

La série est extrêmement dégradée: maigres bosquets de Pins souffreteux, çà et là quelques Pins couchés, peu d'arbustes, et des groupements herbacés à faible recouvrement ("pelouses écorchées"). Des landes basses à *Astragalus sempervirens* sont caractéristiques et on les retrouve jusque dans l'est des Alpes Maritimes.

La série se trouve en réalité à la limite de l'étage montagnard et du subalpin, en quelque sorte miotenne. Elle a été bien décrite par LEJOLY (1975), dans le Haut Verdon. Bien que située dans une position topographique et lithologique similaire, elle est pourtant bien différente de la précédente et n'en constitue pas une simple race géographique asylvatique. La présence de l'astragale, du genévrier sabin, de *Festuca dimorpha* témoigne d'affinités avec des groupements analogues des Pyrénées orientales ou de l'Apennin, suggérant un rapprochement avec le subalpin des montagnes méditerranéennes.

Il est possible d'ailleurs que cet altiméditerranéen ait une extension assez vaste, encore à étudier, dans les Alpes sud-occidentales.

c) la série du Pin mugho. L'étage subalpin des Alpes ligures est un cas particulier. Son interprétation est rendue difficile du fait de la pauvreté de végétation arborescente, hormis le Pin à crochets qui est peu abondant, et le Pin mugho qui est localisé. La chaîne semble se trouver totalement en dehors de la zone intra-alpine, bien qu'elle soit dans son prolongement géométrique, et il n'y a aucune raison décisive d'adopter la position de Bono qui plaçait ce subalpin sous la dénomination "Fascia *Larix-Pinus cembra*". Ces difficultés avaient conduit à la distinction d'une série ligure du Pin à crochets (OZENDA, 1966: 158-159), intermédiaire entre les deux précédentes.

Lithosols	Roches carbonatées	Roches siliceuses
	POTENTILLION CAULESCENTIS (pro.p.) Androsacetum helveticae Saxifraga diapensioides association	ANDROSACION VANDELLII Androsacetum vandellii Saxifraga floridula association
Eboulis	THLASPEION ROTUNDIFOLII Thlaspectum rotundifolii Thlaspectum limosellaefolium subassociation Leontidum montani Bernardietum lanuginosi	ANDROSACION ALPINAE Oxyrietum digynae Adenostyles leucophylla association Luzuletum spadiceae
Etangs		LITTORELLION Callitricheto-Sparganietum
Combes à neige	ARABIDION CAERULEAE Arabidetum caeruleae Salicetum retuso-reticulatae	SALICION HERBACEAE Polytrichetum sexangularis Salicetum herbaceae Caricetum foetidae Alopecureto-Caricetum
Sources	CRATONEURION COMMUTATI Cratoneureto-Arabidetum	CARDAMINETO MONTION Cardaminetum amarae Cardaminetum asarifoliae subassociation
Marais	CARICION DAVALLIANAE Caricetum davallianae CARICION BICOLORIS-ATROFUSCAE Caricetum juncifoliae Kobresietum bipartitae	CARICION FUSCAE Eriophoretum scheuchzeri Caricetum fuscae

Enneigement épais	CARICION FERRUGINEAE Caricetum ferrugineae Festuco-Trifolietum thalii	CARICION CURVULAE Caricetum curvulae Festucetum halleri
Enneigement modéré	SESLERION VARIAE Caricetum firmiae Seslerio-Caricetum sempervirentis Seslerio-Avenetum montanae	FESTUCION CURVULAE Festucetum variae Centaureto-Festucetum spadiceae Festuceto-Potentilletum valderiae
Venté, peu Enneigé	ELYNION Elynnetum alpinum	LOISELEURIO-VACCINION Loiseleurieto-Alectorietum ochroleucae

Fig. 54 – La figure résume le modèle phytosociologique de l'étage alpin dans les Alpes. On a ajouté, en italique, les groupements qui sont spéciaux aux Alpes sud-occidentales, et qui ont été plus précisément décrits par GUINOCHET, 1938, dans les Alpes Maritimes. La partie supérieure du tableau concerne les groupements dits "spécialisés" ou azonaux, déterminés par des facteurs écologiques particuliers: parois rocheuses, éboulis, marais, crêtes ventées; ils sont particulièrement riches en endémiques. La partie inférieure du tableau correspond aux pelouses, considérées comme des groupements ayant atteint leur maturité (zonaux). Ils sont représentés aussi dans les étages alpins des Pyrénées et des Carpates par des formations très semblables, et même par des associations vicariantes (OZENDA, 2006 p. 78-79). D'après GRABHERR ces formations annales sont seulement européennes, spécifiques même des chaînes du système alpin et ne se retrouvent pas dans les autres hautes montagnes.



Fig. 35 – Terminaison sud-est de l'axe intra-alpin. En traits épais: 1, limite de l'axe continental proprement dit; 2, limite de la zone intermédiaire; 3, en gris, bassin supérieur de la Tinée, étudiée par Guinochet et par Lacoste; 4, bois de Salèzes, dernier peuplement important de Pin cembro vers l'est; 5, avant-postes de ce Pin près du Col de Tende; 6, derniers peuplements spontanés de Mélèze, sur la crête orientale du bassin de la Roya; 7, Sapinières de type interne, décrites par Barbero et Bono. A titre d'éléments de repérage: en tirets, la frontière; 8, limite des Hêtrais-Sapinières piémontaises; 9, fin des Préalpes provençales; 10, Préalpes du secteur préligure; 11, limite nord de l'étage mésoméditerranéen.



Fig. 36 – Le Pin à crochets (*Pinus uncinata*). Ainsi dénommé à cause de la forme des écailles de son cône, cet arbre caractérise l'étage subalpin des Alpes occidentales et des Pyrénées (cf. fig. 7). En haut, un peuplement d'arbres élancés, dans les conditions écologiques les plus favorables (Vallon du Blétonnet, Briançonnais, cl. CADEL et GILOT (1963). En bas, arbres bas et tordus, sur une crete exposée (Chartreuse, cl. PLESNIK).

Le fait remarquable que constitue la présence ici du Pin mugo, qui forme par endroits de vastes peuplements (cf. fig. 48), celle aussi de tout un contingent d'espèces orientales (cf. 5.5.2), justifie le classement de ce subalpin ligure comme une forme géographique de la *ceinture du Pin mugo* bien connue des Alpes orientales.

5.3. Les échelons méditerranéens.

5.3.1. Rappel climatique.

La température en chaque lieu dépend à la fois de l'altitude et de la position géographique. On peut compenser l'altitude en considérant les isothermes réduites à l'altitude zéro mais ce réseau des isothermes est compliqué par le relief et nous l'éviterons ici. Rappelons simplement que ces températures réduites présentent une différence de 4° environ entre le nord et le sud des Alpes occidentales, expliquant une partie de la zonation de la végétation.

La pluviosité est un facteur capital, à l'approche de la région méditerranéenne. Son effet sur la végétation dépend à la fois de la quantité annuelle de pluie (fig. 38), mais aussi de sa répartition annuelle en raison du creux estival des précipitations caractéristique du régime méditerranéen.

5.3.2. Zonation et Étagement

Dans la suite de cet exposé, les Alpes sud-occidentales ont été divisées en latitude en trois zones:

- la partie non alpine, franchement méditerranéennes, en Basse Provence;
- la partie supraméditerranéenne, la plus importante, en Haute Provence et Dauphiné du sud;
- une zone de transition avec les Alpes nord-occidentales.

La dénomination des étages méditerranéens et leurs correspondances avec l'étagement de type alpin ont été données plus haut, fig. 18.

5.3.3. La partie non alpine

2) L'étage thermoméditerranéen n'est bien développé, en Europe, qu'au sud d'une ligne allant de Barcelone à Izmir, et n'est représenté en France que dans une étroite bande le long du littoral des Alpes Maritimes. Le climat exceptionnel de cette région a été reconnu depuis longtemps (Côte d'Azur), bien matérialisé par l'abondance et la diversité de la flore exotique acclimatée ou naturalisée. On doit à GUINOCHET et DROUINEAU (1944) une

définition phytosociologique claire de cette enclave thermophile; une bonne caractéristique en est l'euphorbe arborescente (*Euphorbia dendroides*) qui permet de limiter avec précision cette "zone subtropicale en miniature" (OZENDA, 1951). Un autre indicateur est le palmier nain (*Chamaerops humilis*), encore présent au 19^e siècle dans les environs de Nice, détruit par l'urbanisation, mais que MEDAIL et QUEZEL (2001) ont retrouvé dans des stations privilégiées du littoral du Var, représentant des enclaves sporadiques de cet étage thermoméditerranéen.

b) L'étage mésoméditerranéen occupe la Provence au sud de la limite des Préalpes (fig. 39), et coïncide avec l'aire de l'olivier. Il correspond aussi sensiblement à l'aire du Chêne vert (*Quercus ilex*) mais celui-ci participe à des végétations très différentes et déborde aussi sur la base de l'étage suivant; son amplitude écologique fait qu'il n'est caractéristique d'aucune série. Ce volume et la carte en hors-texte n'ayant pas pour objet l'étude détaillée de la végétation hors des Alpes, nous n'avons distingué que trois divisions dans cet étage:

- 1) un sous-étage inférieur (couleur rose sur la carte), caractérisé par le Pin d'Alep, qui est un paraclimax de substitution très répandu, et par un contingent important d'espèces thermophiles, dont le myrte et le lentisque. Il est essentiellement sur calcaire et terrains alluviaux.
- 2) sur silice, ce sous-étage occupe une partie de la Provence orientale (sur gneiss dans les massifs des Maures et du Tanneron, sur formations volcaniques anciennes dans l'Estérel et la région d'Antibes et de Biot), sous forme d'un boisement de Chêne liège et de Pin maritime, dense mais de qualité médiocre et très sujet aux incendies.
- 3) un sous-étage mésoméditerranéen supérieur, où apparaît le Chêne pubescent (en jaune et noté Q1 sur la carte hors-texte).

5.3.4. La zone supraméditerranéenne.

Elle s'étend entre la limite sud de la chaîne (fig. 39), et la classique "ligne des cols" (Grimone, Croix-Haute, Bayard, Lautaret), sous réserve de la zone de transition mentionnée plus loin. La basse montagne est occupée, jusque vers 1.000 m, par une végétation traditionnellement appelée subméditerranéenne et que nous nommons ici *Série supraméditerranéenne* (voir plus haut, fig. 32, l'intérêt de faire la différence entre ces deux termes).

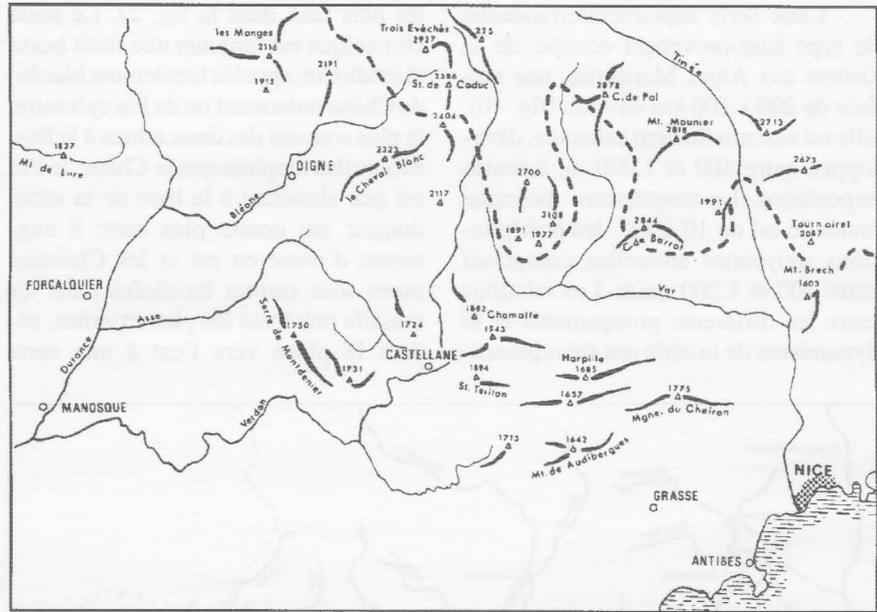


Fig. 37 – Répartition géographique du subalpin à faciès altiméditerranéen en Haute Provence. La figure indique la répartition des chaînons dont les sommets dépassent 1.600 m et qui sont situés au sud de la limite du Mélèze, figurée ici par une ligne de tirets.



Fig. 38 – Précipitations moyennes annuelles dans les Alpes sud-occidentales (d'après GAUSSEN, 1948). On reconnaît inanimablement les grands faits classiques:

- a) l'opposition entre les Alpes du nord humides et les Alpes du sud sèches. Les premières ne sont représentées sur la figure que par leurs marges méridionales. 1, Grande Chartreuse, peut être la région la plus humide du territoire français; 2, Vercors septentrional; 3, Belledonne et annexes; 4, massif du Pelvoux qui, bien qu'en position déjà méridionale doit à son altitude des précipitations élevées. Les Alpes du sud sont beaucoup plus sèches: 5, Baronnies; 6, Ventoux et Montagne de Lure; 7, Préalpes de Castellane. Plus à l'est en revanche deux maximums secondaires sont dus: d'une part dans l'est des Alpes Maritimes, à des pluies venant du golfe de Gênes; d'autre part dans les Alpes Cottiennes, à des pluies venant de l'Adriatique mais relativement atténuées par la longueur de la plaine du Pô.
- b) l'existence d'une zone de sécheresse intra-alpine: 10, moyenne Maurienne; 11, Val de Susse; 12, bassin supérieur de la Durance où les précipitations tombent à 650 mm à Briançon malgré l'altitude de 1.300 m; 13, Queyras; 14, Haute Ubaye; 15, Haute Stura. La zone intra-alpine du Briançonnais est en continuité avec une remontée de sécheresse méditerranéenne; cependant sa faible pluviosité est due essentiellement à l'encaissement du bassin et elle est donc plus continentale que méditerranéenne.

Cette répartition des précipitations a évidemment des conséquences biogéographiques: dans l'étage collinéen, le remplacement des Chênaies à charme qui dominent dans les Alpes du nord par les Chênaies à Chêne pubescent et à buis qui constituent le faciès supraméditerranéen de cet étage en Haute Provence; dans l'étage montagnard, le remplacement des Hêtrais-Sapinières des Alpes du nord par des Hêtrais sèches ou par des forêts mésophiles de Pin sylvestre, elles-mêmes relayées dans la zone intra-alpine, et notamment dans le Briançonnais, par des Pinèdes xérophiles; tandis que des types de végétation plus humides reparaissent dans les Alpes Maritimes et dans les vallées piémontaises.

Cette série supraméditerranéenne de type haut-provençal occupe, de la Drôme aux Alpes Maritimes, une surface de 200 x 100 km environ (fig. 40). Elle est essentiellement calcicole, développée entre 400 et 1.000 m, à toutes expositions. La température moyenne annuelle est de 10 à 13°, les précipitations moyennes annuelles comprises entre 700 et 1.200 mm. Les relations entre les différents groupements et le dynamisme de la série ont été représen-

tés plus haut dans la fig. 22. Le stade climacique est toujours une forêt basse et médiocre, appelée localement *blache*, de Chêne pubescent ou de Pin sylvestre, le plus souvent des deux arbres à la fois. Moins thermophile que le Chêne, le Pin est peu abondant à la base de la série, domine par contre plus haut; il augmente d'ouest en est et les Chênaies pures sont surtout localisées dans les massifs préalpins les plus externes, cédant la place vers l'est à une série

mésophile du Pin sylvestre qui fait à son tour la transition vers la zone interne. Les groupements arbustifs (fig. 41 et phot. B, C et D pl. I) sont dominés par le Buis et le Genêt cendré, les pelouses par la Lavande, la Sarriette et le Thym. On peut distinguer une sous-série inférieure, infiltrée d'espèces transgressives de l'étage mésoméditerranéen, dont le Chêne vert et le Genévrier de Phénicie; et une sous série normale plus étendue. Une description détaillée de cette série et de ses stades se trouve dans OZENDA, 1985 p. 138-144.

Au-dessus de cette formation supraméditerranéenne vient un *étage montagnard* qui passe progressivement, en allant vers le sud, à un faciès *oroméditerranéen*.

Les Hêtrais et les Hêtrais-Sapinières du nord, qui sont encore typiques dans le Dauphiné septentrional, tendent à disparaître au sud de Grenoble: on les observe encore bien développées dans le Vercors et le Dévoluy, mais leurs derniers avant-postes se situent dans le Diois et dans le Gapençais. On les retrouve, quoique localisées, jusque dans l'étage montagnard supérieur de l'Ubaye, en une association caractérisée par *Trochiscantes nodiflorus* jusqu'aux Alpes Maritimes. Mais dans l'étage montagnard inférieur apparaissent des Hêtrais plus sèches, à Buis et à Lavande (*Buxo-Fagetum*). Elles sont disposées suivant un arc qui s'étend du sud du Ventoux jusqu'aux Préalpes de Grasse; parmi les groupements les plus caractéristiques figure une association à *Androsace chaixii*.

Plus au sud, se retrouvent sporadiquement des Hêtrais très appauvries: Haut Vaucluse, Lubéron, Haut Var, chaînons provençaux. Toutefois une Hêtraie relictuelle assez riche s'est maintenue dans le massif de la Sainte Baume, non loin de Marseille.

L'étage subalpin (à faciès altiméditerranéen) de cette zone a été décrit plus haut, en 5.2 et fig. 37.

5.3.5. La zone de transition

La "ligne des cols" (Lautaret, Bayard, Croix-Haute, Rousset, Grimoine), habituellement tenue pour la frontière entre les Alpes nord et sud-occidentales, et que nous avons schématisée par la ligne Valence-Turin, n'est en revanche pas une limite nette de la végétation supraméditerranéenne, sauf en quelques points (col de Rousset). Au nord de cette ligne, le bassin du Drac est une région de transition, représentée notamment par le Trièves et le Valbonnais, qui hébergent une mosaïque de Hêtrais et de

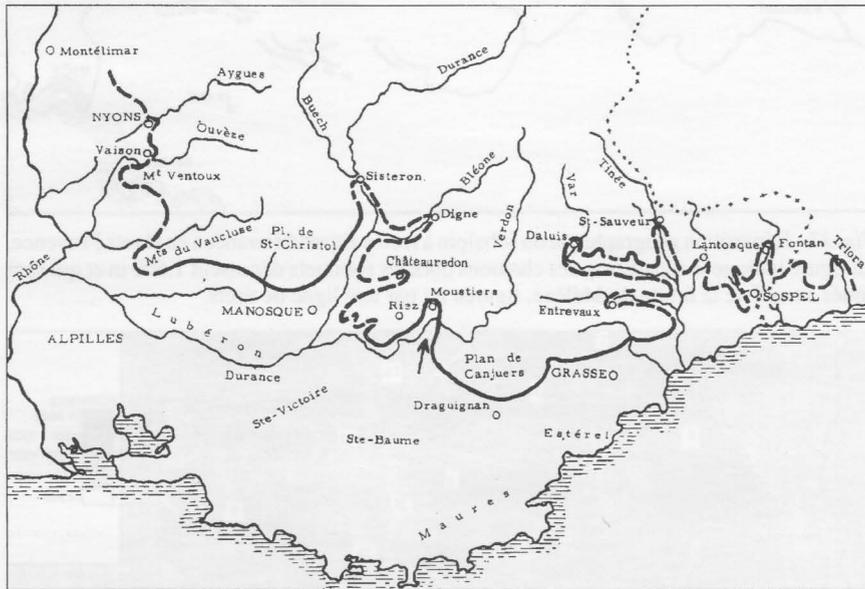


Fig. 39 – Limite nord de l'étage mésoméditerranéen en Provence et dans les Alpes Maritimes. Elle est figurée par un trait gras continu là où des accidents de relief importants la définissent nettement et par des tirets là où cette limite n'est qu'approximative en raison de l'interpénétration des végétations méso- et supra-méditerranéennes.

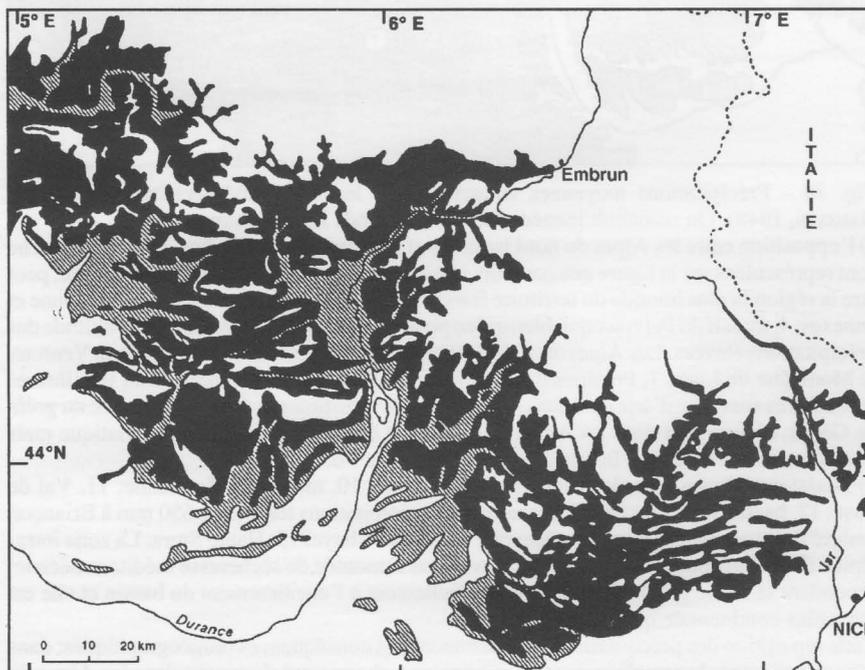


Fig. 40 - Répartition de la série méditerranéenne du Chêne pubescent dans les Alpes de Haute Provence. En noir la forme principale de la série, dont les groupements et le dynamisme ont été donnés plus haut, fig. 22; en hachures la sous série inférieure, qui fait transition avec la série précédente et qui est infiltrée d'espèces méditerranéennes transgressives (*Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Cotinus coggygia*, *Lavandula latifolia*, *Spartium junceum*).

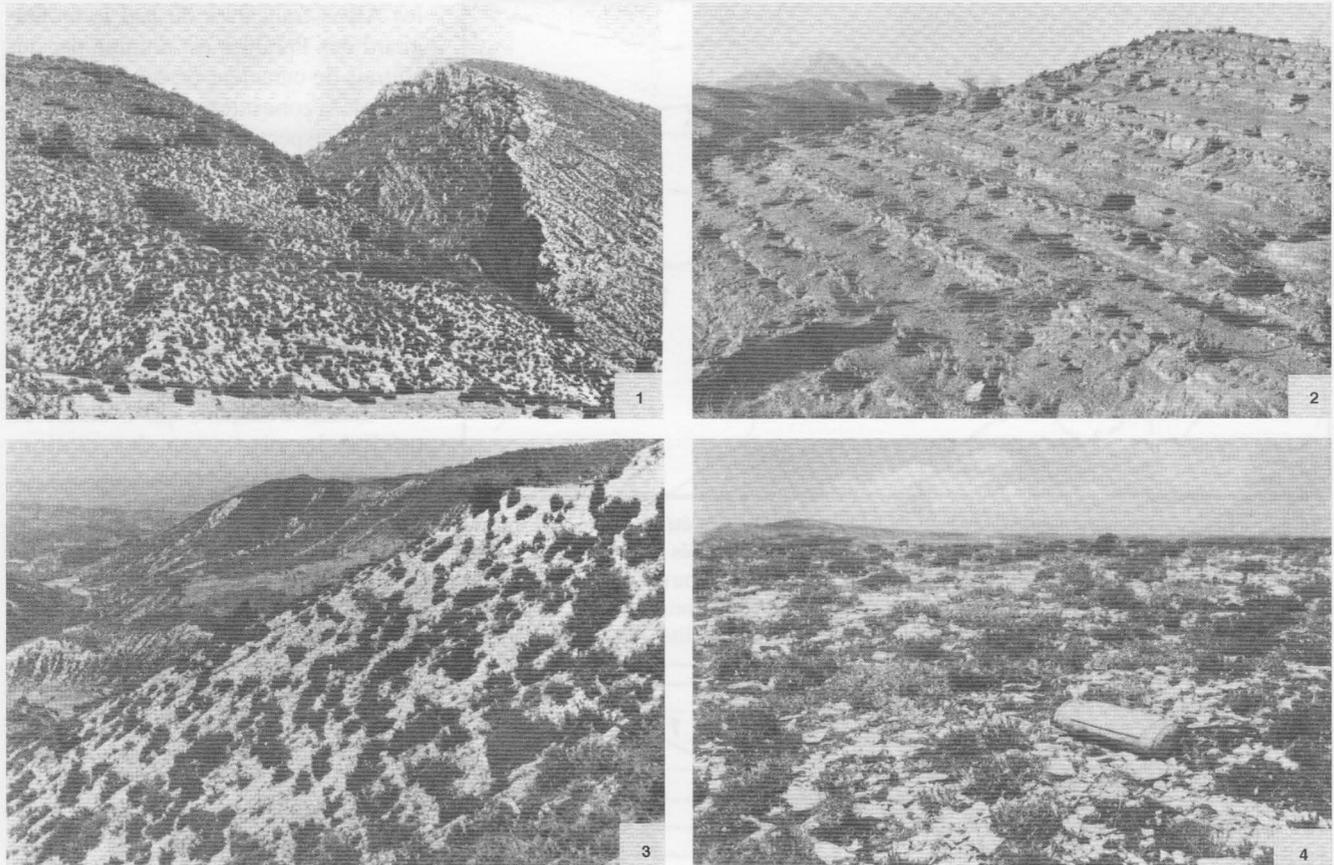


Fig. 41 – Stades de dégradation de la série supraméditerranéenne du Chêne pubescent. 1, lande de buis dense encore piquetée de Pin et de Chêne. 2 et 3, formes plus ouvertes à sol presque nu. 4, garrigue à Lavande, Thym et Sarriette (1/3, région de Digne ; 4, Préalpes de Grasse).

Pinèdes sylvestres, et quelques lambeaux de landes à Genêt cendré ou même à *Spartium*. Plus au nord, des groupes d'espèces thermophiles se retrouvent, à la faveur de rocaillies bien exposées, dans la région de Grenoble où elles ont été décrites sous le nom de *colonies méridionales*, et jusque dans le sud de la Savoie comme autour du lac du Bourget où des oliviers eux-mêmes prospèrent à Brison.

Mais la série septentrionale du Chêne pubescent, qui en Savoie et dans le nord du Dauphiné partage le terrain avec la Chênaie à charme, ne peut être considérée comme supraméditerranéenne.

Dans l'ouest de la Drôme, des espèces thermophiles remontent le long du couloir rhodanien (Qo de la carte): c'est la végétation de plaine que nous nommons subméditerranéenne, distincte du supraméditerranéen des Préalpes (cf. plus haut fig. 32).

5.4. La continentalité

En raison de l'épaisseur de l'arc alpin, les pluies atlantiques venant de l'ouest et les pluies adriatiques arrivant par la plaine du Pô se déversent sur les Préalpes de part et d'autre de la partie axiale. Cet axe connaît donc un relatif déficit de pluviosité, qui est le principal aspect de la continentalité. On peut évaluer celle-ci par le quotient P/A de la

pluviosité annuelle d'une station, exprimée en mm, par son altitude exprimée en mètres (ceci n'a évidemment de sens que si l'altitude est suffisante, donc à partir de la moyenne montagne). D'une manière générale, ce quotient est supérieur à 1 dans les Préalpes et inférieur à 1 dans la zone axiale. La répartition géographique des stations pour lesquelles il est égal à 1 correspond assez nettement au contour de l'axe intra-alpin tel qu'il résulte de l'étude de la végétation; la répartition des valeurs beaucoup plus faibles dessine des pôles de continentalité (fig. 42).

GAMS (1931-32) a défini l'indice de continentalité comme l'angle dont la cotangente a précisément la valeur P/A, et montré que la valeur 45°, qui correspond à P/A = 1, coïncide assez bien avec la limite de l'aire du Hêtre. Cet indice angulaire est plus expressif, en ce sens que la valeur de l'angle est d'autant plus élevée que la continentalité est plus grande (cf. OZENDA, 1985 p. 24-27 et 2002 p. 26-29).

On peut suivre les variations de cet indice en remontant une vallée qui recoupe les massifs préalpins pour s'enfoncer en zone axiale, par exemple dans la Maurienne, ou vallée de l'Arc, en Savoie (fig. 43). Plus précisément, le minimum de pluviosité se situe dans la partie moyenne des vallées, car plus haut les précipitations parviennent à augmenter en raison de la forte altitude (fig. 44).

La faible pluviosité n'est pas le seul caractère du climat continental. Elle s'accompagne fréquemment de différences thermiques. A altitude et latitude égales, les localités de la région intra-alpine ont une température supérieure de 1° à 2° environ à celle des Préalpes externes. Corrélativement, on observe dans les Alpes internes une remontée de 200-300 m des limites des étages, par exemple en comparant les limites homologues dans les régions de Grenoble et de Briançon. Nous n'aborderons pas ici les explications qui ont été proposées de cette différence (effet de masse, luminosité, remontée de la limite des neiges permanentes).

Les données climatiques ne sont pas forcément la meilleure définition de la continentalité. L'étude de la végétation et sa représentation cartographique peuvent apparaître plus discriminantes pour en séparer les différents niveaux. Ainsi dans les Préalpes centrales et nord-occidentales la végétation dominante de l'étage montagnard est la Hêtraie, souvent la Hêtraie-Sapinière. Le Hêtre disparaît en entrant dans la zone interne, remplacé par une Sapinière plus sèche puis par une pessière (*Abietetum*), ensuite dans l'axe intra-alpin proprement dit par une pessière plus sèche et dans les parties les plus continentales par une Pinède xérophile de Pin sylvestre. Dans

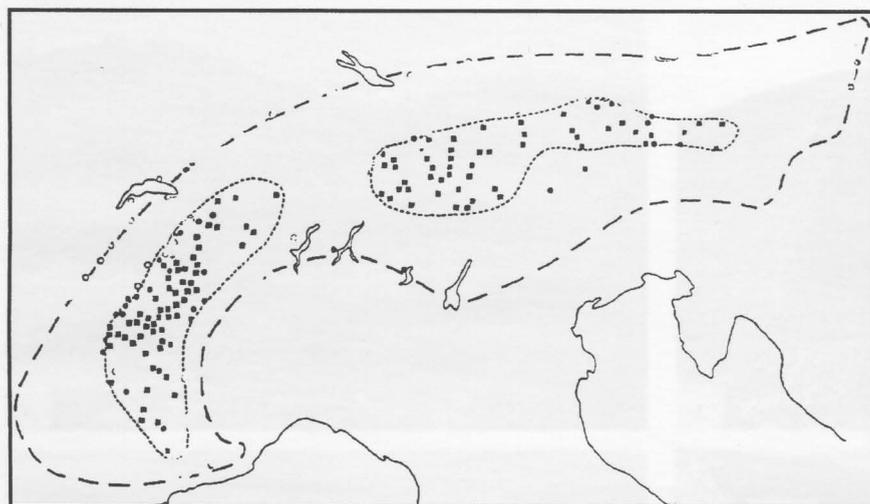


Fig. 42 – Indice de continentalité dans la chaîne alpine. Seules ont été retenues les localités d'altitude supérieure à 800 m. Les points correspondent aux localités dont l'angle de GAMS (1931-1932) est supérieur à 55° (P/A inférieur à 0,8), qui se trouvent en deux régions correspondant à deux pôles intra-alpins de forte continentalité. En tirets lâches, le contour de la chaîne alpine; en tirets serrés, le contour des pôles de continentalité intra-alpins.

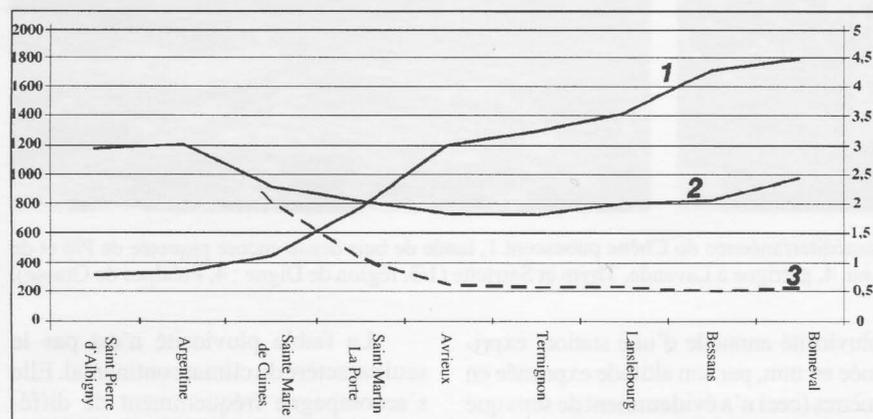


Fig. 43 – Variations du rapport entre précipitations et altitude le long d'une vallée alpine: ici la Maurienne. 1, l'altitude (échelle à gauche, en mètres). 2, les précipitations moyennes annuelles, qui varient peu le long de la vallée (max. 1.200 mm, min. 720 mm). 3, le rapport P/A (échelle à droite), supérieur à 1 dans la basse vallée, qui descend ensuite jusqu'à 0,5 (d'après RICHARD et PAUTOU, 1982). Rappelons que cet indice n'a de sens qu'en montagne, non à faible altitude). Les forêts de Maurienne ont fait l'objet des travaux de BARTOLI, 1962.

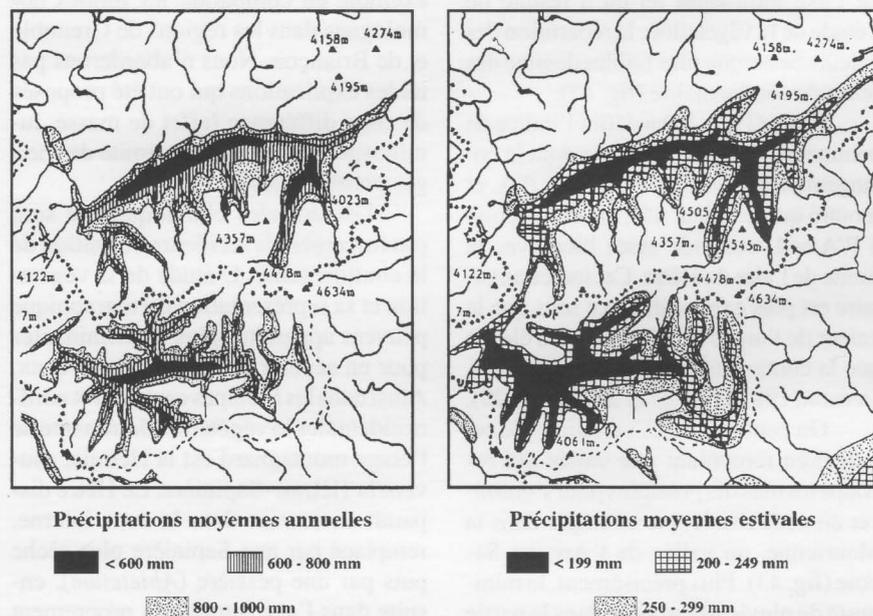


Fig. 44 – Précipitations annuelles et estivales dans le Valais et le Val d'Aoste (d'après RICHARD et TONNEL, 1987). On voit que les minimums se trouvent dans la partie moyenne des vallées.

les Alpes françaises du sud le montagnard des Préalpes est dominé par des Hêtrais de caractère oroméditerranéen, celui de la zone intermédiaire et de l'axe interne respectivement par les séries mésophile et xérophile du Pin sylvestre (OZENDA, 1985 p. 186-196).

Le maximum de continentalité est atteint dans les vallées les plus profondes de la zone interne. Au déficit pluviométrique s'ajoutent les effets des températures plus élevées dues à la faible altitude des fonds de vallée.

Braun-Blanquet, qui a étudié en totalité la végétation des stations xériques de ces vallées intra-alpines, en a donné une carte générale qui fait apparaître celle des Alpes occidentales comme les plus continentales (fig. 45). Peut-être en raison de la situation plus au sud: effectivement la végétation méditerranéenne s'infiltré dans ces vallées sous la forme d'une série interne du Chêne pubescent (OZENDA, 1981 p. 135-139 et 1985 p. 149-152, PAUTOU et RICHARD, 1982 p. 65-66).

Celle-ci est particulièrement développée dans la haute vallée de la Durance, où elle a été minutieusement décrite (fig. 46). Plus au nord on retrouve des formes appauvries de cette Chênaie dans la moyenne Maurienne et le Val de Suse.

Dans les Alpes nord-occidentales la série est bien développée dans le Valais et le Val d'Aoste (cf. fig. 44).

Long d'une centaine de kilomètres du col du St-Gothard au coude de Martigny, et relativement large, le cours supérieur du Rhône ou Valais constitue la plus vaste des vallées internes. Bien que réputé être la partie la plus sèche du territoire suisse, bien connu pour ses stations dites steppiques, le Valais paraît un peu moins continental que le Val d'Aoste ou la Haute Durance, peut-être parce qu'il est plus éloigné des influences méditerranéennes; le Hêtre lui-même existe encore à 20 km en amont de Martigny, dans le vallon de la Luzerne (Hainard). Les cartes de végétation de Schmid à 1/200.000 et 1/500.000 étant déjà anciennes et légèrement différentes, on a utilisé aussi l'étude de RICHARD et TONNEL, 1987.

Le talweg est à 400-500 m environ entre Martigny et Sierre. Le fond relativement plat porte des formations alluviales de saules et des brousses de noisetier. La série interne du Chêne pubescent occupe les premières pentes en adret; son caractère thermo-xérophile est souligné par les stations méditerranéennes ou steppiques de la carte de Schmid et les steppes-garrides de Gams et de Chodat. Au-dessus, l'étage montagnard porte la Pinède sylvestre, xérophile en

versant sud, mésophile en ubac. Le montagnard supérieur est occupé en partie par des Sapinières-Pessières internes; il est lui-même surmonté d'un subalpin à Mélèze et Pin cembro.

Dans le centre du Val d'Aoste, à des altitudes de 500-1.000 m et sous une continentalité de 0,7 à 1, la Chênaie pubescente interne contient de nombreuses espèces méditerranéennes à côté d'éléments plus continentaux; son territoire est essentiellement occupé par des vignes et des vergers qui peuvent atteindre 1.000 m.

Le terme de steppes s'impose intuitivement en raison de la physionomie et de l'écologie de ces stations, mais aussi à cause de la présence d'un contingent d'espèces arbustives et herbacées affines de plantes centre-asiatiques: des *Kochia*, *Astragalus alopecurus*. Le Mélèze d'Europe et le Pin cembro étant eux-mêmes apparentés à des espèces asiatiques, le problème se pose de l'origine de cette flore et de son époque éventuelle d'arrivée. On situe souvent sa mise en place au glaciaire et pendant le repeuplement post-glaciaire. Mais ses éléments les plus caractéristiques, le Mélèze, le Pin cembro, des arbustes ou herbes steppiques, sont séparés par des milliers de kilomètres de leurs espèces étroitement affines, et leur arrivée dans les Alpes a certainement pris beaucoup de temps. Venus par l'Europe centrale bien avant les glaciations, le Mélèze et le Cembro auraient été repoussés par celles-ci dans des refuges péri-alpins, reprenant possession de la partie intra-alpine pendant les interglaciaires (brèche de Hötting près d'Innsbruck) puis très tôt au Tardiglaciaire, déjà vers 9.500 B.P. (MAYER, 1984).

5.5. Les pénétrations orientales

Les Alpes occidentales forment, dans leur partie médiane de direction générale nord-sud, une barrière entre l'Europe atlantique et l'Europe centrale; leur versant piémontais est orienté vers la plaine du Pô et les montagnes de l'Italie du nord. A leur extrémité sud, l'axe de la chaîne se recourbe en une direction ouest-est, et cela sous une longitude comparable à celle de Berne ou de Turin. De ce fait, des espèces ou des groupements végétaux connus des Alpes orientales s'avancent vers l'ouest.

5.5.1. A l'échelle de la chaîne

On peut classer ces pénétrations en trois groupes, correspondant à leur localisation actuelle et peut être à trois voies différentes de migrations.

a) La Savoie (fig. 47). *Rhododendron hirsutum* présente ici ses localités les

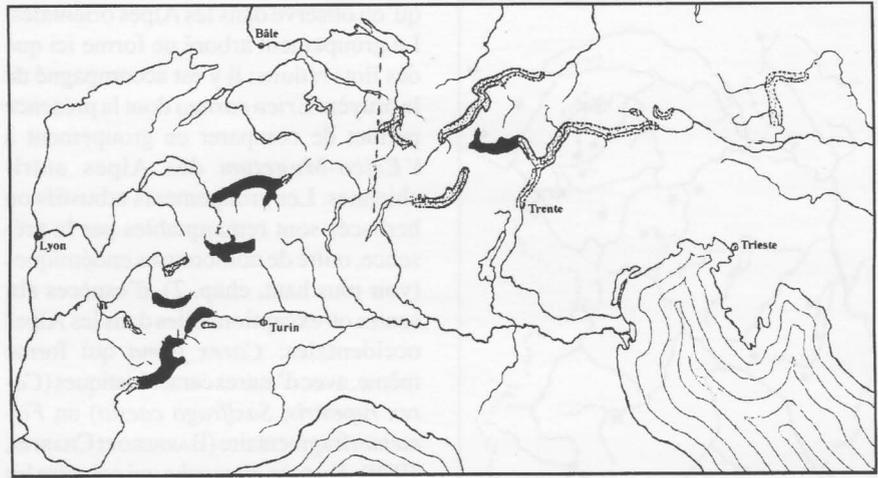


Fig. 45 – Situation géographique des vallées internes dans l'ensemble de la chaîne (d'ap. BRAUN-BLANQUET, 1961). En noir, les vallées les plus sèches; on voit qu'elles se trouvent presque toutes dans les Alpes occidentales.

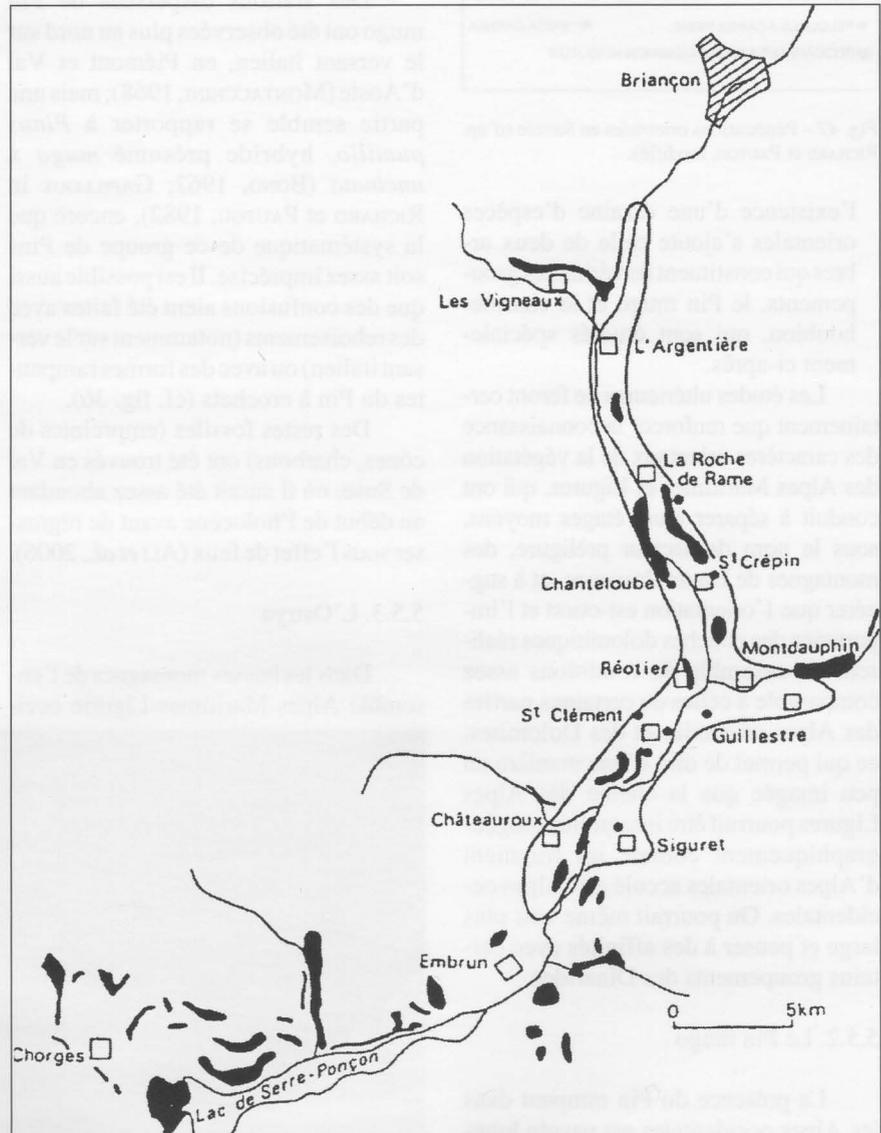


Fig. 46 – La série intra-alpine du Chêne pubescent dans la Haute Durance (d'ap. BRAUN-BLANQUET, 1961). Les taches noires correspondent aux peuplements de Chêne, les carrés à l'association *Lavanduleto-Artemisietum albae*.

plus occidentales. La bruyère des neiges (*Erica carnea*) est plus répandue et se retrouve en Maurienne et jusque dans les Alpes Maritimes. Il faut ajouter les Pins rampants (*mugo* et *pumilio*) signalés en Savoie, et en Italie dans le Val de Suse (cf. ci-après en 5.5.2).

b) Les vallées internes. L'existence d'espèces d'affinité asiatique et le problème de leur origine ont été évoqués plus haut, à propos de la continentalité; nous n'y reviendrons pas ici.

c) Les Alpes Maritimes et les Alpes Ligures. C'est le cas le plus important. À

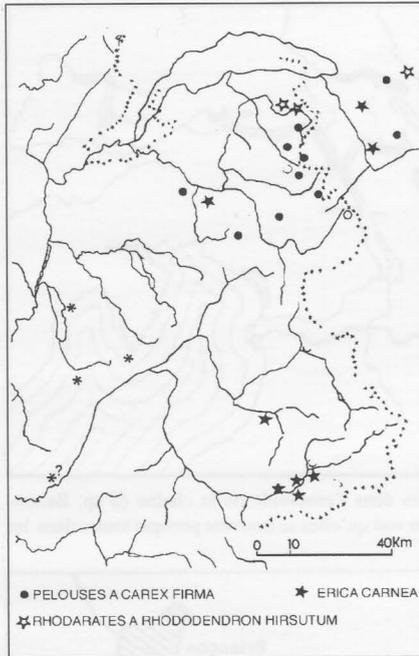


Fig. 47 – Pénétrations orientales en Savoie (d'ap. RICHARD et PAUTOU, modifié).

l'existence d'une dizaine d'espèces orientales s'ajoute celle de deux arbres qui constituent de véritables groupements, le Pin mugo et le charme-houblon, qui sont étudiés spécialement ci-après.

Les études ultérieures ne feront certainement que renforcer la connaissance des caractères orientaux de la végétation des Alpes Maritimes et Ligures, qui ont conduit à séparer leurs étages moyens, sous le nom de secteur prëligure, des montagnes de Haute Provence, et à suggérer que l'orientation est-ouest et l'importance des couches dolomitiques réalisent un ensemble de conditions assez comparable à celles de certaines parties des Alpes orientales et des Dolomites; ce qui permet de dire d'une manière un peu imagée que la chaîne des Alpes Ligures pourrait être interprétée biogéographiquement comme un fragment d'Alpes orientales accolé aux Alpes occidentales. On pourrait même voir plus large et penser à des affinités avec certains groupements des Dinarides.

5.5.2. Le Pin mugo

La présence du Pin rampant dans les Alpes occidentales est passée longtemps inaperçue. Il avait été indiqué autrefois près du col de Tende mais sous le nom *Pinus pumilio*. Le mugo authentique a été observée plus tard, dans la Haute Roya: OZENDA, 1954, BONO 1962 et 1965, BARBERO *et al.*, 1967 (fig. 48).

Il est accompagné de suffisamment d'espèces orientales pour que l'ensemble puisse être considéré comme une série, homologue appauvrie de celle

qu'on observe dans les Alpes orientales. Le groupement arboré ne forme ici que des îlots réduits; il y est accompagné de la bruyère *Erica carnea* dont la présence permet de comparer ce groupement à l'*Erico-Mugetum* des Alpes autrichiennes. Les groupements arbustifs ou herbacés sont remarquables par la présence, outre de nombreuses endémiques (voir plus haut, chap. 2), d'espèces absentes ou exceptionnelles dans les Alpes occidentales: *Carex firma* qui forme même, avec d'autres caractéristiques (*Carex rupestris*, *Saxifraga caesia*) un *Firmetum* fragmentaire (BARBERO et CHARPIN, 1970), *Festuca dimorpha* qui colonise les éboulis, *Carex mucronata* sur les vires, *Asplenium fissum* sur les karsts.

Des stations dispersées de Pin mugo ont été observées plus au nord sur le versant italien, en Piémont et Val d'Aoste (MONTACCHINI, 1968); mais une partie semble se rapporter à *Pinus pumilio*, hybride présumé *mugo* x *uncinata* (BONO, 1962; GAPILLOUT in RICHARD et PAUTOU, 1982), encore que la systématique de ce groupe de Pins soit assez imprécise. Il est possible aussi que des confusions aient été faites avec des reboisements (notamment sur le versant italien) ou avec des formes rampantes du Pin à crochets (cf. fig. 36).

Des restes fossiles (empreintes de cônes, charbons) ont été trouvés en Val de Suse, où il aurait été assez abondant au début de l'holocène avant de régresser sous l'effet de feux (ALI *et al.*, 2006).

5.5.3. L'Ostrya

Dans les basses montagnes de l'ensemble Alpes Maritimes-Ligurie occi-

dentale, la série supraméditerranéenne du Chêne pubescent, dont nous avons vu (5.4.3) la grande extension en Haute Provence, cède la place à un faciès caractérisé par des espèces dont l'aire générale est plus orientale: *Fraxinus ornus*, *Sesleria argentea*, *Linum viscosum* entre autres. Cette formation occupe les adrets jusqu'à vers 1.000 m, colonisant notamment des anciennes cultures, mais elle abandonne les autres expositions, et surtout les ubacs, aux bois d'*Ostrya* probablement favorisé en raison d'un climat plus humide à l'approche du golfe de Gênes.

L'*Ostrya* (*Ostrya carpinifolia*), appelé charme-houblon en raison de ses chatons de forme particulière, est un arbre dont l'aire générale couvre une grande partie de l'Europe du sud, de l'Italie à la Turquie, remontant jusque dans le sud de l'Autriche. Dans la chaîne alpine son aire est disjointe en deux parties: d'une part le sud des Alpes orientales, d'autre part une aire dans les Alpes Maritimes et Ligures (fig. 49). Son abondance, son rôle physionomique dans la couverture végétale dont il constitue, dans ces collines, un élément essentiel par les peuplements étendus et souvent presque purs qu'il forme, contrastent curieusement avec le fait qu'il est ici à la limite de son aire. Dans la partie française il occupe 4% de la surface boisée du département, dont 1.000 ha de peuplements purs situés en grande partie dans les vallées de la Bevera et de la Roya. En Ligurie, il passe en partie sur des grès, mêlé alors au châtaignier.

Les boisements denses se trouvent surtout entre 300 et 800 m. On y trouve *Fraxinus ornus* et une partie des espè-

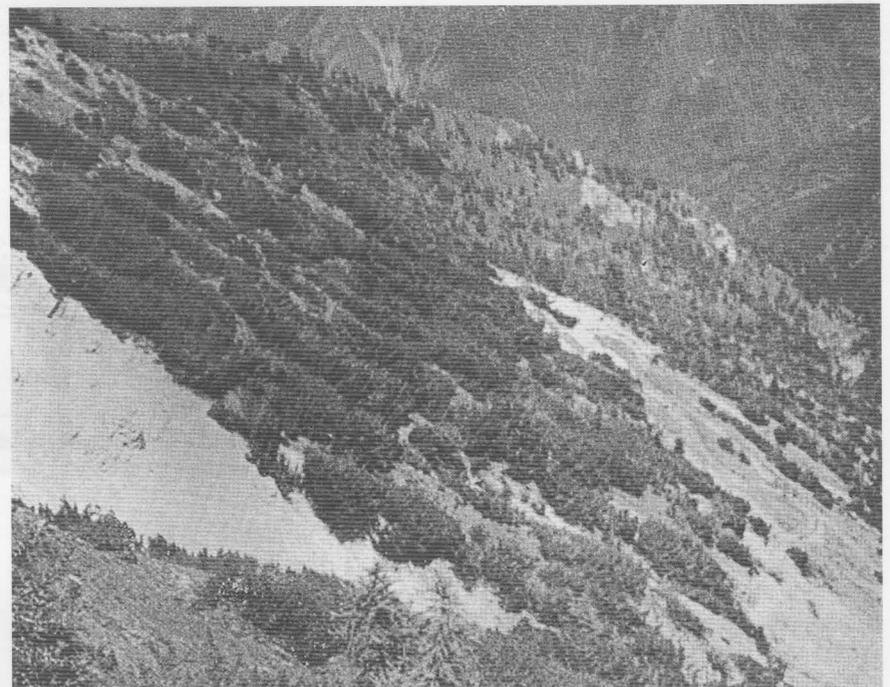


Fig. 48 – Brousse de Pin mugo près du col de Tende, Alt. 1.700 m env.

ces de la Chênaie, mais aussi un lot important de sciaphiles comme *Acer opalus* qui sont de bonnes différentielles, et l'endémique *Leucanthemum discoideum*.

L'*Ostrya* descend aussi dans la région côtière, à la faveur de vallons frais, et constitue alors des brousses dans lesquelles il est accompagné de méditerranéennes comme le Chêne vert. Inversement il peut s'élever dans la base de l'étage montagnard jusque vers 1.000 m.

Lacomparaison de l'aire de l'*Ostrya* et de celle du Hêtre (fig. 28 et 49) dans les Alpes Maritimes montre qu'elles sont curieusement complémentaires, de sorte que l'on peut supposer que le charme-houblon a occupé au moins partiellement la niche écologique du Hêtre absent ou rare dans cette région (OZENDA, 1954). D'ailleurs sur ses limites occidentales, dans les Préalpes de Grasse où reparait le Hêtre, s'observent des exemples de peuplements mixtes.

6. RISQUES ET INCERTITUDES

Ce chapitre a pour objet l'évolution du tapis végétal au cours des temps. Toutefois nous ne considérerons pas l'histoire passée de cette végétation: ses origines géographiques, ses modifications sous l'emprise des glaciations, sa mise en place au cours de l'holocène. Ces sujets ont donné lieu à une bibliographie considérable qu'il ne peut être question de résumer ici. Nous nous limiterons au passé récent, aux temps actuels et au proche avenir.

6.1. L'impact humain

Dans les Alpes occidentales comme partout, l'action humaine sur la végétation s'exerce par des facteurs qui sont assez évidents pour qu'il ne soit nécessaire d'en donner ici plus qu'un bref inventaire:

- la pression démographique: après un répit au début du 20^e siècle, du en partie à l'exode rural, elle s'est aggravée rapidement au cours des dernières décennies en raison des nouvelles activités générées en montagne;
- l'économie rurale, en particulier la surexploitation des forêts et leur banalisation consécutive à des reboisements massifs et monospécifiques, ainsi que des pratiques ayant pour objet d'accroître la productivité des pâturages au prix d'une perte de diversité;
- le développement industriel, en particulier l'apparition de pollutions chimiques comme en Maurienne;
- l'urbanisation et le développement des

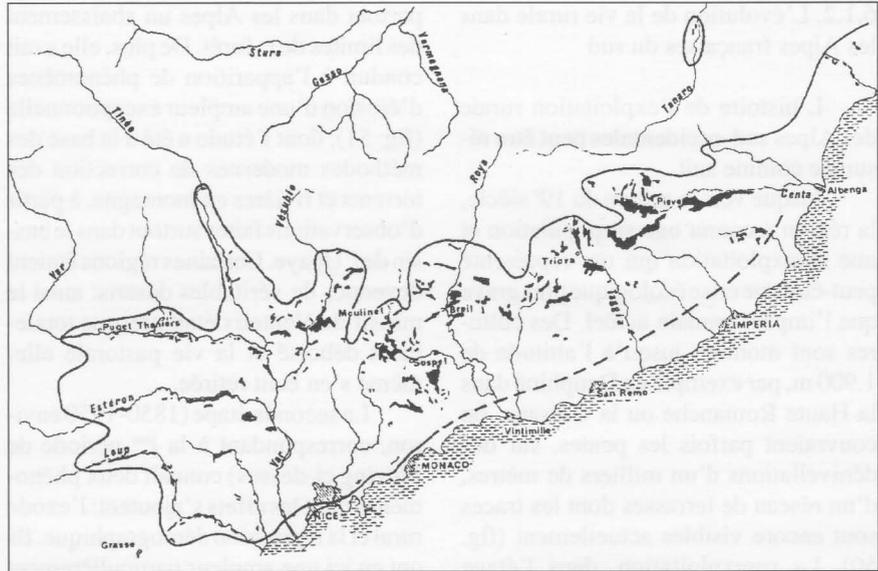


Fig. 49 – Répartition de l'*Ostrya* dans les Alpes Maritimes. Partie occidentale d'après DUGELAY (1948), partie orientale d'après la feuille "Nice" de la Carte de la végétation de la France. Les taches noires figurent l'extension réelle des *Ostrya*ies, pures ou mixtes.

voies de communication pénétrant jusqu'en haute montagne;

- le développement du tourisme et des activités de loisir, entraînant la prolifération des résidences secondaires et la divagation des véhicules tout-terrain.

Les effets de cet impact humain sans cesse croissant se manifestent à plusieurs niveaux:

- la raréfaction ou la disparition d'espèces intéressantes, menacées par des récoltes abusives et parfois par le vandalisme: on connaît le cas exemplaire de *Saxifraga florulenta* sauvé in extremis par la création du Parc national du Mercantour;
- la destruction des biocénoses, dont l'aspect le plus apparent est la régression et le morcellement des surfaces forestières;
- l'érosion des sols, accentuée par les agents mécaniques et en haute montagne par les aménagements liés aux sports d'hiver.

Il est impossible de rappeler dans le cadre de ce volume la multitude des publications concernant l'impact humain sur la nature montagnarde, ni même les exposés généraux (cf. pour l'ensemble des Alpes OZENDA, 1985). Nous n'envisagerons que trois points:

- les variations démographiques depuis un siècle, et surtout au cours des récentes décennies;
- l'évolution de la vie rurale, dans le cas des Alpes sud-occidentales;
- les mesures de protection de la nature.

6.1.1. Les variations démographiques

Dans une étude générale de la population de la chaîne alpine, établie com-

mune par commune, et qui est rappelée ici pour les seules Alpes occidentales, BÄTZING (2002) distingue trois périodes:

De 1871 à 1951, la population des Alpes sud-occidentales, y compris celle des vallées piémontaises, a diminué fortement, perdant plus tiers de ses effectifs; une diminution plus modérée se situe dans les Préalpes savoyardes et lombardes. Inversement, de fortes augmentations ont eu lieu autour des centres urbains ainsi que dans une partie des Alpes suisses.

Entre 1951 et 1981, d'importants remaniements ont eu lieu; la représentation en est assez complexe et n'a pu être résumée ici.

Dans la période la plus récente, de 1981 à 2000, la diminution de la population a continué dans les Alpes italiennes, mais inversement un accroissement important et généralisé a eu lieu dans l'ensemble des Alpes françaises et dans une partie des Alpes suisses.

Il faut bien noter qu'il s'agit ici seulement de proportions, de sorte qu'une perte de population affectant des régions relativement vides peut ne concerner que des effectifs peu élevés. A défaut de données numériques sur les seules Alpes occidentales, nous disposons des indications de Bätzing pour l'ensemble de la chaîne dont la population totale est passée pendant la première période de 7,8 à 10,8 millions, augmentant ensuite plus rapidement dans la seconde moitié du siècle dernier pour atteindre 14,2 millions en 2000. Mais cet accroissement s'est produit surtout dans le nord des Alpes orientales, plus précisément dans les Alpes Bavaroises et l'ouest de l'Autriche.

6.1.2. L'évolution de la vie rurale dans les Alpes françaises du sud

L'histoire de l'exploitation rurale des Alpes sud-occidentales peut être résumée comme suit.

Jusque vers le milieu du 19^e siècle, la région a connu une surpopulation et une surexploitation qui ont représenté peut-être une crise écologique plus grave que l'impact humain actuel. Des cultures sont montées jusqu'à l'altitude de 1.900 m, par exemple en Dauphiné dans la Haute Romanche ou la Guisane, ou couvraient parfois les pentes, sur des dénivellations d'un milliers de mètres, d'un réseau de terrasses dont les traces sont encore visibles actuellement (fig. 50). La surexploitation, dans l'étage subalpin notamment, a entraîné comme

partout dans les Alpes un abaissement des limites de la forêt. De plus, elle avait conduit à l'apparition de phénomènes d'érosion d'une ampleur exceptionnelle (fig. 51), dont l'étude a été à la base des méthodes modernes de correction des torrents et rivières en montagne, à partir d'observations faites surtout dans le bassin de l'Ubaye. Certaines régions étaient devenues de véritables déserts: ainsi le massif du Ventoux était presque totalement déboisé et la vie pastorale elle-même s'en était retirée.

La seconde étape (1850-1950 environ, correspondant à la 1^{re} période de Bätzing ci-dessus) connaît deux phénomènes dont les effets s'ajoutent: l'exode rural et la régression démographique. Ils ont eu ici une ampleur particulièrement grave: en un siècle certaines des régions

de montagne du Dauphiné méridional et de la Haute Provence ont perdu les deux tiers ou les trois quarts de leurs habitants. Ainsi la population de la Haute Durance, évaluée (non compris les villes de Briançon et Embrun) à 46.000 habitants vers 1840, était tombée un siècle plus tard en 1960 à 18.000, soit moins de la moitié; tandis qu'inversement pendant la même période le taux de boisement s'est élevé de 12% à 22% (BOURCET, 1984).

Cet abandon de l'espace rural a laissé vacantes beaucoup de terres dont une partie ont pu être rachetées par l'État et servir à un effort massif de restauration des sols et de reboisement. C'est notamment l'origine des grands massifs de Pin noir qui couvrent des espaces importants (phot. F, pl. 2), comme dans le département des Alpes de Haute Provence où 90.000 ha, soit 15% du département, ont été restaurés à cette période. Les reboisements ont été conçus à l'origine surtout comme des forêts de protection (qui ont joué pleinement leur rôle en déterminant une régulation du régime des cours d'eau), mais tenus pour des peuplements précaires dont la régénération n'était pas assurée; il apparaît maintenant que ces forêts de Pin noir se reconstituent et qu'à leur abri s'est formé un écosystème forestier voisin de celui qui devait exister primitivement et susceptible d'évoluer vers le climax naturel avec son sol reformé. Une autre essence utilisée sur une échelle moins vaste a été le Cèdre, dont le principal massif se trouve sur le versant sud du Ventoux où il progresse spontanément; un boisement de Cèdre moins vaste se trouve sur les crêtes du Petit Lubéron.

Plus généralement, rappelons que le taux de boisement dans les Alpes françaises est de 30% environ, supérieur à la moyenne de la France, 23%. La répartition est très inégale: 20% dans la zone intra-alpine, bien davantage dans les Préalpes (plus de 50% dans le Vercors). Dans les Alpes sud-occidentales, il s'agit essentiellement de Pin sylvestre et de Mélèze; les forêts de haute productivité, Sapin et Épicéa, se trouvent surtout dans les Alpes du nord.

Au cours des dernières décennies, le peuplement humain se redresse très lentement et des formes d'exploitation rurale moderne apparaissent peu à peu. Mais la montagne est aussi l'objet d'une recolonisation par des activités secondaires et tertiaires qui ont, il est vrai, l'inconvénient de ne pas toujours tenir compte des équilibres naturels et d'entraîner une appropriation des espaces par des intérêts étrangers à la montagne elle-même.



Fig. 50 – Cultures en terrasses. Dans les Alpes Maritimes, environs de Tende. Le fond du vallon est à 900 m environ. A gauche, bois de Pins sylvestres et de Mélèzes. À droite, sur sol moins déclive, cultures en terrasse sèche lonnées sur plusieurs centaines de mètres de dénivellation.

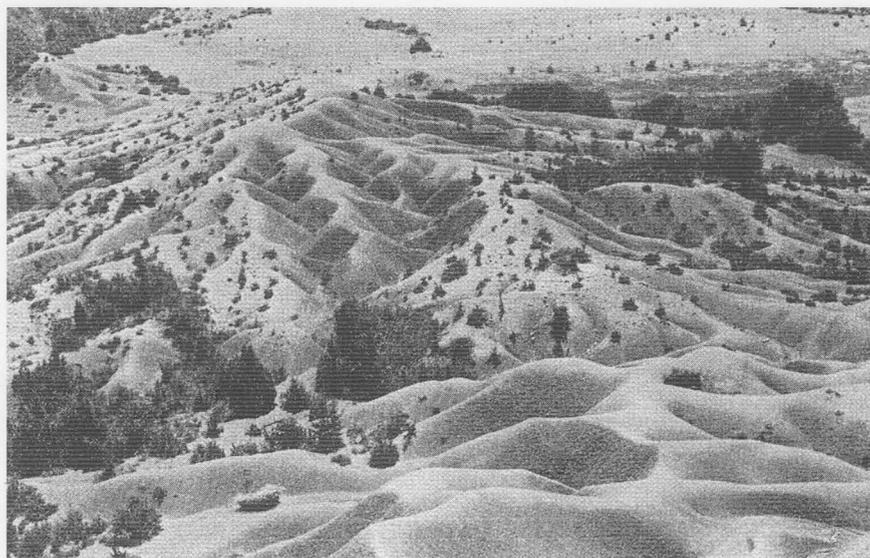


Fig. 51 – Érosion extrême d'un sol. Région de Tanaron, au nord de Digne. Le ravinement a mis à nu des marnes en formant un faciès dit "robines"; le terrain est réoccupé localement par une lande très lâche à Buis et Genêt cendré, avec les premiers Pins. Ailleurs dans la région, d'autres marnes de teinte noire, pareillement érodées, donnent une formation géomorphologique très curieuse dite "en dos d'éléphants".

6.1.3. La protection de la Nature

Les mesures de protection supposent au préalable un inventaire de ce qui est le plus menacé ou le plus digne d'intérêt, et qu'il faut donc protéger en priorité.

Ici encore, c'est dans les Alpes Maritimes que le recensement des espèces intéressantes a été le plus poussé. L'ouvrage de SALANON et KULESZA (1998) étudie un millier d'espèces; certes, une partie d'entre elles sont localisées dans la région côtière hors du domaine alpin, mais la majorité se trouve en montagne.

Au niveau des biotopes, l'*Atlas des végétations à protéger en Suisse* (HEGG et al., 1993) distingue dans la partie alpine de ce pays une trentaine de paysages végétaux, et donne une étude écologique détaillée et une cartographie d'associations végétales particulièrement remarquables, comme celle des survivances de *Carex* arctiques.

On doit à la création de réserves, et à celle des parcs nationaux en particulier, non seulement une protection mais également de grands programmes d'inventaire des flores et des faunes. Les parcs nationaux sont actuellement en Europe au nombre de plus de 200, dont près de la moitié se trouvent en montagne. Ils sont au nombre de quatre dans les Alpes occidentales: Grand Paradis, Vanoise, Ecrins, Mercantour (fig. 52).

Le parc de la Vanoise, créé en 1963, inaugurerait une formule originale étendue ensuite aux autres Parcs nationaux français: la séparation d'une zone centrale, soumise à une protection totale, et d'une zone périphérique dans laquelle des aménagements apportent aux communes concernées une contrepartie aux abandons consentis dans la zone centrale. Sous l'égide de son comité scientifique, le Parc de la Vanoise a publié une longue série de travaux scientifiques (vingt volumes parus à ce jour).

Mais il faut remarquer que ces parcs, comme les autres parcs nationaux de la chaîne alpine, se situent presque entièrement dans l'axe intra-alpin, avec léger débordement sur la zone intermédiaire. La continuité des Parcs de la Vanoise et du Grand Paradis, et la coordination de leurs activités, représentent toutefois une tranche importante d'un seul tenant à travers la chaîne.

Dans les Préalpes existent des Parcs régionaux comme les Aiguilles Rouges en Haute-Savoie, la Chartreuse et le Vercors en Dauphiné, mais les mesures de protection n'y sont pas toujours clairement définies. Plus au sud, deux réserves de biosphère ont été créées à l'initiative de l'UNESCO dans les montagnes

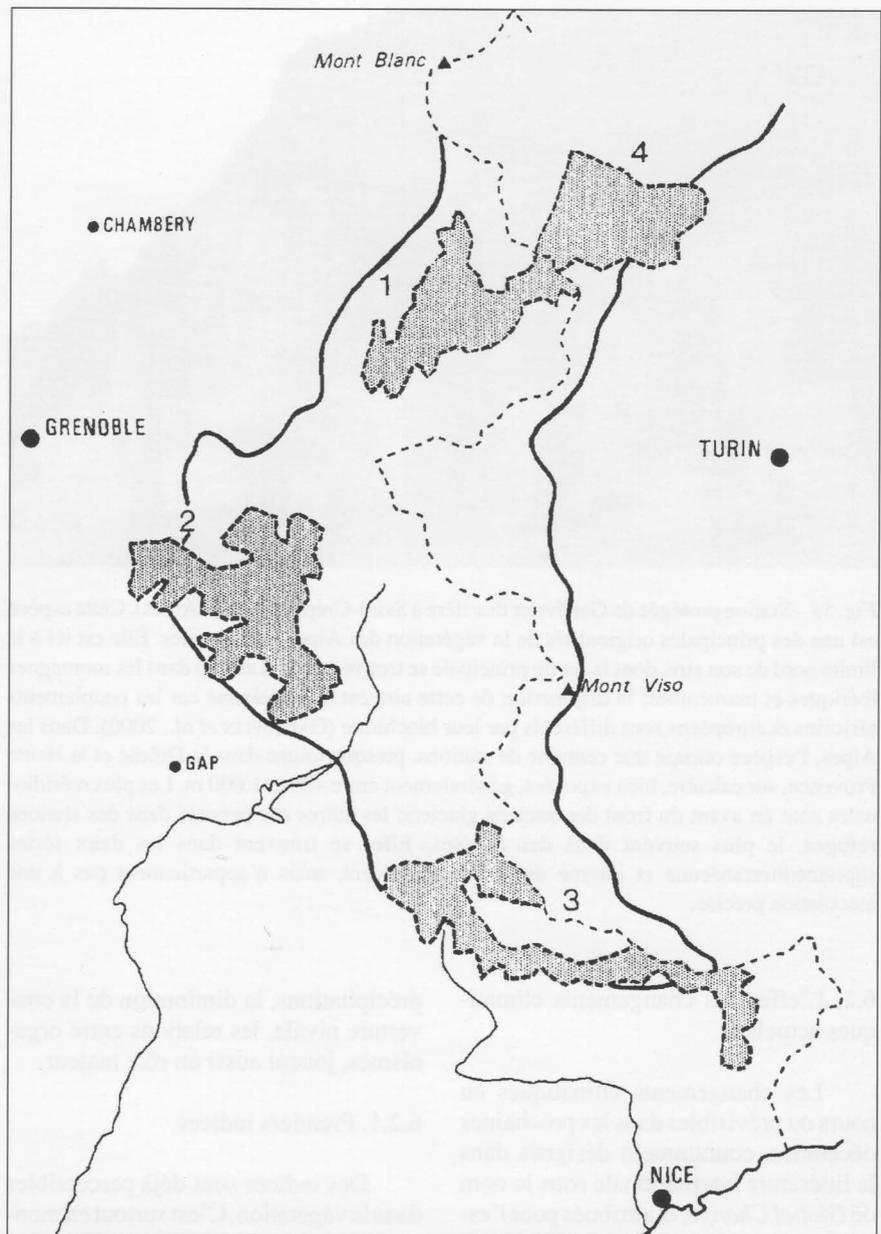


Fig. 52 – Les Parcs nationaux des Alpes occidentales: 1, Vanoise; 2, Ecrins; 3, Mercantour, 4, Grand Paradis. Pour les parcs français, seule la partie centrale (parc proprement dit) a été figurée, non la zone périphérique. En trait épais, contour de l'axe intra-alpin.

	Surface, en hectares			
	Année de fondation	parcs str.	en forêts	zone périphérique
Grand Paradis	1922	73300	6000	—
Vanoise	1963	59000	1000	145000
Ecrins	1973	92000	4400	179000
Mercantour	1979	68500	20600	145000

du Ventoux et du Lubéron. Il faut ajouter la protection efficace assurée à certaines zones forestières particulièrement intéressantes par l'administration, et des réserves de petite superficie protégeant des sites de haute valeur écologique,

comme le peuplement de genévriers thurifères de Saint-Crépin en Briançonnais (fig. 53) ou des milieux humides, Roc de Chère en Haute Savoie, marais de Lavours en Savoie, lac Luitel en Isère.



Fig. 53 – Station protégée de Génévrier thurifère à Saint-Crépin (Hautes-Alpes). Cette espèce est une des principales originalités de la végétation des Alpes occidentales. Elle est ici à la limite nord de son aire, dont la partie principale se trouve très loin au sud dans les montagnes ibériques et marocaines; la disjonction de cette aire est très ancienne car les peuplements africains et européens sont différents par leur biochimie (GAUQUELIN *et al.*, 2000). Dans les Alpes, l'espèce occupe une centaine de stations, presque toutes dans la Drôme et la Haute Provence, sur calcaire, bien exposées, généralement entre 400 et 1.000 m. Les plus méridionales sont en avant du front des anciens glaciers; les autres ont persisté dans des stations refuges, le plus souvent dans des falaises. Elles se trouvent dans les deux séries supraméditerranéenne et interne du Chêne pubescent, mais n'appartiennent pas à une association précise.

6.2. L'effet des changements climatiques actuels

Les changements climatiques en cours ou prévisibles dans les prochaines décennies, couramment désignés dans la littérature internationale sous le nom de *Global Change*, et attribués pour l'essentiel à une augmentation de l'effet de serre, font l'objet d'une littérature démesurée et aussi d'une vulgarisation intense, souvent au prix d'une schématisation excessive. Dans ce foisonnement graphique, l'impact sur la végétation n'a pas retenu une attention à la mesure de l'importance de celle-ci dans les milieux naturels ou de sa place dans la vie de l'homme, tant pour sa subsistance que pour son environnement.

On sait que la température moyenne à la surface du globe s'est élevée progressivement de 0°, 7 environ au cours du 20^e siècle et que le phénomène semble s'accélérer, les années récentes ayant été les plus chaudes. Le signe le plus apparent est la fonte des glaciers alpins; il faut ajouter la probabilité de grandes irrégularités comme les canicules estivales, dont celle de 2003 n'est peut-être que la première d'une série. Mais le réchauffement n'est pas seul en cause. Les effets physiologiques de l'accroissement de la teneur atmosphérique en CO₂, les modifications des

précipitations, la diminution de la couverture nivale, les relations entre organismes, jouent aussi un rôle majeur.

6.2.1. Premiers indices

Des indices sont déjà perceptibles dans la végétation. C'est surtout en montagne que les observations sont nettes, peut-être parce que les parcs nationaux représentent un excellent observatoire écologique. Ainsi se confirme qu'un enrichissement de la flore de haute altitude, plusieurs fois signalé depuis 1950 environ, s'accélère: dans les Alpes suisses et autrichiennes, les altitudes maximum observées s'étant élevées, suivant les espèces, de 2 à 4 mètres par décennie depuis trois-quarts de siècle. Peu d'indices en revanche dans les Alpes occidentales, mais la faune est peut-être plus sensible. Dans d'autres chaînes, c'est la limite supérieure des forêts (*timberline*) qui paraît elle aussi s'être élevée dans la seconde moitié du 20^e siècle. On a observé en Suède une remontée de l'ordre de 50 m de l'altitude supérieure de la ceinture du Bouleau tortueux ainsi qu'une progression du Pin sylvestre dans l'Oural du sud un réchauffement de près d'un degré pendant le siècle dernier qui aurait entraîné une élévation de la limite des arbres de 20 à 80 m suivant les localités, et dans les Rocheuses la for-

mation de nouveaux îlots d'arbres au-dessus de la limite forestière naturelle.

6.2.2. Catastrophe inédite ou accident de parcours?

Le monde vivant a du de tout temps faire face à des fluctuations climatiques.

Des variations de 1° à peine, à l'époque historique, ont suffi pour marquer fortement l'histoire humaine, comme le "petit âge glaciaire", du 17^e au 19^e siècle. Dans les millénaires précédents, des changements plus amples (jusqu'à 2°) ont laissé leurs traces dans des oscillations de 200 à 300 m de la limite supérieure des forêts. On pourrait être tenté de ne voir, dans les phénomènes actuels, qu'une suite ou une accélération du dernier réchauffement postglaciaire: le début d'un interglaciaire chaud, en quelque sorte. La revégétalisation des moraines libérées par le recul des glaciers (phot. O, pl. III), qui a été minutieusement étudiée en Suisse, en donne peut-être une image.

Mais il n'en demeure pas moins que la vitesse du *Global change* actuel est dix à cent fois plus grande que celle du déglacement post-würmien, et qu'il serait hasardeux d'appliquer à l'époque présente les modèles tirés de l'étude du Quaternaire. L'emballement apparemment inévitable de l'effet de serre se traduira par un réchauffement de l'ordre de 3° dans la première moitié du siècle, peut-être de 5° plus tard. La biosphère a certes vu pire dans le passé; mais ce qui est nouveau c'est l'échelle de temps: le monde végétal aurait tout juste cinquante ou cent ans pour "se mettre en règle" avec les conditions nouvelles.

6.2.3. Les conséquences possibles

De ce fait, les possibilités d'adaptation *in situ* sont réduites. Une évolution génétique n'aura pas le temps de dépasser la sélection intraspécifique. Seules restent possibles des modifications physiologiques ou phénologiques (comme celles du cycle végétatif annuel).

La seule parade possible de la végétation semble être la migration. De prime abord, l'affaire paraît simple, presque aux limites de la science-fiction: un réchauffement de l'ordre de 3° pourrait entraîner, à terme, un déplacement des zones de végétation de 500 km vers le nord ou une translation des étages de 500 m vers le haut dans les grandes chaînes. Une simulation a été faite par exemple pour la Suisse (BRZEZIECKI *et al.*, 1995). L'existence dans nos Alpes d'un réseau dense de cartes de végétation détaillées peut constituer une aide

précieuse; toutefois font encore défaut de véritables cartes écologiques mettant suffisamment en relation les grandes formations végétales avec les paramètres climatiques qui les caractérisent. En réalité, si le sens des migrations semble imposé par le réchauffement, et leur amplitude finale plus ou moins évaluable, les modalités et la vitesse de ces déplacements seraient très différents d'une espèce à l'autre; il est improbable que des écosystèmes puissent se transporter en corps constitué sans se dissocier, et de nouvelles biocénoses apparaîtraient.

Ces migrations supposent de toute façon un temps très long de mise en équilibre, beaucoup plus long que la remontée des isothermes: la croissance des arbres, la maturation des sols, demandent

des délais plus que séculaires (cf. fig. 21). En revanche le déplacement des espèces animales pourrait s'observer assez vite.

En outre de nombreux obstacles gêneraient les migrations: barrières topographiques, différence de sols, photopériodisme.

Par suite, de nombreuses espèces sont menacées d'extinction. Il paraît bien excessif d'affirmer, comme on a pu le lire dans la grande presse, que deux degrés de plus entraîneraient la disparition d'un quart des espèces de la planète; mais si par exemple l'étage alpin des hautes montagnes venait à se réduire aux massifs les plus élevés, des relations numériques connues entre superficie et biodiversité permettent d'évaluer un ordre de grandeur des extinctions.

Si l'homme n'est pas en mesure d'empêcher les changements du monde végétal, du moins peut-il essayer de s'y adapter en anticipant. On connaît suffisamment les exigences climatiques et la biologie des plantes des diverses montagnes pour pouvoir choisir parmi elles les espèces cultivées du futur en fonction de ce que seront les conditions supposées; on pourrait ainsi envisager pour les reboisements dans nos Alpes des essences comme certains Sapins méditerranéens (MAYER, 1980) qui pourraient, au terme de leur croissance, donner des forêts en équilibre avec ce que sera peut-être alors le climat.

RÉSUMÉ

Ce volume concerne les Alpes françaises, le Canton suisse du Valais et les Alpes italiennes de la Ligurie au Val d'Aoste. Il fait suite aux publications et aux cartes antérieurement regroupées dans les *Documents de Cartographie Ecologique* (Grenoble) et résumées essentiellement dans OZENDA (1981 et 1985) et dans RICHARD et PAUTOU (1982). Il ne s'agit pas de refaire une monographie des Alpes occidentales, mais de prendre un nouveau recul et de dégager dans une optique différente les grandes lignes de la biologie de cette chaîne, illustrant sur cet exemple l'intérêt de la montagne en tant que frontière écologique, refuge de la nature, et observatoire de la biodiversité

Ce volume comprend deux parties:

- 1) Un texte, divisé en six chapitres. 1. Délimitation des régions décrites, dans les Alpes françaises, italiennes et suisses. 2. Révision statistique et grandes lignes de la flore, en particulier de l'endémisme. 3. Notions de série dynamique de végétation et d'étage biologique. 4. Rappel de la documentation cartographique exceptionnelle concernant la végétation des Alpes occidentales, et tableaux synthétiques des séries. 5. Aspects biogéographiques particuliers aux Alpes occidentales: pénétration de la zone intra-alpine jusque dans la terminaison sud de la chaîne, passage progressif de la végétation méditerranéenne de montagne à la végétation médioeuropéenne, vallées intra-alpines continentales, espèces et groupements de caractère oriental. 6. Evolution actuelle de la végétation: impact humain, effet des variations climatiques en cours.
- 2) Une carte des grands ensembles végétaux, en couleurs, à l'échelle de 1/500.000. Elle est accompagnée d'une notice (fig. 39) qui facilite la lecture de la carte en exposant les grandes lignes de la végétation, justifie les simplifications que l'échelle a imposées, et situe les descriptions détaillées contenues ici dans les ouvrages antérieurs.

RIASSUNTO

Questo volume riguarda le Alpi francesi, il Cantone svizzero del Vallese e le Alpi italiane dalla Liguria alla Val d'Aosta. Fa seguito alle pubblicazioni e alle carte anteriormente raccolte nella rivista *Documents de Cartographie Ecologique* (Grenoble) e riassunte essenzialmente in OZENDA (1981 e 1985) e in RICHARD e PAUTOU (1982). Non si è trattato di rifare una monografia delle Alpi occidentali, ma di compiere una revisione e di sviluppare in un'ottica differente le grandi linee della biologia di questa catena. Contemporaneamente, viene illustrato sulla base di questo esempio l'interesse della montagna come frontiera ecologica, rifugio della natura e osservatorio della biodiversità.

Il volume comprende due parti:

- 1) un testo, diviso in sei capitoli: 1. Delimitazione delle regioni descritte nelle Alpi francesi, italiane e svizzere. 2. Revisione statistica e grandi linee della flora, in particolare della componente endemica. 3. Nozioni di serie dinamica di vegetazione e di piano biologico. 4. Richiamo della documentazione cartografica eccezionale concernente le Alpi occidentali e tabelle sintetiche delle serie. 5. Aspetti biogeografici particolari delle Alpi occidentali: penetrazione della zona intra-alpina fino alla terminazione meridionale della catena, passaggio progressivo dalla vegetazione mediterranea di montagna alla vegetazione medioeuropea, valli intra-alpine continentali, specie e aggruppamenti di carattere orientale. 6. Evoluzione attuale della vegetazione: impatto antropico, effetti delle variazioni climatiche in corso.
- 2) una carta dei grandi insiemi vegetazionali, a colori, alla scala 1/500.000. La carta è descritta in una notizia esplicativa (fig. 39) che facilita la lettura della carta stessa con l'esposizione delle grandi linee della vegetazione, giustifica le semplificazioni imposte dalla scala e riferisce alle opere anteriori le descrizioni dettagliate qui contenute.

SUMMARY

This book focuses on the French Alps, the Swiss canton of Valais and the Italian Alps, from Liguria to Valle d'Aosta. It makes up a continuation with the great number of papers and vegetation maps previously published in *Documents de Cartographie Ecologique* (Grenoble) and summarized principally in OZENDA (1981 and 1985) and in RICHARD and PAUTOU (1982). This is not at all an occasion to rewrite a new monograph on the vegetation of the Western Alps but, in the opposite, to stand back again and to identify, from a different point of view, the main geocological outlines of this mountain range. In this perspective, we would demonstrate the interest of the Alps range as an ecological boundary, a refuge for nature and a fundamental observation point for the study of biodiversity.

This book is composed of two parts

- 1) A text, divided into six chapters. 1. Delimitation of the described regions in the French, Swiss and Italian Alps. 2. Statistical updating and general outlines of flora, dwelling more particularly on endemism. 3. Notions of vegetation dynamic series and of biological belt. 4. Review of the exceptional vegetation mapping of the Western Alps drawn up during the second half of the 20th century and synthetic comprehensive tables of the main vegetation series. 5. Biogeographical aspects specific to the Western Alps: penetration of the intra-alpine zone up to the southern ending of the range, progressive transition from mediterranean mountain vegetation to medioeuropean vegetation, continental intra-alpine valleys, plant species and plant communities with eastern characteristics, possible consequences on the composition and on the distribution of the mountain vegetation of the current climatic change.
- 2) A colour map, on the scale of 1/500.000, of the main vegetation units. So as to make easier the reading of this map, a notice (fig. 39) puts out the broad outlines structuring the vegetation, justify the necessary simplifications enforced by the scale used, and sets in a bibliographical review the detailed descriptions given in this

BIBLIOGRAPHIE

La liste ci-après est limitée aux publications citées dans le texte. On trouvera une bibliographie complémentaire dans les titres marqués d'un astérisque devant les noms des auteurs.

- *AESCHIMANN D., LAUBER K., MOSER D.M., THEURILLAT J.P., 2004 - *Flora alpina*. Berlin, Paris, 3 vol.
- ALI A. et al., 2006 - *Incendies et peuplements à Pinus mugo dans les Alpes occidentales (Val de Susa, Italie) durant la transition Tardiglaciaire-Holocène: une zone refuge évidente*. C. R. Acad. Sc., Paris.
- BARBERO M., 1967 - *L'endémisme dans les Alpes Maritimes et Ligures*. Bull. Soc. Bot. Fr., 114: 219-244.
- BARBERO M., 1972 - *Études phytosociologiques et écologiques comparées des végétations orophiles alpines, subalpines et mésogéennes des Alpes Maritimes et Ligures*. Thèse Univers. de Provence, 418 p. et vol. de tabl.
- BARBERO M., BONO G., 1970 - *Les sapinières des Alpes Maritimes, de l'Authion à la Ligure et de la Stura au Tanaro*. Veröff. Geobot. Inst. ETH, 41: 140-168.
- BARBERO M., BONO G., 1971 - *A propos des Cembraies des Alpes Cottiniennes italiennes, Maritimes et Ligures*. Allionia, 17: 97-120.
- BARBERO M., CHARPIN A., 1970 - *Sur la présence dans les Alpes Ligures de groupements rélictuels à Carex firma et C. mucronata*. Fragm. fl. et geobot., XVI: 157-202.
- BARTOLI C., 1962 - *Première note sur les associations forestières du massif de la Grande Chartreuse*. Ann. Fe. Nat. Eaux et Forêts, XIX: 327-383.
- BÄTZING W., 2002 - *Les changements d'ordre environnemental, économique, social et démographique interne venant actuellement dans les Alpes*. Umwelt Bundesamt, Berlin.
- BEAULIEU DE J., 1978 - *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises*. Thèse, Marseille.
- BLANCHARD R., 1952 - *Les Alpes occidentales, T. VII: Essai d'une synthèse*. Arthaud, Grenoble.
- BLANDIN P., LAMOTTE M., 1988 - *La notion d'écocomplexe*. Bull. Ecol., 19: 547-555.
- BONO G., 1969 - *La vegetazione della Valle Gesso (Alpi Marittime)*. Doc. Carte Vég. Alpes, VII.
- BONO G., BARBERO M., 1976 - *Carta ecologica della Provincia di Cuneo 1/100.000*. Doc. Cart. Ecol., XVII: 73-106.
- BOURCET J., 1984 - *Le Mélèze dans les Alpes internes*. Revue forest. fr., XXXVI: 19-33.
- BRAUN-BLANQUET J., 1948/1950 - *Übersicht der Pflanzengesellschaften Raitiens*. Vegetatio, 1-2: 29-316; 30-360.
- BRAUN-BLANQUET J., 1954 - *La végétation alpine et nivale des Alpes françaises*. Étude botanique de l'étage alpin, 8° Congr. Int. de Bot., Paris: 26-96.
- BRAUN-BLANQUET J., 1961 - *Die inneralpine Trockenvegetation, von der Provence bis zur Steiermark*. Fischer, Stuttgart.
- BREISTROFFER M., 1965 - *Les éléments endémiques, rélictuels et disjoints de la flore des Basses-Alpes*. 90° Congrès Soc. Sav.: 435-445.
- BRZEZIECKI B., KIENAST F., WILDI O., 1995 - *Modelling potential impacts of climate change on the spatial distribution of zonal forest communities in Switzerland*. Journ. of Veg. Sc., 6: 257-268.
- BURGA C.-A., 2000 - *Natürliche Änderungen der Phyto-Biodiversität in der Erdgeschicht*. Ber. d. Rhein.-Tüxen Ges.: 173-185.
- * BURGA C., KLÖTZLI F., GRABHERR G., 2004 - *Gebirge der Erde*. Ulmer, Stuttgart.
- BURNAT E., BRIQUET J., CAVILLIER F., 1892-1931 - *Flore des Alpes Maritimes*. Georg, Genève et Bâle, 7 vol.
- CADEL G., GILOT J.CL., 1963 - *Carte de la végétation des Alpes. Feuille Briançon*. Doc. Carte Vég. Alpes, I: 91-140.
- CHAS E. et al., 1994 - *Atlas de la flore des Hautes-Alpes*. Conservatoire Botanique National Alpin, Gap-Charance.
- CHARPIN A., SALANON R., 1985 - *Matériaux; pour la Flore des Alpes Maritimes*. Boissiera, 36: 12-258.
- DUOFLAY A., 1948 - *L'Ostrya carpinifolia dans les Alpes maritimes*. Rev. Forest.: 359-438.
- DUPLESSIS J.-C., MOREL P., 1998 - *Gros temps sur la planète*. Paris, O. Jacob, 1990, 297p.
- ELLENBERG H., 1996 - *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG H., KLÖTZLI F., 1972 - *Waldgesellschaften und Waldstandorte der Alpen*. Mém. Inst. Suisse Rech. Forest., 48: 599-930.
- FAURE C., 1968 - *Feuille de Vif*. Doc. Carte Vég. Alpes, VI: 7-69.
- FENAROLI L., 1971 - *Flora delle Alpi*. Martello, Milan.
- FOURCHY P., 1952 - *Ecologie du Mélèze; particulièrement dans les Alpes françaises*. Ann. Ecole Nat. Eaux et Forêts, XTII: 1-137.
- FRANZ R., 1979 - *Ökologie der Hochgebirge*. Ulmer, Stuttgart.
- GAMS H., 1931-1932 - *Die klimatische Begrenzung von Pflanzen-arealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den lipen*. Zeitschr. Ges. Erdkunde: 56-68178-198.
- GARRAUD L., 2003 - *Flore de la Drôme*. Conservatoire Botanique National Alpin, Gap-Charance.
- GAUQUELIN T., IDRISSE HASSANI M., LEBRETON P., 1988 - *Le genévrier thurifère, analyse biométrique et biochimique: propositions systématiques*. Ecol. médit., XIV: 31-42.
- GAUSSEN H., 1948 - *Carte de la végétation de la France, feuille n° 78, Perpignan*. Centre national de la recherche scientifique, Toulouse.
- GENSAC P., 1977 - *Sois et séries de végétation dans les Alpes nord-occidentales (partie française)*. Doc. Cart. Ecol. XIX: 21-44.
- GIORDANO A., MONDINO G.P., PALENZONA M., ROTA L., SALANDIN R., 1970 - *Ecologia ed utilizzazioni colturali prevedibili dell'alta Val Pellice*. Ann. Ist. Sperim. Selvicolt. Arezzo, 1: 423-507.
- GIORDANO A., MONDINO G.P., PALENZONA M., ROTA L., SALANDIN R., 1974 - *Ecologia ed utilizzazioni colturali prevedibili della Valle di Susa*. Ann. Ist. Sperim. Selvicolt. Arezzo, 5: 83-196.
- GIORDANO A., MONDINO G.P., PALENZONA M., ROTA L., SALANDIN R., 1972 - *Ecologia ed utilizzazioni colturali prevedibili Comune di Chiomone*. Ann. Ist. Sperim. Selvicolt. Arezzo, 3: 81-188.
- GRUBER M., 1978 - *La végétation des Pyrénées ariégeoises et catalanes occidentales*. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille, III: 1-305.
- GUINOCHE M., 1938 - *Etudes sur la végétation de l'étage alpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes Maritimes)*. Thèse Doct. Etat, S.I.G.M.A., Com. 59, Fac. Sc., Grenoble, Bosc Frères et L. Riou: 1-458.
- GUINOCHE M., DROUINEAU G., 1944 - *Notes sur le sol et la végétation aux environs d'Antibes*. Rec. Trav. Inst. Bot., Montpellier, Sér. Bot., Fase. 1: 22-40.
- HAINARD P., 1969 - *Signification écologique et biogéographique de la répartition des essences forestières sur l'adret valaisan*. Boissiera, 15, 150 p.
- HEGG O., BEDUIN CL., ZOLLER H., 1993 - *Atlas de la végétation à protéger en Suisse*. Ed. Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage, Berne.
- KIENAST F., KUEN N., 1959 - *Simulating forest succession along ecological gradient in southern central Europe*. Vegetatio, 70: 7-20.
- KÖRNER Ch., 1999 - *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountains*. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- LACOSTE A., 1972 - *La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes Maritimes)*. Application de l'analyse multidimensionnelle aux données floristiques et écologiques. Thèse. Paris Université de Paris-Sud-Centre d'Orsay.
- LANDOLT E., AESCHIMANN D., 1986 - *Notre flore alpine*. Edition Club Alpin Suisse, Berne.
- LEIOLY J., 1975 - *Phytosociologie et écologie en moyenne montagne méditerranéenne. Groupes écologiques, associations stationnelles et séries de végétation dans une séquence bioclimati*

- que méditerranéo-alpine de la région d'Entrevaux-Peyresq (Alpes de Haute Provence, France). Thèse, Univ. libre Bruxelles.
- LENOBLE F., 1936 - *Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département de la Drôme*. Allier, Grenoble.
- MANNEVILLE O. et al., 1999 - *Le monde des tourbières et des marais*. Delachaux et Niestlé, Paris.
- MARTINI E., 1984 - *Lineamenti geobotanici delle Alpi Liguri e Marittime: endemismi e fitocenosi*. Soc. Ital. Biogeogr., NS, IX: 5-88.
- MAYER H., 1980 - *Mediterran-montane Tannen-Arten und ihre Bedeutung für Anbauversuche in Mitteleuropa*. 3^e Tannen-Symposium, Vienne: 30-54.
- * MAYER H., 1984 - *Wälder der Alpen*. Fischer, Stuttgart.
- MEDAIL F., QUEZEL P., 1996 - *Signification climatique et phyto-écologique de la redécouverte en France méditerranéenne de Chamaerops humilis L. (Palmae)*. C. R. Acad. Sc., 319: 39-145.
- MULLER S.D., DAVID F., WICHA S., 2000 - *L'impact de l'exposition des versants et de l'anthropisation sur la dynamique forestière dans les Alpes du sud*. Géographie Physique et Quaternaire, 54 (2): 227-239.
- MERXMÜLLER H., 1952 - *Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen*. Jahrb. Ver. z. Schutz d. Alpenpfl. u.-tiere, 17: 96-133.
- MONDINO G.P., 1964-1965 - *La vegetazione della Valle Grana (Alpi Cozie)*. Allionia, 10: 115-170; 11: 183-264.
- MONTACCHINI F., 1968 - *Il Pinus mugo Turra ed il Pinus uncinata Miller in Piemonte. La vegetazione*. Allionia, 14: 123-152.
- MONTACCHINI F., 1972 - *Lineamenti della vegetazione dei boschi naturali in valle di Susa*. Allionia, 18: 195-252.
- MONTACCHINI F., CARAMIELLO R., 1969 - *La componente mediterranea della flora del Piemonte*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital., XIV: 259-283.
- MONTACCHINI F., CARAMIELLO LOMAGNO R., FORNERIS G., PIERVITTORI R., 1982 - *Carta della vegetazione della Valle di Susa ed evidenziazione dell'influenza antropica*. Cnsiglio Nazionale delle Ricerche, AQ/1/220, Torino.
- * OFFNER J., LEBRUN P., 1956 - *Un siècle de floristique à travers les Alpes françaises*. Bull. Soc. Bot. Fr., 103: 298-375.
- OZENDA P., 1951 - *Éléments géographiques et endémisme dans la flore des Alpes Maritimes et Ligures*. Bull. Soc. Bot. Fr., 97-X: 6-18.
- OZENDA P., 1954 - *Les groupements végétaux de moyenne montagne dans les Alpes Maritimes et Ligures*. Doc. Carte Prod. Vég., Toulouse, 40p.
- OZENDA P., 1962 - *Carte de la végétation de la France, feuille n° 68, Nice*. Centre national de la Recherche scientifique, Paris.
- OZENDA P., 1963 - *Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle*. Doc. Carte Vég. Alpes, I: 5-18.
- OZENDA P., 1969 - *Sur la valeur biogéographique des groupements à Pin mugo dans les Alpes occidentales*. C. R. Soc. Biogéogr., 405: 190-194.
- OZENDA P., 1975 - *Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin méditerranéen*. Doc. Cartogr. Ecol., XVI: 1-32.
- OZENDA P., 1979 - *Les relations biogéographiques des Alpes avec les chaînes calcaires périphériques*. Biogeographica, 16: 19-33.
- * OZENDA P., 1981 - *Carte de la végétation de la France au 200.000^e. Végétation des Alpes sud-occidentales. Notice détaillée des feuilles 60 Gap - 61 Larche - 67 Digne - 68 Nice - 75 Antibes*. Centre national de la Recherche scientifique, Paris.
- * OZENDA P., 1985 - *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*. Masson, Paris.
- OZENDA P., 1986 - *La Cartographie écologique et ses applications*. Masson, Paris.
- OZENDA P., 1989 - *Le déplacement vertical des étages de végétation en fonction de la latitude: un modèle simple et ses limites*. Bull. Soc. Géol. Fr., V: 535-540.
- OZENDA P., 1990 - *La zone némorale xérotherme sud-européenne*. Giorn. Bot. Ital., 124: 759-780.
- OZENDA P., 1995 - *L'endémisme supraspécifique au niveau du système alpin*. Acta bot. gall., 142: 753-762.
- * OZENDA P., 2002 - *Perspectives pour une géobiologie des montagnes*. Presses polytechn. et univers. romandes, Lausanne, 195 p.
- OZENDA P., BOREL J. L., 1994 - *Biocoenotic diversity patterns in the Alpine belt of the mountains in western and central Europe*. Coll. Phytosoc., XXIII: 723-735.
- OZENDA P., BOREL J. L., 1995 - *Possible responses of mountain vegetation to a global climatic changes: the case of the Western Alps*. In: GUIGAN et al., *Potential ecological impacts of climate changes*. Conserv. et Jardin Bot., Genève: 137-144.
- OZENDA P., PAUTOU G., 1995 - *Documents de Cartographie Ecologique, Résumés et Tables*. Lab. Ecosyst. Alpines, Univ. Grenoble.
- OZENDA P., WAGNER H., 1975 - *Les séries de végétation de la chaîne alpine et leurs équivalences dans les autres systèmes phytogéographiques*. Doc. Cart. Ecol., XVI: 49-74.
- PAUTOU G. et al., 1978 - *Carte de la végétation de la France à 1/200.000, feuille 54, Grenoble*. Centre national de la Recherche scientifique, Paris.
- PAWLOWSKI B., 1970 - *Remarques sur l'endémisme dans la flore des Alpes et des Carpates*. Vegetatio, 21: 181-243.
- PERRIER DE LA BATIE E., 1928 - *Catalogue raisonné des plantes vasculaires de la Savoie*. L'homme, Paris.
- PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna, 3 vol.
- PRICE L.W., 1981 - *Mountains and Man*. Univ. of Calif. Press, Berkeley.
- REY P., 1980 - *De la cartographie de la végétation à la cartographie écologique*. Bull. Ecol., 11: 49-52.
- * RICHARD L., 1999 - *Les facteurs environnementaux et la végétation*. In: FAYARD A., *Les Alpes*. Delachaux et Niestlé Bibliothèque du Naturaliste, Lausanne: 67-161.
- RICHARD L., PAUTOU G., 1982 - *Alpes du nord et Jura méridional. Notice détaillée des feuilles Annecy et Grenoble de la Carte de la végétation de la France*. Centre national de la Recherche scientifique, Paris.
- RICHARD L., TONNEL A.M., 1987 - *Contribution à l'étude des vallées internes des Alpes occidentales*. Doc. Cart. Ecol., XXX: 113-136.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1981 - *Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule ibérique*. Anu. Jardin Bot., Madrid, 37: 251-268.
- SALANON R., KULESZA V., 1998 - *Memento de la flore protégée des Alpes Maritimes*. Office nat. des Forêts, Paris.
- SCHMID E., 1938-1950 - *Carte de la végétation de la Suisse à 1/200.000*. Küm. et Frey, Berne, 4 feuilles.
- SCHRÖTER C., 1928 - *Das Pflanzenleben der Alpen*. Ranstein, Zürich.
- THEURILLAT J. P., 1992 - *Les étages de végétation dans les Alpes centrales*. Candollea, 37: 103-147.
- THEURILLAT J.P., SCHLUSSEL A., 1996 - *L'écozone subalpin-alpin: diversité et phénologie des plantes vasculaires*. Bull. Murithienne, 114: 163-169.
- WAGNER R., 1985 - *Die Pflanzendecke Österreichs*. Erläuter. z. Vegetationskarte 1/1.000.000. Österr.-Atlas.
- WALTER H., LIETH H., 1960 - *Klimadiagramme Weltatlas*. Fischer, Iena.
- WEGMÜLLER S., 1977 - *Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné)*, Paul Haupt, Bern.
- UNESCO, 2003 - *Réserves de Biosphère: des lieux protégés pour les hommes et la nature*. Paris.

NOTICE DE LA CARTE HORS-TEXTE

Le lecteur de la carte doit tenir compte de trois remarques préliminaires:

- les sources cartographiques utilisées, à des échelles diverses allant du 1/50.000 au 1/400.000, sont précisées dans le texte, chapitre 4. Les notions d'étage et de série de végétation sont rappelées au chapitre 3
- en raison de l'extrême complexité de la végétation du territoire représenté, et des contraintes de l'échelle de la carte, de nombreuses simplifications ont été nécessaires. Les auteurs ont voulu privilégier l'expression des grands traits biogéographiques plutôt que la minutie des détails.
- la carte représentant par définition la végétation potentielle, les cultures ne sont pas figurées.

La carte montre de prime abord les grandes divisions géobotaniques de la chaîne:

l'axe continental intra-alpin, ici à dominante rouge et brune. Il est en grande partie siliceux et correspond aux massifs les plus élevés (l'étage nival, en teinte claire, est très étendu dans la moitié supérieure de la carte).

de part et d'autre, les massifs préalpins, ici à dominante verte et bleue: au nord-ouest les Préalpes savoyardes et dauphinoises; au sud-ouest les Préalpes de Haute Provence (au sens large); à l'est, frangeant la plaine du Pô, les Préalpes valdôtaines et piémontaises.

La représentation de l'avant-pays a été poussée jusqu'aux cours du Rhône et du Pô et à la côte provençale.

Il n'est pas possible, dans le cadre de ce volume, de reproduire les descriptions détaillées des étages et des séries qui se trouvent déjà dans les volumes traitant de la végétation des Alpes occidentales: il y faudrait, malgré la présentation condensée de Braun-Blanquetia, une centaine de pages. À défaut on trouvera ci-après un Index dans lequel figurent, pour chaque étage ou série:

- les indications des passages et des figures du présent volume qui la concernent, notées A;
- les références précises (limitées aux plus détaillées) aux ouvrages suivants, qui sont notés: B, OZENDA, 1981; C, RICHARD et PAUTOU, 1982; D, OZENDA, 1985 et 1988; E, RICHARD, 1998.
- Si nécessaire, un bref commentaire biogéographique.

Etages thermo- et mésoméditerranéens: A, 5.3.3; B, 98-120; D, 129-138.

Série supraméditerranéenne occidentale: A, 5.3.4; B, 122-133; D, 128-144.

Série intra-alpine du Chêne pubescent: A, 5.4; B, 135-142; D, 149-152.

Série supraméditerranéenne orientale: A, 5.5.3; B, 142-150; D, 153-159.

Série septentrionale du Chêne pubescent: C, 51-64.

Série de la Chênaie à charme: C, 67-75.

Série de la Chênaie acidophile: C, 76-79; D, 163-165.

Série planitiaire du Chêne pédonculé: C, 101-106.

Série de l'Aulne blanc: B, 156-159; D, 96-100.

Ensemble de l'étage collinéen: voir aussi BONO et BARBERO, 1976

Etage montagnard externe: B, 166-184; C, 111-135; D, 170-183.

Série mésophile du Pin sylvestre: B, 184-189; C, 153-156; D, 189-192.

(Cette série est à la limite des zones externe et interne)

Séries internes du Sapin et de l'Épicéa: B, 193-196; C, 140-148; D, 187-189.

(Ces deux séries ont été réunies sur la carte)

Série xérophile du Pin sylvestre: B, 189-193; C, 149-153; D, 192-196.

Série subalpine de l'Épicéa: C, 167-174; D, 213-215.

(surtout Préalpes du nord; moins en zone interne: Val d'Aoste)

Série subalpine du Sapin: D, 215-216.

(rare: Briançonnais; versant italien des Alpes Maritimes et Ligures)

Série préalpine du Pin à crochets: A, 5.2.2; C, 175-180; D, 219-220.

Série altiméditerranéenne du Pin sylvestre: A, 5.2.2; B, 214-219; D, 220-223.

Série du Pin mugho: A, 5.2.2 et 5.5.2; D, 216-218.

Série du Mélèze et du Pin cembro: A, 5.2.1; C, 184-192; D, 224-231.

(cette série couvre pratiquement tout le subalpin des Alpes internes, dont les peuplements de Pin à crochets lui ont été rattachés)

Brousses d'aulne vert: C, 204-208.

Etage alpin: A, 5.2.1; C, 220-250; D, 232-265; E, 133-151.

(il n'a pas été possible de distinguer l'Alpin sur schistes lustrés).

Groupe à *Loiseleuria* et *Empetrum* (landines de l'alpin inférieur):

(nord-est seulement: Valais, Val d'Aoste, nord du Piémont)

Végétation azonale: seulement dans le Bas-Valais et en Camargue.

(ailleurs, marais de superficie non représentable à cette échelle)

NOTICE DELA CARTE BOREL-TEXTE

La lecture de la carte doit être précédée de nos remarques préliminaires. Les sources cartographiques utilisées sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Les contours de la carte ont été tracés à partir de la répartition des stations de la carte de la végétation de l'Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) et de la carte de la répartition des stations de la carte de la végétation de l'Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981).

La carte montre de prime abord les grandes divisions géobotaniques de la région. Les contours de la carte ont été tracés à partir de la répartition des stations de la carte de la végétation de l'Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) et de la carte de la répartition des stations de la carte de la végétation de l'Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981).

Il n'est pas possible dans le cadre de ce volume de reproduire les descriptions détaillées des stations de la carte de la végétation de l'Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) et de la carte de la répartition des stations de la carte de la végétation de l'Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981).

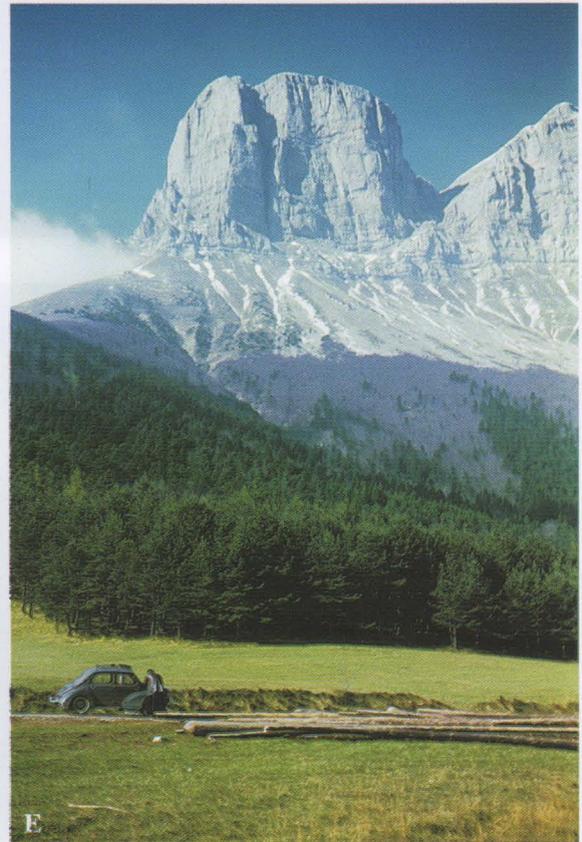
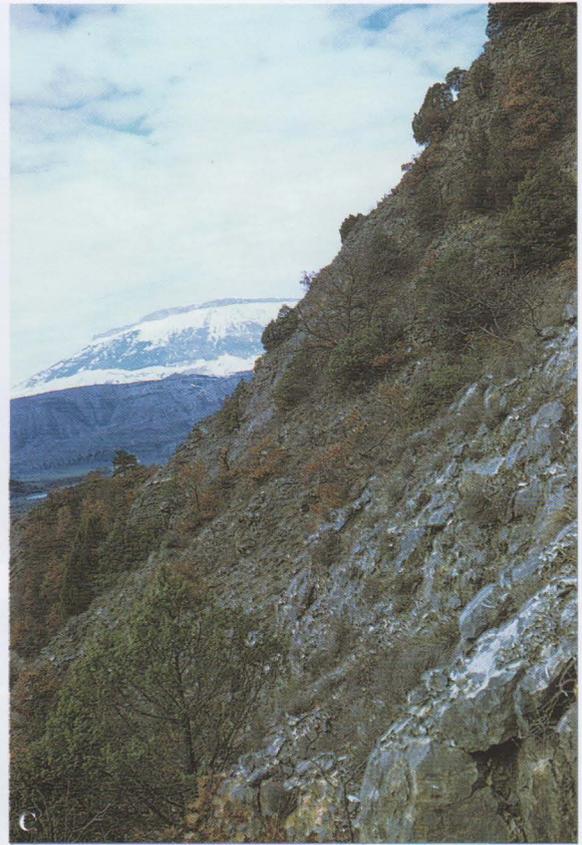
Les indications des passages et des figures de terrain sont indiquées par des traits noirs. Les références précises (latitudes et longitudes) aux cartes annexes qui sont indiquées par des traits noirs.

- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) A. 2.1.3; B. 98-120; D. 129-138
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) A. 2.2.4; B. 122-132; D. 138-144
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) A. 2.4; B. 132-142; D. 142-152
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) A. 2.5.1; B. 142-152; D. 152-158
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) C. 21-24
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) C. 67-72
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) C. 76-78; D. 161-162
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) C. 101-102
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) B. 126-128; D. 98-100
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) voir aussi Borel et Borel, 1978
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) B. 166-168; C. 111-112; D. 170-182
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) B. 164-168; C. 122-128; D. 182-182
- (Ces cartes ont été limitées aux zones de terrain)
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) B. 162-168; C. 140-148; D. 187-188
- (Ces cartes ont été limitées aux zones de terrain)
- Atlas des Alpes occidentales de J. Borel et P. Ozenda (1981) B. 160-162; C. 140-142; D. 182-188

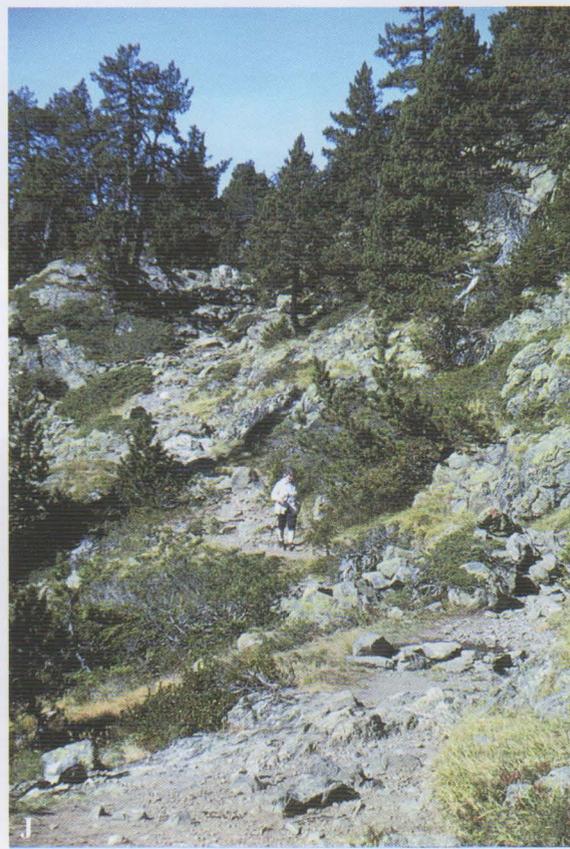
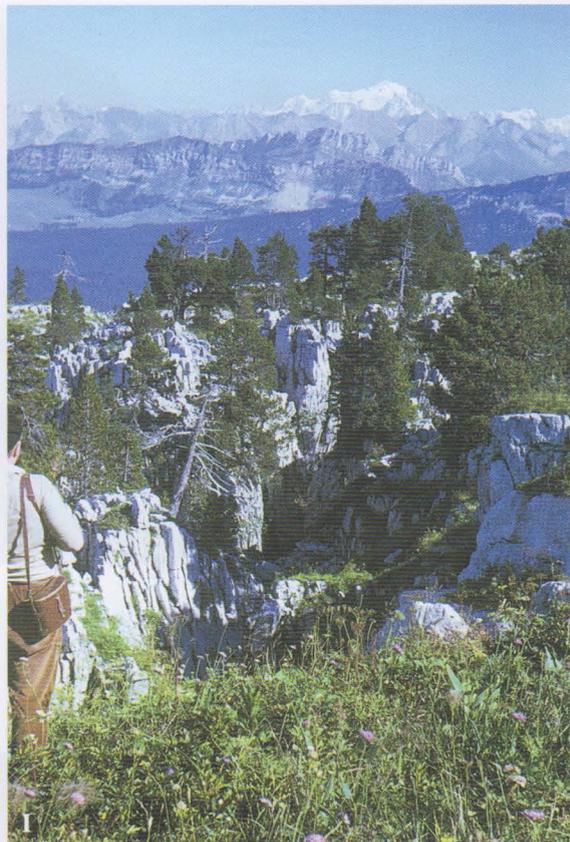
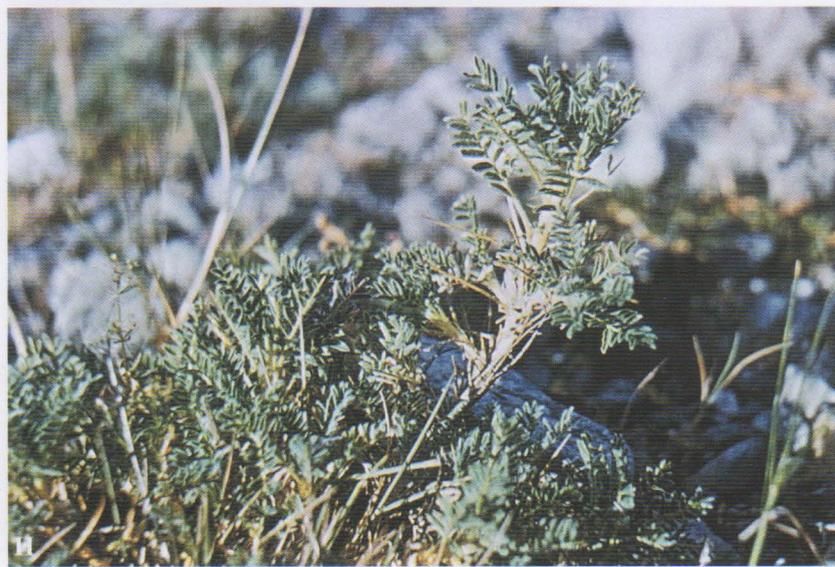
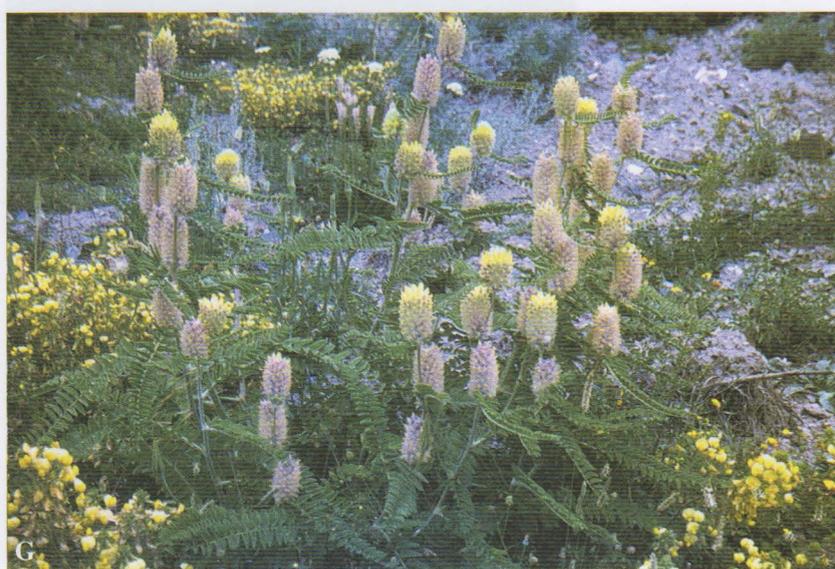
ADRESSE DES AUTEURS

Paul Ozenda
 5, Avenue de la Foy
 F-38700 Corenc

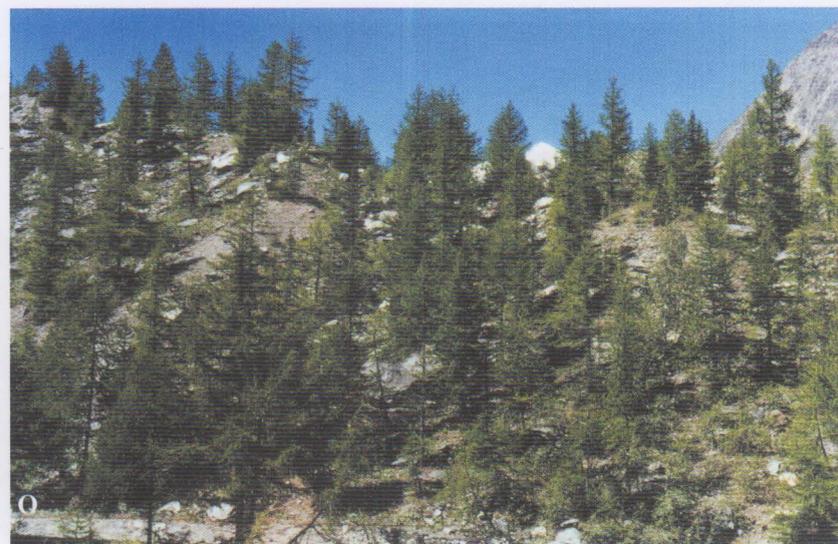
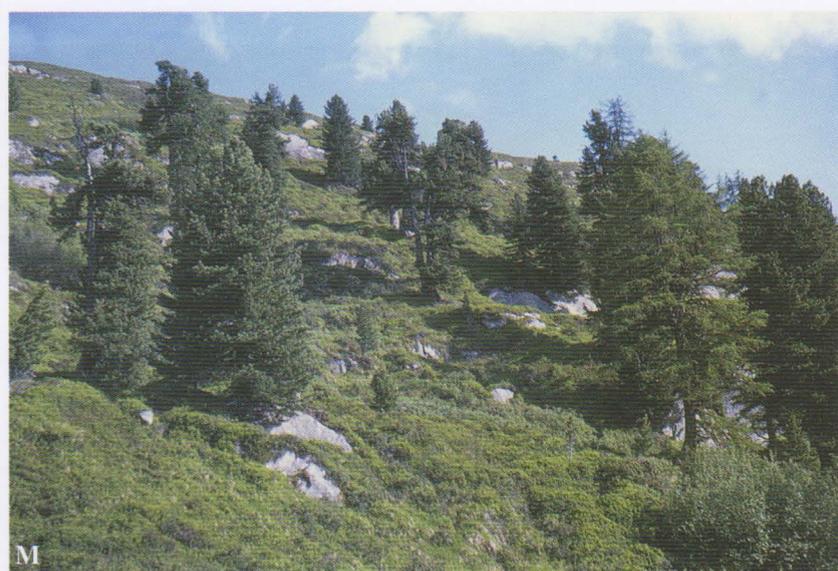
Jean-Luc Borel
 Résidence "Le Grand Parc"
 74, Avenue de Constantine
 F - 38100 Grenoble



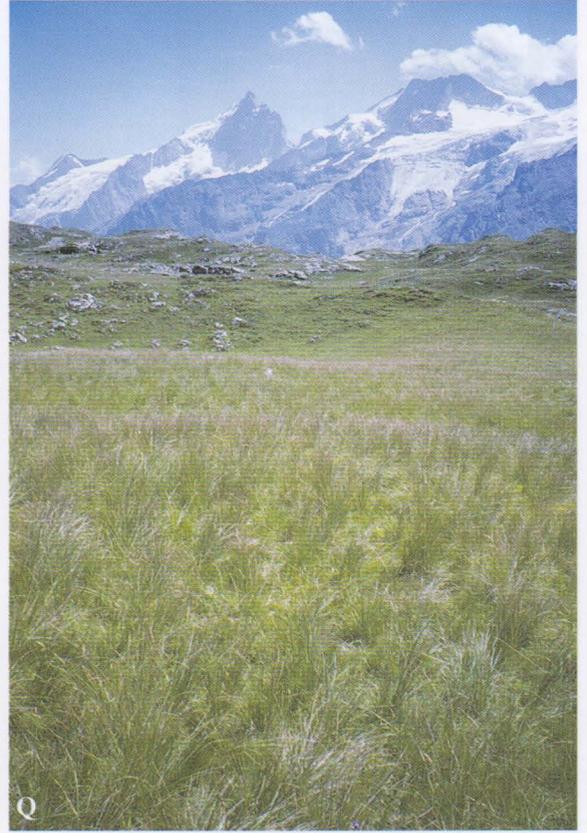
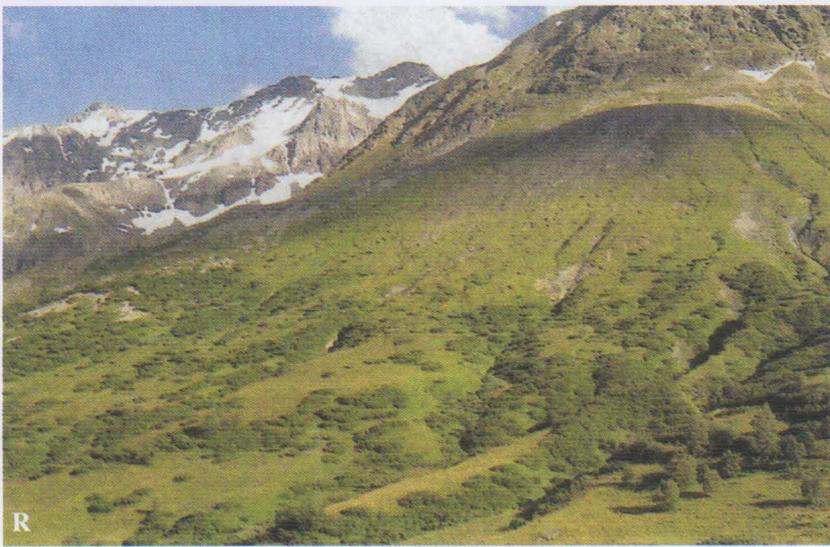
PI. I. A, limite entre les étages méso- et supra-méditerranéens, matérialisée ici par les falaises qui bordent au sud les plateaux de Haute Provence. Village de Moustiers. La vue correspond à l'emplacement de la flèche placée dans la figure 39. **B**, la lande supraméditerranéenne à buis, genêt cendré et labiées diverses. vue hivernale. Région de Digne. **C**, faciès rupicole de la même formation, ici à genévrier thurifère; l'exposition sud favorise la présence d'espèces méditerranéennes, genévrier oxycèdre et genévrier de Phénicie. Environs de Remolon, Hautes-Alpes. **D**, étagement dans la région de Barrême. A la partie inférieure, étage supraméditerranéen à Chêne pubescent (taches claires du feuillage d'hiver) et à Pin sylvestre. Au-dessus, étage montagnard repérable par la teinte lilas que prend, vue de loin, la forêt de Hêtre en hiver; présence de Sapin. À droite et à gauche, de grands reboisements de Pin noir. **E**, rebord oriental du massif du Vercors, vue prise du col de l'Arzelier, 1.000 m. Étage montagnard de la Hétraie-Sapinière: le Sapin en noir, le Hêtre avec sa teinte violet pâle hivernale. Au-dessus, éboulis de l'étage subalpin et falaises. culminant ici à 2.000 m environ.



Pl. II. F. dans le sud du Vercors, près de Saint-Michel les Portes. Altitude 1.200 m. Au premier plan, à gauche en ubac, teinte sombre de la Sapinière; à droite, en adret, un exemple des grands reboisements de Pin noir des Alpes du sud. Au fond, au-dessus des Falaises, Hêtraie-Sapinière. **G** et **H**, deux intéressantes espèces d'Astragale. **G**, *Astragalus alopecurus*, présent dans une partie des vallées intra-alpines continentales, et connu surtout des steppes centre-asiatiques. **H**, *A. sempervirens*, caractéristique des "pelouses écorchées" de l'étage altiméditerranéen. **I** et **J**, deux aspects des peuplements de Pin à crochets, vers 1700 m. **I**, dans la série préalpine calcicole: plateau karstique du Pannelan en Haute Savoie. Au fond, le Mont Blanc. **J**, sur silice dans la chaîne de Belledonne, Isère.



Pl. III. Aspects forestiers de l'étage subalpin, entre 1900 et 2200 m. **K.** Mélèzein près du col de Montgenèvre, Hautes-Alpes. **L.** série subalpine de l'Épicéa, région du Grand Arc, Savoie. **M.** Pins cembro à la limite supérieure de la forêt, au-dessus du glacier d'Aletsch, Valais. **N.** aspect typique de la série du Cembro et du Mélèze, avec sous-bois de rhododendron, même région. **O.** colonisation par les mêmes arbres de la moraine latérale du glacier de Miage, Val d'Aoste (cl. Richard).



Pl. IV. **P.**, pelouse rupicole à *Festuca scabriculmis* (endémique ouest-alpine du groupe *F. varia*), massifs Grandes Rousses, Isère. **Q.**, pelouse dense de *Festuca paniculata* sur le plateau d'Emparis, Isère; au fond la Meije. **R.**, brousse de saules arbustifs près du col du Lautaret, Hautes-Alpes. **S.**, vue partielle du jardin alpin du Lautaret; au fond, le massif de la Meije (3990 m).

TABLE DES MATIERES

LA VÉGÉTATION DES ALPES OCCIDENTALES. UN SOMMET DE LA BIODIVERSITE	3
1. QU'APPELEZ-VOUS ALPES OCCIDENTALES?	3
2. RICHESSE ET ORIGINALITÉ D'UNE FLORE	4
2.1. Aperçu de l'histoire de la floristique dans les Alpes occidentales	4
2.2. Evaluation générale de la flore	5
2.3. La flore de l'étage alpin	6
2.4. L'endémisme	7
3. LA VEGETATION, DÉCODEUR DE L'ÉCOLOGIE	8
3.1. Le groupement végétal comme représentation approchée de l'écosystème	8
3.2. Le manteau forestier, fondement d'une biogéographie de la chaîne alpine	9
3.3. Les étages de végétation	10
3.4. Le concept de série	13
3.4.1. Rappel du dynamisme et définition de la série	13
3.4.2. Quelques exemples de séries de végétation dans les Alpes occidentales	13
3.4.3. Série et écologie	14
3.4.4. Une dénomination binomiale des séries	15
3.4.5. La série, un concept évolutif	15
4. ELABORATION D'UN MODÈLE BIOGÉOGRAPHIQUE ALPIN	15
4.1. Pourquoi une cartographie?	15
4.2. La participation à la Carte de la végétation de la France du CNRS	16
4.3. Les Documents de Cartographie Écologique	16
4.4. La cartographie dans le versant italien	20
4.5. Tableau général des séries	20
5. UN CARREFOUR ÉCOLOGIQUE ET BIOGÉOGRAPHIQUE	21
5.1. Notion de tridimensionalité écologique	21
5.2. Les étages subalpin et alpin	22
5.2.1. Dans la zone interne	22
5.2.2. Dans les Préalpes	22
5.3. Les échelons méditerranées	24
5.3.1. Rappel climatique	24
5.3.2. Zonation et Etagement	24
5.3.3. La partie non alpine	24
5.3.4. La zone supraméditerranéenne	25
5.3.5. La zone de transition	26
5.4. La continentalité	27
5.5. Les pénétrations orientales	29
5.5.1. A l'échelle de la chaîne	29
5.5.2. Le Pin mugo	30
5.5.3. L'Ostrya	30
6. RISQUES ET INCERTITUDES	31
6.1. L'impact humain	31
6.1.1. Les variations démographiques	31
6.1.2. L'évolution de la vie rurale dans les Alpes françaises du sud	32
6.1.3. La protection de la Nature	33
6.2. L'effet des changements climatiques actuels	33
6.2.1. Premiers indices	34
6.2.2. Catastrophe inédite ou accident de parcours?	34
6.2.3. Les conséquences possibles	34
RIASSUNTO/RÉSUMÉ/SUMMARY	36
BIBLIOGRAPHIE	37
NOTICE DE LA CARTE HORS-TEXTE	39
ADRESSE DES AUTEURS	40
PLANCHES EN COULEUR	41

TABLA DES MATIERES

LA VÉGÉTATION DES ALPES OCCIDENTALES. UN SOMMET DE LA BIODIVERSITÉ 1

1. QU'APPELÉZ-VOUS ALPES OCCIDENTALES? 2

1.1. RICHESSE ET ORIGINALITÉ D'UNE RÉGION 2

1.2. Apports de l'histoire de la flore dans les Alpes occidentales 3

1.3. Évaluation générale de la flore 4

1.4. La flore de l'époque alpine 5

1.5. Les espèces 6

2. LA VÉGÉTATION. DÉCODEUR DE L'ÉCOLOGIE 7

2.1. Le processus végétal comme représentation simplifiée de l'écosystème 8

2.2. Les données floristiques. Fondement d'une biogéographie de la chaîne alpine 9

2.3. Les étages de végétation 10

2.4. Le concept de série 11

2.4.1. Rapport du dynamisme et de la stabilité de la série 12

2.4.2. Quelques exemples de séries de végétation dans les Alpes occidentales 13

2.4.3. Série et écologie 14

2.4.4. Une dimension biochimique des séries 15

2.4.5. La série, un concept évolutif 16

3. L'ÉLABORATION D'UN MODÈLE BIOGÉOGRAPHIQUE ALPIN 17

3.1. Pourquoi une cartographie? 18

3.2. La participation de la Carte de la végétation de la France du CNRS 19

3.3. Les Données de Cartographie Écologique 20

3.4. La cartographie dans le recensement 21

3.5. L'objectif général des séries 22

4. UN CARRÉ POUR RÉCORDER ET BIEN DÉFINIR 23

4.1. Notion de recensement cartographique 24

4.2. Les étages alpins et alpins 25

4.3. Dans le sous-étage 26

4.4. Dans les Préalpes 27

4.5. Les séries méditerranéennes 28

4.6. Rapport climatique 29

4.7. Zones de transition 30

4.8. La partie non alpine 31

4.9. Les zones représentatives 32

4.10. La zone de transition 33

4.11. La zone méditerranéenne 34

4.12. Les séries orientales 35

4.13. À l'échelle de la chaîne 36

4.14. La France alpine 37

4.15. L'Europe 38

5. RÉGIONS ET ENCLAVES 39

5.1. Le regard humain 40

5.2. Les variations biogéographiques 41

5.3. L'évolution de la flore dans les Alpes françaises de l'Est 42

5.4. La question de la flore 43

5.5. L'effet des changements climatiques récents 44

5.6. Premiers réflexes 45

5.7. Cartographie relative et relative de l'écologie 46

5.8. Les conclusions préliminaires 47

ANNEXES 48

BIBLIographie 49

NOTICE DE LA CARTE ILLUSTRÉE 50

ADRESSE DES AUTEURS 51

PLANCHES EN COULEUR 52

VOLUMES DE LA SERIE

1. Matuszkiewicz W. - Die Karte der potentiellen natürlichen Vegetation von Polen. (1984).
2. AA. VV. - Studi sulla flora e vegetazione d'Italia (Volume in memoria del Prof. Valerio Giacomini). (1988).
3. AA. VV. - Spontaneous vegetation in settlements. Proceedings of the 31th Symposium of the International Association for Vegetation Science (Frascati, 11-15 April 1988). (1989).
4. Richter M. - Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung und Standortwandel auf mediterranen Rebbrachen. (1989).
5. Falinski J.B., Pedrotti F. - The vegetation and dynamical tendencies in the vegetation of Bosco Quarto, Promontorio del Gargano, Italy. (1990).
6. Ferro G. - Revisione della vegetazione segetale mediterranea ed europea dell'ordine *Secalietalia*. (1990).
7. De Lillis M. - An ecomorphological study of the evergreen leaf. (1991).
8. AA. VV. - Mountain vegetation (Proceedings of the International Symposium, Beijing September 1986). (1992).
9. Ivan D., Donita N., Coldea G., Sanda V., Popescu A., Chifu T., Boscaiu N., Mititelu D., Pauca-Comanescu M. - La végétation potentielle de la Roumanie. (1993).
10. Orsomando E. - Carte della vegetazione dei Fogli Passignano sul Trasimeno (n. 310 - Carta d'Italia I.G.M.I. - 1:50000) e Foligno (n. 324 - Carta d'Italia I.G.M.I. - 1: 50000). (1993).
11. Buchwald R. - Vegetazione e odonotofauna negli ambienti acquatici dell'Italia centrale. (1994).
12. Gaffa D. - Tipologia, sinecologia e sinecologia delle abetine nelle Alpi del Trentino. (1994).
13. Géhu J.M., Biondi E. - La végétation du littoral de la Corse. Essai de synthèse phytosociologique. (1994).
14. Siniscalco C. - Impact of tourism on flora and vegetation in the Gran Paradiso National Park (NW Alps, Italy). (1995).
15. Nakhutsrishvili G. - The vegetation of Georgia (Caucasus). (1999).
16. Biondi E. (a cura di) - Ricerche di Geobotanica ed Ecologia vegetale di Campo Imperatore (Gran Sasso d'Italia). (1999).
17. Karamysheva Z.V., Khramtsov V.N. - The steppes of Mongolia. (1995).
18. Pedrotti F. (a cura di) - Volume per il conferimento della Laurea honoris causa al Professor Jean-Marie Géhu. (1996).
19. Privitera M., Puglisi M. - La vegetazione briofitica dell'Etna (Sicilia, Italia). (1996).
20. Pedrotti F. (a cura di) - Volume per il conferimento della Laurea honoris causa al Professor Janusz Bogdan Falinski. (1998).
21. Géhu J.-M. - Le devenir de la bibliothèque de l'ancienne S.I.G.M.A. dans la continuité scientifique de Josias Braun-Blanquet. (1997).
22. Gianguzzi L. - Vegetazione e bioclimatologia dell'Isola di Pantelleria (Canale di Sicilia). (1999).
23. Catorci A., Orsomando E. - Carta della vegetazione del Foglio Nocera Umbra (n. 312 - Carta d'Italia I.G.M.I. - 1: 50000). Note illustrative. (2001).
24. Pedrotti F. (a cura di) - Volume per il conferimento della Laurea honoris causa all'Accademico Dr. Nicolae Boscaiu. (1999).
25. Roussakova V. - Végétation alpine et sous alpine supérieure de la Montagne de Rila (Bulgarie). (2000).
26. Bruno F., Petriccione B., Attorre F. - La cartografia della vegetazione in Italia. (2003).
27. Fanelli G. - Analisi fitosociologica dell'area metropolitana di Roma. (2002).
28. Ermakov N., Dring J., Rodwell J. - Classification of continental hemiboreal forests of North Asia. (2000).
29. Merloni N., Piccoli F. - La vegetazione del complesso Punta Alberete e Valle Mandriole (Parco Regionale del Delta del Po - Italia). (2001).
30. Neuhäuslová Z. *et alii* - Potential Natural Vegetation of the Czech Republic. (2001).
31. Aleffi M. (a cura di) - Aspetti briogeografici della Penisola Italiana. Atti della 3^a riunione scientifica del Gruppo di Lavoro per la Briologia della Società Botanica Italiana (Camerino, 19 giugno 1998). (2002).
32. Böhling N., Greuter W., Raus T. - Zeigerwerte der Gefäßpflanzen der Südägäis (Griechenland). Indicator values of the vascular plants in the Southern Aegean (Greece). (2002).
33. Minghetti P. - Le pinete a *Pinus sylvestris* del Trentino-Alto Adige (Alpi Italiane): tipologia, ecologia e corologia. (2003).
34. Aleffi M. (a cura di) - Studi briologici in onore di Carmela Cortini Pedrotti. (2004).
35. Pedrotti F. - Ricerche geobotaniche al Laghestel di Piné (1967 - 2001). (2004).
36. Corbetta F. *et alii* - Lineamenti vegetazionali del Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano. (2004).
37. Bioret F., Gourmelon F. - Cartographie dynamique de la végétation terrestre des îlots marins en réserve naturelle. (2004).
38. Ballelli S., Lucarini D., Pedrotti F. - Catalogo dell'Erbario dei Monti Sibillini di Vittorio Marchesoni. (2005).
39. Pignatti S. - Valori di bioindicazione delle piante vascolari della Flora d'Italia. (2005).
40. Pezzi G., Bordò L., Ferrari C. - Carta della vegetazione del SIC "Monte Vigese" (IT4050013, Appennino settentrionale, Bologna). (2005).
41. Ozenda P., Borel J.-L. - La végétation des Alpes occidentales. Un sommet de la biodiversité. (2006).

La série paraît sous la forme de volumes séparés. La parution est irrégulière et suit le rythme des manuscrits acceptés par les éditeurs et le Comité de lecture. Les textes peuvent être rédigés en français, italien, espagnol, allemand et anglais.
Pour les conditions de vente contacter le secrétariat général.