

L'AIRE DE RÉPARTITION DE L'AUNE VERT

(*Alnus viridis* Chaix)

par L. RICHARD

I. — LA POSITION SYSTEMATIQUE DE L'AUNE VERT: <i>ALNUS VIRIDIS</i> s. str. ET <i>ALNUS CRISPA</i>	83
II. — LA REPARTITION EXTRA-EUROPEENNE D' <i>ALNUS CRISPA</i>	84
III. — L'AIRE EUROPEENNE D' <i>ALNUS VIRIDIS</i> s. str.	89
A. — MÉTHODES UTILISÉES	89
B. — DESCRIPTION DE L'AIRE GÉOGRAPHIQUE	93
1. — Aire principale alpine: Alpes occidentales (répartition qualitative et quantitative), Alpes centrales et orientales.	98
2. — Aire périphérique alpine	98
3. — Autres régions européennes	99
IV. — LIMITES ALTITUDINALES	100
A. — CONSTATATIONS GÉNÉRALES	100
B. — LIMITES ALTITUDINALES SUPÉRIEURES	101
C. — ZONE ALTITUDINALE OPTIMUM	103
D. — LIMITES ALTITUDINALES INFÉRIEURES	103
V. — EXPOSITION	105
VI. — PALEOGÉOGRAPHIE DE L'AUNE VERT	105
A. — ÈRE TERTIAIRE	105
B. — QUATERNAIRE ANCIEN	106
C. — QUATERNAIRE SUPÉRIEUR	107
VII. — CONCLUSIONS	110
BIBLIOGRAPHIE	111

RÉSUMÉS

La section *Alnobetula* du genre *Alnus* contient deux espèces : *A. crispa*, en Asie du Nord-Est et Amérique du Nord; *A. viridis*, en Europe. L'aire de ce dernier a été précisée en détail par exploration du terrain, dépouillement de photographies aériennes et enquêtes auprès de toutes les Universités alpines; une carte est donnée. Les Aunaies vertes sont denses dans l'étage subalpin des chaînes alpines, carpatique et dinarique. Leur extension et leur densité dans les Alpes nord-occidentales sont l'objet d'une détermination quantitative des surfaces occupées et du taux d'occupation par rapport à l'aire de chaque massif (jusqu'à 16 % des surfaces comprises entre 1 000 et 2 000 m, dans le massif du Mont-Blanc).

La vaste extension actuelle de l'Aune vert semble être la conséquence d'une très ancienne colonisation tertiaire et l'implantation de ses stations s'explique par les exigences assez strictes de cet arbuste vis-à-vis de certains facteurs écologiques : alimentation en eau, enneigement, concurrence.

Die Sektion *Alnobetula* der Gattung *Alnus* umfasst zwei Arten, nämlich *A. crispa* in Nordostasien und Nordamerika sowie *A. viridis* in Europa. Das Areal von *A. viridis* ist genau ermittelt worden durch Felduntersuchungen, Auswertung von Luftaufnahmen und Umfragen bei allen Universitäten der Alpenländer : es wird durch eine Karte veranschaulicht. Dichte Grünerlengebüsche finden sich in der subalpinen Stufe der Alpen, der Karpathen und Dinariden; für die Nordwestalpen wurden die von ihnen bedeckten Flächen und deren Anteil an der Gesamtfläche der einzelnen Gebirgszüge ermittelt; dabei ergaben sich Werte bis zur 16 % der Flächen zwischen 1 000 und 2 000 m Höhe (im Mont-Blanc Massiv). Die heutige weite Verbreitung scheint die Folge einer sehr alten Besiedlung im Tertiär zu sein, und die Lage der Standorte erklärt sich aus ziemlich strengen Ansprüchen in bezug auf bestimmte ökologische Faktoren (Wasserversorgung, Schneebedeckung, Konkurrenz).

The *Alnobetula* section of the *Alnus* genus contains two species : *A. crispa*, in North-East Asia and North America; *A. viridis*, in Europe. The area of the latter has been defined in detail by exploration of the ground, examination of aerial photographs and enquiries at all the Alpine Universities; a map is given. The green alder populations are dense in the subalpine level of the Alpine, Carpathian and Dinaric chains; they form the objet, for the North-West Alps, of a quantitative determination of the surfaces occupied and of the rate of occupation in relation to the area of each massif (up to 16 % of the surfaces included between 1 000 and 2 000 m, of the Mont-Blanc massif). The present vast extension seems to be the consequence of a very old tertiary colonisation, and the situation of the stations is explained by rather strict demands with regard to certain ecological factors : water supply, snow-covering, concurrence.

Ce mémoire représente la première partie d'une thèse de Doctorat d'Etat, soutenue devant la Faculté des Sciences de Grenoble le 2 juillet 1966.

I. — POSITION SYSTÉMATIQUE D'*ALNUS VIRIDIS*

Avec une trentaine d'espèces, le genre *Alnus* est l'un des plus importants de la famille des *Betulaceae*. Une partie de ses représentants ont une très vaste distribution, de sorte que l'aire de répartition du genre couvre la presque totalité de l'aire de la famille (fig. 1).

La systématique interne du genre *Alnus* est très variable d'un auteur à l'autre; en simplifiant à l'extrême, on peut la résumer ainsi :

— Sous-genre *Gymnothyrsus* : 5 sections, 22 à 25 espèces, dont trois en Europe (*glutinosa*, *incana*, *cordata*), le reste se partageant entre l'Asie, surtout orientale, et l'Amérique.

— Sous-genre *Alnaster*, avec deux sections, l'une représentée par trois espèces du Japon et l'autre, la section *Alnobetula*, correspondant au groupe de *Alnus viridis*.

C'est peut-être sur cette dernière section que les vues des systématiciens sont les plus divergentes. WINKLER n'y voit qu'une seule grande espèce, *Alnus viridis*, très polymorphe; CALLIER reconnaît trois espèces : *Alnus viridis* Chaix (en Europe), *Alnus crispa* Ait. en Amérique du Nord,



▨ Aire de répartition de la famille des Bétulacées

--- Limite de l'aire du genre *Alnus*

(d'après WINKLER)

FIG. 1.

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

A. fruticosa Rup. en Asie du Nord-Est. Les auteurs les plus récents, comme MURAI, divisent la section en deux espèces :

— *A. viridis* proprement dit, endémique des Alpes, Carpates et Balkans, et de la Corse où il est représenté par la variété (ou sous-espèce) *suaveolens*;

— *A. crispa*, ce binôme réunissant alors toutes les formes américaines et asiatiques, c'est-à-dire le complexe *crispa* + *fruticosa*; toutefois, certains auteurs distinguent du type plusieurs sous-espèces :

— subsp. *sinuata* le long des côtes pacifiques américaines,

— subsp. *kamtschatica* en Sibérie orientale,

— subsp. *mandshurica* en Mandchourie,

— subsp. *maximowiczii* au Japon et en Corée.

La carte N° 2 précise l'étendue de l'aire des deux espèces *A. viridis* et *A. crispa*, ainsi que celle de leurs sous-espèces.

Les deux espèces et leurs sous-espèces sont si affines qu'elles ont sans doute dérivé récemment d'une souche commune et que l'étude de l'aire très vaste de l'espèce collective *A. crispa* peut être précieuse pour comprendre l'origine et la mise en place paléogéographique de *A. viridis* proprement dit.

Dans les pages qui suivent, nous étudierons cette répartition extra-européenne de *A. crispa*, sans toutefois nous attacher trop à la distribution de ses sous-espèces.

II. — RÉPARTITION EXTRA-EUROPEENNE DE *ALNUS CRISPA*

Les sources d'information et les remarques qu'inspirent cette répartition sont précisées, ci-après, pour les zones géographiques suivantes : Amérique du Nord, Archipel japonais, Asie.

A) RÉPARTITION EN AMÉRIQUE DU NORD

Nous avons consulté les travaux de : BOCHER (1954), FERNALD-HULTEN (1944), FLORIN (1963), LE ROY (1940), PORSILD (1939), VICTORIN (1964), WINGGINS (1962). Des communications personnelles nous ont en outre été adressées en 1966 par : BOVIN-PORSILD (Ottawa), DANSEREAU (New-York), Marie VICTORIN (Quebec), SOPER (Toronto).

1) Limite septentrionale

Alnus crispa atteint, au Nord, une ligne très proche de l'isotherme de température 10° de juillet (BOCHER). Cette limite frise le 70° parallèle au niveau de l'Alaska, mais s'incurve fortement vers le Sud, dans la région

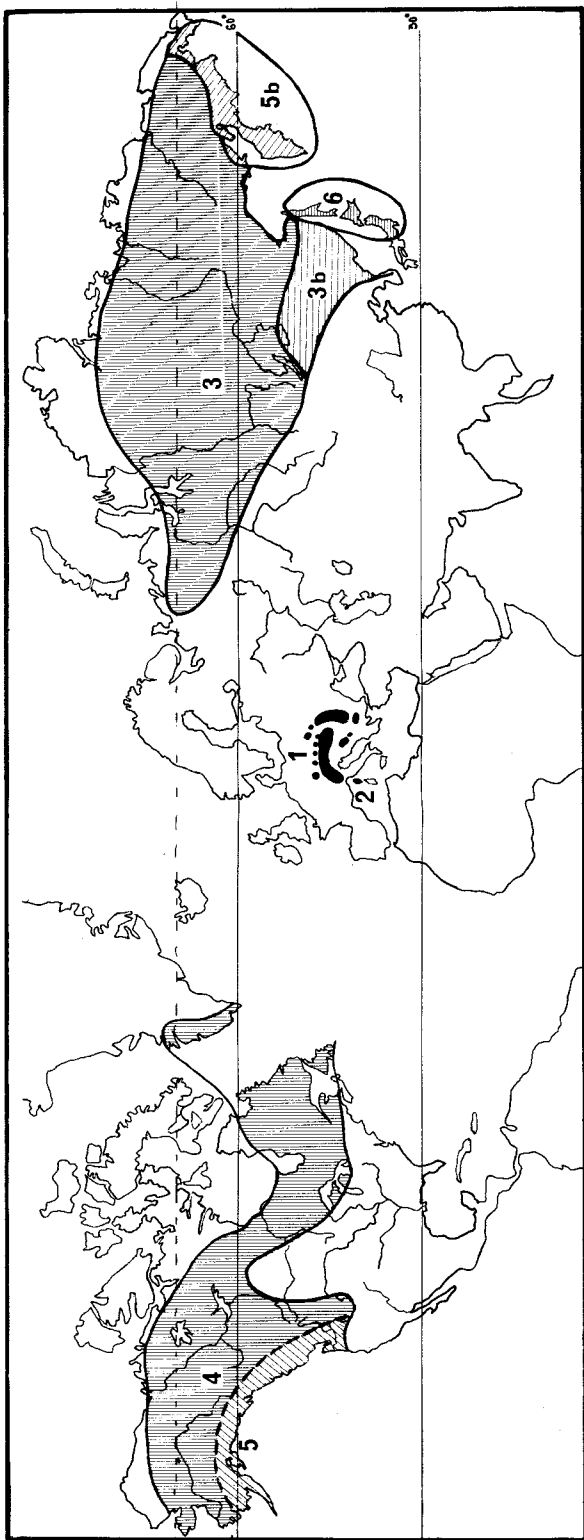


Fig. 2. — Répartition mondiale du groupe *Alnus viridis* sensu lato.

- 1) *Alnus viridis* Chaix;
- 2) *Alnus viridis*, subsp. *suaveolens* Requier;
- 3) *Alnus fruticosa* Rupr.;
- 3b) *Alnus fruticosa* var. *mandshurica* Callier;
- 4) *Alnus crispa* Aiton;
- 5) *Alnus crispa*, subsp. *sinuata* Regel;
- 5b) *Alnus sinuata* forme *kamtschatica* Callier;
- 6) *Alnus crispa*, subsp. *maximowiczii* Callier.

de la baie d'Hudson, où elle touche le 55° parallèle; elle remonte ensuite vers le Nord et recoupe le cercle arctique sur la côte sud-est du Gröenland. De l'Alaska au Labrador, cette limite coïncide avec celle de la forêt d'Epicéa boréale, *Picea glauca* (BOIVIN, PORSILD). Au Gröenland, ses stations sont côtières dans le Sud, mais elles pénètrent à l'intérieur lorsque la latitude croît. Par un effet de continentalité, les températures estivales augmentent en effet en se dirigeant du littoral vers les régions internes (HULTEN), ce qui favorise le développement de la végétation buissonnante. D'après ce dernier auteur, des stations situées encore plus au Nord qu'Évighdsjord (sa limite absolue arctique) pourraient lui être favorables, mais il y est arrêté alors par le manque de précipitations estivales.

2) Limite méridionale

L'Aune crispé atteint la région des grands lacs (42° de latitude N). Il descend plus au Sud dans les montagnes de l'Ouest (Nord de la Californie); dans les chaînes de l'Est (Appalaches), il paraît moins fréquent, mais des stations isolées se rencontrent jusque dans la Caroline du Nord, au Mont Roan (CLARKSON), à 3 000 km au Sud des grands lacs.

3) Limites altitudinales

Alnus crispa est une espèce de moyenne et de haute montagne dans les montagnes Rocheuses; il est collinéen dans l'Alaska du Sud et devient une espèce de plaine dans les régions plus froides de l'Alaska, du Canada et au Gröenland où il forme des fourrés très denses le long des rivières. La répartition de *Alnus crispa* dans la province de Toronto (Canada) établie par SOPER (fig. 3) montre bien cette répartition dense le long des voies fluviales. Il s'implante, dans le Nord de son aire, sur les pentes les plus chaudes, d'exposition sud, alors que dans les Alpes *Alnus viridis* ne se trouve que sur les versants nord les plus froids.

Sur la côte Pacifique s'observe une sous-espèce différente, *Alnus sinuata*, érigée d'ailleurs en espèce par quelques auteurs. Elle s'élève moins en altitude et remonte moins vers le Nord (elle n'atteint pas le cercle polaire). De tempérament plus océanique, elle forme d'importants peuplements dans le Nord-Ouest des U.S.A. (Washington, Californie) où elle constitue des taillis plus hauts que ceux de *Alnus crispa* et dont les troncs atteignent 15 cm de diamètre. De nombreux hybrides s'observent entre *Alnus crispa* et *Alnus sinuata* à la limite de leur aire.

Alnus crispa joue un certain rôle économique. Son utilisation comme bois de chauffage par quelques tribus d'esquimaux est à vrai dire d'une importance secondaire. Mais en tant que pionnier, il envahit et fixe des sols squelettiques: berges des rivières et des lacs, moraines récentes. Il enrichit le sol grâce à ses nodosités et contribue à la production d'humus de qualité par sa litière. Il prépare le terrain pour l'introduction d'essences plus nobles comme *Picea glauca* (BOULARD, PORSILD). En Scandinavie, où *Alnus crispa* n'existe pas, la mise en valeur naturelle des sols alluvionnaires est assurée par l'Hippophaé.

L'AIRE DE RÉPARTITION DE L'AUNE VERT

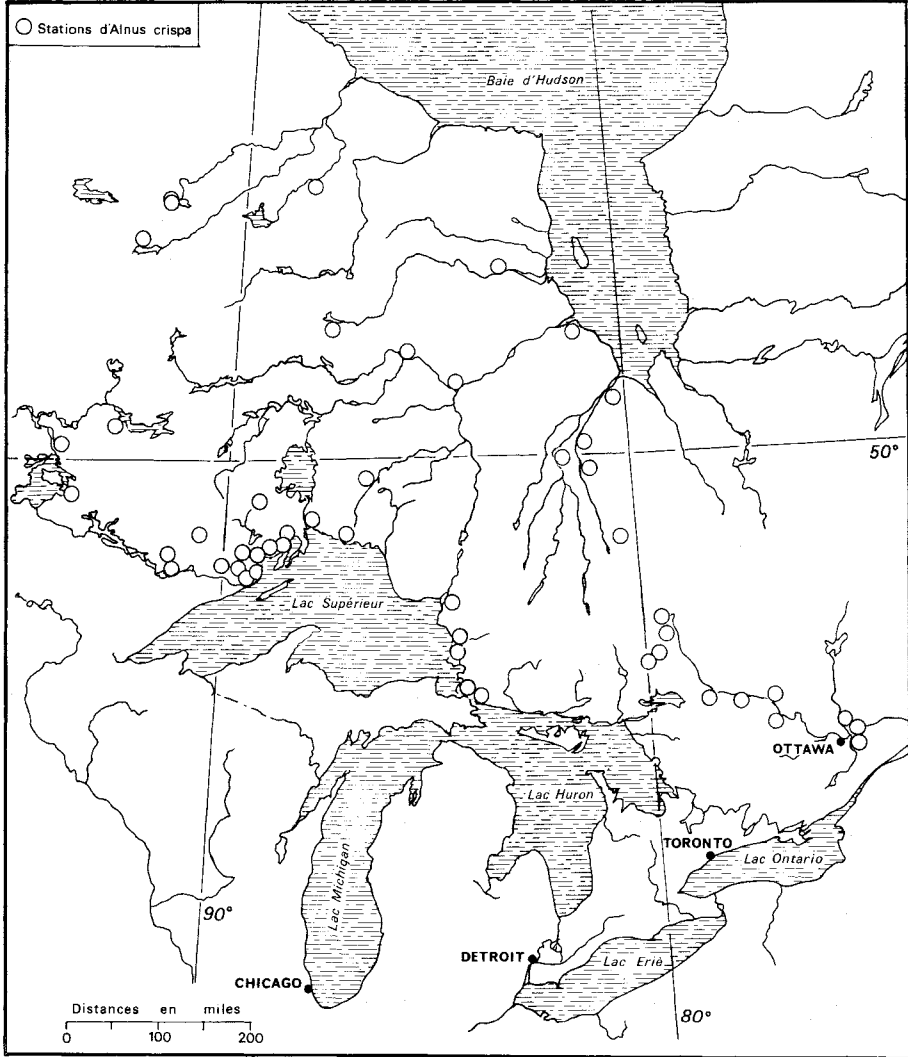


FIG. 3. — Répartition de *Alnus crispa* dans l'Ontario (d'après SOPER).

B) RÉPARTITION AU JAPON

Nous l'avons tirée des travaux de HARA (1959), KUDO (1923), HAYTA (1911). Des informations personnelles nous ont été fournies par HARA, OHWI, MURAI.

Il s'agit ici de *Alnus crispa* subsp. *maximowiczii* (Call.), qui est présent dans la partie septentrionale de l'archipel japonais, au-dessus du 30° parallèle.

1°) **Dans l'extrême Nord** (îles Kouriles et Sakalines, moyenne thermique annuelle 3°), *Alnus maximowiczii* se trouve dans des stations planitiaires, le long des rivières ou des lieux humides, où il est accompagné par de nombreuses espèces de Saules, de Bouleaux et de Sorbiers. Il s'implante également dans les clairières des forêts de Méléze, d'Epicéa (*Larix dahurica* var. *kamtchatica*, *Picea jezoensis*), ainsi qu'au milieu des peuplements de Pins.

2°) **Dans l'île d'Hokkaido** (moyenne thermique annuelle, 6° au niveau de la mer), il s'implante entre 1 500 et 1 800 m et il est suivi par *Pinus pumillo* et *Betula ermani* qui s'élèvent également lorsqu'on va vers le Sud.

3°) **Dans la province de Hokuriku** (moyenne thermique annuelle 10°), les aunaies n'apparaissent qu'au-dessus de 1 500 m dans le Nord de la province et entre 1 700 et 2 300 m dans le Sud-Ouest. L'Aune s'y trouve mêlé à *Viola biflora*, *Vaccinium Vitis-Idaea*, *Loiseleuria procumbens*, *Pinus pumillo* et à de nombreuses espèces de Rhododendrons. Lorsque les conditions locales de milieu le permettent, l'Aune vert descend jusqu'à 1 000 m, comme dans la partie septentrionale de l'île de Sado, où il est accompagné d'un contingent de plantes boréales (stations abyssales).

4°) **Dans la province de Kanto** (moyenne annuelle 13°), la limite altitudinale atteint 2 500 m et parmi les espèces compagnes sont signalés des *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Rhododendron*, *Vaccinium* ainsi qu'*Oxalis acetosella*, *Pyrola alpina*, *Goodyera repens*, *Pinus pumillo*.

5°) **Dans la province de Honshu** (moyenne annuelle 15°), l'Aune dépasse couramment 2 500 m (il atteint 2 600 m au Mt Fugi) et ne descend guère au-dessous de 2 200 m; lui sont le plus fréquemment associés *Betula ermani*, *Prunus nipponica*, *Sorbus commixta*, *Salix reinii*, *Rhododendron faurieri*, *Manziesia pentandra*, *Vaccinium smallii*, *Sasa kurilensis* ainsi que des subalpines communes dans les Alpes: *Vaccinium uliginosum*, *Oxyria digyna*, *Polystichum lonchitis*, *Loiseleuria procumbens*.

Nous suivons ainsi le **passage progressif des stations arctiques à des stations subalpines** de l'Aune, accompagné d'un cortège d'espèces telles que *Betula ermani*, *Sorbus commixta*, *Sasa kurilensis*, *Pinus pumillo*.

Toutes ces stations présentent un enneigement durable et des moyennes thermiques relativement basses : pour ces facteurs les zones arctiques et alpines sont évidemment comparables. Elles diffèrent cependant beaucoup par le photopériodisme et il faut donc admettre que ce facteur peut présenter de grandes variations d'amplitude dans le cas de l'Aune.

C) RÉPARTITION EN ASIE CONTINENTALE

Nous nous sommes référé aux travaux de : CZEREPANOV (1955), KOMAROV (1931), KRYLOV (1930). Des communications personnelles nous ont été adressées par BOBROFF et LAVRENKO (Leningrad), KARVAEV et SMIRNOV (Moscou).

Alnus crispa subsp. *fruticosa* a une répartition essentiellement nordique : il atteint le 72° de latitude nord dans la Sibérie centrale et sous ces latitudes élevées il s'implante le long des rivières acquérant parfois un aspect trapu, rampant. Sa limite sud se situe vers le 48° parallèle, dans les Monts Altaï où il se trouve alors au niveau subalpin. Il est absent de toutes les montagnes du Sud de l'Asie : Oural du Sud, Himalaya.

Dans la partie orientale de la Russie d'Asie, *A. fruticosa* type est remplacé par des variétés comme *A. mandshurica*, *A. kamtschatica*, dont la nomenclature est très variable suivant les auteurs.

La sous-espèce japonaise, *A. maximowiczii*, a quelques stations en Corée.

III. — AIRE EUROPÉENNE DE *ALNUS VIRIDIS*

L'Aune vert proprement dit, *Alnus viridis* Chaix, est abondant dans les Alpes, les Carpates, les Balkans, les Chaînes Dinariques. Une sous-espèce (subsp. *suaveolens*) est endémique des montagnes corses. Il est absent de toute la façade ouest et nord-ouest de l'Europe : Pyrénées, Massif Central, Jura, Vosges, Scandinavie. Le détail de sa répartition alpine va être maintenant étudié.

A) MÉTHODES UTILISÉES

1) Recherches sur le terrain

a) Dans les Alpes françaises elles ont été conduites dans presque toute l'étendue des départements de la Haute-Savoie, de la Savoie (à l'ex-

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

ception de la moyenne et de la haute-Tarentaise), de l'Isère, ainsi que sur une partie des Hautes-Alpes. Pour les territoires correspondant aux cartes 1/50 000 « Domène », « Annecy-Bonneville » et « Montmélian », nous avons en outre cartographié les autres séries de végétation, cela dans le but de collaborer à l'établissement de la carte de la végétation de ces deux secteurs : il importe en effet non seulement de situer l'Aune vert sur la carte, mais aussi de préciser son environnement.

b) *Dans les Alpes orientales et le Val d'Aoste*, deux voyages d'études, dont l'excursion organisée par le Laboratoire de Botanique de Grenoble en 1964, nous ont permis de repérer et d'étudier de nombreuses aunaies de ces régions, et de pouvoir comparer les aunaies vertes des secteurs extrêmes de la chaîne alpine.

La recherche des aunaies sur le terrain est facilitée par leur physionomie, permettant de les identifier de loin au cours des diverses saisons :

— *A la fin du printemps*, les branches d'Aune émergeant lentement au-dessous des dernières plaques de neige détachent leur silhouette sombre sur le fond blanc; l'inclinaison des troncs, vers l'aval, est des plus caractéristiques.

— *Au début de l'été*, à l'épanouissement des châtons mâles, l'aunaie se teinte de jaune vert.

— *En été*, en pleine période végétative, le feuillage très dense forme une masse vert-sombre.

— *A la fin de l'automne*, dès les premières gelées, les feuilles minces de l'Aune vert se fripent, deviennent vert-noirâtre, alors que le feuillage plus résistant des Saules, des Sorbiers, des Erables conserve encore ses vives teintes d'arrière-saison.

Quelques formations arbustives peuvent parfois être confondues, de loin, avec les aunaies vertes :

— *Saussaies à *Salix appendiculata** : le feuillage de cette espèce, fréquente d'ailleurs dans les aunaies, est plus clair et les buissons sont moins denses;

— *Maigres taillis de Hêtres* qui, dans les massifs préalpins, se hissent jusqu'à l'altitude des aunaies. Une exploration de contrôle, à l'automne, au moment de la coloration optima des hêtraies, permettra une conclusion sûre.

— *Rhamnus alpina* qui, avec son feuillage sombre, ses troncs courbés en crosse, vers l'aval, présente de loin, une silhouette un peu comparable à celle de l'Aune vert. Cependant *Rhamnus alpina* n'atteint son développement optimum que sur les éboulis calcaires, très défavorables à l'Aune vert.

2) Dépouillement stéréoscopique des photos aériennes de l'I.G.N.

Nous l'avons réalisé pour la majeure partie des territoires des Alpes françaises où l'Aune vert était susceptible de s'implanter. Sur ces photos les aunaies denses donnent une image spumeuse, gris foncé, assez caractéristique. Des difficultés d'interprétation peuvent cependant apparaître dans les cas suivants :

— la différence n'est pas toujours nette entre l'aunaie verte et d'autres formations arbustives signalées plus haut comme les saussaies ou de maigres taillis de Hêtres.

— les faces nord sur lesquelles se tiennent de préférence les aunaies sont souvent mal éclairées et peu lisibles; les pentes accentuées se projettent suivant une surface réduite, de lecture plus difficile.

— ces deux difficultés s'ajoutent souvent: c'est ainsi que sur les faces nord de vallées très encaissées comme celle de l'Oisans, la recherche des aunaies, d'après les photographies aériennes, ne donne pas toujours des résultats très sûrs.

Des vérifications, soit par exploration du terrain, soit par voie bibliographique, si la région a déjà fait l'objet d'études floristiques antérieures, s'imposent souvent.

3) Enquêtes auprès de l'Administration des Eaux et Forêts

MM. les Conservateurs des départements de l'Isère, des Hautes et Basses-Alpes ont eu l'amabilité de nous préciser l'implantation de quelques aunaies. M. l'Ingénieur Principal de Bonneville a fait cartographier, par ses agents, l'extension de quelques aunaies du Bassin du Giffre. L'Assessorat à l'Agriculture et aux Forêts du Val d'Aoste nous a signalé la localisation de nombreux *Alnetum* de la Région Autonome d'Aoste.

4) Enquêtes bibliographiques

Pour compléter et préciser les observations précédentes, nous avons relevé, dans les travaux de floristique, de phytogéographie ou de cartographie, de précieux renseignements sur l'implantation de nombreuses aunaies vertes. On trouvera ci-après la liste des documents utilisés dans diverses régions.

1. CORSE. J. BRIQUET, Ann. Conservatoire et Jardin Bot. Genève, 1901; J. BRIQUET, Prodrôme de la flore corse, 1910; R. de la LITARDIÈRE, Archives Bot., 1930; G. MALCUIT, Congr. intern. Bot., 1954; H. ELLENBERG, Berichte geobot. Inst. Rübél, 1965.

2. APENNINS. G. GOLLA, *Annali Botanica*, Rome, 1912; L. FENAROLLI, *Flora delle Alpi*, Milano, 1955.

3. ALPES OCCIDENTALES. *Alpes ligures*: Fr. SAPPÀ et G. PIOVANO, Webbia, 1950. — *Alpes maritimes*: G.P. MONDINO, Allionia, 1957; P. OZENDA, Bull. Soc. Bot. Fr., 1960; P. OZENDA, Carte végét. feuille Nice, 1/200 000, 1961; G. BONO, Allionia, 1965. — *Alpes Cozie*: G.P. MONDINO, Allionia, 1958. — *Alpes Briançonnaises*: J. BRAUN-BLANQUET, Bull. Soc. Bot. Fr., 1922; R. HEIM, *ibid.*; G. CHAIX, A. LAVAGNE, R. MOLINIER et A. PONS, Carte Group. Vég. Lautaret, Marseille, 1955; G. CADEL, J. Cl. GILOT, Doc. Carte Vég. Alpes, 1963. — *Oisans*: P. FOURCHY, Ann. Forest., 1951. — *Maurienne*: J. OFFNER, Bull. Soc. Bot. Fr., 1920; C. BARTOLI, Bull. Soc. Bot. Fr., 1961. — *Alpes dauphinoises*: P. OZENDA, J. REPITON, L. RICHARD et A. TONNEL, Doc. Carte Vég. Alpes, 1964; A. TONNEL, Carte Vég. 1/50 000, feuille Vizille, 1966. — *Secteur delphino-jurassien*: Ch. FAUCONNET, Herborisation au Salève, Genève, 1867; GODET, Flore Jura, Neuchâtel, 1869; J. BRIQUET, Bull. Soc. Bot. Genève, 1894. — *Secteur savoyard*: E. PERRIER de la BATHIE, Catalogue plantes vasculaires Savoie, 1928; G. BEAUVERD, Bull. Soc. Bot. Genève, 1931; M. GUINOCHE, Rev. Générale Bot., 1939; Ph. GUINIER et H. de LEIRIS, Bull. Soc. Bot. Fr., 1961; L. RICHARD, Bull. Serv. Carte Phyto., Toulouse, 1961.

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

4. ALPES SUISSES. *Valais* : H. GAMS, Pflanzengeog. Kommission, Berne, 1927; A. BECHNER, Mém. Soc. Helvét. Sciences Nat., 1956. — *Grisons* : J. BRAUN-BLANQUET et E. RUBEL, Veröffentlichungen des Geobot. Institut Rübel, 1933; J. BRAUN-BLANQUET, Vegetatio, 1949. — *Engadine* : H. BROKMANN-JEROSCH, Pflanzengesel., Berne, 1907; E. RUBEL, Monographie Berninagebiettes, Leipzig, 1912. — *Tessin* : A. BETTELLINI, Studi Fitogeog. Svizzera, 1905; C. SCHROETER et M. RIKLI, Pflanzengeo. Studien der Schweiz., 1904; J. BAR, Pflanzengeo. Kom. der Schweiz, 1918; *Alpes bernoises* : W. LUDI, Pflanzengeo. Kom. der Schweiz, 1921; E. FREY, Vegetationsverhältnisse der Grimselgegend, Bern, 1922; E. SCHMID, Mitteilungen Botanischen, Zürich, 1923; W. LUDI, Bericht Geobot. Inst. Rübel, 1948; O. HEGG, Pflanzengeo. Kom. der Schweiz, 1965. — *Alpes italiennes du Nord* : H. GUYOT, Comm. Phytogeo. Soc. Helvét. de Sciences Nat., 1920; G. GELLINGER, Die Grignagruppe am Comersee, Dresden, 1908; N. ARIETTI, Atti Inst. Pavie, 1944; F. BERTOLANI et MARCHETTI, Nuovo Giornale Bot. Ital., 1954 et 1955; F. BERTOSI, Arch. Botanico, 1957. — *Trentin* : S. ZENARI, Arch. Botanico, Modène, 1946; S. ZENARI, Arch. Botanico, Modène, 1946; S. ZENARI, Flora excursionistica, Padova, 1966; G. DALLA-FIOR, La Nostra flora, regione Trentino, Trento, 1963. — *Dolomites* : P. PAMPANINI et ZARDINI, Archivio botanico, 1947.

5. ALPES ORIENTALES. *Répartition générale* : Documents de l'Herbier de l'Université de Graz; J. DUFTSCHMID, Flora von Oberösterreich, 1870. — *Tyrol occidental* : H. WAGNER, Doc. Carte Vég. Alpes, 1966. — *Vallée de l'Ötz* : Extraits divers de Mitteilungen der Forstlichen Mariabrunn, Wien. — *Massif du Grossglockner* : G. BRAUN-BLANQUET, Sigma, 1924; H. GAMS, Abhandlungen Zool. Botan. Gesellschaft, Wien, 1936; H. FRIEDEL, Alpine vegetation Obersten Mölltales, Innsbruck, 1956. — *Basses Tauern* : R. EBERWEIN et A. HAYEK, Vorarbeiten Pflanzengeo. Karte Osterreichs, 1904; J. NEVOLE, *ibid.*, 1913. — *Alpes externes de Styrie* : F. HOPLINGER, Sonderabdruck Mitteil. Naturwissenschaft. Steiermark, 1957; L. RECHINGER, Flora von Bad-Aussee, Graz, 1965. — *Préalpes tyroliennes* : R. BERGER, Verhandlungen Zool. Botan. Gesellschaft, Wien, 1926; I. THIMM, Vegetation des Sonnwendgerbiges Tirol, Innsbruck, 1953. — *Alpes bavaroises* : E. OBERDORFER, Süddeutsch Pflanzenges., 1957; E. OBERDORFER, Exkur. Süd-deutsch., Stuttgart, 1962. — *Avant-pays bavarois* : A. BRESINSKY, Berichte der Bayerischen Botan. Gesells., München, 1965. — *Haute et Basse Autriche* : J. TRAUNMULLER et H. WERNECK, Naturkinliches Jahrbuch Stadt, Linz, 1961. — *Alpes internes de Styrie et Carinthie* : A. HAYEK, Flora von steiermark, Berlin, 1908; R. SCHARFETTER, Osterreichische Botan. Zeitschrift, 1921; R. BENZ, Abhandlungen Zool. Botan. Gesells.; Fr. WIERHAPPER, Osterreichische Botan. Zeitschrift, 1914; Fr. WIERHAPPER, Vorarbeiten Pflanzengeogr. Karte Osterreichs, 1935. — *Karawanken* : H. SABIDUSSI, Beitr. Systematik un Pflanzengeo., 1932; E. AICHINGER (voir bibliogr.).

6. CARPATES. *Carpates septentrionales* : Fr. WIERHAPPER, Veröffentlichungen Geobot. Inst. Rübel, 1930; B. PAWLOWSKI et J. WALAS; K. ZARZYCKI (voir bibliogr.). — *Carpates orientales* : I. GRINTESCU, Bull. Soc. Sciences de Cluj, 1924; M. HARRET, Guide 6° Excurs. Phytogeo. Int. Roumanie, 1931; POPOV, Esquisse végétation flore des Carpates, Moscou, 1945; Tr. SAVULESCU, Flora Republici Populare Romane, 1952.

7. BALKANS. Travaux de P. FUKAREK.

Outre ces travaux relatifs à des régions souvent restreintes, des indications plus générales ont été puisées :

- dans les nombreuses flores des pays alpins (HEGI, 1954);
- dans les traités généraux de géographie botanique : CHRIST (1883), DE CANDOLLE (1855), BRIQUET (1906), SCHROETER (1908 et 1923), SCHARFETTER (1938), BRAUN-BLANQUET (1933), ELLENBERG (1963);

— dans les importants documents cartographiques déjà publiés pour les Alpes sud-occidentales (OZENDA, 1961 et 1966) et la Suisse : SCHMID (1939-1950).

5) Enquêtes auprès des Instituts de Botanique des régions alpines

— Des précisions sur la répartition de l'Aune vert ou des documents souvent inédits relatifs à cette répartition, nous ont été aimablement communiqués, notamment par des professeurs d'Instituts de Botanique. La liste de nos correspondants, avec indication de leur Université et des régions pour lesquelles des documents ont été fournis, est la suivante :

R. CORTI (Florence), Apennins; PICCHI-SERMOLI (Gênes), Alpes Ligures; B. PEYRONEL (Turin), Apennins et Piémont; F. BIANCHINI (Vérone), Alpes du Trentin; F. PEDROTTI (Camerino), Alpes du Trentin; G. DALLA-FIOR (Trente), Alpes du Trentin; PIGNATTI (Trieste), région triestine; P. OZENDA (Grenoble), Alpes sud-occidentales; F. CHODAT (Genève), Valais; H. ELLENBERG (Zurich), Alpes centrales; P. VILLARET (Lausanne), Alpes vaudoises; C. FAVAGER (Neuchâtel), Jura; H. PITSCHMANN (Insbruck), Tyrol; H. GAMS (Insbruck), Otztal; TÜRNER (Zurich), Otztal; E.P. TRATZ (Salzbourg), Préalpes de Salzbourg; H. MEXMÜLLER (Munich), Bavière; G. PHILIPPI (Karlsruhe), Forêt noire; F.J. WIDER (Graz), Basse Autriche et Carinthie; H. WAGNER (Vienne), Alpes autrichiennes; E. AICHINGER (Klagenfurt), Karawanken; K. FUTAK (Bratislava), Tchécoslovaquie, K. ZARZYCKI (Cracovie), Carpates polonaises; N. STOYANOV (Sofia), Rhodopes (Bulgarie); T. POCS (Eger), Hongrie; I. TARNAVSCHI (Bucarest), Roumanie; O. RATIU (Cluj), Carpates. Enfin, H. WAGNER (Vienne) nous a particulièrement facilité notre tâche pour tout ce qui concerne les Alpes orientales en nous fournissant une bibliographie abondante, en nous accompagnant sur le terrain dans les régions les plus diverses des Alpes autrichiennes et en nous précisant de nombreuses déterminations d'espèces des aunaies vertes.

B) DESCRIPTION DE L'AIRE GÉOGRAPHIQUE (carte, dépliant)

L'aire principale s'étend sur les Alpes, les Carpates et les chaînes balkaniques. Une aire périphérique recouvre certains massifs mineurs situés sur le pourtour des chaînes alpines.

1) Aire principale alpine

a) Dans les Alpes occidentales : étude qualitative.

La répartition est différente entre les divers secteurs des Alpes savoyardes ou dauphinoises que nous avons particulièrement étudiés :

1°) *Massifs préalpins* (secteurs savoyard et dauphinois). La densité des aunaies y est parfois élevée (Giffre) mais, souvent l'extension de l'Aune vert est entravée par des altitudes médiocres, par la forte concurrence de la hêtraie-sapinière dans le montagnard, par les vastes affleure-

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

ments de calcaires massifs (Urgonien) dans le subalpin. La sommation de ces facteurs défavorables est nette en Chartreuse où les aunaies sont très réduites.

2°) *Massifs cristallins externes* (domaine des Alpes intermédiaires) : Belledonne, Beaufortin, Mt. Blanc. Leurs versants nord ou nord-ouest portent les aunaies les plus denses, les plus envahissantes des Alpes. C'est là que les facteurs écologiques sont les plus favorables à l'Aune qui doit cependant faire face à une concurrence active de la pessière. Sur la face interne de ces massifs, les aunaies perdent un peu de leur vigueur, phénomène particulièrement net entre les versants français et italien du Mont-Blanc.

3°) *Massifs internes* (domaine intra-alpin), Vanoise par exemple. Du fait de l'amenuisement du manteau forestier les aunaies trouvent moins de concurrences et elles peuvent prendre des extensions considérables sous des expositions nord, fraîches. Cependant les zones qui leur sont favorables sont plus réduites que dans le domaine précédent et elles se localisent davantage sur les versants humides; au liseret continu d'aunaies vertes qui frange le subalpin des massifs externes se substitue une répartition en mosaïque. Très souvent, en raison d'une exploitation antérieure de hauts pâturages, de vastes aunaies se sont développées sur les parties aujourd'hui abandonnées de ces pelouses. Ces aunaies anthropogènes, dont l'extension actuelle est souvent considérable, apparaissent fréquemment comme des formes de substitution de la pessière subalpine.

Dans les hautes vallées internes (Haute Tarentaise), la localisation des aunaies sur les pentes fraîches et bien irriguées est de plus en plus stricte, phénomène lié à la sécheresse relative de ces vallées.

4°) *Versant piémontais*. L'augmentation des précipitations peut expliquer la présence d'assez nombreuses stations d'Aunes verts qui sont cependant loin d'atteindre un développement aussi intense que sur la façade ouest des Alpes occidentales.

L'influence de la latitude se traduit par une diminution du développement des aunaies vertes du Nord vers le Sud. Ce phénomène est très net dans le cas des chaînes subalpines : à altitude comparable et sur même support pédologique, les aunaies sont très abondantes dans le Chablais ou le Giffre, abondantes dans les Bornes, peu fréquentes dans les Bauges, rares en Chartreuse, très rares dans le Vercors et l'Aune vert ne s'observe plus dans les montagnes du secteur « haut-provençal ». Ces faits se retrouvent partiellement dans la zone des hautes chaînes cristallines, mais ici le minimum de densité des aunaies ne correspond pas à la partie la plus méridionale, il se situe dans les chaînes du Queyras. Le contour de l'aire de répartition de l'Aune forme d'ailleurs, à ce niveau, un golfe très marqué. Dans les Alpes maritimes (Massif du Mercantour) les influences climatiques lombardes donnent une humidité relativement élevée, surtout sur le versant piémontais, et les aunaies recouvrent d'assez grandes surfaces, bien mises en évidence sur la carte de la végétation au 1/200 000 (OZENDA).

Ces zones d'implantation des aunaies denses coïncident assez bien, d'une part, avec les parties les plus enneigées des Alpes occidentales et

notamment avec celles où les moyennes thermiques sont faibles ce qui contribue à assurer un enneigement durable.

b) *Dans les Alpes occidentales : étude quantitative.*

Cette étude a porté sur les régions géographiques suivantes dont les limites sont précisées sur la figure 4 :

- *Massifs subalpins et Préalpes* : 1 Chablais, 2 Giffre et « Hautes Alpes calcaires », 3 Bornes-Aravis, 4 Bauges, 5 Chartreuse.
- *Massifs cristallins externes* : 6 Mont-Blanc et Aiguilles Rouges, 7 Beaufortin, 8 Belledonne, Sept-Laux, Lauzière.
- *Massifs plus internes* : 9 Vanoise, 10 Pelvoux (à l'exclusion de sa partie méridionale).

Pour chacune de ces régions, nous avons déterminé, en projections horizontales, sur des cartes au 1/50 000 :

1°) L'aire totale des aunaies vertes, dont l'étendue a été précisée par l'observation des photos aériennes. Les contours d'aunaies ont été portés sur du papier calque puis découpés et les surfaces déterminées par pesée. Cette méthode conduit moins à un résultat précis qu'à un ordre de grandeur, car beaucoup d'aunaies offrent un contour flou, se mêlent à d'autres formations et sont difficilement délimitables. Aussi n'avons nous retenu que les aunaies les plus typiques, négligeant les peuplements épars.

2°) La surface des territoires qui, altitudinalement, sont « possibles » pour l'Aune vert. Leur centre de gravité se place dans le subalpin inférieur, vers 1 800 m mais l'Aune vert descend fréquemment, du moins dans les zones externes, vers 1 000 m et atteint inversement, la cote 2 000. Anticipant sur l'étude de la répartition altitudinale qui sera faite quelques pages plus loin, nous avons retenu pour tous les massifs 1 000 - 2 000 m; dans certains secteurs nous avons aussi cherché l'aire totale des territoires typiquement subalpins (entre 1 600 et 2 000 m).

3°) La surface des secteurs montagneux situés à plus de 2 000 m (ou de 2 200 m pour certaines régions) car il s'y accumule de grandes épaisseurs de neige, masses d'eau en réserve pour l'irrigation des zones basses au début de l'été.

4°) Le pourcentage d'occupation des aunaies denses exprimé par :

$$\frac{\text{Aire des aunaies denses}}{\text{Aire altitudinale possible}} \times 100$$

Les résultats numériques sont portés dans le tableau récapitulatif ci-après.

Ces mesures confirment ce que nous avons déjà entrevu au cours de l'étude qualitative :

1°) Grande extension des aunaies dans les massifs cristallins les plus élevés et les plus externes : Mont-Blanc avec 16 % des surfaces comprises entre 1 000 et 2 000 m; Lauzière, Belledonne; Taillefer : 9,5 %.

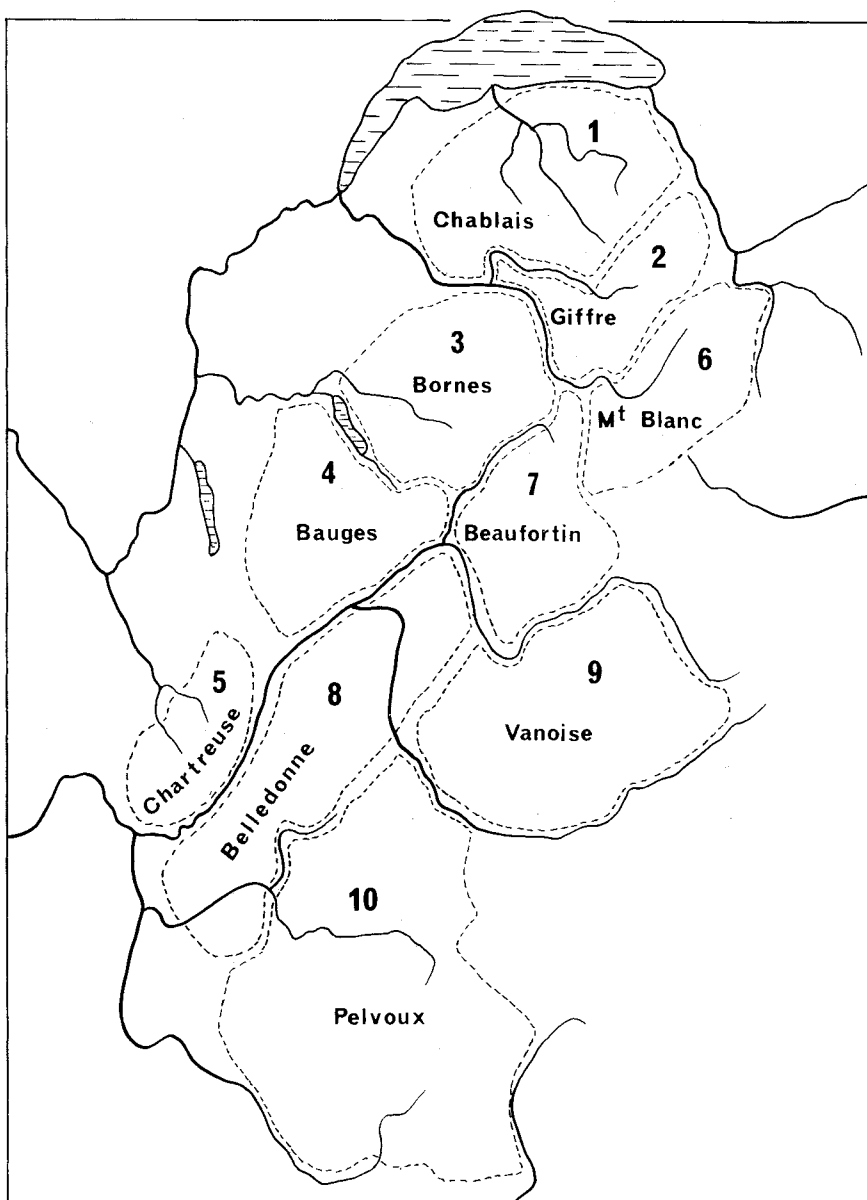


FIG. 4. — Massifs des Alpes nord occidentales françaises où la répartition de l'Aune vert a été étudiée quantitativement.

TABLEAU I
Répartition quantitative de l'Aune vert
dans quelques régions des Alpes nord occidentales

Régions	Surface des massifs montagneux (en hectares)						Aire totale des Aunaies	Pourcentage d'occupation	
	Au-dessous de 1000 m	Entre 1000 et 2000 m	Au-dessus de 2000 m	Entre 1000 et 1600 m	Entre 1600 et 2200 m	Au-dessus de 2200 m		Entre 1000 et 2000 m	Entre 1600 et 2200 m
1 Chablais (zone française)		72.200	2.020	54.800	19.180	240	1.500	2,2	7,9
2 Giffre	15.130	28.800	19.500	16.400	19.300	12.600	1.560	5,4	8,1
3 Bornes	36.200	63.700	4.260				2.560	4	
4 Bauges	60.600	42.000	250				510	1,2	
5 Chartreuse	41.100	29.000	30				85	0,2	
6 Mont-Blanc	2.680	27.600	48.000				4.300	16	
7 Beaufortin	13.400	50.448	19.000				3.760	7,4	
{ Lauzière 8 { Sept-Laux { Belledonne { Taillefer	81.270	63.000	25.900				6.050	9,5	
9 Vanoise	10.700	58.900	102.100	28.000	49.500	83.500	4.500	7,5	9
10 Pelvoux	26.650	148.000	189.500				4.550	3	
11 Pelvoux (feuille Orcière)		22.000	33.000	10.000	19.000	26.000	1.030	4,6	5,4

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

2°) Légère diminution pour les massifs plus internes (Vanoise) 7,5 %, ou moins élevés (Beaufortin) 7,4 %. Nous pouvons d'ailleurs observer que la position plus périphérique du Beaufortin compense son relief modeste par rapport à la Vanoise.

3°) Chute rapide, en se dirigeant vers les régions méridionales et plus sèches du Pelvoux (3 à 4,5 %).

4°) Les massifs préalpins et subalpins savoyards, Bornes et Giffre surtout, quoique moins hospitaliers pour l'Aune que les hautes Alpes cristallines, font cependant bonne figure pour le pourcentage relatif de leurs aunaies par rapport aux Bauges (1,2 %) et à la Chartreuse (0,2 %). Leur altitude plus élevée et la présence de nombreux placages de grès créent d'assez bonnes conditions pour l'Aune vert. Par contre le Chablais, bien que plus septentrional que le Giffre, est moins riche en aunaies en raison de ses altitudes plus modestes.

5°) Si nous considérons le pourcentage d'occupation dans les territoires strictement subalpins, sa valeur y est évidemment plus forte; le classement trouvé précédemment se confirme.

Ajoutons que la plus vaste aunaie rencontrée au cours de nos sorties a été celle de Champagny (Vanoise) que nous avons étudiée en compagnie de MM. GENSAC et BARDEL. Sa projection horizontale dépasse 280 ha.

c) Dans les Alpes centrales et orientales.

Nous retrouvons les grandes lignes de répartition vues précédemment :

1°) *Grande densité des aunaies vertes* : d'une part, dans les massifs externes lorsque les facteurs altitudinaux et pédologiques sont favorables (Alpes Bernoises, Tessin), d'autre part, dans les hautes chaînes cristallines (Massifs du Gothard, des Tauern).

2°) *Faible densité de ces aunaies* dans les hautes vallées internes à continentalité élevée (Valais, Engadine, Otzal).

3°) *A nouveau, grande densité des aunaies* sur les versants Sud des Alpes très arrosés (Tessin, Alpes Bergamasques).

2) Aire périphérique

Elle s'étend surtout au nord et à l'est de l'arc alpin : Plateau suisse, Bavière, Haute et Basse Autriche, Hongrie occidentale et atteint la Forêt Noire et le Massif de Bohême. L'Aune vert n'y forme jamais de peuplements importants, d'aunaies au sens forestier, mais des îlots disséminés, dont l'importance relative dans l'ensemble de la végétation ligneuse et arbusive demeure très faible. Ces stations périphériques ont été observées par J. BRIQUET, BRESYNSKY, J. TRAUNMÜLLER et H. WERNECH, LAMMERMAYR, Pócs.

Beaucoup de ces stations sont considérées comme des reliques glaciaires du Würm. Elles occupent des territoires situés en dehors du champ des glaciations quaternaires et ayant pu, de ce fait, servir de zones de refuge à de nombreuses espèces. L'observation de certaines d'entre elles,

à la base du Mont Vuache, dans l'avant-pays savoyard, nous a montré que leur survie est plus ou moins précaire : les interventions humaines (reboisements) ont provoqué, parfois en quelques dizaines d'années, une nette régression, car l'Aune vert ne manifeste qu'un faible pouvoir concurrentiel vis-à-vis des grandes essences ligneuses.

D'autres stations périphériques ont manifestement pour origine une colonisation plus ou moins récente des rives de cours d'eau par l'apport de plantes charriées par les eaux : îlots d'Aunes verts sur les îles du Rhin, près de Bâle, sur les berges du Danube près de Passeau, ou à l'embouchure de l'Inn.

Sur le flanc sud des Alpes, ces stations périphériques sont moins étendues, la dépression du Pô ne contenant pas de territoires favorables à l'implantation et à la survivance de l'Aune vert comme les collines de Bavière, de Wurtemberg, de Bohême. Quelques très rares stations, dans les Apennins, pourraient être des reliques d'une extension vers le Sud au glaciaire. Le climat général plus chaud a sans doute éliminé l'Aune vert de ses stations refuges les plus méridionales.

3) Autres régions européennes

a) *aire dinarique* : L'Aune s'implante sur les hauts massifs (Scar Plana) mais son aire est morcelée et son importance relative est bien plus faible que dans les Alpes.

b) *aire carpatique*. Les aunaies vertes sont denses dans les Carpates orientales et méridionales mais plus rares dans les Carpates occidentales polonaises et tchèques.

c) *aire balkanique*. *Alnus viridis* y atteint sa latitude la plus méridionale (RUKLI). En Bulgarie, il est fréquent dans les Rhodopes occidentales.

d) *en Corse*. *A. suaveolens* forme des fourrés impénétrables aux faces nord du subalpin. La répartition y est bien précisée sur la carte de la végétation de la Corse (C.N.R.S.).

L'Aune vert se retrouve ainsi sur toutes les hautes chaînes de montagnes du centre et du sud-est de l'Europe avec de larges bavures dans la zone molassique en bordure septentrionale des Alpes.

De Nice à Vienne, il s'est établi dans des secteurs où les facteurs de milieu climatiques et pédologiques sont très variés, ce qui pourrait laisser penser à une grande souplesse d'exigences écologiques. Cependant, à l'intérieur de son aire de répartition, il ne s'installe que dans des stations bien particulières, ce que montrent en particulier nos levés au 1/20 000 des séries de végétation dans le Massif des Bornes : recherche des expositions nord, des combes longtemps enneigées, préférence pour les sols marneux humides, incompatibilité avec les calcaires compacts et avec leurs éboulis. Cela traduit des exigences climatiques et pédologiques assez strictes qui font l'objet d'une étude publiée par ailleurs.

Dans sa vaste aire de répartition, nous distinguerons deux sortes de domaines :

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

1° *Ceux où l'aunaie manifeste un très grand pouvoir de colonisation, d'extension, car les conditions générales climatiques et pédologiques lui sont très favorables (Hautes Chaînes Cristallines).*

2° *Ceux où l'Aune n'est abondant que dans des stations bien localisées : zones irriguées, flancs de ravins, berges de ruisseaux, combes au nord, stations dont le microclimat est bien différent du climat général de la région, mais où les aunaies ne rencontrent qu'une faible concurrence.*

IV. — LIMITES ALTITUDINALES DE L'AUNAIE D'*ALNUS VIRIDIS*

Le diagramme de la figure 5 traduit la répartition altitudinale d'un ensemble de 235 aunaies observées par nous ou par d'autres auteurs (AICHINGER, PAVLOWSKI) dans de nombreux secteurs de la chaîne alpine et des Carpates.

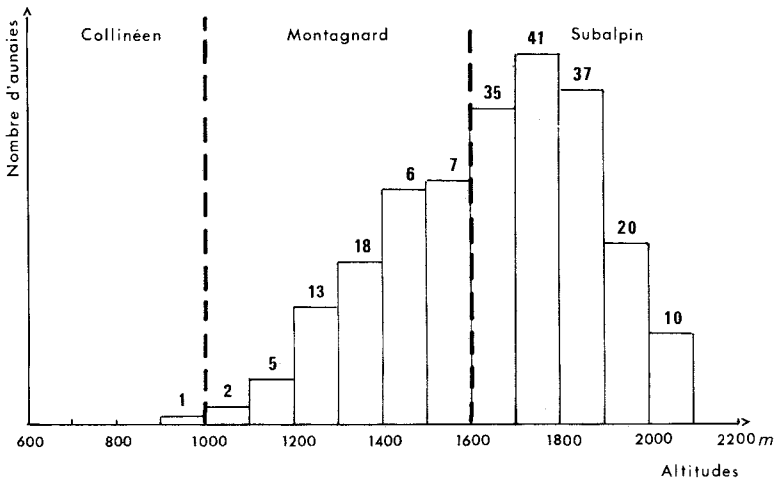


FIG. 5. — Répartition altitudinale d'un ensemble de 235 aunaies vertes.

A. — CONSTATATIONS GÉNÉRALES.

1) Une importante majorité d'aunaies vertes s'implante vers 1600-1900 m, à la base du subalpin et à la partie supérieure du montagnard. C'est d'ailleurs dans cette zone altitudinale que s'observent les aunaies les plus luxuriantes, tout au moins dans les massifs cristallins externes où elles forment une écharpe presque continue au-dessus de la forêt et dans

les zones déforestées (Massifs de Belledonne, des Sept-Laux, du Beaufortin, du Mont-Blanc, de l'Aar, du Gothard, des Hautes Tauern).

2) L'amplitude de répartition dépasse 1 000 m et encore n'ont pas été figurées les altitudes extrêmes que nous envisagerons par la suite. Ces importantes variations altitudinales provoquent des changements écologiques et floristiques, ce qui nous permettra de distinguer plusieurs types d'aunaies. Empiétant un peu sur les conclusions à venir, signalons, qu'effectivement, nous discernerons (fig. 6) :

a) *Les aunaies subalpines*, les plus nombreuses, situées au-dessus du domaine forestier, subdivisées à leur tour en 2 groupes suivant leur composition floristique liée à l'exposition, au support;

— Les aunaies « typiques », aux expositions nord et sur sol frais;

— Landes mixtes aunaies-rhodoraies sur les versants ouest ou est et sur sol écoulé.

b) *Les aunaies montagnardes*, incluses fréquemment dans le domaine de la hêtraie-sapinière ou de la pessière montagnarde et qui résultent souvent d'une infiltration, vers le bas, des aunaies subalpines.

c) *Les stations abyssales* forment des traînées, d'existence plus ou moins précaire entre 300 et 900 m d'altitude, dans le collinéen.

La figure 6 représente les diagrammes de répartition altitudinale de ces types d'aunaies et son observation conduit aux conclusions suivantes :

1°) Les aunaies typiques sont, pour les 3/4, à des altitudes subalpines.

2°) Ce caractère subalpin est plus accentué pour les « aunaies-rhodoraies ».

3°) Les aunaies montagnardes sont surtout localisées entre 1 400 et 1 600 m.

Nous n'avons pas fait figurer, dans ce tableau, les stations abyssales qui représentent moins de vraies aunaies que des peuplements diffus.

B. — LIMITES ALTITUDINALES SUPÉRIEURES.

Elles oscillent entre 1 900 et 2 350 m suivant les domaines et les secteurs de la chaîne alpine.

1) Le maximum altitudinal est atteint dans les divers secteurs du domaine intra-alpin : 2 250 m dans le secteur Briançonnais; 2 220 m à proximité de Davos (SCHIBLER), 2 300 m dans le Val d'Aoste (GUYOT), 2 430 m dans les Grisons (BRAUN-BLANQUET), stations situées dans le secteur Valaisan. Des altitudes exceptionnelles de 2 800 m sont citées pour des pieds isolés (HEG). On sait que dans ce domaine intra-alpin se produit une remontée générale et parfois appréciable des limites biologiques altitudinales, conséquence de la continentalité.

2) Ces limites sont nettement plus basses dans la zone externe (domaine centre-européen) : 1 950 m dans les secteurs dauphinois et savoyard.

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

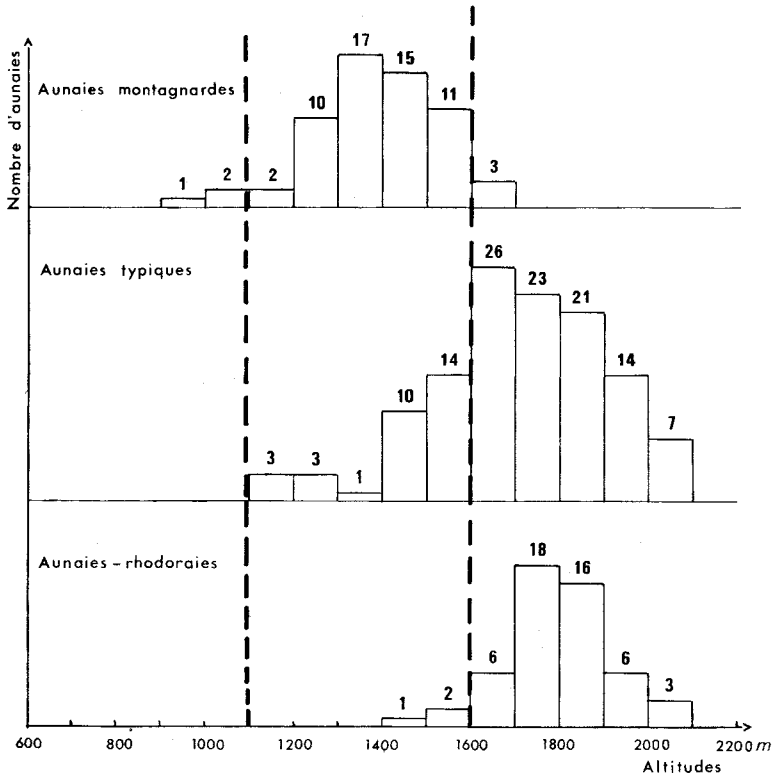


FIG. 6. — Répartition altitudinale des divers types d'aunaies vertes.

Cet abaissement s'explique à la fois par l'altitude souvent modeste des massifs subalpains et préalpains, et par des facteurs limitants climatiques ou pédologiques qui feront l'objet d'une autre étude.

3) Dans les secteurs dits « Alpes intermédiaires », la limite supérieure est voisine de 2 000 m : massif de Belledonne, massif de Morcles (GAMS), et cela dans toute la partie externe des hautes chaînes alpines, jusque dans les Alpes orientales et les Carpates (GRINTESCU, HARRET).

4) Par rapport au domaine interne, les limites altitudinales sont aussi légèrement abaissées sur la face sud des Alpes (domaine padan, OZENDA, 1966).

5°) Dans les Alpes occidentales, où l'axe de la chaîne s'incurve vers le sud, un net relèvement altitudinal s'observe à l'intérieur du même domaine intra-alpin, du nord vers le sud : 2 100 m dans le massif du Mont-Blanc (Région du Col de Seigne), 2 300 m dans les Alpes Maritimes (BONO, OZENDA).

C. — ZONES ALTITUDINALES OPTIMALES.

Ce sont celles dans lesquelles les aunaies vertes sont à la fois les plus étendues et les plus nombreuses. Le graphique n° 5 les situe vers 1 700 - 1 800 m; la moyenne altitudinale de 28 aunaies des Grisons étudiées par BRAUN-BLANQUET est de 1 750 m, les altitudes extrêmes variant entre 900 et 2 430 m pour des pieds isolés.

L'altitude optimale varie d'ailleurs, suivant les domaines alpins, dans le même sens que les altitudes maxima atteintes par l'Aune vert.

1°) Massifs subalpins et préalpins (Domaine Centre Européen). Pour certains de ces massifs (Chartreuse, Bauges, Bornes), le centre de gravité des aunaies vertes s'établit vers 1 600 m car, d'une part, la moyenne altitudinale de ces massifs est faible, et, d'autre part, beaucoup de leurs chaînons sont coiffés par d'épaisses voûtes urgoniennes inhospitalières pour l'Aune. Ces obstacles altitudinaux et pétrographiques sont moins accusés dans les massifs préalpins du Chablais et du Giffre, les aunaies y sont plus luxuriantes et le centre de gravité des plus belles d'entre elles se place vers 1 750 m.

2°) L'altitude optimale s'élève dans le domaine intra-alpin et atteint 1 900 m dans la Vanoise, 1 850 m dans le Briançonnais (Bois de la Madeleine) et 1 950 m dans le Val Ferret (Val d'Aoste).

3°) Elle s'élève, dans les Alpes occidentales, du nord au sud — les calculs effectués par REY, à partir de documents rassemblés pour la carte de la végétation, feuille de Nice (OZENDA) la fixent vers 2 100 m dans les Alpes maritimes.

4°) Un léger abaissement de l'altitude optimale des aunaies vertes s'observe dans les Alpes orientales, lié d'ailleurs à un abaissement altitudinal de toutes les séries de végétation.

D. — LIMITES ALTITUDINALES INFÉRIEURES.

L'Aune vert a pu, à la faveur de circonstances historiques, climatiques et pédologiques favorables, coloniser des zones déforestées à des altitudes collinéennes. Ces peuplements, qui n'ont ni la densité ni l'étendue des aunaies subalpines, sont désignés fréquemment sous le nom de « stations abyssales ».

1°) C'est surtout sur la bordure externe des Alpes que se trouvent le plus grand nombre de ces stations, qui ont d'ailleurs été remarquées par de nombreux auteurs; 500 m au voisinage de Chambéry (SANGEON & CHABERT); 500 m à proximité d'Annecy (BEAVERD); 650 m à la base du Vuache (BRIQUET); entre 400 et 600 m dans la Bavière (BRESINSKI) et en Basse

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

Autriche (TRAUNMÜLLER et WERNECH); 450 m au voisinage de Graz (LAM-MERMAYR); 200 m à la limite du domaine panonique par Pócs. Ces stations abyssales sont très fréquentes dans la zone molassique de l'avant pays alpin où comme nous l'avons signalé beaucoup d'entre elles sont considérées comme reliques glaciaires.

Il est remarquable de constater que dans cette aire périphérique, l'Aune ne s'élève que rarement au-dessus de 900 m, même si les lignes de crête dépassent largement cette altitude : c'est le cas de la Forêt Noire et du Massif de Bohême. Ces stations d'Aunes périphériques se situent dans l'étage du Hêtre. Ces particularités ont conduit TRAUNMÜLLER et WERNECK à émettre l'hypothèse suivante : l'Aune vert de ces stations périphériques (tout au moins les reliques glaciaires) formerait une race écologique différente de l'Aune vert alpin. Ils proposent pour l'association qu'il crée le nom de *Alnetum viridis acidiferum hercynicum*, association qui évolue assez facilement vers le *Fagetum*. Cependant aucun caractère anatomique ou cytologique net ne permet une différenciation de ces races. C'est pourquoi, dans cette étude, nous continuerons à ranger sous le même nom d'*Alnus viridis* Chaix aussi bien l'Aune alpin que l'Aune des stations reliques.

2°) Dans le domaine alpin des traînées d'Aune vert s'insinuent très fréquemment le long des torrents, des talus de route, jusque dans les basses vallées : 400 m à proximité d'Alberville (PERRIER de la BATHIE), 600 m dans le Tessin (SCHROETER), 750 m sur le versant italien des Alpes maritimes (BONO). Ces stations dérivent manifestement des aunaies subalpines et certaines sont très récentes.

De tous les arbustes ou sous-arbustes subalpins, l'Aune vert est sans doute le seul à descendre si facilement à des altitudes presque collinéennes. En Haute-Savoie, où en une dizaine de points, l'Aune vert descend à moins de 600 m, le Rhododendron ne possède qu'une station abyssale bien connue, celle du Roc de Chère, décrite par GUINIER, à 500 m d'altitude. Dans ces basses stations, l'Aune montre une vigueur et un pouvoir colonisateur bien plus faibles que dans ses stations subalpines. Il y est souvent concurrencé par des arbres et des arbustes qui le recouvrent et l'éliminent : Charme, Châtaignier, Hêtre, Noisetier, Rubus divers...

E. — CAS D'AUTRES RÉGIONS.

1°) *En Corse, Alnus viridis* forme *suaveolens* s'échelonne entre 1 400 et 2 000 m. Certains bosquets isolés atteignent 2 200 m tandis que des traînées le long des torrents descendent à moins de 800 m, dans l'étage du Hêtre (RIKLI).

2°) *Dans les Balkans*, les limites altitudinales sont comparables : 1 400 - 2 100 (STOYANOV) et les stations abyssales à moins de 600 m.

3°) *Dans les Carpates* la tranche altitudinale d'implantation optimum croît du nord (1 400 - 1 680 m) au sud (1 450 - 2 000 m).

V. — EXPOSITION

Les aunaies vertes sont, en majorité, implantées sous des expositions générales nord (N-NE à N-NO). Leur aire s'étend parfois vers d'autres faces fouettées par les vents pluvieux : dans les Alpes savoyardes et dauphinoises elles glissent ainsi vers l'Ouest. Peu d'espèces d'arbres ou d'arbustes de nos régions (à part le Chêne pubescent, localisé en exposition sud) ont pour leurs peuplements essentiels une orientation aussi stricte. La recherche des faces nord ne se manifeste cependant pas avec la même rigueur dans les diverses parties de son aire.

1°) Elle est constante dans les massifs ayant, en raison d'altitudes modestes ou de leur situation méridionale, un enneigement peu durable, surtout sur sols relativement perméables. C'est le cas des aunaies des massifs subalpins peu élevés (Chartreuse) ou des quelques aunaies rencontrées dans le Briançonnais (position plus méridionale), les faces nord étant alors les seules à offrir une humidité suffisante en été. Cette orientation se retrouve souvent pour les « aunaies abyssales », établies à la limite des possibilités écologiques du groupement.

2°) L'implantation nord est moins franche sur les massifs longuement enneigés où l'irrigation de tous les versants est abondante en été, surtout si les sols sont peu perméables. Dans les massifs cristallins externes (Beaufortin-Belledonne), si la grande masse des aunaies reste sur les flancs nord, l'Aune peut passer en exposition ouest où il se mêle au Rhododendron (formation de landes mixtes aunaies-rhodoraies). Il se dirige aussi, mais moins nettement, vers l'est. Sa présence sur les faces sud, bien que rare, n'est pas exceptionnelle, le long de petites combes irriguées : ce ne sont alors plus des aunaies massives, mais d'étroites traînées.

L'orientation agit indirectement en favorisant des facteurs majeurs : long enneigement et humidité estivale.

VI. — PALÉOGÉOGRAPHIE DE L'AUNE VERT

A. — ÈRE TERTIAIRE.

Des nombreux travaux, résumés par ELHAI, il résulte :

1°) Qu'*Alnus viridis* est déjà abondant en Europe occidentale au Pliocène. Son existence en Corse est même probable dès le Miocène supérieur, époque à laquelle le territoire de l'île était pour la dernière fois rattaché à l'Europe (CONTANDRIOPOULOS).

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

2°) Que sa répartition tertiaire est, tout au moins, en Europe, plus vaste que sa répartition actuelle. De nombreux restes fossiles ont été découverts dans des régions qui n'ont jamais été montagneuses : Pays-Bas, Vallée du Rhône (DEPAPE).

Beaucoup d'auteurs admettent que le centre de différenciation de de l'*Alnus viridis* doit être recherché dans le nord de l'Asie et cela dès le début du tertiaire (CHRIST, KULCZYNSKI), hypothèse que retient également BROBROFF (communication personnelle). L'introduction d'*Alnus viridis* dans les futurs territoires alpins à partir du berceau asiatique aurait eu lieu dès l'oligocène, au moment du refroidissement plus marqué de l'Europe occidentale et de la disparition de la mer Ouralienne. Un large pont continental entre l'Asie et l'Amérique du Nord permettait, par ailleurs, des échanges faciles entre les deux continents, d'où les peuplements importants et homogènes en *Alnus* dans les territoires nord-sibériens et nord-canadiens. De la sorte, la colonisation ancienne de contrées géographiques actuellement fort éloignées les unes des autres (Canada, Sibérie, Alpes) rend compte de la différenciation précoce d'espèces distinctes : *Alnus viridis* (sensu stricto), typiquement alpienne, *Alnus crispa* américano-asiatique à plusieurs sous-espèces : c'est un cas de macroendémisme à l'échelle continentale. Par la suite, dans chacune des zones considérées, des phénomènes de microendémisme ont différencié des variétés, surtout sur la périphérie de l'aire de répartition, à la suite peut-être de phénomènes d'isolement géographique : *A. suaveolens*, variété corse de *A. viridis*; *A. maximowiczii* de l'archipel japonais; *A. kamtschatica* et *A. sinuata* (voir fig. 2). Des phénomènes semblables de vicariance s'observent pour de nombreuses espèces alpiennes issues d'un centre de différenciation asiatique :

Espèces alpiennes

Larix decidua
Picea excelsa
Abies alba
Lilium martagon

Espèces asiatiques

Larix sibirica
Picea obovata
Abies sibirica
Lilium sibiricum

B. — QUATERNAIRE ANCIEN (VILLA-FRANCHIEN) ET QUATERNAIRE MOYEN.

L'Aune vert paraît conserver son ample répartition en Europe occidentale (il forme 3 % des pollens de certains gisements des Pays-Bas) et son abondance relative augmente lors des périodes froides, où s'établit une végétation boréale. Les pollens d'*Alnus* de certaines stations du Massif Central français et des Îles britanniques appartiennent peut-être au groupe *viridis*. L'Epicéa, compagnon actuel le plus fidèle de l'Aune vert, devient important dans les stations étudiées précédemment, à partir du quaternaire moyen. Remarquons d'ailleurs que tout comme l'*Alnus* il n'a pas retrouvé aujourd'hui son extension primitive.

C. — QUATERNAIRE SUPÉRIEUR.

1°) Interglaciaire Riss-Würm.

Des restes (feuilles) d'*Alnus viridis* ont été découverts dans des lignites de la vallée du Rhône (BOURDIER) en compagnie de *Rhododendron ponticum*, *Buxus sempervirens* : mélange assez étonnant de flores, peut-être lié à un remaniement accessoire.

Les glaciations de Mindel et de Riss auraient nettement accentué la disjonction d'origine tertiaire entre les flores asiatiques et alpines.

2°) Würm.

Lors des dernières glaciations les espèces des massifs alpins émigrent vers des zones de refuge. Il semble admis que l'Aune vert a alors occupé de vastes territoires entre les domaines des glaciations alpines et arctiques, dans les régions s'étendant au nord et à l'est des Alpes. La présence dans ces territoires de nombreuses stations d'*A. viridis* considérées comme reliques glaciaires est un bon indice de l'existence d'anciens territoires refuges.

On pourrait penser que sur la face méridionale des Alpes, l'Aune vert a émigré vers le sud, tout comme l'Epicéa dont de nombreuses stations reliques ont été trouvées en Toscane et même dans les Abruzzes (Communication de PEYRONNEL), mais aucun travail à notre connaissance ne permet de confirmer actuellement cette hypothèse.

3°) Post-glaciaire.

« En 10 000 ans, la transformation des paysages végétaux a été considérable » (ELHAI). Elle a reflété de nombreuses modifications climatiques intervenues depuis le tardi-glaciaire. Chaque phase a vu le développement de certaines espèces qui y trouvaient leur optimum écologique, cependant que d'autres s'estompaient.

Dans le cas des Alpes, comment a pu se faire la reconquête, par l'Aune vert en particulier, des versants abandonnés par les glaces ? Des travaux effectués dans les Alpes suisses par VILLARET et WELTEN, dans les Alpes chamoniardes par DUBOIS, nous tirons les faits suivants : l'optimum de la reconquête par l'Aune vert des massifs alpins occidentaux semble dater de la fin du subboréal et du subatlantique (fig. 7), avec l'apparition d'une phase humide et relativement fraîche. La grande extension des aunaies vertes est donc relativement récente, elle précède d'ailleurs celle de l'Epicéa venu encore plus tardivement. Des pollens d'*Alnus viridis* ont cependant presque toujours été trouvés en très faible proportion dans des sédi-

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

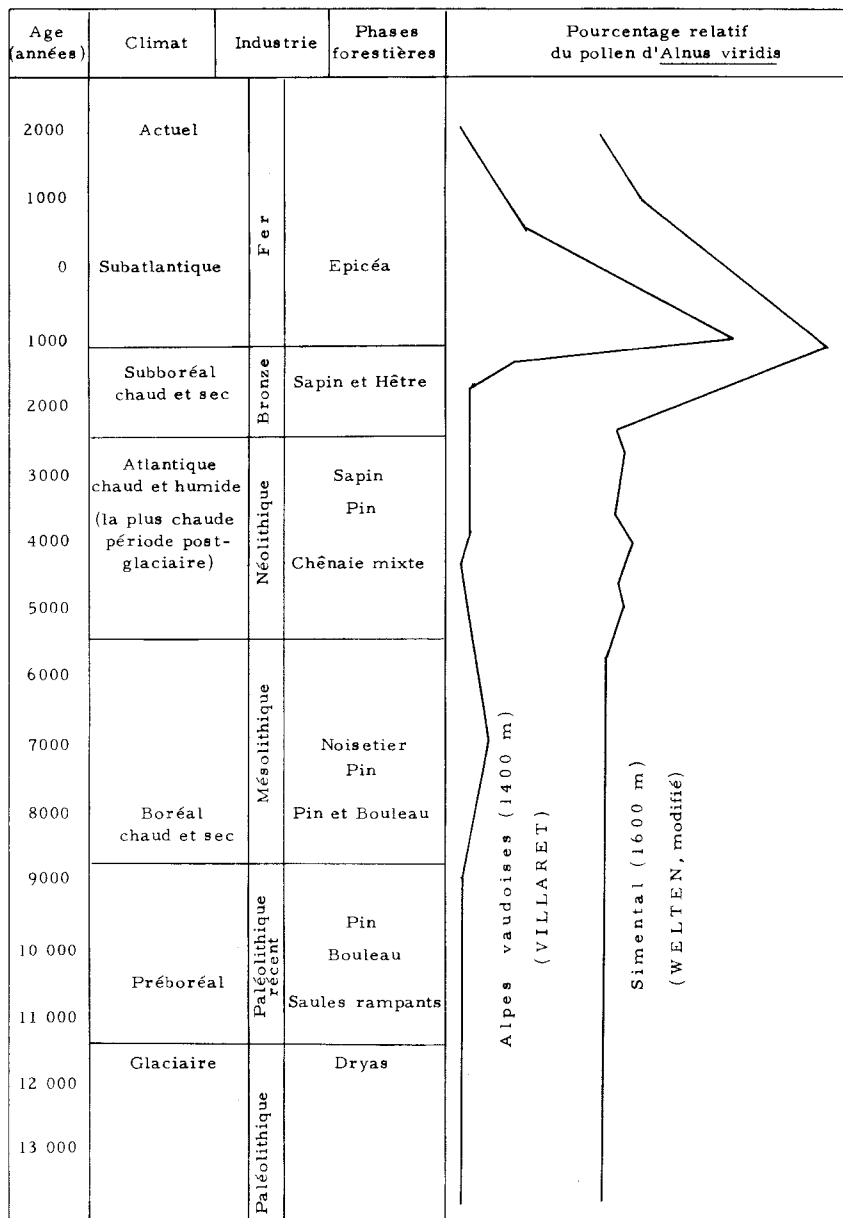


FIG. 7. — Variations de l'importance relative du pollen d'Aune vert dans les sédiments post-glaciaires.

ments post-glaciaires plus anciens et cela dès le préboréal, c'est-à-dire dès le recul des glaciers. Cette constatation a amené deux sortes de conclusions :

1°) La recolonisation des massifs alpins par l'Aune vert a été très précoce, mais peu intense, l'intensité ayant crû brusquement au subatlantique. Le climat froid du préboréal aurait pu convenir à l'Aune vert, mais pourquoi ne s'y est-il pas développé plus abondamment comme le bouleau ?

2°) Ces pollens en faible quantité dans le post-glaciaire ancien pourraient n'être que des impuretés introduites au cours des sondages ou par des remaniements (communication personnelle de WELTEN).

Le seul fait certain qui se dégage de ces études, c'est que la grande recolonisation par l'Aune vert de nos régions s'est faite assez tardivement, comme d'ailleurs celle de l'Epicéa. Peut-être leur aire de refuge était-elle assez orientale et n'aurait-elle atteint les Alpes occidentales qu'assez tardivement ?

L'absence de l'Aune vert des hauts sommets jurassiens où des stations pourraient lui être favorables est difficilement explicable, car il existe sur les chaînons les plus méridionaux du Jura (L'Epine, le Salève) et dans des stations abyssales à la base du Vuache, à moins de 20 km du Crêt de la Neige. L'hypothèse d'une implantation glaciaire ou post-glaciaire suivie d'une élimination par suite de la concurrence d'autres essences forestières nous semble séduisante, mais ne peut être prouvée, faute de précisions en ce qui concerne les analyses palynologiques pour le genre *Alnus*. « On trouve d'ailleurs dans la forêt Noire, plusieurs plantes alpines, *Alnus Viridis*, *Pinus montana*, qui n'ont pas atteint les Vosges » (CHRIST).

De même, pourquoi l'Aune vert comme l'Epicéa n'ont-ils pas reconquis des territoires situés à l'Ouest de leur limite actuelle (Massif Central français) où leur présence était certaine à la fin du tertiaire et au début du quaternaire ? Climat atlantique ayant plutôt favorisé d'autres espèces comme le Hêtre ? Autant de problèmes non encore résolus, mais dont l'étude nous permettrait de mieux comprendre la répartition actuelle.

Signalons enfin que les pollens des 3 espèces centre-européennes d'*Alnus* (*viridis*, *glutinosa* et *incana*) ne sont pas toujours différenciables dans les tourbes, et dans de nombreux travaux la détermination se fait seulement au niveau du genre.

L'implantation actuelle de l'Aune vert est ainsi la conclusion d'une longue histoire au cours de laquelle, originaire probablement des plaines asiatiques, il s'est étendu largement dans l'Europe de l'Ouest, puis pour des raisons encore hypothétiques s'est, après les glaciations, fixé dans le Massif Alpin, où il manifeste d'ailleurs une excellente adaptation aux conditions de milieu. Un certain parallélisme s'observe entre son histoire et celle de l'Epicéa.

CONCLUSIONS

La très ample répartition de l'Aune vert dans les Alpes occidentales s'explique probablement par une colonisation très ancienne, d'âge tertiaire, liée à un pouvoir de dissémination intense et rapide. Son extension altitudinale, la variation de la densité de ses peuplements dans les divers secteurs alpins, le choix de ses expositions découlent assez logiquement de ses exigences écologiques. Ces dernières peuvent être résumées ainsi : besoins en eau élevés, effets favorables d'un enneigement durable et d'étés frais, incompatibilité pour les calcaires massifs et leurs éboulis; son pouvoir colonisateur est remarquable vis-à-vis des pelouses et des basses landes, mais il ne supporte pas la concurrence des formations forestières serrées comme les hêtraies-sapinières et les pessières denses.

Tous les facteurs favorables à l'Aune se trouvent réunis dans l'étage subalpin, aux expositions nord, sur roches mères siliceuses ou schisteuses : cas des hauts massifs cristallins. L'eau et la neige sont plus abondantes sur la façade ouest de ces massifs où la vigueur des aunaies vertes est remarquable, bien que la concurrence de la pessière y soit souvent intense. Ces facteurs climatiques sont moins favorables dans la zone intra-alpine mais la concurrence forestière y est souvent plus faible, de sorte que de grandes étendues de landes ou de pelouses, d'anciens pâturages facilitent l'implantation de très belles aunaies. Par contre, la faiblesse des précipitations freine son développement dans les vallées internes très continentales; enfin la concurrence des futaies, les vastes affleurements calcaires l'arrêtent dans de nombreux chaînons des Préalpes.

Son grand pouvoir de dissémination lui permet de coloniser rapidement des zones clairiérées de l'étage montagnard et même du collinéen dans les stations de microclimat froid et frais, telles que les berges des torrents. Ainsi naissent d'assez nombreuses stations abyssales, d'existence plus ou moins précaire. D'autres stations abyssales de la zone molassique doivent être considérées comme des reliques glaciaires.

Enfin entre l'Aune vert des Alpes et l'Aune crispé des régions subarctiques existent de nombreux points communs quant aux conditions de leurs habitats : long enneigement, humidité du sol, moyennes thermiques basses.

BIBLIOGRAPHIE

Ne sont pas cités, dans cette liste, la plupart des titres déjà signalés, avec leurs références, dans le chapitre : « Répartition européenne de l'Aune vert ».

- AICHINGER, E. (1933). — *Vegetationskunde der Karawanken*. Fischer, Jena.
- BOCHER-TYGE, W. (1949). — Climate, soil and lakes in continental west Greenland in relation to plant life. *Meddeleser om Groenland*, **147**, N.R. 2, 14-20.
- BOCHER-TYGE, W. (1954). — Oceanic and continental vegetational complexes in southwest Greenland. *Meddeleser om Groenland*, **148**, N.R. 7, 71-77.
- BRAUN-BLANQUET, J. et RUBEL, E. (1933). — Flora von Graubünden. *Veröffentl. des Geobot. Inst. Rübel, Zürich*, **VII**, 415-416.
- BRESINSKY, A. (1965). — Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelementes im Vorland nördlich der Alpen. *Berichte der Bayer. Botan. Gesellschaft, München*, **XXXVIII**.
- BRIQUET, J. (1906). — *Le développement des flores dans les Alpes occidentales*. Fischer, Iéna.
- BROCKMANN-JEROSCH, H. (1925-1928). — Die Vegetation der Schweiz. *Pflanzengeogr. Komm. der Schw. Naturforsch. Gesellschaft, Bern*, **XII**.
- CALLIER A. (1918). — *Alnus* Formen der europäischen Gesellschaft und Gärten. *Mitteil. der Deutschen dendrol. Gesellschaft, Kriegs-Jahrgang*, p. 40-60.
- CANDOLLE, A. de (1855). — *Géographie botanique raisonnée*, Genève.
- CHRIST, H. (1883). — *La flore de la Suisse et ses origines*, Genève.
- CONTONDRIPOULOS, J. (1962). — *Recherches sur la flore endémique de Corse et ses origines*. Thèse, Montpellier (voir p. 75-76).
- CZEREPANOV, S. (1955). — *Systema Generis Alnus* Mill. S. Str. *Generumque Affinium. Botaniceskie materialy, Moscou*, **XVII**, 90-98.
- DEPAPE, G. (1922). — Recherches sur la flore pliocène de la vallée du Rhône. *Ann. Sc. Nat., Bot.*, **4**, 73-265.
- DUBOIS, C. et DUBOIS, G. (1940). — Etude pollenanalytique des tourbières de la vallée de Chamonix. *Revue Soc. Naturalistes d'Auvergne*, 53-80.
- ELHAI, H. (1964). — *Les paysages végétaux au Quaternaire en Europe occidentale*. Centre de Doc. universit., Paris.
- ELLENBERG, H. (1963). — *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Stuttgart, Ulmer (voir p. 554-559).
- ENLESCU, P. (1924). — *Les zones de végétation ligneuse en Roumanie*. Thèse, Université de Cluj.
- FAVARGER, C. et ROBERT (1956). — *Flore et Végétation des Alpes*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé (voir p. 124-127).
- FERNALT, M.L. (1954). — *Gray's Manual of Botany American book Company*. 8^e éd., New-York (p. 537).
- FUKAREK, P. (1956). — Nalazista alpske johe (*Alnus viridis* Chaix D.C.) u Bosni. *Narodni Šumar, Sarajevo*, **X**, 9-10.
- GAMS, H. (1927). — Von der Follatères zur Dent de Morcles. *Pflanzengeogr. Komm. der Schweizer. Naturforsch. Gesellschaft, Bern*, **XV** (p. 541 et 673-674).

CARTE DE LA VÉGÉTATION DES ALPES

- GOBERT, J., OZENDA, P. et TONNEL, A. (1966). — *Carte de la végétation de la France au 1/200 000*, Feuille Gap. C.N.R.S. Toulouse.
- GRINTESCU, I. (1924). — Considérations géobotaniques sur le Mont Ceahlăa (Carpartes orientales). *Bull. de la Soc. des Sciences de Cluj*, **IV**, 79.
- HARA, H. et KANAI, H. (1959). — *Distribution map of flowering plants in Japan*. Inoue Book Ci°, Tokyo, 2-91.
- HEGG, O. (1965). — Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Oekologie. *Pflanzengeogr. Kom. der Schweizer. Naturf. Gesellschaft*, Berne, 67-69 et 134-135.
- HEGI G. (1957). — *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, München, **III**, teil 3 (p. 165-169).
- HEIM, R. (1922). — La végétation du Bois de la Madeleine et les flots arbustifs du Col du Lautaret. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 69^e session, Briançonnais, 61-67.
- HULTEN, E. (1928). — *Flora of Kamtchatka and the adjacent islands*. Stockholm, **II** (p. 36-37 et 183).
- HULTEN, E. (1944). — *Flora of Alaska and Yukon*. Leipzig, **IV**, 585-591.
- KOMAROV, V. L. (1931). — *Flore de l'U.R.S.S.* (en russe). Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Moscou, **II**, 308-309.
- KUCERA, S. (1965). — *Répartition de l'Alnus viridis en Tchécoslovaquie*. Mémoire, Fac. Sc. de Prague.
- KULCZYNSKI, S. (1923). — Das boreale und arktisch-alpine Element in der mitteleuropäischen Flora. *Bull. Académie Polonaise Sciences et Lettres*.
- LAMMERMAYR, L. (1919). — Auf dem Legföhrenwalde und der Grünerlenzone. *Oesterreichische Botanische Zeitschrift*, **68**.
- LAMMERMAYR, L. (1939). — Zur Morphologie und Oekologie des Grünerle bei Graz. *Mitteilung des naturwiss. Vereines für Steiermark*, **75**, 67-83.
- LUDI, W. (1919). — *Die Sukzession der Pflanzenvereine*. Iena, Wyss Erben.
- MEUSEL, H., JAGER, E. et WEINERT (1965). — *Vergleichende Chorologie der zentral-europäischen Flora (Karten)*. Fischer, Iena, 119.
- MURAI, S. (1963-1964). — Phytotaxonomical and geobotanical studies on Genus *Alnus* in Japan. *Bull. of the Govern. forest experim. station*, n° 154 et n° 171, Tokyo.
- NAKAI, I. (1940). — Notulae ad plantas Asiae orientalis. *The journal of Japonese Botany*, Tokyo, **XVI**, 66-68.
- OBERDORFER, E. (1957). — Süddeutsche Pflanzengesellschaften. *Pflanzensoziologie*, **10**, 344-346.
- OHWI, J. (1953). — *Flora of Japan*. Tokyo (p. 417).
- OZENDA, P. (1961). — *Carte de la végétation de la France au 1/200 000*. Feuille Nice. C.N.R.S., Toulouse.
- OZENDA, P. (1964). — *Biogéographie végétale*. Doin, Paris, 380 p.
- OZENDA, P. (1966). — Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. — *Doc. Carte Végét. Alpes*, **IV**, 1-198.
- PAWLOWSKI, B. et WALAS, J. (1949). — Les associations vasculaires des Monts de Czywczyn. *Bull. Acad. polon. Sc. et Let.*, Cracovie, 117-180.
- PORSILD, A. E. (1939). — Contribution to the flora of Alaska. *Rhodora*, **41**, 211-213.
- PORSILD, A. E. (1951). — Botany of southeastern Yukon adjacent the Canal road. National Museum of Canada, Ottawa (p. 154-155).
- REY, P. (1960). — *Essai de Phytocinétique phytogéographique*. Thèse, Fac. des Sciences, Toulouse.

- ROY, B. (1960). — Notes on the distribution of *Alnus crispa* in Eastern North America. *Castanea*, **25**, 83-86.
- RUBEL, E. (1912). — *Monographie des Berninagebietes*. Leipzig (p. 108-110).
- SCHARFETTER, R. (1938). — *Das pflanzenleben der Ostalpen*, Wien.
- SCHMID, E. (1939-1950). — Carte de la végétation de la Suisse au 1/200 000. Kümmerly et Frey, Berne.
- SCHROETER, C. (1908). — *Das Pflanzenleben der Alpen*. Zürich (p. 95-99).
- TRAUNMÜLLER, J. et WERNECK, H. (1961). — Die Grünerle im Bereiche des südlichen Böhmerwaldes (Mühlviertel und Waldviertel). *Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz*.
- VILLARET, P. (1960). — L'évolution post-glaciaire de la végétation en fonction de l'altitude dans la vallée d'Anzeindaz (Alpes vaudoises). *Berichte der geobot. Inst. der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel*, **31**, 64-66.
- WELTEN, H. (1952). — Ueber die spät- und postglaziale vegetationsgeschichte des Simmentals. *Veröffentl. des Geobot. Inst. Rübel*, **26**.
- WINKLER, H. (1904). — Betulaceae. *Das Pflanzenreich, Regni Vegetabilis conspectus*. Leipzig, **61**, 101-107.
- ZARZYCKI, K. (1963). — The forest of the Bieszczady Monts, Polish Eastern Carpathians. *Acta Agr. Silvatica* (p. 332).