

Chaire de Botanique

Cryptogamie

Professeur : Monsieur PIERRE ALLORGE



BORNET

La végétation muscinale des Pinsapares d'Andalousie

(Études de Bryogéographie ibérique I.)

Par PIERRE ALLORGE

Depuis le voyage d'Edmond BOISSIER en Andalousie, au cours duquel le grand floriste genevois découvrit, voilà près d'un siècle (1837), le Sapin d'Andalousie (*Abies Pinsapo* Boiss.) dans la Serrania de Ronda, de nombreux botanistes ont visité les forêts dominées par cette essence : WILLKOMM, BOURGEAU, GANDOGGER, R. CHODAT, Em. HUGUET DEL VILLAR, J. CUATRECASAS et bien d'autres encore, sans doute. De leur côté, les forestiers et les dendrologues n'ont pas manqué d'étudier ces peuplements et l'arbre qui les constitue. C'est à eux que l'on doit, en particulier, deux monographies récentes du *Pinsapo* : celle de L. CEBALLOS et M. BOLANOS, celle d'A. BARBEY, petit-fils de BOISSIER.

Après avoir formé des forêts denses et étendues, le *Pinsapo* a vu son domaine se morceler et se réduire sous l'action simultanée et continue des troupeaux, des incendies et des exploitations abusives, ce qui a contribué à accentuer les effets défavorables d'un climat déjà sévère pour l'arbre. Deux massifs importants existent encore : l'un, d'une superficie de 550 hectares, est situé sur le versant Nord-Ouest de la Sierra de las Nieves, entre 1 200 et 1 700 mètres ; l'autre (200 hectares environ), au Nord de Grazalema, est accroché aux pentes septentrionales de la Sierra del Pinar, entre 1 000 et 1 650 mètres (1).

Ce sont ces deux Pinsapares, parcourus par moi en mai 1934, qui feront l'objet de cette étude bryogéographique (2).

(1) Dans la Sierra de Tolox, on rencontre aussi des peuplements fort dégradés, très entamés, lambeaux d'une forêt étendue, et dans la Sierra Bermeja, au versant Nord de la Cumbre de los Reales, entre 1 100 et 1 450 mètres, un massif d'une cinquantaine d'hectares représente ce qui reste de la Sapinière où BOISSIER vit pour la première fois son *Abies*. D'après les forestiers espagnols, des petits massifs et des arbres isolés se rencontrent encore çà et là dans les Sierras de Hídalgua, d'Alcor, del Real, de Libar, etc.

(2) Je tiens à remercier tout particulièrement M. BERUTICH LLINAS, directeur du Patronato Nacional de Turismo de Ronda, qui s'est entremis auprès du propriétaire du Cortijo de Quejigales pour que nous puissions séjourner, ma femme et moi, dans ce rudimentaire, mais fort précieux abri, situé à quelques centaines de mètres des premiers Pinsapares de la Sierra de las Nieves. Quant au Pinsapar de la Sierra del Pinar, il est très facilement accessible de Grazalema, où l'hôte de la Fonda Dorado fait bon accueil aux naturalistes et leur enseigne les voies d'accès à la forêt.

La structure de ces forêts, l'histoire de leur décadence, la flore vasculaire qui les accompagne, la biologie et l'écologie du Pinsapo lui-même sont assez bien connues, ainsi que la faune entomologique qui lui est liée, mais rien ou presque rien n'a été publié sur la végétation cryptogamique qui peuple ces massifs. En ce qui regarde les Muscinées, sujet spécial de cette étude, le nombre des espèces signalées est très faible, alors qu'en réalité elles sont largement représentées dans ces Sapinières (1). Indicateurs du climat régional et réactifs très sensibles du microclimat, ces végétaux acquièrent une signification importante, mais généralement méconnue, pour l'interprétation des groupements silvatiques et de leurs stades progressifs ou régressifs ; cette étude complètera donc utilement la documentation phytogéographique que l'on possède déjà sur une des biocénoses les plus remarquables du Bassin de la Méditerranée.

I. — Le milieu et la végétation.

Les forêts de Pinsapo sont toutes incluses dans le sous-étage froid de l'étage méditerranéen humide, tel qu'il a été défini par L. EMBERGER dans un travail récent sur la végétation méditerranéenne : pluviosité élevée et basse moyenne des minima du mois le plus froid sont les deux caractéristiques essentielles du climat correspondant à ce sous-étage et aux microaires occupées par le Sapin d'Andalousie. A la Sierra de las Nieves, les précipitations annuelles sont évaluées à 1 500-1 600 millimètres ; à la Sierra del Pinar, elles atteignent 2 300 millimètres, ce qui fait sans doute de cette localité l'une des plus arrosées de toute la Péninsule (Santiago de Compostella, en Galice maritime, ne reçoit que 1 700 millimètres). Mais les pluies tombent surtout par averses torrentielles et prolongées (jusqu'à 278 millimètres en vingt-quatre heures à Grazalema) et durant cinq mois, de mai à octobre, la lame d'eau ne dépasse pas 100 millimètres. Dans son ensemble, la végétation garde donc un caractère xérophile marqué.

Quant à la température, on peut donner les chiffres suivants pour la Sierra del Pinar :

Température moyenne annuelle	11°
— — du mois le plus chaud.....	18°,5
— — du mois le plus froid	3°
Moyenne des maxima absolus.....	30°
— des minima absolus.....	— 10°

A la Sierra de las Nieves, les données seraient sans doute très comparables.

D'après Em. HUGUET DEL VILLAR, le sol, formé aux dépens de roches calcaires (calcaires dolomitiques compacts du Trias supérieur à la Sierra de las Nieves, calcaires durs liasiques à la Sierra del Pinar), montre dans les parties les moins dégradées des Sapinières un profil comportant un horizon superficiel, humifère, à la réaction alcaline (pH 7,3), puis un horizon riche en sesquioxides, à réaction légèrement acide (pH = 6,9), reposant sur

(1) En groupant tous les renseignements recueillis dans les publications et les herbiers, je n'ai pu relever que 11 espèces, dont 4 seulement proviennent des Pinsapares mêmes : *Orthotrichum Lyellii* H. et T., *O. affine* Schrad., *Antitrichia californica* Sull. et *Ptilium crista-castrensis* D. N. Le nombre des espèces et variétés que j'ai observées ou récoltées est de 108.

la roche mère ($pH = 7,2$). Pour l'horizon humifère, j'ai obtenu des chiffres analogues ou très voisins : 7,1 à la Sierra del Pinar, 7,2 et 7,3 à la Sierra de las Nieves vers la cañada (ravin) de la Hiedra.

Cet horizon humifère n'occupe plus que des surfaces réduites ; il représente le sol forestier primitif, en équilibre avec l'état silvatique optimum de la Sapinière (pédoclimax). Mais ici, comme dans toute la région méditerranéenne, les facteurs anthropozoogènes ont déclenché une régression édaphique accentuée par le climat et corrélative de la dégradation de la forêt. Éboulis mouvants comme à la Sierra del Pinar, pentes pétrées au sol squelettique comme à la Sierra de las Nieves, où les roches dénudées blanches et grises, dalles polies, crêtes tourmentées alternant avec des plaques de terre rougeâtre, nappes d'argile sanglante empâtant les blocs éboulés comme dans le ravin des Carboneros, tels sont les termes ultimes de cette dégradation : paysages souvent décrits par les géographes et que connaissent tous ceux qui ont cheminé à travers les Sierras calcaires du Levant et de l'Andalousie.

Dans les conditions les meilleures où l'on puisse la trouver, c'est-à-dire dans les gorges fraîches qui entaillent le bord du plateau supérieur de la Sierra de las Nieves, à l'exposition Nord-Ouest, la forêt de Pinsapo se présente en futaie assez dense formée de très vieux arbres pouvant atteindre 30 mètres de hauteur, à cime étalée, à tronc souvent déformé, dépassant chez certains arbres 1^m,50 de diamètre à hauteur de poitrine. Le Pinsapo forme à lui seul la strate arborescente et, sous ce couvert épais, la strate arbustive et suffrutescente reste très claire : *Sorbus Aria* Crantz, *Viburnum Tinus* L., *Daphne Laureola* L. var. *latifolia* Coss., *Acer granatense* Boiss., *Berberis hispanica* Boiss. et Reut., des Aubépines (*Cratægus laciniata* Ucria, *C. monogyna* Jacq.). Comme le Pinsapo lui-même, tous ces arbustes s'installent aussi aux parois des gorges, dans les fissures où le *Rhamnus myrtifolia* Willk. plaque ses espaliers tortillés et sur les corniches où le Lierre envoie d'énormes masses de verdure sombre. La strate herbacée, très discontinue, se compose d'espèces silvatiques, géophytes surtout, favorisées par le sol meuble et frais recouvert d'aiguilles, de menues brindilles et de rares débris de cônes : *Scilla hispanica* Mill., *Cephalanthera longifolia* (Huds.) Fritsch, *Epipactis latifolia* All., *Iris fœtidissima* L., *Pœonia coriacea* Boiss., *Helleborus fœtidus* L., *Ionopsidium Prolongoi* (Boiss.) Batt., *Geranium lucidum* L., *G. purpureum* Vill., *Bunium Macuca* Boiss., *Saxifraga glaucescens* Boiss. et Reut., *Doronicum scorpioides* Lam. Dans les fissures des rochers recouverts de somptueuses draperies de Mousses, les Fougères (*Asplenium Ceterach* L., *A. Trichomanes* L., *Cystopteris filix-fragilis* (L.) Chiov. se mêlent au *Saxifraga globulifera* Desf. var. *granatensis* (Boiss. et Reut.) Engl. et Irmsch., à l'*Arabis verna* (L.) R. Br., au *Sedum dasyphyllum* L. var. *glanduliferum* (Guss.) Moris. Les troncs énormes couverts de *Sticta*, d'*Antitrichia*, de *Leucodon*, les branches frangées d'*Usnea*, d'*Evernia* et de *Platysma*, les vieux fûts écorcés encore debout ou gisants sur le sol, complètent l'aspect impressionnant de cette silve. Mais, sous la voûte magnifique et silencieuse des arbres plusieurs fois centenaires, c'est en vain que l'on cherche de jeunes Sapins ; aucune plantule ne jaillit du sol. La forêt encore vivante est déjà morte (1).

(1) A la Sierra del Pinar, où le Pinsapo est mélangé, dans la partie basse de la Sierra, au *Quercus faginea* Lam. var. *alpestris* (Boiss.) Per Cout., on constate, au contraire, l'existence de Sapins de tous âges et de plantules nombreuses dans les parties fraîches.

Partout ailleurs que dans ces ravins, la forêt est très clairière et offre tous les aspects, depuis la fûtaie très ouverte, envahie par les broussailles héliophiles, jusqu'aux petits groupes d'arbres dispersés dans un désert rocailleux. Vers le haut des pentes, au bord du plateau supérieur (1 650-1 700 mètres), le Pinsapar cesse brusquement (Pl. I, phot. 1). Il est remplacé par une association xérophile où dominent les chaméphytes ligneux et les nanophanérophytes bas : dômes sombres et vulnérants de l'*Erinacea Anthyllis* Link, boules épineuses de l'*Alyssum spinosum* L., bombements blanchâtres du *Lavandula tomentosa* (L. fil.) Pau disputent les fissures de la roche aux larges tapis des Genévriers et aux buissons hérissés de l'*Ulex bæticus* Boiss.

Sur les pentes de la Sierra del Pinar, ce même groupement a pris une extension considérable, occupant les éboulis et les rocailles après la destruction d'une partie du Pinsapar (Pl. II, phot. 2 et 3).

Ce matorral à *Erinacea* et *Alyssum spinosum*, association subclimatique substituée à la forêt, se retrouve avec des variantes dans les montagnes surtout calcaires d'une grande partie de l'Espagne, des Pyrénées à la Sierra Nevada, et du Maroc.

Vers la lisière inférieure des Pinsapares, sur les nappes d'argile entraînées par le ruissellement, des prairies d'Asphodèles (*Asphodelus cerasiferus* Gay) parsemées d'Aubépines, d'Ajonc et d'Épine-Vinette alternent avec de chétives cultures, autre aspect de la ruine forestière provoquée et entretenue par l'homme et ses troupeaux.

II. — Les groupements muscinaux.

Trois types de substratums s'offrent à la végétation muscinale, soit dans les Pinsapares eux-mêmes, soit sur les aires qu'ils occupaient autrefois : les arbres avec leur tronc et leur ramure, les rochers et le sol. Trois groupes d'associations peuvent donc être distingués : associations corticoles, associations saxicoles et associations terricoles.

ASSOCIATIONS CORTICOLES. — L'écorce écailleuse et crevassée des vieux Pinsapos est un substratum très favorable à l'installation des Muscinées corticoles. Le groupement (association à *Orthotrichum Lyellii* et *Antitrichia californica*) qui peuple le tronc et les branches est relativement riche et comprend les espèces et variétés suivantes (1) :

NP. *Metzgeria furcata* Lindb.
NP. *Frullania dilatata* (L.) Dum.
NP. *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr.
N. *Tortula princeps* D. N.
NP. *Zygodon viridissimus* Mitt. (2).
NP. f. *Orthotrichum Lyellii* H. et T.
N. f. *O. tenellum* Bruch.

N. f. *O. speciosum* Nees.
NP. f. *O. affine* Schrad.
NP. *Leucodon morensis* D. N.
NP. *Antitrichia curtipendula* (Hedw.) Brid.
NP. f. *A. californica* Sull.
NP. *Pterogonium gracile* (Hedw.) Br. eur.
NP. *Leptodon Smithii* (Hedw.) Mohr.

des peuplements, indice d'une régénération naturelle active (Pl. I, phot. 3). Quelques mesures de protection permettraient donc une reconstitution facile de cette forêt.

(1) Dans cette liste, la lettre N désigne les espèces rencontrées dans le Pinsapar de la Sierra de las Nieves ; la lettre P, celles qui proviennent du Pinsapar de la Sierra del Pinar. La lettre f signale les espèces observées avec capsules.

(2) Subsp. *eu-viridissimus* Malta.

- | | |
|---|---|
| P. <i>Neckera cephalonica</i> Jur. | NP. <i>Eurhynchium meridionale</i> (Schimp.) D. N. |
| NP. <i>Habrodon perpusillus</i> (D. N.) Lindb. | NP. <i>Scleropodium illecebrum</i> (Hedw.) Br. eur. (1). |
| N. f. <i>Fabronia pusilla</i> Raddi. | N. <i>Pterigynandrum filiforme</i> Hedw. (2). |
| NP. <i>Camptothecium aureum</i> (Lag.) Br. eur. | N. <i>Hypnum resupinatum</i> Wils. |
| NP. <i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Br. eur. | NP. <i>H. cupressiforme</i> Hedw. var. <i>uncinatum</i> Boul. |
| NP. <i>Cirriphyllum crassinervium</i> (Tayl.) Fl. et W. | NP. <i>H. cupressiforme</i> Hedw. var. <i>filiforme</i> Brid. |

Le triage écologique des éléments de cette liste permet de distinguer plusieurs catégories de corticoles. Tout d'abord un petit groupe, qui constitue le noyau caractéristique de l'association, comprend les espèces exclusivement, ou presque, corticoles : ce sont, avec les quatre Orthotrics, *Sygodon viridissimus* subsp. *eu-viridissimus*, *Habrodon perpusillus* et *Neckera cephalonica* (3). Dans une deuxième catégorie, corticoles électives et préférantes, on peut placer les Muscinées qui également se rencontrent, mais avec une fréquence moindre, sur les rochers : *Metzgeria furcata*, *Frullania dilatata*, *Leucodon morensis*, *Pterigynandrum filiforme*, *Hypnum resupinatum*, *H. cupressiforme* var. *filiforme*. Une troisième catégorie, renfermant les espèces indifféremment corticoles ou saxicoles, groupe les *Antitrichia*, *Pterogonium gracile*, *Leptodon Smithii*, *Homalothecium sericeum*. Enfin, les corticoles facultatives ou accidentelles forment une quatrième catégorie où voisinent des espèces généralement saxicoles (*Tortella tortuosa*, *Eurhynchium meridionale*, *Cirriphyllum crassinervium*) ou saxicoles-terricoles (*Tortula princeps*, *Camptothecium aureum*, *Scleropodium illecebrum*) ; ces Mousses sont d'ailleurs localisées à la base des troncs, ne s'élevant pas au-dessus de 1 mètre ou 1^m,50.

Les conditions dans lesquelles ce groupement trouve son optimum, révélé par la densité du peuplement et sa richesse floristique, sont réalisées dans les parties les plus fermées des Pinsapares (4), sur la portion inférieure des troncs, entre 1 mètre et 3-4 mètres, c'est-à-dire dans la strate où un état hygrométrique élevé et peu variable s'accompagne d'une luminosité faible. Dans cette station, certaines espèces, *Antitrichia californica*, *Leucodon morensis*, *Homalothecium sericeum*, se développent en larges plaques (Pl. III, phot. 1), qui peuvent confluer en manchons irréguliers atteignant 50-75 centimètres de hauteur. Sur les branches et branchettes, le groupement se réduit à quelques espèces : l'*Antitrichia californica* et les Orthotrics. C'est ici que l'*Orthotrichum Lyellii* est le plus abondant, atteignant la cime des arbres (5), couvrant rameaux et ramilles auxquels ses touffes globuleuses donnent un aspect toruleux typique (Pl. III, phot. 2).

Vers la lisière des massifs, l'association s'appauvrit graduellement, les espèces les plus sensibles aux grandes variations de l'état hygrométrique, comme *Habrodon perpusillus*, *Orthotrichum tenellum*, *Pterigynandrum filiforme*, disparaissant les premières. Sur les arbres

(1) Et var. *piliferum* D. N.

(2) Et var. *filescens* Boul.

(3) A la Sierra de la Luna, près Algésiras, j'ai rencontré quelques brins de cette espèce sur des pans de grès, au voisinage d'arbres (*Quercus faginea* Lam.), où elle était très abondante et fertile.

(4) La plupart des espèces de l'association se retrouvent aussi sur les troncs et les branches des *Quercus faginea* var. *alpestris*, mêlés aux Pinsapos dans la partie inférieure du Pinsapar de la Sierra del Pinar.

(5) D'après des observations faites sur un Pinsapo abattu par un récent orage et mesurant environ 25 mètres de hauteur. L'*Antitrichia californica* se trouvait encore sur des branches vers 20 mètres. Sur le tronc, les autres Muscinées cessaient vers 10-12 mètres.

isolés qui jalonnent les reculs de la forêt, persistent seuls *Orthotrichum Lyellii*, *Leucodon morensis* et *Antitrichia californica*. Ce sont ces mêmes espèces que l'on retrouve sur les *Cratægus* et les *Berberis*, aux pentes découvertes de la Sierra del Pinar et dans les matorrales de la Sierra de las Nieves, en pleine lumière et soumises directement à une évaporation estivale intense : il s'agit donc de Mousses dont la marge d'ajustement écologique est très ample (1).

L'association à *Orthotrichum Lyellii* et *Antitrichia californica* existe dans une grande partie de la Péninsule, à l'exclusion du secteur ibéro-atlantique. J'ai pu constater son existence dans la vallée du Genil, près de Grenade, sur les Châtaigniers ; dans le Haut-Alemtejo, aux contreforts de la Sierra de S. Mamede (alt. 800-900 m.), sur Châtaigniers ; sur les pentes de la Sierra de Guadarrama, près de l'Escorial, sur Tauzins (alt. 980-1 050 m.) ; dans le Haut Tras-os-Montes, autour de Braganza, sur Tauzins (alt. 700-900 m.) ; sur le versant Sud de la chaîne Cantabrique (où elle atteint sa limite Nord), dans le forêt de Pardomino près Boñar, sur Hêtres et Chênes (Chêne sessile et Tauzin) et autour de Villablino, sur Tauzins (alt. 1 100 m.).

En dehors de l'Espagne et du Portugal, il est difficile de tracer la distribution de cette association ; on peut cependant, d'après la répartition connue de quelques-uns de ses constituants, admettre qu'elle se retrouve dans la plupart des forêts montagnardes du Bassin de la Méditerranée (Provence, Corse, Sardaigne, Sicile, Grèce continentale et insulaire, Liban, Kabylie, Rif, Atlas marocain).

Affine à l'association à *Ulotia* et *Neckera pumila*, l'association à *Orthotrichum Lyellii* et *Antitrichia californica* s'en sépare nettement par sa composition floristique, son écologie et sa distribution. La fréquence de l'*Antitrichia californica*, la présence du *Fabronia pusilla* et du *Neckera cephalonica* l'en différencie positivement ; l'absence ou la grande rareté des *Ulotia*, des *Isohecia*, du *Cryphaea arborea*, des *Neckera pumila* et *complanata*, des Hépatiques, l'en distingue négativement. La première, hyperhygrophile, exige un climat humide toute l'année ; la seconde, hypohygrophile, admet les longs étés sans pluie ; l'une peut caractériser les forêts de l'Ibérie atlantique, l'autre les forêts montagnardes de l'Ibérie méditerranéenne et centrale.

ASSOCIATIONS SAXICOLES. — C'est dans les gorges boisées de la Sierra de las Nieves que la végétation muscinale saxicole acquiert également son plus beau développement ; les hautes parois calcaires verticales ou très inclinées exposées au Nord et au Nord-Ouest, avec leurs corniches ombreuses et leurs fentes fraîches, les rochers éboulés qui s'entassent sous les grands Sapins, les petits blocs eux-mêmes, disparaissent par places sous une couverture de Muscinées où tous les tons du vert, du jaune et du brun se juxtaposent et se mêlent.

(1) Dans les dédales du Trocal d'Antequera (massif calcaire karstique au Nord-Est de la Sierra de las Nieves, altitude 1 000-1 200 mètres), les Aubépines, également exposées à la pleine lumière et à une très forte évaporation, portent sur leurs rameaux les mêmes espèces associées. Il ne faut pas oublier que tous ces massifs montagneux du Nord de Malaga sont souvent baignés à la tombée du jour et durant la nuit, au printemps et en été, par des brouillards épais, comme j'ai pu le constater le 2 juin 1934 en traversant dans la soirée la Sierra Prieta pour descendre sur Malaga. La possibilité d'un ravitaillement en eau durant la saison sèche explique l'abondance relative des Mousses épiphytes dans des localités où elles sembleraient devoir être très rares.

Sur les pans des grands rochers, à la surface des blocs et sur leurs flancs, la population muscinale, où dominent les types calcicoles, sciaphiles et xérophiles pour la plupart, se compose des espèces et variétés suivantes (1) :

- | | |
|--|---|
| <i>Madotheca lævigata</i> (Schrad.) Dum. | <i>Antitrichia californica</i> Sull. |
| <i>M. platyphylla</i> (L.) Dum. | <i>A. curtispindula</i> (Hedw.) Brid. |
| <i>Fissidens minutulus</i> Sull. | <i>Pterogonium gracile</i> Hedw. |
| <i>F. cristatus</i> Wils. | <i>Leptodon Smithii</i> (Hedw.) Mohr. |
| <i>Ditrichum flexicaule</i> (Schleich.) Hampe. | <i>Neckera turgida</i> Jur. |
| <i>Dicranum scoparium</i> Hedw. | <i>N. crispa</i> Hedw. |
| <i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr. | <i>Pseudoleskeella catenulata</i> (Brid.) Kindb. |
| <i>Tortula ruralis</i> (Hedw.) Sm. | <i>Camptothecium aureum</i> (Lag.) Br. eur. (3). |
| f. <i>T. subulata</i> Hedw. (2). | <i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Br. eur. (4). |
| f. <i>T. muralis</i> Hedw. var. <i>rupestris</i> Schultz. | f. <i>H. fallax</i> Philib. |
| <i>Barbula cylindrica</i> Tayl. | <i>H. philippeanum</i> (Psr.) Br. eur. |
| f. <i>B. commutata</i> Jur. | <i>Cirriphyllum crassinervium</i> (Tayl.) Fl. et W. var. <i>tenue</i> |
| <i>Grimmia gracilis</i> Schleich. | Braithw. |
| f. <i>G. apocarpa</i> Hedw. | <i>Eurhynchium striatulum</i> (Spr.) Br. eur. |
| <i>Bryum canariense</i> Brid. | <i>Scleropodium illecebrum</i> (Hedw.) Br. eur. var. <i>tenue</i> |
| f. <i>B. torquescens</i> Br. eur. | var. nov. (5). |
| f. <i>B. capillare</i> Hedw. var. <i>meridionale</i> Schimp. | <i>Brachythecium velutinum</i> (Hedw.) Br. eur. |
| f. <i>Bryum Donianum</i> Grev. | <i>Brachythecium glareosum</i> (Bruch.) Br. eur. |
| f. <i>Orthotrichum cupulatum</i> Hoffm. | <i>Ctenidium molluscum</i> (Hedw.) Mitt. |
| <i>Leucodon morensis</i> D. N. | <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. var. <i>lacunosum</i> Brid. |

L'analyse écologique et sociologique de cet ensemble montre qu'il est possible de distinguer ici trois groupements : les pans verticaux à *Neckera turgida*, où dominent les grandes pleurocarpes sciaphiles, les petits ressauts terreux à *Bryum canariense* et *Tortula subulata* et, au ras du sol, dans la strate la plus fraîche, les petits blocs à *Fissidens minutulus*.

Dans les fissures des rochers et dans les petites cavités fraîches, d'autres espèces s'associent. Ce sont :

- | | |
|---|--|
| f. <i>Reboulia hemisphaerica</i> (L.) Raddi. | <i>Tortella tortuosa</i> (Hedw.) Limpr. |
| f. <i>Targionia hypophylla</i> L. | <i>Barbula cylindrica</i> Tayl. |
| f. <i>Grimaldia fragrans</i> (Balb.) Corda. | f. <i>Didymodon rubellus</i> (Hoffm.) Br. eur. |
| <i>Lunularia cruciata</i> (L.) Dum. | f. <i>Aloina aloides</i> (Koch) Lindb. |
| <i>Lejeunea cavifolia</i> (Ehrh.) Lindb. | <i>Encalypta streptocarpa</i> Hedw. |
| <i>Fissidens taxifolius</i> Hedw. | f. <i>E. rhabdocarpa</i> Schwægr. |
| <i>F. cristatus</i> Wils. | f. <i>Funaria convexa</i> Spr. |
| f. <i>Distichium capillaceum</i> (Hedw.) Br. eur. | f. <i>Webera cruda</i> (Hedw.) Schwægr. |
| <i>Weisia viridula</i> Hedw. var. <i>stenocarpa</i> Br. germ. | <i>Bryum cirratum</i> H. et H. |
| <i>Gymnostomum calcareum</i> Br. germ. | f. <i>Bartramia pomiformis</i> Hedw. |
| <i>Trichostomum crispulum</i> Bruch. | f. <i>Timmia bavarica</i> Hessel. |

(1) Cette liste et la suivante correspondent à un relevé global effectué dans le Pinsapar de las Nieves, entre 1 350 et 1 500 mètres.

(2) Et var. *subinermis* (Br. et Schimp.) Wils.

(3) Sous une forme sciaphile, à rameaux grêles, allongés, à peine arqués, d'un vert doré.

(4) Et var. *tenue* Schlieph.

(5) Diffère du type par son aspect grêle, ses rameaux allongés, à extrémité aiguë.

Scorpiurium circinatum (Brid.) Broth.

Homalothecium sericeum (Hedw.) Br. eur. var. *piliferum*

Roth.

Brachythecium velutinum (Hedw.) Br. eur. (1).

Eurhynchium meridionale (Schimp.) D. N. fo. *minor*
fo. nov. (2).

Rhynchostegiella algeriana (Brid.) Broth.

Cet ensemble est surtout remarquable par la présence de plusieurs Hépatiques à thalle qui se réfugient ici dans les petites cryptes très abritées, station où les variations hygrométriques restent de faible amplitude. Ces espèces thermophiles, auxquelles il faut joindre *Scorpiurium circinatum*, *Eurhynchium meridionale*, *Rhynchostegiella algeriana*, voisinent avec des orophiles telles que *Distichium capillaceum*, *Encalypta rhabdocarpa*, *Bryum cirratum*, *Timmia bavarica*, qui sont surtout sensibles aux déficits hygriques.

Comme les Muscinées épilithes de ces stations rocheuses, ces chasmophytes sont également des calcicoles strictes ou des indifférentes. La terre fine qui s'accumule dans les fissures présente une réaction alcaline franche (pH entre 7,1 et 7,3), sauf dans le cas des fissures à *Bartramia pomiformis* et *Webera cruda*, où la réaction devient acide (pH = 6,8-7).

Dans les parties plus éclairées des Pinsapares, ces Muscinées épilithes sciaphiles se maintiennent difficilement ; la plupart disparaissent avec la dégradation du couvert. Quelques espèces, au contraire, qui restaient effacées dans les massifs très sombres, prospèrent sur les rochers légèrement ombragés : *Leucodon morensis*, *Camptothecium aureum*, *Antitrichia californica* ont ici leur optimum (Pl. III, phot. 3 et 4). Elles peuvent même supporter la pleine lumière et les températures élevées des rochers apriques des pentes ; elles participent alors à une association d'espèces hyperxérophiles, où dominent les Mousses en coussinets denses et en gazons serrés. Ce sont des saxicoles et des terricoles qui s'établissent soit directement sur la roche, soit sur la terre (argile mêlée de graviers calcaires, pH = 7,1-7,2), qui se forme dans les petites cuvettes et sur les méplats de ces blocs exposés (3).

Les Mousses rencontrées dans ce type de station, sur les pentes de la Sierra del Pinar, entre 1 250 et 1 400 mètres, et aux lisières supérieures du Pinsapar de la Sierra de las Nieves, entre 1 600 et 1 650 mètres, sont les suivantes :

f. *Encalypta vulgaris* Hedw.

Trichostomum crispulum Bruch var. *brevifolium*
Schimp.

Tortella tortuosa (Hedw.) Limpr.

f. *Crossidium squamigerum* (Viv.) Jur.

Barbula vinealis Brid.

Tortula montana (Nees) Lindb.

f. *T. inermis* (Brid.) Mont.

f. *Grimmia apocarpa* Hedw.

f. *G. atro-fusca* Schimp.

f. *Grimmia orbicularis* Bruch.

f. *G. pulvinata* Sm.

f. *Bryum capillare* Hedw. var. *meridionale* Schimp.

f. *B. bicolor* Dicks. var. *dolioloides* Solms.

B. caespiticium Hedw.

f. *Orthotrichum anomalum* Hedw.

Antitrichia californica Sull.

f. *Camptothecium aureum* (Lag.) Br. eur.

Homalothecium sericeum Br. eur. var. *robustum* Warnst.

(1) Sous une forme très grêle.

(2) Forme réduite dans toutes ses parties, très lâche.

(3) Le *Camptothecium aureum*, qui est considéré généralement comme calcifuge, végète et fructifie directement sur ces rochers calcaires.

Les divers groupements saxicoles rapidement analysés dans cette étude (1) se retrouvent dans presque toutes les montagnes calcaires ibériques (Sierra Nevada occidentale, Serrania de Cuenca, Baléares, Sierra de Cameros, Picos de Europa, entre autres) ; leur présence a été plus ou moins explicitement notée dans les autres massifs circumméditerranéens, certains atteignant l'Europe centrale (pans à *Neckera turgida*) ou les Iles britanniques (blocs à *Fissidens minutulus*).

ASSOCIATIONS TERRICOLES. — La strate muscinale terricole des Pinsapares est fort peu développée ; même dans les parties les plus fraîches, sur la terre riche en humus, on n'observe que de petites plages moussues très réduites. *Lophocolea cuspidata* Limpr., *Fissidens taxifolius* Hedw., *Mnium affine* Bland., *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Br. eur., *Scleropodium illecebrum* (Hedw.) Br. eur. fo. sont les seules Muscinées que j'ai pu observer (2) : L'absence de la strate de grandes Hypnacées si caractéristique des forêts de l'Europe tempérée et froide est très frappante.

En dehors des espèces terricoles de rochers signalées plus haut, d'autres Mousses forment sur les petites pelouses rases à thérophytes une association bien individualisée. Ces pelouses découvertes, en pente faible ou planes, fortement piétinées par les troupeaux qui s'y rassemblent, sont établies sur un sol formé de terre fine et de graviers calcaires dont la réaction est légèrement acide ou neutre ($pH = 6,8 ; 6,9 ; 7$). Entre le Puerto del Pinar et la lisière du Pinsapar (alt. ca. 1 250-1 350 mètres), j'ai pu relever les espèces suivantes dans cette station :

Cheilothela chloropus (Brid.) Lindb.
f. *Ceratodon corsicus* Schimp.
Pleurochæte squarrosa (Brid.) Lindb.
Barbula convoluta Hedw.
B. vinealis Brid.
Tortula ruraliformis Besch.
f. *Funaria hygrometrica* Sibth.

Bryum caespitium Hedw.
f. *B. capillare* Hedw.
B. argenteum Hedw. var. *lanatum* P. B.
Scleropodium illecebrum (Hedw.) Br. eur.
Camptothecium aureum (Lag.) Br. eur.
f. *Polytrichum juniperinum* Hedw.

Ce groupement s'apparente aux pelouses à *Triquetrella*, si caractéristiques des sols granitiques et schisteux de l'Ibérie sèche centrale et occidentale, entre 500 et 1 000 mètres.

III. — Les éléments de la bryoflore.

Les 108 Muscinées rencontrées dans les Pinsapares et sur leurs lisières se répartissent entre les éléments géographiques suivants :

(1) Il faudrait encore signaler un petit groupement observé dans un des ravins proches de Quejigales, sur des pans rocheux inclinés, temporairement arrosés par les eaux qui s'écoulent du plateau supérieur de la Sierra de las Nieves, lors de la fonte des neiges et après les averses. Plusieurs Mousses hygro- et hydrophiles sont réunies ici : *Eucladium verticillatum* Br. eur., *Didymodon tophaceus* (Brid.) Jur., *Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P. B., *Bryum gemmiparum* D. N., *Cratoneurum filicinum* (Hedw.) Roth. C'est un fragment d'une association largement répandue dans la Péninsule. D'autres groupements saxicoles hydrophiles doivent exister dans la partie orientale de la Sierra de las Nieves, où sont indiquées des sources de rochers.

(2) Le *Ptilium crista-castrensis* D. N., indiqué par R. CHODAT dans le Pinsapar de la Sierra del Pinar, doit appartenir aussi à cette strate silvatique terricole. Je n'ai pu retrouver cette Mousse, qui n'a pas été rencontrée ailleurs dans la Péninsule (en dehors des Pyrénées). Sa présence dans les Sapinières andalouses est vraisemblable, car c'est une espèce liée aux forêts de résineux.

Élément méditerranéen	40
— circumboréal	37
— cosmopolite	23
— eurasiatique	5
— atlantique	3

C'est la dominance de l'élément méditerranéen qui donne à cette flore son caractère essentiel (1). Ce caractère est encore accentué si l'on inclut dans ce groupe les espèces circumboréales et cosmopolites possédant en Europe leur maximum de répan­ sion dans le Bassin de la Méditerranée (par exemple *Targionia hypophylla*, *Gymnostomum calcareum*, *Trichostomum crispulum*). Le total des méditerranéennes se trouve porté alors à 45, soit près de 43 p. 100 de l'ensemble.

Parmi ces méditerranéennes, il faut surtout signaler les espèces disjointes, relativement nombreuses (plus du quart), appartenant pour la plupart au type de disjonction méditerranéo-californien : *Crossidium squamigerum*, *Bryum canariense*, *Orthotrichum tenellum*, *Tortula inermis*, *Antitrichia californica*, *Neckera turgida*, *Scleropodium illecebrum*, *Camptothecium aureum*). Se retrouvent aussi dans l'Ouest de l'Amérique du Nord tempérée et chaude *Pterogonium gracile*, *Leptodon Smithii*, *Tortula princeps*, qui ont des aires disjointes dans les régions à climat méditerranéen de l'hémisphère austral. *Fabronia pusilla* est disjointe dans le Sud-Est des États-Unis. Plusieurs de ces Mousses, auxquelles on peut ajouter *Habrodon perpusillus*, *Cheilothela chloropus*, *Pleurochæte squarrosa*, représentent des genres monotypes ou oligotypes anciens, d'origine tertiaire.

Certaines de ces espèces méditerranéennes atteignent dans les Pinsapares des altitudes élevées. Ainsi, *Habrodon perpusillus* dépasse 1 600 mètres, *Leptodon Smithii* arrive jusqu'à 1 650 mètres, *Camptothecium aureum* à 1 700 mètres, *Neckera turgida* à 1 550 mètres, *Antitrichia californica* à 1 680 mètres (2). Ces deux dernières, qui d'ailleurs ne descendent qu'exceptionnellement au-dessous de 500 mètres dans la Péninsule, peuvent être qualifiées de méditerranéennes orophiles. Elles coexistent ici avec des orophiles appartenant aux éléments cosmopolite, circumboréal et eurasiatique, telles que *Distichium capillaceum*, *Timmia bavarica*, *Encalypta rhabdocarpa*, *Bryum cirratum*, *Pseudoleskeella catenulata*. Ces mêmes espèces se retrouvent ensemble dans plusieurs forêts relictuelles du Bassin de la Méditerranée : Hêtraie de la Sainte-Baume, forêts d'*Abies cephalonica* de Grèce. Cédraies et Sapinières nord-africaines.

Conclusions.

Cette rapide analyse de la végétation et de la flore muscinales des Pinsapares d'Andalousie peut se résumer ainsi :

Les groupements les mieux développés sont les associations saxicoles de rochers calcaires ombragés et secs et l'association corticole des troncs et branches de Pinsapos. Ce sont elles qui caractérisent essentiellement la végétation muscinale silvatique en l'absence

(1) Non seulement quant au nombre des espèces, mais aussi quant à leur masse dans l'ensemble de la végétation muscinale.

(2) Ces cotes sont dépassées au Maroc par *Camptothecium*, signalé jusqu'à 2 400 mètres, et *Antitrichia*, jusqu'à 1 900 mètres.

presque complète d'une strate de grandes Hypnacées si typique pour les forêts de l'Europe moyenne et atlantique.

La flore muscinale de ces Pinsapares représente sous sa forme la plus pure et la moins appauvrie la bryoflore primitive des vieilles forêts montagnardes du pourtour de la Méditerranée, forêts de feuillus ou de résineux. La présence d'un noyau d'orophiles et l'abondance des espèces circumboréales à côté des éléments méditerranéens prépondérants confirment la place de ces Sapinières dans le sous-étage froid de l'étage méditerranéen humide, mais la paucité de l'élément atlantique exprime la répartition défavorable de pluies cependant très copieuses : les Muscinées xérophiles l'emportent donc très largement sur les Muscinées hygrophiles, cette prédominance étant encore accentuée par la nature de la roche (calcaires compacts).

Une étude sur les Pinsapares d'Andalousie ne saurait se terminer, c'est une tradition, sans un vœu en faveur de leur conservation. L'intérêt de la flore muscinale qu'elle sabritent **serait** un argument de plus, s'il en était besoin, en faveur de la protection efficace de forêts encore magnifiques, reliques de l'antique silve méditerranéenne (1).

(1) Les Pinsapares de la Sierra de las Nieves ont été déclarés parc national, mais l'on sait combien il y a loin en matière de protection de la nature entre l'intention et la réalisation.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLORGE (P.), Sur quelques types de disjonctions dans la flore muscinale ibérique (*Rec. Trav. cryptog. dédiés à L. Mangin*, p. 465-475, 4 pl., Paris, 1931).
- AMANN (J.), Bryogéographie de la Suisse (*Matér. pour la Fl. Cryptog. suisse*, vol. VI, fasc. 2, Zürich, 1928).
- BARBEY (A.), A travers les forêts de Pinsapo d'Andalousie, 1 vol. in-8, 110 p., 41 pl., Paris et Gembloux, 1931.
- BARBEY (A.), Une relique de la Sapinière méditerranéenne. Le Mont Babor. Monographie de l'*Abies numidica* Lann. Préface de M. PH. GUINIER, 1 vol. in-8, 82 p., 33 pl., Paris et Gembloux, 1934.
- BOISSIER (E.), Voyage botanique dans le Midi de l'Espagne, 2 vol. in-4, 181 pl., Paris, Gode et C^{ie}, édit., 1839-1845.
- BOXBERGER (L. v.), Ueber Gegenwart und Zukunft der Pinsapotanne in Andalusien (*D. Dendrol. Ges.*, XLV, p. 305-307, 2 fig., 1933).
- CEBALLOS (L.) y BOLAÑOS (M. M.), Notas sobre el aspecto botánico-forestal de las Serranías de Ronda y de Grazalema (*Serv. Forestal Investig. y Exper.*, año I, n^o 1, Madrid, 1928).
- CEBALLOS (L.) y BOLAÑOS (M. M.), Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de Cadiz (*Inst. Forestal Investig. y Exper.*, 1 vol. in-4, 354 p., cartas y fot., Madrid, 1930).
- CEBALLOS (L.) y BOLAÑOS (M. M.), Mapa forestal de la provincia de Cadiz (*Inst. Forestal de Investig. y Exper.*, Madrid, 1931).
- CEBALLOS (L.) y VICIOSO (C.), Mapa forestal de la provincia de Málaga (*Inst. Forestal de Investig. y Exper.*, Madrid, 1932).
- CEBALLOS (L.) y VICIOSO (C.), Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de Málaga (*Inst. Forestal Investig. y Exper.*, 1 vol. in-4, 285 p., cartas y fotogr., Madrid, 1933).
- CHODAT (R.), Excursions botaniques en Espagne et au Portugal (*Bull. Soc. bot. Genève*, 2^e sér., vol. I, p. 13-96, 133-180, 50 fig., 2 pl. coul., 1909).
- COPPEY (A.), Contribution à l'étude des Muscinées de la Grèce (*Matér. pour l'étude de la flore et de la géogr. bot. de l'Orient*, fasc. 3, 70 p., 1 carte, 4 pl., Nancy, 1908).
- CUATRECASAS (J.), Una visita al pinsapar de Sierra de la Nieve (*Butleti Instit. Catal. Hist. Nat.*, 2^e sér., vol. X, p. 65-68, 2 pl., Lerida, 1930).
- DUCAMP (R.), Espagne forestière. Une visite aux Pinsapos de Ronda (*Bull. Soc. Dendrol. Fr.*, 1929).
- EMBERGER (L.), La végétation de la région méditerranéenne : essai d'une classification des groupements végétaux (*Rev. Gén. Bot.*, t. XLII, p. 641-662 et 705-721, 2 fig., 1 pl., 1930).
- GATTEFOSSÉ (J.) et WERNER (R. G.), Catalogus Bryophytum marocanorum adhuc cognitorum (*Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, t. XII, p. 228-280, 1932).
- GEHEEB (A.), Beitrag zur Moosflora von Spanien (*Flora*, 57 Jahrg., p. 516-521, 1874).
- HERZOG (Th.), Geographie der Moose, Iéna, 1926.
- HUGUET DEL VILLAR (Em.), Les sols méditerranéens étudiés en Espagne, Madrid, 1930.
- LAGUNA (M.), El Pinsapar de Ronda (*Rev. Forestal*, t. I, p. 96-106, Madrid, 1868).
- MATTFELD (J.), Die europäischen und mediterranen Abies-Arten (*Die Pflanzenareale*, I Reihe, H. 2, p. 22-29, Karten 14-16, Iéna, 1926).
- NEGER (F. W.), Die Pinsapowälder in Südpänien (*Naturw. Zeitschr. f. Land-u. Forstwirtschaft*, Bd. V, p. 385-403, 1907).
- WILLKOMM (M.), Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel (*Vegetation der Erde*, Bd. I, 1896).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

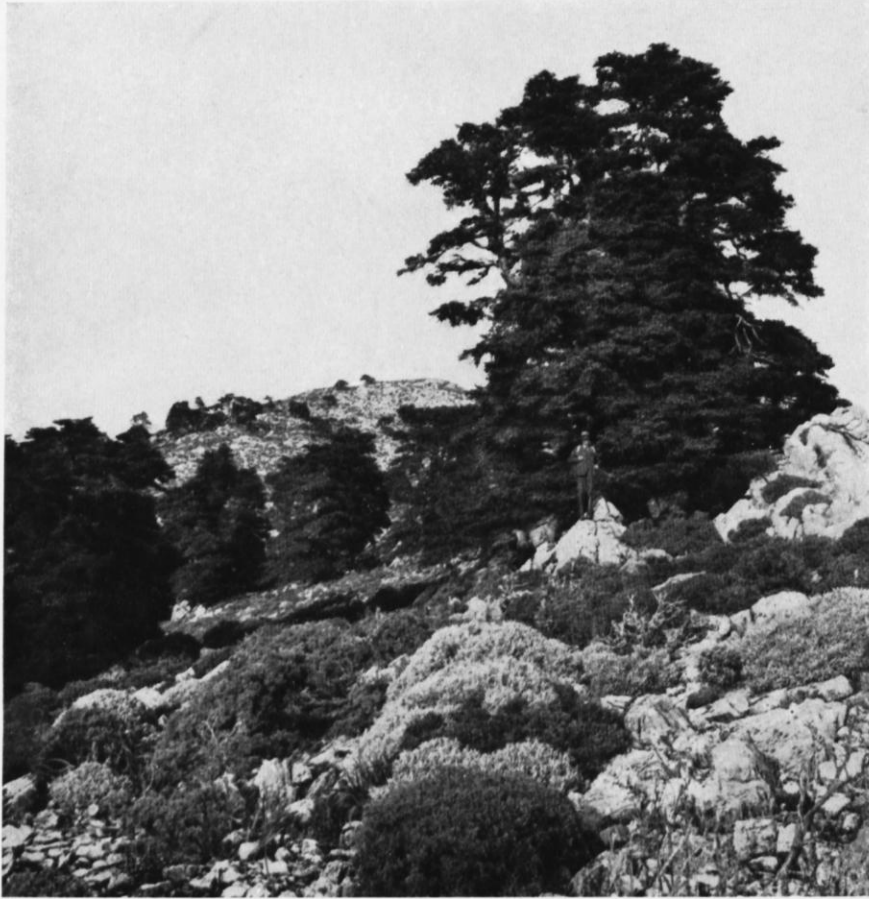
- Phot. 1. — Lisière supérieure du Pinsapar de la Sierra de las Nieves, au voisinage du plateau. Au premier plan : matorral à *Ulex bœticus* Boiss., *Lavandula tomentosa* (L. fil.) Pau, *Erinacea Anthyllis* Link, *Alyssum spinosum* L., avec traces d'incendie. Alt. : 1 640 mètres.
- Phot. 2. — Aspect typique du Pinsapar clairié envahi par les buissons. Au loin : arbres isolés ou en petits groupes jalonnant l'ancien front inférieur de la forêt. Sierra de las Nieves. Alt. : 1 350 mètres.
- Phot. 3. — Pinsapar de la Sierra del Pinar. Au milieu, un Pinsapo mutilé et déformé ; à droite, un jeune sujet montrant la régénération naturelle de la forêt. Alt. : 1 250 mètres.

PLANCHE II.

- Phot. 1. — Aspect du Pinsapar morcellé sur les pentes de la Sierra de las Nieves. Au premier plan, sur nappe d'argile rouge provenant du ruissellement des pentes, prairie à Asphodèles (*A. cerasiferus* Gay) avec buissons d'*Ulex bœticus* Boiss.
- Phot. 2. — Pentes septentrionales de la Sierra del Pinar. Matorral à *Erinacea Anthyllis* Link et *Alyssum spinosum* L., substituant une parcelle du Pinsapar disparu. Alt. : 1 300 mètres.
- Phot. 3. — Le Pinsapar de la Sierra del Pinar ; éboulis mobiles ; éboulis fixés à *Erinacea* et Pinsapar très dégradé, avec massif vers la crête. Alt. : 1 200-1 600 m.

PLANCHE III.

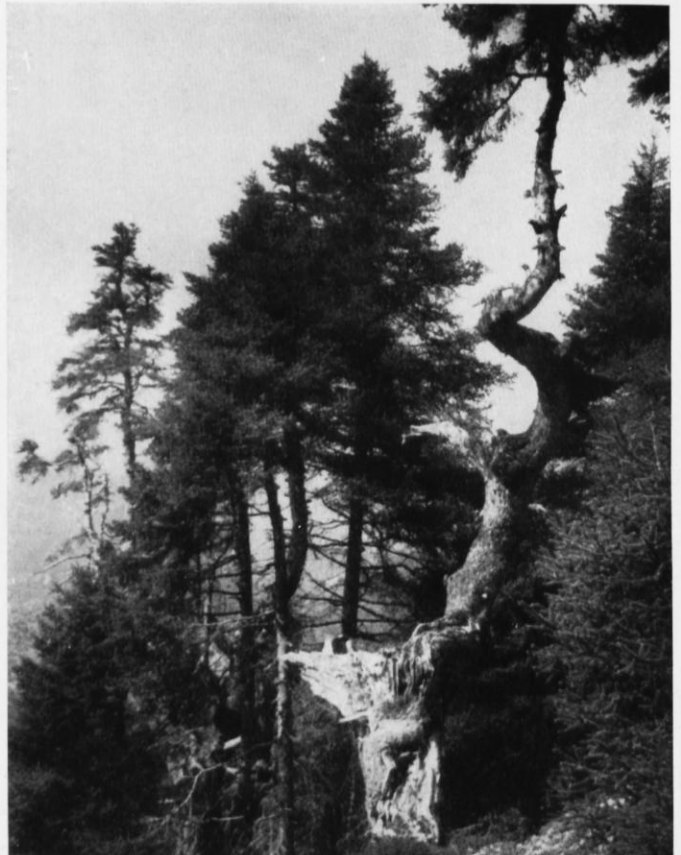
- Phot. 1. — Plaques d'*Antitrichia californica* Sull. à la base d'un Pinsapo. Sierra de las Nieves ; alt. 1 350 mètres environ.
- Phot. 2. — Branches basses de Pinsapo couvertes de coussinets d'*Orthotrichum Lyellii* H. et T. Sierra de las Nieves. Alt. : 1 350 mètres environ.
- Phot. 3. — Gros coussin de *Leucodon morensis* D. N. sur rocher calcaire sec. Sierra de las Nieves, en lisière du Pinsapar. Alt. : 1 575 mètres.
- Phot. 4. — *Camptothecium aureum* (Lag.) Br. eur. (à gauche) et *Antitrichia californica* Sull. (à droite) sur rocher calcaire sec, à l'abri d'une touffe d'*Alyssum spinosum* L. (en haut). Sierra del Pinar. Alt. : 1 400 mètres.
- Phot. 5. — Touffes confluentes de *Pterogonium gracile* Hedw. et coussinets d'*Orthotrichum cupulatum* (en haut, à droite), sur rochers calcaires ombragés. Pinsapar de la Sierra de las Nieves. Alt. : 1 480 mètres.
-



1



2



3

Allorge, phot.

Pinsapares d'Andalousie.



1



2



3

Allorge, phot.

Pinsapares d'Andalousie.



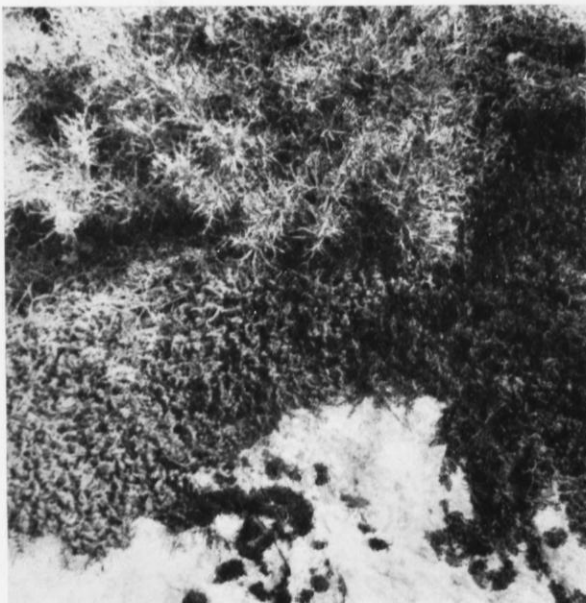
1



2



3



4



5

Allorge, phot.