

LES FORMATIONS VEGETALES DU CHILI TEMPERE

Essai écologique et phytogéographique

par V. QUINTANILLA (1)



INTRODUCTION	37
I - LE MILIEU	37
II - LES GRANDES LIGNES DE LA VEGETATION ..	47
III - ESSAI DE COMPARAISON DES ANDES MÉRIDIIONALES ET DES ALPES	67
IV - ACTION HUMAINE ET UTILISATION DU SOL AU CHILI TEMPERE	71
CONCLUSION	76
BIBLIOGRAPHIE	77

Résumé. - La carte et le texte explicatif qui l'accompagne ne proposent pas une synthèse définitive mais une représentation cartographique de la végétation et des facteurs écologiques importants. La carte des formations végétales a été établie à partir d'ouvrages spécialisés, le travail original de l'auteur consistant en une mise en relation des facteurs écologiques déterminants et de la répartition des principales formations. Ce document tente aussi de constituer un matériau de base pour des études d'aménagement et de planification, car il comporte un bilan des ressources naturelles ainsi qu'un recensement général des zones brûlées et exploitées dans le milieu tempéré chilien.

Summary. - The map and its accompanying explaining text are not proposing a definite synthesis but a cartographic presentation of the vegetation and important ecological factors. The map of vegetation was drawn-up starting with specialised works, the original work of the author consisted out of putting into relation the determining ecological factors and the distribution of the principal formations. The document also wanted to be a material basis for the studies of amelioration and planning, and will give a result on the natural resources, and also a general checking on the burnt areas and the cultivation in the temperate Chilean area.

Zusammenfassung. - Die Karte und das beiliegende Text versuchen nicht, eine endgültige Synthese zu geben, aber nur eine kartographische Darstellung der wichtigsten Pflanzenformationen und ökologischen Faktoren. Die Vegetationskarte wurde nach verschiedenen spezialisierten Werken bearbeitet; der persönliche Beitrag des Verfassers bestand aus einer Vergleich zwischen der bedeutenden ökologischen Faktoren und der Verbreitung der Vegetationstypen. Diese Arbeit enthält auch einen Rundschau der natürlichen Möglichkeiten, der verbrannten und degradierten Zonen im temperierten Chile als Vorstoff für Bewirtschafts- und Planifizierungstudien.

Riassunto. - La carta e il testo spiegativo che l'accompagna non propongono una sintesi definitiva ma una rappresentazione cartografica della vegetazione e dei fattori ecologici importanti. La carta delle formazioni vegetali è stata stabilita a partire da lavori specializzati, mentre il lavoro originale dell'autore consiste nel mettere in relazione i fattori ecologici importanti con la ripartizione delle principali formazioni. Questo documento vuole costituire anche un lavoro basilare per gli studi di sistemazione e di pianificazione, il che comporta un bilancio di risorse naturali così come un censimento generale delle zone bruciate e sfruttate nell'ambiente temperato cileno.

Résumé détaillé en espagnol p. 34

(1) Universidad Católica de Valparaíso, av. Brasil 2950, Casilla 4059, Valparaíso (Chili)

RESUMEN DETALLADO

Esta memoria trata el estudio bioclimático y fitogeográfico de Chile templado y más precisamente a la parte comprendida entre las latitudes 37°S y 44° S. Esta zona ha sido escogida porque los documentos cartográficos existentes, entre otros los forestales, son más precisos ahí que en otro lugar, y porque ella era una de las más conocidas por el autor. Uno de los objetivos de este trabajo es dar una descripción de la vegetación siguiendo un método y una terminología que le permitan ser posible en vista de una comparación de los Andes con otras cadenas montañosas.

La primera parte estudia el medio en el cual se desarrolla la vegetación de Chile templado. Después de recordar los caracteres geográficos, biológicos y humanos de los seis grandes divisiones clásicas del territorio chileno se da un inventario de las fuentes bibliográficas y de documentos cartográficos utilizados. La geología nos da una visión general, insistiendo sobre la amplitud de los fenómenos de erosión. Se ha desarrollado más el estudio climático (pp. 41-45). El pequeño número de estaciones meteorológicas existentes, tanto por la temperatura que para la pluviometría, la niviosidad y la hidrometría, conducen necesariamente a una gran prudencia, pero se ha sacado el máximo de los datos disponibles por el establecimiento de representaciones sintéticas, basadas sobre los diagramas "ombrotermicos" y el índice xerotermico, conduciendo a una carta en colores de los bioclimas, la cual figura en anexo junto al texto y al lado de la carta de la vegetación.

La descripción de la vegetación (pp. 47-67) ha sido hecha a partir de los bosques, cuyo conocimiento y cartografía son considerados como un primer acercamiento, limitándose, teniendo en cuenta la extensión del territorio considerado y los límites impuestos por la escala y por las lagunas de la documentación a algunos grandes objetivos: a) dar un análisis florístico de las grandes formaciones naturales; b) precisar los caracteres ecológicos de cada una de ellas y transcribirlas cartográficamente por el intermediario de un color, traduciendo lo mejor posible esta ecología; c) representar el modo de utilización de suelos, la localización y la importancia relativa de los principales cultivos; d) ensayar de evaluar el peso del impacto humano en los diversos sectores en vista de definir las urgencias en las medidas de protección. Seis niveles de vegetación han sido distinguidos y dieciocho formaciones han sido retenidas: una en el nivel pseudo-mediterráneo, siete en el nivel de colinas (que ocupan la más grande superficie), cinco en el nivel montañoso, entendiéndose aquí entre 700 y 1700 m de altitud aproximadamente tres en el nivel subandino, una en el nivel de transición subandina superior y una en el nivel andino. Estas dos últimos niveles representan por la región, la forma andina de la vegetación "alpina", es decir la vegetación supraforestal. En el nivel de colinas, el bosque valdiviano ha sido el objeto de una descripción más detallada. En fin el cuadro III, p. 49, y la figura II, p. 67, reúnen la repartición altitudinal y latitudinal de las principales especies arbóreas.

Un ensayo de comparación con los niveles altitudinales de la vegetación de los Alpes, considerado como la base de referencias, la más precisa actualmente. Desgraciadamente no pudo ser profundizado hasta donde estaba previsto. Pero gracias a la situación del Chile templado de una parte, los Alpes occidentales por otra, bajo climas cuyos promedios de temperatura son bastante cercanos. Imposible de proponer un paralelismo entre los niveles en las dos cadenas (p. 70). El valor de las gradientes térmicas altitudinal y latitudinal en los Andes es disentida, así que la parte relativa de la disminución de las temperaturas y del crecimiento de la pluviosidad en el descenso de los límites de niveles yendo del Norte hacia el Sur de Chile.

Un último capítulo enfoca la acción humana la utilización de suelos en el Chile templado. Económicamente, es la región más fuerte de Chile, donde se encuentran el 35 % de la actividad industrial y el 65 % de la actividad agrícola de todo el país. Estadísticas agrícolas globales son seguidas de una descripción de paisajes agrarios en las dos principales zonas de cultivo. Una historia de la explotación de bosques es ilustrada por la carta presumida de su repartición antes de la colonización. La extensión actual de las superficies forestales ha caído a un nivel inquietante, pero a un esfuerzo notable de reforestación que utiliza en gran parte especies extranjeras a la vegetación nativas del país. Una conclusión y una bibliografía de una centena de títulos terminan el texto de la memoria.

La carta anexada en colores comprende un esbozo bioclimático al 1/5 000 000 ejecutado con la colaboración del "Institut de la Carte du Tapis Végétal de Toulouse", una representación de la vegetación al 1/1 000 000 y una carta de la ocupación del suelo de las actividades humanas al 1/3 000 000.

Esta memoria y esta carta constituyen el resumen de una "Thesis de Doctorado de Universidad" sostenida ante la "Université Scientifique et Médicale de Grenoble" en Enero de 1974.

GLOSSAIRE

On a évité autant que possible d'utiliser des mots espagnols ou des expressions chiliennes. On ne saurait pourtant tout traduire sans employer un vocabulaire étroitement adapté à des paysages qui n'ont pas toujours d'équivalents dans l'Europe occidentale et la France. Nous avons utilisé souvent quelques termes pour lesquels il nous a été difficile de trouver une traduction exacte et quelquefois nous avons renoncé à traduire.

Cerro : ce mot a le sens très large de "mont". Il peut désigner cependant des reliefs très modestes dès lors qu'ils sont suffisamment isolés.

Cordon : chaînon montagneux.

Cuesta : ce mot désigne simplement une rampe ou une longue montée sur une route. Par extension, il a pu devenir synonyme de col.

Espinal : brousse steppique à *Acacia caven*.

Estero : cours d'eau d'importance secondaire.

Matorral : équivalent chilien du maquis méditerranéen. Fourré méditerranéen xérophile à végétation ligneuse très développée.

Llano : toute surface plane : plaine alluviale, aplanissement sommital, etc.

Paso : col.

Quebrada : ravin ou petite vallée à écoulement intermittent. Par extension, petit torrent.

Raps : plante industrielle introduite à partir de laquelle on élabore de l'huile.

Rio : cours d'eau principal. Gros torrent montagnard ou fleuve.

Sierra : ligne de crête aiguë.

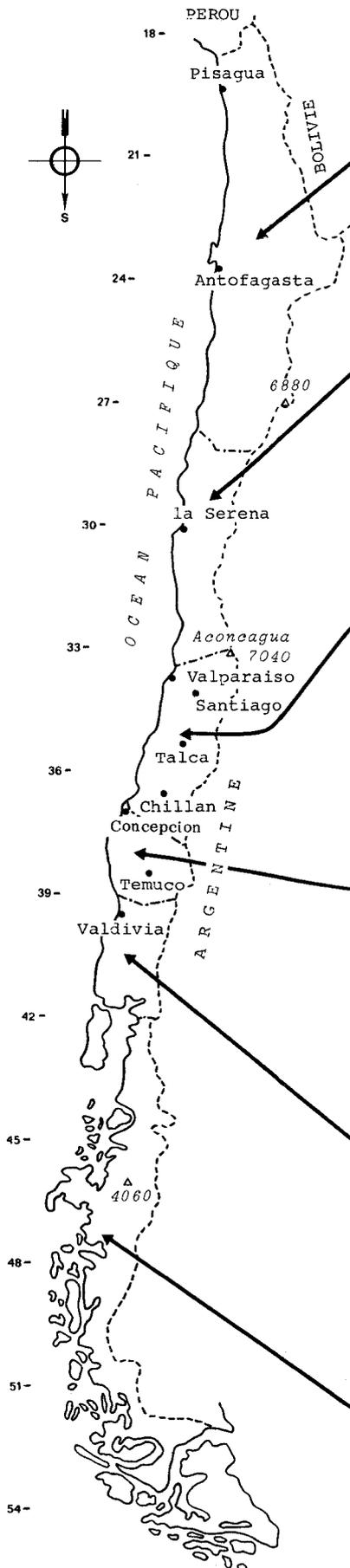
Valle : non seulement vallée, mais toute dépression allongée et à fond plat favorable à l'établissement des hommes et à l'agriculture.

Vega : plaine de remblaiement naturellement humide et de sol assez riche portant des prairies (pacages de haute cordillère) ou des cultures maraichères ("vegas" littorales).

Noms vernaculaires des principales espèces forestières

<u>Nom scientifique</u>	<u>Nom vernaculaire</u>	<u>Nom scientifique</u>	<u>Nom vernaculaire</u>
<u>Conifères</u>			
<i>Araucaria araucana</i>	araucaria, pehuén	<i>Podocarpus nubigenus</i>	mañio macho
<i>Austrocedrus chilensis</i>	ciprés de la cordillera	<i>Podocarpus salignus</i>	mañio de hojas largas
<i>Dacrydium foncki</i>	ciprés enano	<i>Pilgerodendron uviferum</i>	ciprés de las Gaiitecas
<i>Fitzroya cupressoides</i>	alerce	<i>Saxegothaea conspicua</i>	mañio hembra
<i>Podocarpus andinus</i>	lleuque		
<u>Feuillus</u>			
<i>Acacia caven</i>	espino	<i>Maytenus boaria</i>	maitén
<i>Aextoxicum punctatum</i>	olivillo, tique	<i>Myrceugenella apiculata</i>	arrayan
<i>Amomyrtus luma</i>	arrayan	<i>Nothofagus obliqua</i>	roble
<i>Chusquea quila</i>	quila	<i>Nothofagus dombeyi</i>	coigüe
<i>Chusquea coleu</i>	colihue	<i>Nothofagus betuloides</i>	roble de Magallanes
<i>Drimys winteri</i>	canelo	<i>Nothofagus antarctica</i>	ñirre
<i>Eucryphia cordifolia</i>	ulmo	<i>Nothofagus procera</i>	rauli
<i>Embothryum coccineum</i>	ciruelillo	<i>Nothofagus pumilio</i>	lenga
<i>Gewina avellana</i>	avellano	<i>Peumus boldus</i>	boldo
<i>Laurelia philippiana</i>	tepa	<i>Persea lingue</i>	lingue
<i>Laurelia sempervirens</i>	laurel	<i>Quillaja saponaria</i>	quillay
<i>Laurelia serrata</i>	tepa	<i>Trevoa trinervis</i>	trevo
<i>Lomatia hirsuta</i>	radal	<i>Weinmannia trichosperma</i>	tineo

Fig. 1 - Régions géographiques naturelles du Chili

**LE NORTE GRANDE (du 18° au 27° lat. S.)**

A l'Ouest, la Cordillère de la Côte atteint 3000 m. A l'Est, la Cordillère des Andes est un vaste plan incliné qui s'élève de 2400 à 4000 m, dominé par des volcans de 6000 m d'altitude. Entre les deux chaînes, à 1000 m, s'étend la dépression longitudinale (Pampa de Tamarugal) avec ses "volcans". Bien que la côte soit souvent couverte de brouillards, la haute montagne ne reçoit guère plus de 200 mm de pluie par an. La forte chaleur et la grande sécheresse ne permettent qu'à quelques espèces végétales xérophiles de vivre. La richesse de cette zone désertique provient de ses mines de cuivre qui fournissent presque 80 % de la valeur des exportations du pays.

LE NORTE CHICO (du 27° au 33° lat. S.)

De la Cordillère des Andes où s'efface le volcanisme et où les cols sont à plus de 4000 m, descendent de grands cours d'eau transversaux, séparés par des cordons montagneux perpendiculaires à la côte. Le drainage est exoréique, mais l'hydrographie conserve le caractère torrentiel et discontinu des terres semi-arides. Cette région correspond à la zone de passage progressif de l'aridité à la semi-aridité. Les pluies cycloniques d'hiver augmentent régulièrement du Nord au Sud. Le désert cède la place à la steppe. L'agriculture, l'élevage et les exploitations minières sont les principales activités humaines de la zone. Malgré d'importants gisements de cuivre et de fer, le "Norte Chico" a perdu sa prépondérance minière d'autrefois. La Serena-Coquimbo est l'ensemble urbain le plus important.

LE CHILI CENTRAL (du 33° au 37° lat. S.)

Ici reparaissent bien individualisées les trois unités longitudinales du relief. La Cordillère des Andes qui atteint 6000 m en face de Santiago va en s'abaissant vers le Sud. La Cordillère de la Côte a des sommets qui parfois dépassent 2000 m ; souvent elle se réduit à un ensemble de collines ; les cours d'eau qui la traversent donnent un accès aisé au littoral caractérisé par différents niveaux de terrasses. Entre les deux chaînes, la dépression centrale atteint ici son ampleur maximale. Le climat est de type méditerranéen (voir plus loin). Les conditions géographiques favorables expliquent la présence des deux tiers de la population chilienne dans cette région : Santiago, la capitale (3 000 000 h en 1970) et Valparaíso (680 000 h avec Vina del Mar) par où transite la moitié en valeur des importations du pays, sont les deux plus grands ensembles urbains. Le Chili central a une vocation agricole évidente. La moitié de la superficie cultivable est irriguée. Bien que l'activité minière soit moins importante que dans le Nord, elle n'est cependant pas négligeable. Ainsi le Chili central, surtout entre Santiago et Valparaíso, concentre 75 % de la capacité industrielle du pays et possède un important équipement hydro-électrique et de nombreuses voies de communications.

REGION DE CONCEPCION ET LA FRONTIERE (du 37° au 39° lat. S.)

La disposition des trois grandes unités structurales est semblable à celle de la région centrale, mais les reliefs sont moins marqués. Les Andes atteignent 3000 m seulement et la Cordillère côtière 1500 m. La dépression longitudinale n'est plus qu'un terrain mamelonné constitué d'argiles glaciaires. Le climat est encore méditerranéen par certains traits parce que l'été est toujours sec, mais les précipitations augmentent progressivement de 1000 à 1500 mm ; la haute chaîne reçoit plus de 3000 mm de pluie. Pour la végétation, cette région est une zone de transition entre le Matorral et le bois. L'agriculture est l'activité essentielle ; on pratique la culture extensive (1 an blé - 3 ans prairie naturelle - 1 an jachère), à laquelle on associe l'élevage bovin. Temuco (90 000 h) est la ville la plus importante. Autour de Concepcion s'est constitué un ensemble industriel (300 000 h) aux activités très diversifiées.

REGION DES LACS (du 39° au 42° lat. S.)

Le relief est de moins en moins contrasté, la Cordillère côtière disparaît presque complètement, la dépression longitudinale est marquée par l'empreinte glaciaire (nombreux lacs glaciaires parmi lesquels celui de Llanquihue de 800 km²). L'activité sismique est encore fréquente. Le climat est caractérisé par une pluie constante avec un maximum d'hiver ; les précipitations annuelles dépassent 2000 mm (2500 mm à Valdivia). L'humidité relative est très élevée, le régime thermique peu contrasté. Ces conditions climatiques rendent compte de la présence d'une forêt dense et riche : la forêt valdivienne (voir chapitre Végétation). La population est rurale et l'activité économique est essentiellement basée sur l'agriculture. Ici l'eau pose un problème qui n'est plus celui de l'irrigation mais du drainage. A côté de Valdivia. Orsono et Puerto Montt, qui sont les villes les plus importantes, existent de nombreux petits centres commerciaux.

REGION DES CANAUX ET DE LA PATAGONIE (au-delà du 42° lat. S.)

Ici le continent se démembrer en une multitude d'îles, avec de longs chenaux envasés par l'océan. A l'Ouest, les archipels avec leur topographie de lacs et de roches moulinées, les canaux longitudinaux, puis la Cordillère des Andes qui culmine à 2000-3000 m, enfin dans la partie australe les pampas couvertes de dépôts morainiques, donnent à cette région une physionomie particulière. Sur le versant pacifique, le climat pluvieux et froid contraste avec la sécheresse qui caractérise le versant atlantique. La faible population (3 % de la population chilienne) s'adonne à l'agriculture et à l'élevage ovin.

INTRODUCTION

Nous avons essayé d'effectuer une transposition des méthodes écologiques et géobotaniques utilisées en France, et plus particulièrement au Laboratoire de Biologie Végétale de Grenoble et à l'Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal à Toulouse, pour aboutir à une Carte phytogéographique et écologique du Chili tempéré et notamment de sa partie andine. Ceci devrait nous permettre de jeter les premières bases d'une étude comparée des systèmes andin et alpin.

Nous espérons que ce que nous avons décrit et cartographié pourra être étudié plus en détail sur le terrain dans l'avenir et permettra d'entreprendre la cartographie écologique du Chili à grande et moyenne échelles, ce qui, à notre avis, a déjà trop attendu.

I.- LE MILIEU

A.- LES GRANDES DIVISIONS GEOGRAPHIQUES DU CHILI

Avec 4 200 km du Nord au Sud et une largeur moyenne de 180 km, le Chili sud-américain (c'est-à-dire non compris le territoire antarctique) a une superficie d'environ 742 000 km². La région étudiée comprend à peu près 1/6 de la surface totale du pays (125 000 km²) et s'étend sur près de 800 km, du 37^{ème} parallèle au 44^{ème} parallèle de latitude Sud.

La grande extension latitudinale du Chili (de 17°30' à 56°30' Sud) lui confère une grande variété. Les fortes variations climatiques (du climat désertique au Nord, au climat froid dans la zone Patagonique) s'accompagnent d'importantes variations du tapis végétal, des régimes hydrographiques et même des modes de vie et de l'exploitation des ressources naturelles par la population.

A l'Est, la présence de la Cordillère des Andes, dont quelques-uns des plus hauts sommets se trouvent au Chili, donne un caractère particulier aux paysages. L'altitude et la largeur du Massif diminuent du Nord au Sud (de 6 000 à 2 000 m pour l'altitude).

En bordure de la mer, la Cordillère côtière (de 3 000 à 1 000 m) plus étroite et plus basse ne forme pas une barrière continue ; à partir du 34^{ème} parallèle, elle est très démantelée.

Entre ces deux Cordillères se succèdent, du Nord au Sud, une zone désertique, un ensemble de dépressions longitudinales, enfin des archipels.

Pour l'ensemble du Chili, on distingue traditionnellement six grandes régions. (fig.1 ci-contre)

B.- ZONE D'ETUDE ET DOCUMENTS UTILISES

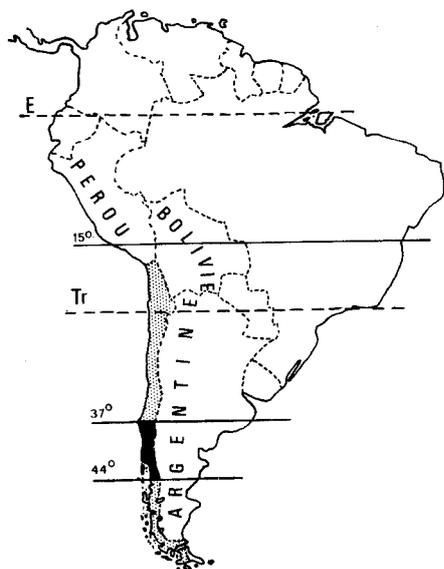


Fig.2 - Localisation de la zone étudiée

Nous avons décidé de localiser notre aire d'étude à l'intérieur de la zone à Climats Tempérés du Chili, zone que, dans notre travail, nous faisons commencer au 37^º et que nous arrêtons au 44^º de latitude Sud (fig.2)

Cette partie est une des plus importantes du pays au point de vue de son tapis végétal ; elle est très riche en forêts, aspect que nous ne trouvons dans aucun des autres secteurs au Nord du 37^{ème} parallèle. Nous avons également choisi cette zone parce que nous possédons une documentation récente et importante sur la végétation et des observations de terrain personnelles. Une dernière raison de ce choix est, hélas, la constatation inquiétante de l'exploitation vertigineuse du milieu chilien avec ses indéniables conséquences et l'alarmante dévastation des incendies de forêts, qui menacent dangereusement la couverture végétale du territoire.

Pour aboutir à la carte écologique de la végétation du Chili Tempéré à l'échelle 1/1 000 000, nous avons utilisé trois types de documentation : les sources bibliographiques et les données météorologiques ; des travaux de photo-interprétation ; des cartes à différentes échelles.

Sources bibliographiques

Il est d'abord important de signaler qu'il existe très peu de renseignements de base sur les aspects absolument fondamentaux de la biogéographie et de l'écologie du pays.

De nombreuses études de géographie régionale ont été faites mais c'est celle de Sergio SEPULVEDA (1962) qui permet le mieux d'avoir une première connaissance des facteurs écologiques qui caractérisent les régions du Chili.

Il faut mentionner également les intéressantes études du climat, de la phytogéographie et de la géographie physique par H. FUENZALIDA, géographe chilien. Sa "Biogéographie du Chili" (1965) a mis en valeur les relations entre l'espace géographique et les caractéristiques du milieu.

Quelques spécialistes étrangers, surtout des Européens, ont fait, ces dernières années, des études sur des aspects locaux de la faune ou de la végétation ; mais les travaux de synthèse à une échelle régionale ou nationale sont encore très rares. Les efforts de quelques scientifiques chiliens n'ont pas encore donné de vue d'ensemble ni de conclusions écologiques valables pour tout le territoire.

Il existe deux excellentes recherches sur la géographie botanique d'une grande partie du pays. Ce sont l'ouvrage précieux de K. REICHE sur la flore et la répartition des plantes du Chili (1907-1911-1934) et l'ouvrage du Suédois C. SKOTTSBERG qui avait fait des observations sur le Sud du territoire, en particulier au cours de ses expéditions en Patagonie et en Terre de Feu (1916-1932). Ces oeuvres ont été publiées il y a presque 50 ans, mais bien que la taxonomie et la systématique aient beaucoup changé, ces travaux demeurent encore très utiles.

Parmi les botanistes chiliens de ces dernières années, il faut parler de C. MUNOZ PIZARRO (de 1947 à 1960) dont l'important ouvrage "Sinopsis de la Flora chilena" est actuellement la seule publication qui permette une approche de toute la botanique chilienne et de E. PISANO (1950, 1954, 1956) dont les travaux nous ont permis de mieux connaître les différences régionales de la végétation chilienne, surtout par ses cartes de distribution générale de la végétation. G. MANN (1960) a réalisé une des premières divisions biogéographiques du pays. Mentionnons également les études précieuses de D. DI CASTRI et E. HAJEK (1961), qui ont fait durant ces dernières années plusieurs recherches sur l'écologie de certaines zones.

Entre les années 1950 et 1960, un groupe important de scientifiques et de professeurs allemands est allé au Chili, dans les Universités de Concepcion et de Valdivia, et a travaillé surtout sur le Sud du pays. Ainsi les études de G. KUNDEL (1955) et G.H. SCHWABE (1951-1952) donnent de précieux apports sur l'écologie du Chili méridional. Par la valeur de ses recherches de niveau régional et l'optique géographique de ses études, les travaux du Prof. J. SCHMITHÜSEN ont une grande importance (1953-1956-1960). Son étude "Die raumliche Ordnung der chelinishen Vegetation" nous a permis d'entrevoir le dynamisme végétal pour l'ensemble des formations végétales du Chili.

L'oeuvre synthétique de E. OBERDORFER sur l'aspect phytosociologique et systématique de la végétation est aussi très importante pour nous, car elle permet une comparaison avec la végétation européenne (1960).

L'écologie régionale a été moins étudiée et le plus souvent laissée de côté par les chercheurs, même par les scientifiques chiliens, pendant de longues années. Enfin F. DI CASTRI a réalisé une "Esquisse écologique du Chili" (1968) dans laquelle on peut trouver une des premières classifications bioclimatiques du Chili.

Parmi les travaux qui traitent de la végétation de l'Amérique du Sud ou du reste du monde et qui étudient à l'occasion la phytogéographie du Chili, il faut mentionner comme très intéressants les livres de K. HUECK (1950), J. SCHMITHÜSEN (1968), H. WALTER (1962) et P. BIROT (1965-1970) ; ces ouvrages comportent de nombreux graphiques, profils et photographies, parfois des cartes à petite échelle.

Documents cartographiques

La base de notre documentation cartographique a été constituée par quatre types de cartes.

- CARTES PHYSIQUES DU CHILI : au 1/1 000 000 (édition 1970) ; au 1/250 000 (différentes années d'éditions à partir de 1950 : Cartas preliminares) ; au 1/50 000 (édition 1969). Ces cartes sont toutes éditées par l'Instituto Geographico Militar de Santiago du Chili.

- CARTE FORESTIERE DU SUD DU CHILI : Mapa Preliminar de Tipos Forestales correspondientes a zona entre las provincias de Bio-Bio y Chiloé, éditée par l'Instituto Forestal de Santiago du Chili, 1967.

- CARTE DES SOLS : Soil Map of the World, South America, échelle 1/5 000 000, éditée par F.A.O. - U.N.E.S.C.O. édition 1971.

- CARTE GEOLOGIQUE : Mapa Geologico de Chile, échelle 1/1 500 000, éditée par l'Instituto de Investigaciones Geologicas, Santiago du Chili, 1960.

Pour les autres aspects du Chili, nous avons utilisé des cartes à grandes et petites échelles pour l'économie, le tourisme, la climatologie, la pédologie. Dans certains cas, ces cartes concernaient des secteurs plus limités de la zone tempérée chilienne.

Ces différents types de cartes sont de qualité très hétérogène. Certaines sont anciennes et leurs rééditions n'ont pas été améliorées fondamentalement en ce qui concerne la toponymie. Elles manquent par ailleurs de relief. C'est le cas en particulier des cartes au 1/250 000. Cependant il faut noter que ce sont des "Cartes préliminaires".

Les cartes au 1/50 000 donnent déjà des informations plus précises en ce qui concerne le relief, la végétation et les cultures. Malheureusement jusqu'à présent il n'en existe que très peu pour le Centre et le Sud du Chili.

Les cartes forestières et géologiques apportent des informations suffisamment précises, bien que l'échelle choisie n'en permette pas une utilisation très approfondie.

La carte des Sols de l'Amérique du Sud présente un inconvénient majeur. Sa terminologie est faite à la fois sur la base des classifications américaines et européennes. Il est difficile de l'appliquer au Chili.

C.- APERÇU GEOLOGIQUE (fig. 3)

La documentation dont nous disposons pour étudier l'aspect géologique de notre région était extrêmement réduite et dispersée. Nous avons en premier lieu tracé les grandes unités à partir de la Carte Géologique du Chili qui appartient à l'Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile et des travaux de Ruiz FULLER et Munoz CRISTI (1968). Nous nous sommes contentés d'essayer de présenter les grands traits lithologiques qui ont un rapport direct avec le sol et la végétation.

En simplifiant on peut affirmer que, à l'exception des régions australes, la partie centrale du pays se différencie des régions côtières et préandines par une moindre ancienneté géologique.

Pendant les périodes triasique et jurassique, une grande partie du Chili d'aujourd'hui correspondait à une vaste dépression sous-marine appelée "le géosynclinal andin". Dans l'extrémité Sud du pays, il y avait en outre un grand bassin de sédimentation dénommé "géosynclinal de Magallanes". En bordure de ces dépressions avaient lieu constamment des éruptions volcaniques. A la fin du Mésozoïque, les matériaux accumulés au fond des dépressions se sont plissés donnant le système andin. Ces plissements ont été accompagnés de grandes éruptions de magma. Pendant le Tertiaire se sont produits de grands mouvements de transgressions et régressions marines et de nombreuses éruptions volcaniques et mouvements tectoniques. Ces mouvements ont donné naissance aux bandes principales du relief chilien : la Cordillère des Andes et celle de la Côte, et entre les deux la Dépression Intermédiaire. Pendant le Quaternaire les glaciations ont modelé profondément la structure mise en place et ont donné l'actuel paysage chilien.

Ainsi le caractère géomorphologique le plus important est la présence, au long de tout le territoire, de l'axe andin bordé parallèlement sur une grande étendue par la chaîne côtière ; ces cordillères délimitent à peu près entre les 33ème et 42ème parallèles une longue vallée longitudinale.

En général, la structure géologique du Chili tempéré est très uniforme. On a successivement : une bande côtière de diorite andine du Crétacé moyen flanquée à l'Ouest par des sédiments métamorphiques surtout précambriens qui correspondent à des sols latéritiques et à la forêt valdivienne de la côte ; une bande centrale qui appartient à la vallée longitudinale, plus vaste que dans le Nord, avec une présence importante de sédiments glaciaires sur lesquels dominent les dépôts fluviatiles ; à l'Est, les formations du géosynclinal andin avec des andésites et basaltes dérivés d'éruptions volcaniques plus récentes et une dominance de diorite. Au Nord, sur la côte, dans la province d'Arauco, on trouve divers sédiments marinstertiaires, tandis qu'au Sud, dans le secteur de Chiloé, on trouve des sédiments métamorphiques sur les archipels.

Les phénomènes d'érosion

L'érosion se développe très rapidement dans l'ensemble du pays. Ceci est dû aux conditions climatiques et aux grands contrastes topographiques. Mais l'essentiel agent d'érosion est l'homme qui, par ses actions, accélère les processus. De grandes surfaces sont également touchées par l'avancée des dunes littorales et les mesures de reboisement sont quelquefois intervenues trop tard pour enrayer ce phénomène.

La progression du désert et des zones arides jointe à une mauvaise exploitation du milieu par l'agriculture a conduit à la perte de milliers d'hectares cultivés ou pâturés. Ce processus est aujourd'hui particulièrement marqué dans les provinces du Norte Chico.

Le Chili tempéré (mises à part les provinces de Maule et Nuble) est la région la plus érodée de tout le pays. De grandes zones forestières ont subi un déboisement systématique (65 % de la surface agricole de la province de Malleco sont érodées), entraînant la formation de sols squelettiques. A ces entreprises de déboisement

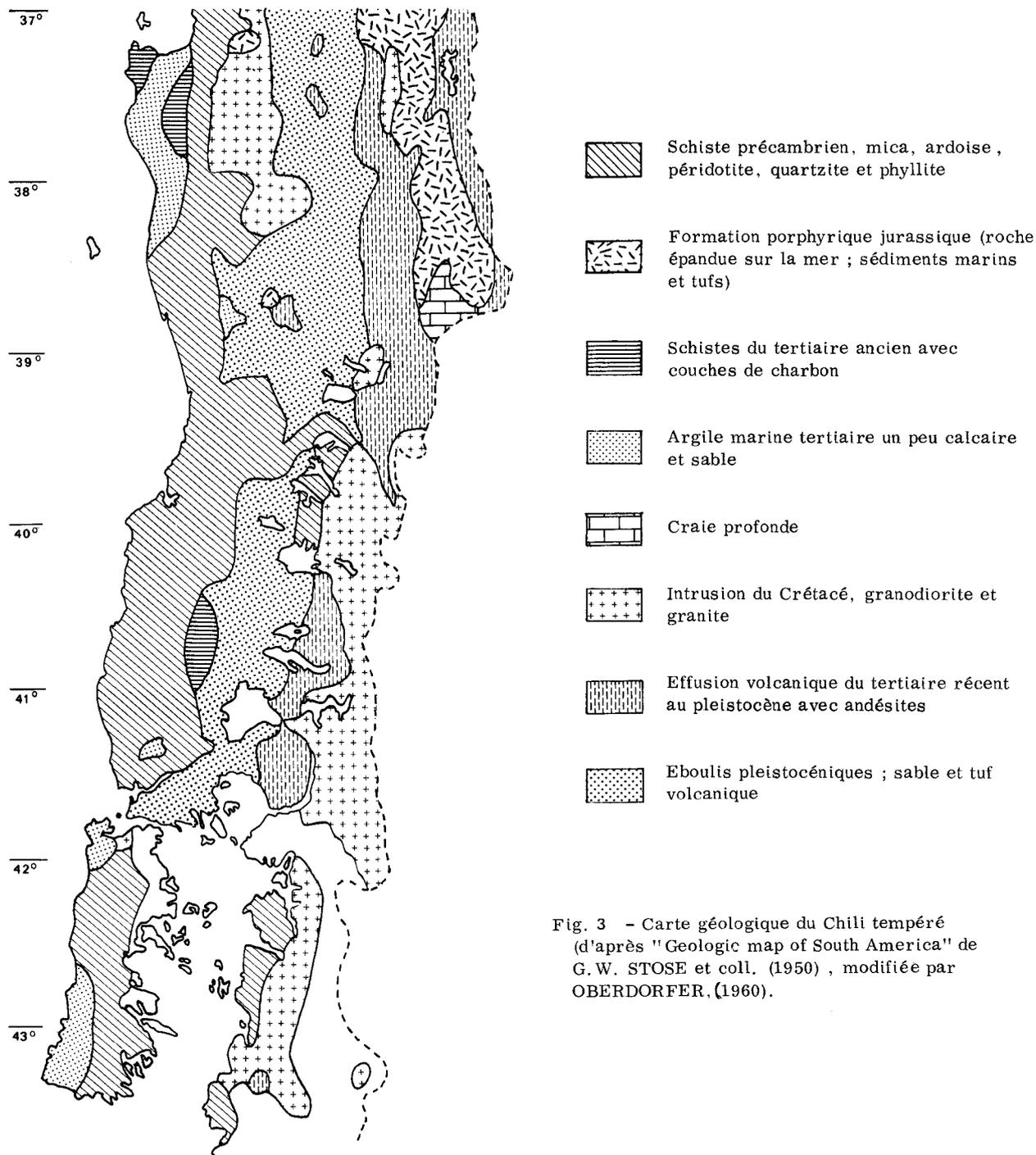


Fig. 3 - Carte géologique du Chili tempéré (d'après "Geologic map of South America" de G.W. STOSE et coll. (1950) , modifiée par OBERDORFER. (1960).

s'ajoute une exploitation irrationnelle des sols ; des systèmes d'irrigations non appropriés ont été mis en place, les cultures intensives des sols très pentus ont été pratiquées de manière anarchique. Le morcellement extrême des parcelles qui correspond à une subdivision de la terre pratiquée depuis plusieurs générations a conduit à une culture intensive des sols sans qu'interviennent des périodes de repos ; de ce fait, la couverture de matière organique du sol a disparu. Ces petites propriétés qui ont une surface moyenne de 5 hectares sont abondantes surtout dans la région côtière depuis Arauco jusqu'au rio Toltén. La culture intensive du blé, qui pendant de nombreuses années a été pratiquée sans rotation et sur des sols à forte pente, est une des causes essentielles de la forte érosion qui affecte cette région.

L'érosion est à la base d'autres phénomènes tout aussi désastreux. Parmi les plus graves nous citerons le remblaiement des barrages et des réservoirs par des sédiments. Or ces ouvrages ont coûté cher au pays. Les fleuves sont aussi rapidement encombrés par les sédiments et les sables venus des montagnes de l'intérieur. Les canaux et rigoles d'irrigation lorsqu'ils sont obstrués aggravent la sécheresse ; les fleuves deviennent impropres à la navigation et leurs crues plus dévastatrices en période de pluie ; les ports sont remblayés, la faune aquatique voit son milieu de vie perturbé, les dunes se forment.

En résumé, la terre chilienne est soumise à une double action dévastatrice : d'une part les terres qui glissent depuis l'intérieur vers la mer par suite de la destruction de la végétation, des incendies, du ruissellement, du vent, de la monoculture, du surpâturage ; d'autre part par le retour du sable et des sédiments de la mer vers l'intérieur du fait de l'action du vent, du courant océanique et des marées. Les deux flux sont fondamentalement stérilisants et menacent la fécondité d'une partie appréciable des sols du Chili.

D.- CLIMATOLOGIE (Voir aussi p. 68 et 69).

Documents utilisés

Le nombre de publications sur la climatologie de l'ensemble du Chili est réduit. Actuellement ce sont les travaux de ALMEYDA et FUENZALIDA qui sont le plus fréquemment utilisés, bien qu'un certain nombre d'entre eux datent d'une dizaine d'années. Les données que nous avons utilisées ont été empruntées aux publications suivantes : "Anuarios Climatológicos de Chile" de l'Oficina Meteorologica Chilena, fascicule I, Climatologia de Chile, de Proyecto Hidrometeorologica NU et Gouvernement chilien "Anuarios Meteorológicos" 1968-1971 du Département de Geofísica de la Universidad de Concepción- Resúmenes mensuales de Observaciones Agrometeorológicas del Ministerio de Agricultura.

Pour notre région d'étude nous n'avons trouvé qu'une douzaine de stations de mesures climatologiques qui comportent une information complète sur les températures, les précipitations et l'humidité et dont les observations couvrent des périodes de 10 ou 15 ans. L'absence presque complète de stations dans la zone andine nous a gênés. De toute façon pour l'ensemble du territoire, les observations concernant les précipitations sont plus fréquentes que celles qui ont trait aux températures. Parmi les stations, quelques-unes sont récentes et les données qu'elles fournissent sont difficilement utilisables pour une étude synthétique.

Les caractères de la climatologie du Chili

Un des traits notables du climat du Chili est son régime thermique varié sur l'ensemble du territoire. Par exemple : la température moyenne d'Arica est de 19°5 C au 17°36 de latitude Sud ; tandis qu'à Punta Arenas, elle est de 6°5 au 53°10 de latitude Sud. Mais au point de vue des précipitations c'est tout à fait différent, c'est une pluviométrie de contrastes. Dans le Nord se trouvent des endroits parmi les plus secs du monde et dans la région méridionale il existe des secteurs qui reçoivent plus de 4,5 m d'eau par an. Les données montrent une distribution annuelle de types très divers ; dans certaines régions la saison pluvieuse se trouve en été, tandis que pour certaines autres elle se trouve en hiver. Il existe des lieux où le régime est homogène tout au long de l'année.

Les facteurs qui influencent les caractéristiques du climat chilien sont : la latitude, le relief et la présence de l'Océan Pacifique. Ces trois conditions déterminent des climats régionaux assez variés, fortement marqués par des particularités locales. La situation du pays par rapport aux zones de hautes pressions a une grande importance. L'anticyclone du Pacifique Sud explique la stabilité climatique et l'insuffisance des précipitations dans de vastes secteurs du Nord et du centre du Chili. Cet anticyclone se déplace durant l'année dans le sens Nord-Sud. Il atteint un point méridional pendant l'été et septentrional pendant l'hiver. Plus au Sud, le pays est également soumis à l'influence du Front Polaire, zone de contact entre des masses d'air chaud et des masses d'air froid d'origine antarctique. Le front polaire est à l'origine de perturbations atmosphériques et de précipitations qui se déplacent de l'Ouest vers le continent. Durant l'année, l'emplacement du front polaire varie : pendant l'été il se localise entre 40° et 45° de latitude Sud et en hiver entre les 30° et 45°. Dans cette zone de discontinuité, les perturbations sont à l'origine d'une grande quantité des précipitations du territoire.

Nous avons dit que notre zone d'étude se place dans la grande région à climat tempéré du Chili. A l'intérieur de ce climat il y a des variétés. Le premier facteur de différenciation est la distribution des précipitations pendant l'année. Cette caractéristique nous permettra surtout de distinguer pour notre région un climat tempéré de type méditerranéen (méditerranéen atténué) et une grande zone à climat tempéré, pluvieuse avec une période sèche, d'autant plus courte à mesure que l'on avance vers le Sud (axérique ou tempéré humide). (Voir carte des bioclimats, hors texte).

La zone à caractère méditerranéen (été sec) se situe au Nord de notre région d'étude dans le bassin du rio Bio-Bio ; sa limite Sud se trouve au Nord du Rio Cautin. Mais sur la côte, dans le même secteur, les précipitations ont une distribution peu régulière pendant l'année et les températures elles-mêmes sont influencées par le relief côtier (cordillère de Nahuelbuta) et la présence d'une mer froide (moyenne annuelle de Pta. Lavapie 13°3 C, à Contulmo et à Pto. Dominguez 11°4 C). D'ailleurs les précipitations de la région de la côte par rapport à celles de la plaine centrale sont aussi importantes (Pta. Lavapié 803 mm, Los Angelès 1303 mm, Contulmo 1040 mm, Traiguén 1267 mm).

Le reste de la région appartient totalement au climat tempéré, caractérisé par une pluviosité élevée et une répartition à peu près homogène des pluies au cours de l'année. Les moyennes thermiques annuelles diminuent à mesure qu'on avance vers le Sud tandis que les précipitations annuelles augmentent.

Mais naturellement, c'est dans la cordillère des Andes que les moyennes annuelles et les moyennes des maxima et des minima donnent les plus grandes différences, comme nous pouvons l'observer à la station de Lonquimay où la température passe de 21° C en février (moyenne d'été) pour descendre en hiver à -15° C, ce qui donne une amplitude de près de 40° C.

Des facteurs locaux influencent le climat de la région : la présence de plusieurs lacs au pied de la cordillère des Andes contribue à adoucir le climat surtout pendant l'été, l'action importante d'un vent chaud, "el puelche", qui vient de l'Est, souffle sur la plaine intérieure, en passant sur les Andes et fait fondre une grande quantité de neige.

1- La température

- Données disponibles.

Les données thermiques sont connues pour un moins grand nombre de stations que les données pluviométriques, et presque toutes sont situées dans la plaine centrale ou près de la côte. Aucune station avec données précises et de longue durée n'existe dans la partie andine.

Pour les 14 stations de mesures sont connues :

- la moyenne annuelle des températures ;
- la température maximale absolue mensuelle ;
- la température minimale absolue mensuelle ;
- la moyenne mensuelle des températures à 7 h, 13 h et 18 h.

Nous avons déjà dit que le Chili possédait une grande variété thermique due à son allongement en latitude. Cependant un certain nombre de facteurs modère les variations thermiques : l'influence maritime toujours présente et l'existence d'un courant froid le long du littoral.

Le long de la côte chilienne, à partir de la latitude de Valdivia au Nord, les eaux sont anormalement froides. ce qui permet une plus grande stabilité de l'air en contact direct avec la mer. D'autre part la vapeur d'eau est peu retenue. Ces eaux froides constituent le courant de Humboldt ou du Pérou. Ces eaux correspondent à une partie de la circulation générale des eaux du Pacifique Sud. Il s'agit d'un courant superficiel guidé par les vents, auquel s'ajoutent des courants dus à une remontée des eaux du fond marin vers la surface (mouvement de surgencia). La remontée n'est pas toujours la même le long de la côte ; on constate qu'il existe des zones où le phénomène a une plus grande intensité. La présence du courant de Humboldt adoucit les températures du Nord du Chili et donne ainsi une grande homogénéité thermique à la côte et à l'ensemble du pays. C'est pour cela qu'au Chili n'existe pas de vrai climat continental. Il faut ajouter que le courant de Humboldt possède une branche méridionale qui contribue à homogénéiser les températures dans le Sud du pays, à partir de 40° S.

Le nombre trop restreint des stations ne permet pas d'observer des différences fondamentales entre les zones de la côte, de la vallée centrale et des Andes, pour le Chili tempéré. La seule conclusion évidente à laquelle on puisse aboutir est que la température décroît petit à petit en latitude.

L'influence de l'altitude et de l'éloignement de la mer a beaucoup d'importance pour les variations de température, comme pour la pluviosité.

Températures	La Côte	La Plaine centrale	Pré-Andes
Température moyenne	12°5 C	11°5 C	8°5 C
Moyenne des maxima	16°5 C	17° C	16°5 C
Moyenne des minima	9°2 C	6° C	1° C
Humidité relative	85 %	80 %	75 %
Pluviosité annuelle	1100 mm	1400 mm	2000 mm

Tableau n° 1 - Données météorologiques entre les 38° et 40° de latitude Sud, d'après DI CASTRI (1968).

Il faut ajouter que toutes les stations situées sur le versant Pacifique ont des températures inférieures à celles qui se trouvent abritées des vents.

2- La pluviométrie

Nous avons étudié, dans les pages précédentes, l'origine des pluies au Chili. Pour la distribution de la pluie, nous savons qu'en général elle augmente vers le Sud du Chili. A partir du rio Imperial, la plupart des mois de l'année sont pluvieux aussi bien dans la plaine centrale que dans la chaîne andine. Mais un phénomène intéressant est à constater : dans les plaines du littoral le nombre des mois pluvieux est réduit ; et d'ailleurs c'est un aspect classique du Chili. Le bord de la mer présente par rapport aux zones intérieures une pluviosité faible ; cette bande plus sèche s'arrête en avant du 40ème parallèle.

Nous trouvons de même une saison sèche de 6 à 7 mois dans quelques secteurs de la plaine centrale localisés en position d'abri pour la cordillère de la côte. C'est le cas des bassins d'Angol et Cauquenes. Dans la zone pré-andine et les Andes proprement dites, la pluviosité montre également une augmentation dans le sens latitudinal sauf dans le cas des petites vallées et de quelques cols (Tableau n° II).

Stations du Nord au Sud	Précipitations (mm)
Abanico	2471
Los Guindos	3750
Las Raices	3083
Villarica	2 770
Puerto Fuy	4970
Petrohué	4000

Tableau n° II - Précipitations dans le secteur pré-andin et andin entre les 37° et 40° de latitude Sud.

Dans la carte de la pluviosité (hors texte), construite à partir de 30 années d'observations sur les moyennes pluviométriques annuelles, nous pouvons observer la répartition géographique des pluies. On y trouve les caractères énoncés auparavant : faibles précipitations dans le Nord de la région, légère augmentation dans la plaine jusqu'à 39°40 environ et à partir de là forte pluviosité vers le Sud et sur le flanc Ouest des Andes.

Les cartes de pluviosité et d'aridité se trouvent incorporées dans la carte bioclimatique.

On peut noter dans le Nord de la Zone Tempérée que le climat a encore un caractère méditerranéen parce que l'été est toujours sec avec des précipitations estivales inférieures au 10 % du total annuel. Mais en - suite les pluies augmentent : elles passent progressivement de 1000 à 1500 mm ; le versant exposé aux vents d'Ouest de la Cordillère de la Côte est parfois plus arrosé et les Andes, sauf dans quelques bassins abrités, reçoivent plus de 3000 mm d'eau.

Au Sud du 40ème parallèle, les précipitations estivales sont déjà importantes et ne permettent pas de parler de saison sèche.

Les précipitations généralement supérieures à 2000 mm sont encore plus fortes sur le littoral (cas typique, celle de Valdivia avec 2471 mm), l'humidité relative y est très élevée.

Les jours de pluie

Dans les stations du littoral et des pré-Andes du Chili la moyenne annuelle du nombre de jours de pluie est comprise entre 120 et 140 jours : 123 jours à Concepcion et 137 à Lonquimay. Cependant elle diminue à l'intérieur du bassin des rios Bio-Bio et Toltén. Elle n'est que de 99 jours à Los Angelès et de 107 jours à Traiguén. Mais ces deux stations ont encore un climat subméditerranéen et une végétation semblable du fait de la présence de quelques flots de "matorral" qui est une formation transitoire. Vers le Sud on constate une forte augmentation du nombre de jours de pluie à partir de la latitude de Valdivia (178 jours) jusqu'à Huafo (43°34' de latitude Sud) où on atteint 243 jours de pluie. Naturellement cette région appartient au domaine de la forêt valdivienne pluvieuse ("Regen Wald").

En règle générale on peut indiquer que dans toutes les stations les pluies sont importantes ; elles sont abondantes durant l'automne et l'hiver et moindres pendant les mois d'été dans l'extrême Sud. Ces caractéristiques sont celles d'un climat tempéré modéré.

3- L'humidité et les brouillards (fig. 4)

Sur le littoral l'humidité atmosphérique est très forte toute l'année ; elle est entretenue par les vents marins du secteur Ouest.

On constate surtout en été des brumes principalement dans la partie septentrionale du Chili tempéré. Le manteau de brumes s'étend dans la matinée sur les plages et sur une étroite frange littorale et se retire aux heures chaudes jusqu'à quelques centaines de mètres du rivage pour avancer souvent à nouveau en fin d'après-midi. Comme l'affirme J. BORDE (1966), "ce phénomène est courant encore au printemps, saison dans laquelle

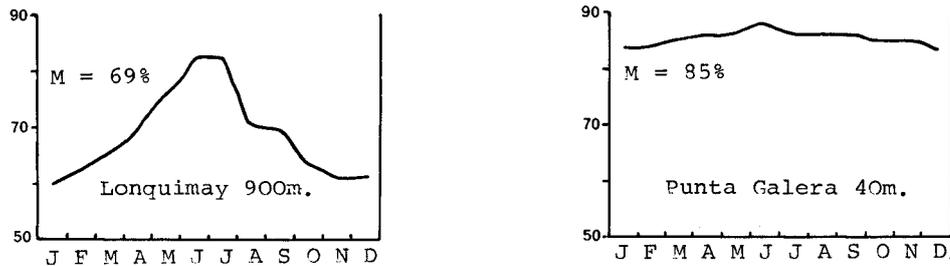


Fig. 4 - Humidité relative moyenne

la condensation de la vapeur est beau coup moins importante, et les brouillards envahissent tous les plans côtiers et le versant occidental de la Cordillère de la Côte jusqu'à se déverser, quelquefois, par les cols les plus bas, dans les vallées de la Dépression longitudinale". Ces brumes disparaissent au Sud du 41ème parallèle car la cordillère côtière cesse d'être une barrière pour la brume.

L'humidité relative au Chili augmente vers le Sud. Elle est surtout faible dans les vallées andines balayées par les vents qui soufflent de l'Ouest et dans la zone atlantique du Sud de la province de Chiloé.

Les écarts d'humidité entre les stations extrêmes ne sont pas assez grands pour considérer que ce facteur a un rôle décisif sur la végétation. Il faudrait avoir des données beaucoup plus précises qui permettraient de mieux mettre en valeur ce phénomène. Ainsi l'humidité relative dans la zone à climat avec influence méditerranéenne varie entre 74 et 76 % (c'est le cas de Concepcion). Dans la zone à climat subméditerranéen l'humidité relative est de 80 % (c'est le cas de Contulmo) et dans la zone à climat tempéré humide l'humidité relative ne dépasse pas 84 %. Les moyennes mensuelles les plus basses sont atteintes dans la station de Traiguén dans la vallée centrale.

4- La neige

Les données concernant la neige sont pratiquement nulles. Comme conséquence aussi de la latitude et de la diminution du relief, il faut remarquer qu'il existe une variation des limites des neiges éternelles du Nord au Sud et quelques fois aussi d'une année à l'autre.

La neige tombe presque toujours en fortes chutes, séparées par de brèves périodes de beau temps. Les premières chutes ont lieu généralement à la fin du mois d'avril et la couverture neigeuse reste au sol jusqu'à la fin du printemps. La température au sol, les fortes variations de température et la sécheresse de l'air stabilisent rapidement la neige, si bien que les avalanches ne sont pas courantes.

Normalement, dans les Andes méridionales, les précipitations ne tombent que pendant la saison froide et sous forme de neige, si bien que la pluie est presque inconnue. La limite des neiges éternelles est très variable surtout à cause de la diminution de latitude. Ainsi au 37°52' de latitude Sud au volcan Copahue, elle est à 2969 m. Puis à 38°42' de latitude Sud, au volcan Llaima, elle est à 3124 m et à 2015 m au volcan Calbuco situé à 41°19' de latitude Sud. La climatologie des Andes est aussi remarquable par un autre aspect : les glaciers. Leur présence se matérialise de plus en plus vers le Sud à cause du froid et de l'humidité combinés. Ils sont localisés aussi bien sur des pentes que sur des plateaux ou des vallées andines, et quelques-uns descendent même très bas dans la partie méridionale : par exemple à environ 700 m au 42ème parallèle. Ces glaciers, évidemment, limitent les possibilités d'étagement de la végétation. Il est dommage qu'il n'existe jusqu'à présent aucune information sur les rapports et l'action de la neige et des glaciers andins sur la végétation.

5- Synthèse des facteurs climatiques et classification des bioclimats

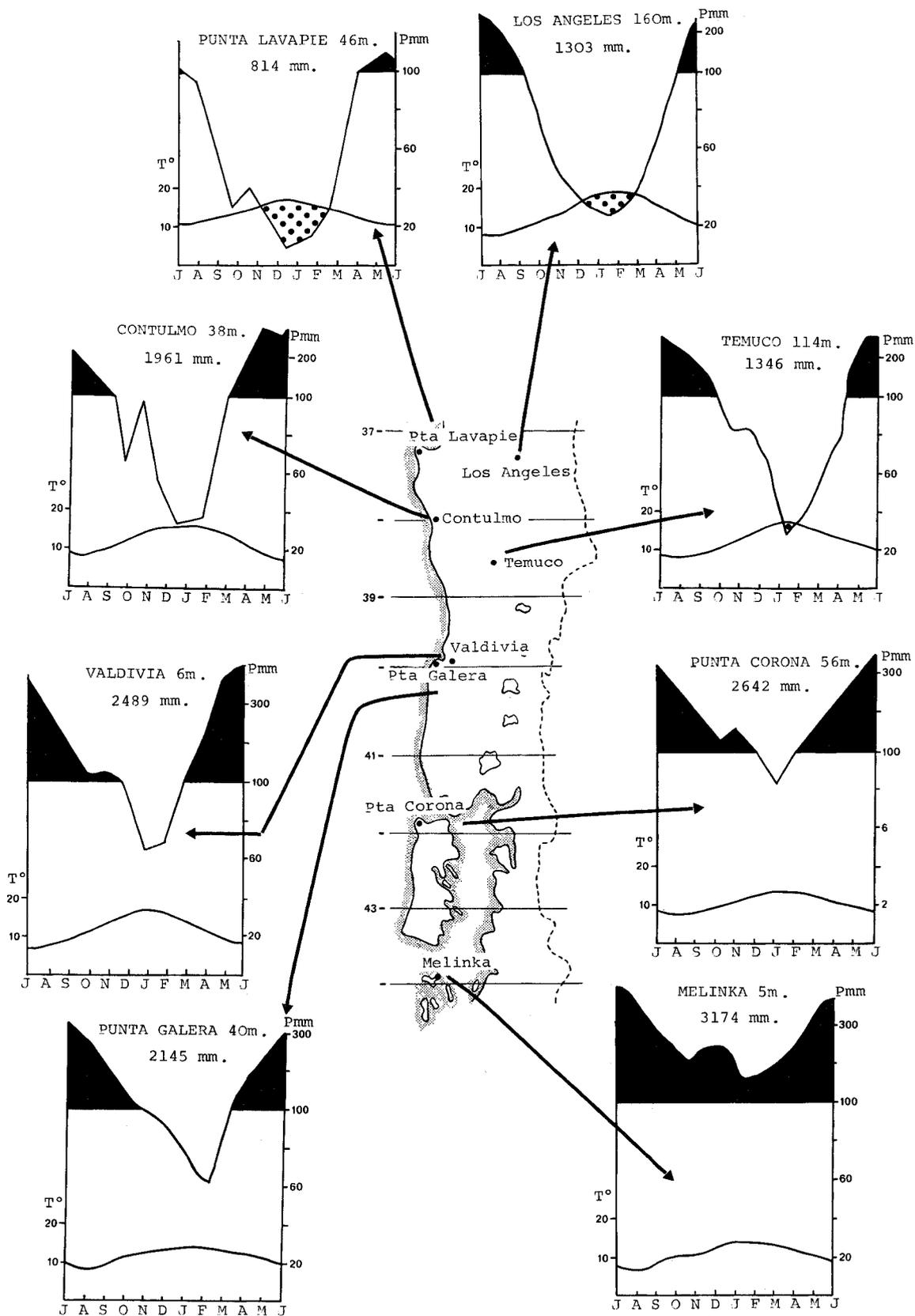
La classification des climats ou bioclimats sur le rythme de la température et des précipitations au cours de l'année est beaucoup plus utile dans un travail d'ordre biogéographique. Elle doit tenir compte des états favorables ou défavorables à la vie, c'est-à-dire des périodes chaudes et froides, des périodes humides et sèches.

Il existe plusieurs formules pour exprimer la plus ou moins grande humidité ou aridité d'un lieu. C'est pourquoi il en découle de nombreuses classifications de climats. Nous nous en tenons, pour faire une synthèse bioclimatique du Chili, aux méthodes de BAGNOULS-GAUSSSEN (1952); bien que leurs applications soient utilisables au mieux pour les zones méditerranéennes, elles présentent un grand intérêt dans le cas de notre région du Chili méridional.

Dans cette classification, les facteurs essentiels considérés sont : la température, les précipitations avec le nombre de jours de pluie et l'état hygrométrique (le brouillard et la rosée).

- Diagrammes ombrothermiques (fig. 5)

Les moyennes annuelles des températures et des précipitations ne donnent pas toujours des résultats précis. Des stations peuvent avoir les mêmes moyennes annuelles et être cependant sous des climats différents, et par conséquent avoir une végétation différente. Les diagrammes ombrothermiques permettent de suivre l'évolution de la température et des précipitations au cours de l'année. Ils font apparaître les périodes qui ont une importance pour la végétation : périodes sèches et humides, périodes chaudes et froides.



Suivant la définition de BAGNOULS-GAUSSSEN (1952), on considère qu'un mois est sec quand on a la relation $P < 2 T$ (P = total mensuel des précipitations en mm ; T = température moyenne mensuelle en degrés centigrades).

La période sèche est la suite successive des mois secs, la période froide est la suite successive des mois froids.

- L'indice xéothermique

L'indice xéothermique " X " représente approximativement le nombre de jours biologiquement secs au cours de la période de sécheresse. Il est établi en tenant compte de la quantité des précipitations de la façon dont elles tombent, de l'état hygrométrique et des condensations occultes : brouillard et rosée.

L'indice xéothermique de la période sèche est la somme successive des indices mensuels de cette période. Nous n'avons pas jugé nécessaire d'étudier dans le détail cet aspect, les autres (BAGNOULS-GAUSSSEN) l'ayant fait dans leurs études.

- Cartographie des bioclimats

Nous avons réalisé les cartes sur les climats du Chili grâce aux données météorologiques fournies principalement par l'Oficina Meteorologica de Chile (voir la carte bioclimatique hors-texte).

Ces cartes sont :

- La carte des précipitations annuelles,
- La carte des températures moyennes,
- La carte des indices xéothermiques.

A partir de ces trois éléments nous avons pu établir une carte bioclimatique de synthèse, bien que le nombre des stations météorologiques ait été un peu insuffisant.

Cette carte fait ressortir les nuances du passage des climats méditerranéens vers les climats tempérés et humides, qui dominent dans le Chili méridional.

Au Chili, les divers bioclimats s'ordonnent évidemment du Nord au Sud. Dans notre zone d'étude nous avons successivement :

- Climat Méditerranéen,
- Climat Subméditerranéen,
- Climat Axérique Tempéré Froid-Humide.

- Esquisse rapide des caractères de ces sous-climats

a) Climat méditerranéen

Il ne correspond qu'à un secteur de la partie Nord de la carte qui couvre la région de Concepcion et le bassin du rio Bio-Bio où il a un caractère atténué. Le climat présente des différences importantes avec le climat méditerranéen. Il a déjà un caractère mésoméditerranéen. Cependant il ressemble au climat méditerranéen à cause de la période humide un peu plus prolongée que la période de sécheresse. Dans la partie septentrionale (région de Concepcion) il présente 2 à 3 mois de sécheresse, en général presque semi-arides. Il y a 4 à 5 mois d'hiver à température moyenne inférieure à 10°C, et les mois de la plus grande activité végétative correspondent à mars-avril et octobre-novembre.

Dans le centre et le Sud du bassin du rio Bio-Bio (partie méridionale), on constate qu'il y a un à deux mois semi-arides avec des années beaucoup plus sèches. La température moyenne est inférieure à 10°C pendant 4 à 5 mois dans la partie centrale et 0 à 3 mois sur la côte ; les hivers sont longs sur la bande préandine. L'activité végétative est particulièrement active d'octobre à avril, avec une diminution variable de son intensité en été (janvier-février) presque toute l'année sur la côte (DI CASTRI, 1968).

b) Climat subméditerranéen

C'est le climat du bassin du rio Cautin et de la partie septentrionale du bassin du rio Valdivia. Il correspond au secteur de la vallée centrale, moins humide que les versants andin et côtier. On constate quand même l'importance décroissante de l'aridité bien que la pluviosité décroisse nettement en été, avec 3 à 4 mois subhumides et des périodes arides au cours des années particulièrement sèches. La température moyenne est inférieure à 10°C pendant 5 mois et la période végétative s'étale sur 10 à 11 mois.

c) Climat axérique tempéré froid et humide

A partir de l'embouchure du Rio Toltén et jusqu'à Chiloé, toute la côte et les innombrables fleuves et flots du Sud ont un climat axérique tempéré humide. Il faut cependant préciser que le climat des territoires situés autour d'Osorno et rio Bueno présente des caractères subméditerranéens, à cause de leur situation à l'Est d'une chaîne côtière assez développée (cordillère Pelada) qui les soustrait aux influences maritimes. Tout le reste de la région a un climat tempéré-froid pluvieux, dont le caractère principal est l'absence de période d'aridité (sauf pour quelques localités de Chiloé) et une potentialité végétative d'environ 9 mois. La période tempérée froide dure de 4 à 6 mois, mais il n'y a pas de mois à température moyenne au-dessous de 5°C ou à température minimale inférieure à 0°C.

La pluviosité et le nombre de jours de pluie augmentent surtout sur le versant du Pacifique. L'humidité relative atteint 84 % et il tombe entre 2000 et 3000 mm de pluie. Les tendances océaniques de cette région apparaissent avec évidence : écart thermique très petit et minima élevés.

II.- LES GRANDES LIGNES DE LA VEGETATION

1.- L'EXPRESSION CARTOGRAPHIQUE DE NOS RECHERCHES

Compte tenu de l'étendue du territoire étudié et des limites imposées par l'échelle utilisée pour la représentation cartographique, nous avons volontairement réduit nos objectifs à quelques grands points :

a) donner une description de la végétation naturelle comme de la végétation transformée par l'homme. Nous présentons une description physionomique en utilisant la notion de "formation végétale" que nous complétons par l'emploi de signes conventionnels. La composition des différentes formations indiquées sur la carte est largement explicitée dans le texte ;

b) préciser les conditions écologiques dominantes et les transcrire par l'intermédiaire d'une couleur conventionnelle ;

c) représenter les modes d'utilisation du sol dans leurs grandes lignes, localiser les cultures principales et apprécier leur importance relative ;

d) mettre en évidence les régions à forte densité humaine et essayer de prévoir les agressions auxquelles le milieu risque d'être soumis, de façon à envisager quelles mesures de protection doivent être prises.

Les moyens dont nous disposons ne nous ont pas permis d'étudier la totalité de cette zone sur le terrain même, surtout en ce qui concerne les régions montagneuses. Les Andes chiliennes tempérées sont rarement accessibles car les routes et autres équipements n'existent pas, ce qui fait que la montagne n'est pas praticable comme en Europe. Ce n'est qu'en passant par les cols qui permettent d'aller vers l'Argentine et en utilisant les quelques sentiers que l'on peut se faire une idée du milieu du haut du versant andin. En ce qui concerne la région de la Cordillère de la Côte, là aussi notre manque d'observations est assez grand. Les secteurs que nous connaissons le mieux sont des zones situées dans les Cordilleras de Nahuelbuta et Pelada. Dans la vallée longitudinale, notre connaissance du terrain est plus complète, nous avons fait des observations presque tout le long de la partie centrale et même dans les secteurs occidentaux de quelques lacs. Pour la région de Chiloé, nos observations se limitent de manière fragmentaire au secteur Nord-Est et central de l'île de Chiloé.

Le but et l'intérêt des cartes de la végétation ont été exposés en détail dans les publications de H. GAUSSEN, de P. OZENDA et de P. REY ; ce dernier a donné de nombreux exemples de l'utilisation scientifique et pédagogique de ces cartes. On trouvera dans les publications de ces auteurs l'exposé des principes de la représentation graphique et du choix écologique des couleurs, que nous supposons connus.

Une question délicate qui a été la source de beaucoup de difficultés était le choix de l'échelle. Compte tenu du territoire à représenter et des renseignements souvent insuffisants que nous avons sur la végétation nous avons choisi une petite échelle : 1/1 000 000, mais nous n'avons pas pu représenter des phénomènes complexes et assez importants, comme par exemple ceux qui existent dans la forêt valdivienne. A cause de ce problème d'échelle, nous avons eu recours essentiellement à une cartographie physionomique et nous avons choisi le terme "formation" comme le critère fondamental pour l'étude cartographique de la végétation chilienne. Nous avons voulu présenter plutôt les communautés des végétaux qui ont une certaine homogénéité physionomique et biologique en tenant compte, dans la mesure du possible de la composition floristique générale, de sorte que cette notion n'est pas utilisée dans son sens classique qui définit des ensembles de végétation pour des territoires très étendus mais il nous a paru plus commode de conserver le terme, de manière que cette étude soit accessible aux non-spécialistes.

Dans la carte de végétation, les facteurs d'humidité et de température apparaissent comme très importants et ce seront eux qui détermineront essentiellement les types de formations à distinguer. C'est ainsi que nous parlons d'abord de formations de feuillus et de formations de résineux, et ensuite de formations semi-sèches, mésophiles mésohygrophiles et de formations ombrophiles. A l'intérieur nous distinguerons d'autres formations que nous désignerons en fonction de la dominance d'une ou deux espèces. Dans le cadre de cette thèse nous ne suivrons pas toujours les termes des unités de végétation présentées sur notre carte, car, comme nous l'avons déjà mentionné, nous essaierons plutôt d'étudier la végétation en fonction d'une zonation par étages. Bien entendu, nous ne nous écarterons pas de la réalité car la notion d'étage peut comprendre plusieurs formations surtout dans le sens où nous utilisons ce terme de formation dans l'expression cartographique : l'ensemble des unités végétales qui ont une répartition écologique assez commune. Mais dans la description par étages que nous faisons de la végétation du Chili tempéré, il est possible de repérer les différentes formations décrites sur la carte, car les deux systèmes de classification sont faits sur une base commune en utilisant les facteurs écologiques du milieu comme critères de la division physionomique des espèces.

Nous avons renoncé à faire une étude par "séries" ou par "zones isopotentielles de végétation", principalement parce que nous pensons que ces notions sont surtout valables pour des cartes à échelle moyenne qui réclament des travaux beaucoup plus précis et intensifs sur le terrain, ainsi qu'une importante extrapolation de données que nous n'avons pas eu l'occasion d'avoir.

Au Chili les étages de végétation sont difficiles à délimiter car ils s'imbriquent presque partout d'une façon désordonnée, surtout dans le Sud du pays. Il est important de souligner que ces étages décrits pour le Chili tempéré ne se retrouvent pas dans tout le pays. Au niveau du parallèle de Concepcion comme vers le Nord et vers le Sud la végétation n'a pas exactement la même distribution et composition et ceci est dû aux causes orographiques pédologiques et bioclimatiques. Dans notre travail il sera question surtout de la végétation forestière.

Suivant le degré de spécialisation de la flore et la variation d'altitude, on distingue des sous-étages à l'intérieur de chaque étage de végétation. Au lieu de parler d'étage alpin nous parlerons d'étage andin. Nous présenterons la végétation, dans la mesure du possible, par étages à partir des altitudes les plus basses jusqu'aux plus hautes. et à l'intérieur de chaque étage nous ferons une étude des peuplements en allant de la formation la plus sèche à la formation la plus humide. Pour chaque étage, nous essayerons de présenter une brève description floristique. Pour ce qui concerne plus spécialement l'écologie de ces espèces, nous renvoyons aux travaux d'OBERDORFER, HUECK, SCHMITHÜSEN et DI CASTRI.

2.- LES FORETS, PREMIERE APPROCHE DE L'ETUDE DE LA VEGETATION

Notre vaste zone d'étude contient la plus grande partie des forêts et bois naturels du Chili, soit 80 % de leur superficie totale de tous les types de peuplements et, ce qui est encore plus significatif, 90 % de la superficie totale des forêts naturelles productives du Chili. Il est probable qu'avant l'intervention de l'homme, qui a perturbé l'équilibre de la nature, la totalité de cette région était couverte de forêts, à l'exception des parties situées en altitude au-dessus de la limite de la végétation forestière. Ces forêts devaient être généralement denses, composées surtout d'espèces feuillues. Cependant, on a émis l'hypothèse qu'au moment de la conquête espagnole, une grande partie de la plaine centrale n'était pas boisée de façon dense, et que les forêts s'y sont étendues ultérieurement (F. FUENZALIDA, 1966, F. MEYER, 1954). Il peut être intéressant de signaler que des fossiles trouvés en Patagonie démontrent qu'il existait dans cette région, probablement pendant le Miocène, des forêts de résineux ressemblant à certaines espèces du genre *Araucaria* (SKOTTSBERG, 1909; BRUGGEN, 1948). De même l'âge avancé des "Alerce" (*Fitzroya cupressoides*) qui se trouvent dans le secteur du Lac Llanquihue et Puerto Montt permet de penser que des forêts d'Alerce y ont existé pendant des milliers d'années.

A- La répartition actuelle des forêts

La végétation du Nord de la région tempérée constitue une espèce de zone de transition : on constate un changement de physionomie par rapport à la végétation principale. Les précipitations atteignent environ 700 mm par an et la température moyenne est de 15°C. La Cordillère littorale est couverte de forêts peu denses avec des essences à feuilles persistantes comme *Quillaja saponaria*, *Peumus boldus*; la vallée axiale est couverte par le "matorral" méditerranéen et l'"espinal" steppique à *Acacia caven*. Des forêts hygrophiles à *Nothofagus obliqua* s'installent çà et là en même temps que dans les Cordillères apparaît le plus beau Conifère du Chili, *Araucaria araucana*, qui se situe surtout entre les 37°30 et 40° Sud.

La plaine centrale n'a aujourd'hui presque plus de végétation naturelle à cause de l'intense exploitation qui en a été faite depuis longtemps. A partir du 39°40 Sud environ, il y a une certaine homogénéité dans les formations végétales, compte-tenu de l'augmentation de la pluviosité et de l'humidité des sols. Sur les versants des Cordillères, les formations dominantes sont celles des différents *Nothofagus* et Conifères, notamment *Fitzroya cupressoides*.

Plus au Sud, au-delà du 41ème parallèle sur la Cordillère de la Côte, on trouve une forêt exubérante, persistante, où se mêlent les *Nothofagus dombeyi* et *Nothofagus obliqua* avec des Podocarpacees, des Myrtacées, des lianes, des épiphytes et des fougères arborescentes : c'est la forêt valdivienne.

La formation valdivienne typique a l'aspect d'une forêt très dense développée avec des arbres qui atteignent jusqu'à 40 m de haut. *Nothofagus dombeyi* est la Fagacée la plus répandue et l'espèce la plus haute de la formation; on constate également la présence d'arbres sempervirents du type *Magnolia* (*Drimys*) ou Laurier, en même temps que l'on s'aperçoit de la pauvreté en Conifères. Cette forêt qui a des caractéristiques bien à elle est presque impénétrable à cause de son sous-bois luxuriant; l'importante hygrophilie se traduit par une grande richesse en épiphytes et l'abondance de Myrtacées. Des espèces à feuilles caduques apparaissent parmi lesquelles *Nothofagus antarctica* et *Nothofagus pumilio* ont une grande importance.

Dans la province de Chiloé domine encore une forêt ombrophile et cela malgré quelques périodes de sécheresse dans certaines localités. *Nothofagus dombeyi* domine et *Nothofagus nitida* est une espèce subdominante, alors que *Nothofagus obliqua* est presque complètement absent. Aussi les associations arbustives partiellement submergées nommées les "ñadis" se trouvent à partir de la province de Llanquihue souvent accompagnées de *Drimys* et *Embotrium coccineum*.

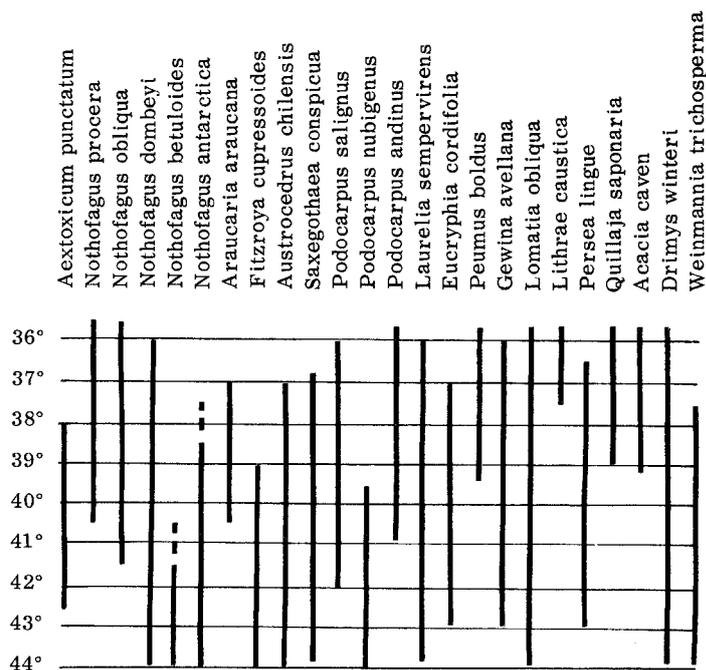


Tableau III . - Dispersion de quelques espèces caractéristiques des forêts du Chili tempéré et des formations limitrophes.

Les espèces naturelles les plus notables du pays sont représentées sur toute la surface de la zone tempérée du Chili et c'est ce qui en fait l'originalité du point de vue de la végétation. Mieux, dans ce milieu, divers types de végétation forestière existent et ces types ne se trouvent plus dans le Nord ni dans le Sud de la région, sauf quelques zones dont la surface varie dans la province de Magellan.

a) Formations à Nothofagus

Une caractéristique des forêts actuelles est la prédominance d'espèces du genre *Nothofagus* (Fagaceae).

En dehors de l'Amérique du Sud et surtout du Chili, on trouve des espèces de *Nothofagus* en Nouvelle Zélande, en Tasmanie, en Nouvelle Guinée et en Australie. Dans les forêts naturelles de cette région du Chili, on estime que six espèces de *Nothofagus*, dont deux à feuilles persistantes et quatre à feuilles caduques constituent ensemble les deux tiers des peuplements, le tiers restant comprenant un certain nombre de feuillus, surtout à feuilles persistantes, et huit espèces de Gymnospermes.

Les peuplements mélangés sont beaucoup plus nombreux que les peuplements purs. Cependant, étant donné que la présence de chaque espèce dépend beaucoup de la latitude, de l'altitude et d'autres facteurs, chaque station, même dans le cas de peuplements mélangés, comporte rarement plus de huit ou dix espèces dont trois ou quatre seulement sont prépondérantes.

Les espèces à feuilles caduques de *Nothofagus* se rencontrent surtout dans le Nord et le Centre de la région à savoir les provinces d'Arauco, Malleco, Cautin, Valdivia et Osorno, à l'exception des plateaux et des pentes extérieures de la Cordillère côtière de ces provinces. Dans la zone Nord, moins humide, les principales espèces à feuilles caduques qui sont toujours dominantes dans les peuplements où elles se trouvent sont le "roble" (*Nothofagus obliqua*) et le "rauli" (*Nothofagus procera*).

On peut considérer que les provinces de Valdivia et Llanquihue constituent les limites Sud de ces essences. On trouve aussi une autre espèce à feuilles caduques, le "Nirre" (*Nothofagus antarctica*) mais à des altitudes plus élevées en général de 1 300 m à la limite de la végétation arborescente, soit 1 800 m dans cette zone. Cependant on trouve fréquemment le "Nirre" sous forme d'arbres bas ou broussailles à partir de 800 m d'altitude et au-dessous dans des fonds de vallées mal drainées.

Les espèces à feuilles caduques de la zone Nord sont généralement associées à des végétaux à feuilles persistantes. Le principal arbre feuillu dominant est le "Coigüe" (*Nothofagus dombeyi*) qui cependant a tendance à constituer des peuplements purs et très abondants, formant plus de 40 % des forêts de la province de Valdivia.

b) Les formations de résineux

L'association souvent intime d'espèces de Gymnospermes et d'essences feuillues est un trait caractéristique des forêts naturelles du Chili. On trouve neuf espèces indigènes de Conifères.

Parmi les plus importantes il faut mentionner *Araucaria imbricata* variété *araucana* (le "pehuén") qui s'étend essentiellement dans les Andes entre 37°30' et 39°30' de latitude Sud à partir d'une altitude de 1200 m jusqu'à la limite de la végétation arborescente dans la région, ainsi que dans la Cordillère côtière de Nahuelbuta légèrement au Nord du 38ème parallèle. Il forme soit des peuplements purs soit mélangés avec le "coigüe" et le "ñirre". Ensuite, le *Fitzroya cupressoides* ("alerce") est une espèce de la forêt pluvieuse ; il est limité, dans la cordillère côtière de la province de Valdivia, à des altitudes supérieures à 300 m. Plus au Sud, dans la province de Llanquihue, on le trouve un peu dans la plaine centrale sur des sols marécageux. Il continue à apparaître dans des stations humides et dans les secteurs andins des provinces de l'extrême Sud de la région. Dans des conditions favorables, il a une grande taille et son âge peut atteindre 2000 ans ou davantage.

Parmi les autres Conifères, le "ciprès de la Cordillère" (*Austrocedrus chilensis*), le "lleuque" (*Podocarpus andinus*) et le "mañio" (*Podocarpus salignus*) se trouvent surtout au Nord de la province d'Osorno. Le "mañio hembra" (*Saxegothaea conspicua*), le "mañio macho" (*Podocarpus nubigenus*) et le "ciprès de las Guaitecas" (*Pilgerodendron uviferum*) caractérisent davantage les zones à fortes précipitations et on les trouve plus au loin vers le Sud. Le "ciprès de la cordillera" aime les stations rocheuses, le "lleuque" est relativement rare. Le "mañio" apparaît dans les deux cordillères aussi bien que dans la plaine centrale. C'est en général un élément de sous-bois, au-dessous des espèces dominantes à feuilles caduques ou persistantes. Le "ciprès de las Guaitecas" est dominant en stations humides. Le "mañio hembra" et le "mañio macho" sont souvent des espèces subdominantes, bien que parfois on les trouve avec d'autres feuillus.

B- Relation entre la végétation du Chili tempéré et celle des régions septentrionale et méridionale

Dans la partie septentrionale de notre zone d'étude, nous nous trouvons à la limite méridionale de la formation à végétation laurifoliée. zone que SCHMITHÜSEN appelle la région des forêts subtropicales de sclérophytes et xérophytes du Chili central.

Au Chili, une grande partie des forêts laurifoliées s'est maintenue à l'état de petits flots dans les gorges ou sur les versants Nord. Sur les surfaces largement pâturées, essentiellement le long des vallées, on trouve des peuplements clairsemés de trois mètres de hauteur d'*Acacia caven* épineux qui font penser à la savane épineuse de la région tropicale à pluies estivales. Mais pour HUECK (1966), comme pour WALTER (1962), il ne s'agit pas d'une savane véritable, car il lui manque la strate herbacée fermée pérenne ; cette association hétérogène est considérée par la plupart des botanistes comme un stade de dégradation par le feu de la végétation laurifoliée.

Si l'on suit la vallée longitudinale en direction du Sud, les précipitations augmentent et la végétation laurifoliée recouvre plus largement les versants Nord et s'étend jusqu'aux environs de 41° Sud. Les peuplements d'*Acacia caven* sont plus épais et finalement, pour des précipitations supérieures à 700 mm, ils sont pénétrés sur les surfaces de plaines par une végétation laurifoliée ; ceci n'apparaît à l'heure actuelle que dans les bosquets d'arbres ou autour des arbres isolés. En montagne, l'étage altitudinal supérieur correspond dans la partie septentrionale de la zone laurifoliée au type méditerranéen aride. Dans la partie méridionale de la même zone par contre, il correspond à la série des étages humides ; d'autre part il s'intercale dans l'étage de la forêt pluviale tempérée du Chili méridional. Nous sommes alors dans notre région d'étude, celle des forêts tempérées.

La limite Sud de cette zone tempérée est plus difficile à préciser parce que le 44ème parallèle qui passe dans la province de Chiloé ne correspond à aucune limite précise, ni de la végétation, ni du climat, ni de la géomorphologie de la région.

La richesse de la forêt, la hauteur des peuplements et surtout la richesse en espèces diminuent fortement par rapport à la forêt pluviale valdivienne même si par endroits elle est fort semblable à cette dernière ("forêt de Chiloé").

Précisément, la région phytogéographique de l'île de Chiloé correspond à la limite Sud de la forêt valdivienne mais constitue surtout la limite Nord de la forêt pluviale nord-patagonienne qui s'étend jusqu'à l'extrême Sud du pays. Ici encore *Nothofagus dombeyi* joue le rôle essentiel. La forêt qui, dans la région valdivienne, préfère les zones d'altitude, atteint maintenant le niveau de la mer.

Beaucoup d'arbres qui étaient présents dans la forêt valdivienne, au niveau des zones basses, sont absents ici.

Parmi les Conifères, *Pilgerodendron* et *Podocarpus nubigenus* jouent un grand rôle. *Pilgerodendron*, dans plusieurs îles de l'archipel des Chonos, constitue l'essentiel des peuplements et domine principalement dans les zones d'altitude. *Drimys winteri* n'est plus dans le Nord cantonnée aux forêts de ravins, mais cette espèce constitue de grands peuplements essentiellement sur des sols marécageux et tourbeux. Dans la zone nord-patagonienne on trouve à basse altitude de petits marais, alors que dans la forêt valdivienne on n'en trouve que sur les zones élevées de la Cordillère côtière.

3.- DESCRIPTION DES ETAGES DE VEGETATION ET DES PRINCIPAUX GROUPEMENTS

A - Etage de type méditerranéen

FORMATION STEPPIQUE SECHE OUVERTE A ACACIA CAVEN (Espino)

Répartition géographique

Son aire de distribution correspond à la partie Nord de la zone tempérée et plus particulièrement au secteur septentrional du bassin du rio Bio-Bio ; il y a quelques dizaines d'années, il s'étendait jusqu'au niveau du 36ème parallèle. C'est un groupement typique de la plaine, mais on le retrouve quand même jusqu'à 600 m, et souvent sur le versant andin mélangé avec les rares *Nothofagus megalocarpa* ("roble del Maule") qui restent.

Conditions écologiques

La formation se développe sous un climat méditerranéen avec des précipitations moyennes de 600 à 700 mm par an, mais avec une longue saison estivale de 5 mois minimum. Le versant Pacifique est un peu plus arrosé, ce qui donne une physionomie plus riche à la végétation de cette zone. Dans les secteurs côtiers, la sécheresse même au milieu de l'été est fortement atténuée par les températures plus basses et le brouillard, aussi, sur le versant Ouest des Andes, les conditions bioclimatiques sont-elles favorables à la végétation laurifoliée.

La température moyenne du mois le plus froid se situe entre 0° et 10° C. Les sols dominants sont bruns non calciques surtout dans les endroits bien drainés.

L'influence de l'homme s'est fait fortement sentir dans le bassin du rio Bio-Bio depuis longtemps. Le défrichage et surtout l'exploitation extensive des sols donnent aujourd'hui un paysage artificiel dans lequel les cultures de céréales, les fruitiers et les pâturages occupent la place la plus importante.

Physionomie

Ce groupement du point de vue phytogéographique correspond à la limite Sud de la formation xérophytique nommée le "matorral" à *Acacia caven* ou "espino". Le paysage a la physionomie d'une steppe arbustive ouverte de 3 à 4 m de haut avec des arbres et des arbustes épineux. Le long des vallées on trouve des peuplements clairsemés de 3 m d'*Acacia caven*, en forme de parasol et qui donnent la sensation d'une savane épineuse tropicale bien qu'il lui manque une strate herbacée fermée.

A mesure qu'on avance vers le Sud, les peuplements d'*Acacia caven* sont plus épais et finalement pour des précipitations supérieures à 700 mm, ils sont pénétrés sur les surfaces planes par une végétation laurifoliée. Ceci n'apparaît à l'heure actuelle que dans les bosquets d'arbres ou arbres isolés. Ce peuplement hétérogène est considéré par la plupart des botanistes comme un stade de dégradation de la végétation laurifoliée due au pâturage et au feu. Il est tout à fait possible, vu les conditions bioclimatiques, que la zone à épineux, transition entre le semi-désert et la végétation laurifoliée, se soit avancée autrefois encore plus loin vers le Sud dans la partie plus sèche de la vallée longitudinale.

Composition botanique

L'élément arborescent dominant dans la formation est *Acacia caven*, accompagné d'autres arbres mésophiles de taille moyenne comme *Lithraea caustica* ("litre"), *Quillaja saponaria* ("quillay"), *Trevoa trinervis* ("trevo"), *Schinus dependens* ("molle"), *Adesmia parqui* ("palqui") et *Peumus boldus* ("boldo").

Dans le tapis herbacé il y a aussi plusieurs Graminées qui appartiennent aux genres *Stipa*, *Bromus*, *Nassella* et *Melica*.

Intérêt économique

Pratiquement cette formation a été complètement dégradée par l'homme dès les premiers siècles de la colonisation espagnole. L'utilisation du bois pour l'usage domestique et le chauffage d'abord, puis la recherche de champs de culture, ont conduit à un fort défrichage des peuplements d'*Acacia caven*. Au point de vue commercial l'"espino" et ses espèces compagnes n'ont aucune valeur économique.

B- Etage collinéen

L'étage collinéen s'étend depuis le niveau de la mer jusqu'à 700 m environ. En fonction de l'altitude on le trouve dans les deux cordillères de la zone tempérée ; dans les Andes il présente quelquefois différents niveaux.

**FORMATION SEMI-SECHE DE SAVANE OUVERTE A PEUMUS BOLDUS (Boido)
ET QUILLAJA SAPONARIA (le Quillay)**

- Répartition géographique

Cette formation se trouve également et essentiellement dans la plaine centrale sur la partie méridionale du bassin du rio Bio-Bio. Elle est d'autre part à la limite de son expansion. Ces forêts montent jusqu'à 800 ou 900 m dans les Andes, c'est-à-dire dans le niveau montagnard inférieur. Dans la cordillère côtière, elles se cantonnent sur la moitié Nord de la zone à feuillage persistant. Les peuplements à Quillaja saponaria existent plus particulièrement dans la partie méridionale de l'aire de distribution de cette espèce, surtout dans les vallées et les creux. Dans les montagnes du Chili central, ils constituent la ceinture forestière supérieure entre 1000 et 1200 m et se trouvent donc dans le Montagnard.

- Conditions écologiques

Les précipitations sont toujours de caractère méditerranéen, avec une pluviométrie qui ne dépasse pas 800 mm par an et une longue saison sèche. Quillaja saponaria peut cependant se trouver dans des endroits où les précipitations atteignent 1000 mm.

Les sols sont toujours bruns calciques à structure fine ; dans certains secteurs ils sont très affectés par l'érosion intensive, ce qui leur a donné un caractère squelettique ; c'est pourquoi, aussi bien sur la côte qu'à l'intérieur de la plaine centrale, depuis environ 30 ans, on a mis en oeuvre un plan de reboisement fondamentalement basé sur deux espèces : un Conifère américain, Pinus radiata, et un feuillu très répandu dans le Chili méditerranéen : Eucalyptus globulus.

L'action humaine est fortement marquée. Depuis longtemps on cultive spécialement des céréales et plus particulièrement du blé. Le pâturage et le fourrage occupent des surfaces importantes remplaçant habituellement la végétation spontanée. Malgré la dégradation on trouve encore Quillaja saponaria dans la dépression longitudinale soit en forêts, soit en bosquets ou en arbres isolés. Là où il y a encore des peuplements, ceux-ci sont souvent plus clairsemés que les forêts à Peumus boldus ; ceci est la conséquence d'un pâturage intensif, le bétail pénétrant souvent dans la forêt.

- Physionomie

La formation est plutôt une forêt clairsemée atteignant de 10 à 16 m de hauteur. Ce sont des arbres toujours verts, qui poussent la plupart du temps dans les endroits secs et pierreux, en exposition Nord. Le caractère fortement xérophile de cette forêt est souligné par un sous-bois à Acacia caven qui se développe en fonction de la pression humaine sur la forêt.

- Composition botanique

Les espèces dominantes sont Quillaja saponaria et Peumus boldus. En association on trouve : Lithraea caustica, Maytenus boaria, Adesmia arborea, Colliguaya odorifera. Le tapis herbacé est assez riche.

Les taillis épineux -principalement à Acacia caven- et la lande à Fabiana imbricata constituent une végétation secondaire sur les emplacements des anciennes forêts de "boldo" et de "quillay" dégradées. Ils se trouvent surtout dans la partie centrale la plus sèche de la vallée longitudinale et sont quelquefois présents aussi comme dans toutes les régions où ils peuvent disposer de 800 mm de précipitations. Ces bandes occupent des surfaces importantes dans le Sud de la région.

- Intérêt économique

Ce peuplement n'a pas de grande valeur commerciale. Ces espèces ne sont d'aucune utilité du point de vue forestier ; elles servent surtout de bois de chauffage et aussi de plantes médicinales utilisées par les paysans.

FORMATION MESOPHILE OUVERTE A NOTHOFAGUS OBLIQUA (Roble)

- Répartition géographique

C'est le groupement forestier le plus répandu du Chili tempéré, surtout dans la vallée longitudinale. Les "robles", à cause de leur ressemblance avec le genre commun, sont appelés les "chênes de l'Amérique du Sud". La distribution latitudinale est très vaste ; on le trouve entre les parallèles 34 et 41 Sud. La limite altitudinale se trouve environ à 700 m tandis qu'au Nord du 37ème parallèle la forêt à Nothofagus obliqua monte jusqu'à plus de 1000 m.

- Conditions écologiques

Le "roble" a normalement besoin de précipitations annuelles supérieures à 600 mm. Il pousse très bien aussi dans le Sud de son aire de dispersion dans laquelle il reçoit des précipitations de l'ordre de 2000 mm par an. Les forêts à Nothofagus obliqua colonisent en grande partie les sols trumao de la plaine centrale. Elles se trouvent surtout sur les meilleurs sols très décomposés en profondeur avec des horizons humifères bien constitués ; la plupart du temps sur des versants à faible pente. Là où l'action du vent et de la pluie a été extrêmement importante, la forêt a été détruite sans être remplacée par une autre végétation, et on voit apparaître des surfaces d'érosion qui constituent de petits ravins souvent d'argile brun-rouge qui donnent naissance à des bad-lands typiques dans le paysage. Quand dans le fond de la vallée la nappe phréatique stagne, la forêt à "roble" évolue vers une forêt marécageuse. De même les pentes sèches formées de matériel fin ne constituent pas un milieu propre pour les peuplements à Nothofagus obliqua.

L'action anthropique dans ces groupements s'est fortement fait sentir à cause de la recherche intensive de terrains de culture et de pâturages dans la plaine centrale, comme aussi pour la forte exploitation du bois. Aujourd'hui, les grands ensembles de forêts à *Nothofagus obliqua* n'existent plus. Il n'existe plus que des peuplements purs cantonnés dans les vallées de la cordillère ou sur les pentes trop inclinées. On trouve quelques bosquets et des arbres isolés surtout près des rivières souvent dans la vallée longitudinale.

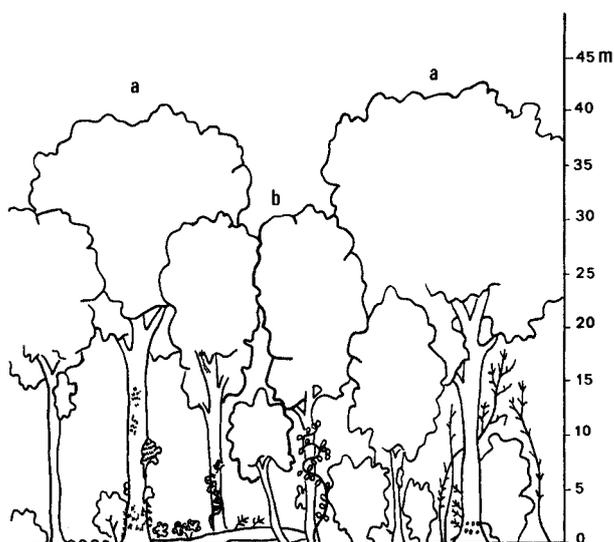
- Physionomie

Nothofagus obliqua forme des peuplements ouverts de 30 à 35 m de haut et quelques arbres ont encore une taille plus importante. La plupart des *Nothofagus* sont caractéristiques avec un tronc mince et droit. En hiver, quand le feuillage est mort, cette forêt ressemble à une Chênaie d'Europe occidentale.

- Composition botanique

Surtout dans le Nord de la région *Nothofagus obliqua* est l'espèce dominante ; petit à petit, à mesure que l'on avance en latitude, elle est accompagnée par d'autres essences subdominantes comme *Persea lingue*, *Laurelia serrata* et *Gewina avellana*. En même temps, dans la strate arborescente, mais à moindre altitude, on trouve des espèces de 12 à 18 m de haut comme *Laurelia sempervirens*, *Eucryphia cordifolia*, *Peumus boldus*, *Podocarpus salignus* et *Drimys winteri* (fig. 6).

Vers la côte, sur les endroits plus humides à l'intérieur de la forêt, on trouve une couverture herbacée dense. Dans l'extrême Sud de son aire de distribution, *Nothofagus obliqua* constitue la forêt des zones basses et dans les stations froides, il est pénétré par *Nothofagus dombeyi*.



a: *Nothofagus obliqua*. b: *Persea lingue*.

Fig. 6 - Aspect de la végétation à *Nothofagus* et *Persea lingue* près du lac Villarica au 39°20 Sud (d'après OBERDORFER).

- Intérêt économique

Le bois de "roble" a été utilisé depuis longtemps pour la construction des habitations, ponts, traverses de chemin de fer, poteaux électriques. Cette exploitation a été aggravée par des défrichements, si bien qu'aujourd'hui étant donné la forte diminution des réserves, on le considère comme une des premières espèces à reboiser.

FORMATION MESOPHILE OUVERTE A *NOTHOFAGUS OBLIQUA* (le Roble) ET *N. PROCERA* (le Rauli)

- Répartition géographique

Les deux espèces ont une aire de répartition semblable, mais *Nothofagus procera* ne dépasse guère les 40° Sud, alors que le *Nothofagus obliqua* se trouve dans la plaine jusqu'au 42ème parallèle. *Nothofagus procera* est présent dans le niveau supérieur de l'étage collinéen à partir de 600 m. Les forêts à *Nothofagus procera* ont une grande amplitude altitudinale puisqu'on les trouve de 600 à 1200 m. *Nothofagus obliqua* est présent dans le niveau inférieur de l'étage montagnard jusqu'à 900 m environ.

- Conditions écologiques

Pour *Nothofagus obliqua*, voir plus haut. *Nothofagus procera* est cantonné sur le versant occidental des Andes, car il est exigeant en humidité. Il supporte des climats froids et des stations exposées au vent, aussi il est résistant à la pourriture et aux variations d'humidité.

- Physionomie

Les forêts de "roble" et de "rauli" ont aujourd'hui, surtout dans le Nord de leur aire, une physionomie de forêt-parc. Ceci est dû essentiellement à une exploitation intense à laquelle la région a été soumise depuis longtemps pour la mise en place de terrains de culture et pour l'élevage. Pourtant la formation a la physionomie d'un groupement ouvert avec parfois de petits bosquets, principalement à *Nothofagus procera*, qui ont tendance à former des groupements purs à partir de 900 m. Les arbres atteignent 40 m de haut et ont des troncs de 2 m de diamètre.

- Composition botanique

Cette formation est exclusivement dominée par des espèces vertes en été. Au-dessus de 900 m, *Nothofagus procera* domine, accompagné de *Nothofagus obliqua*, *Persea lingue* et surtout *Nothofagus dombeyi* au niveau supérieur de sa dispersion altitudinale. Dans la strate arbustive inférieure, on peut mentionner : *Eucryphia cordifolia*, *Aextoxicum punctatum* et *Laurelia serrata*. A côté de *Nothofagus procera* à grandes feuilles, on trouve une espèce à petites feuilles (*Nothofagus alpina*).

- Intérêt économique

Le "rauli" est un arbre chilien d'excellente qualité. Son bois est exploité de manière intensive, il est utilisé pour tous les types de construction et dans la fabrication de meubles. Le "roble" est lui aussi très utilisé pour la construction. A cause de l'exploitation intensive à laquelle ils ont été soumis depuis longtemps, ces deux *Nothofagus* doivent être considérés parmi les premiers à être régénérés par le reboisement.

FORMATION HYGROPHILE SEMI-OUVERTE A NOTHOFAGUS NITIDA ET N. BETULOIDES

- Répartition géographique

Cette formation est présente dans le Sud de la province de Llanquihue et dans une grande partie de celle de Chiloé particulièrement sur la grande île. Dans la zone de Llanquihue, la formation se situe surtout en plaine, tandis qu'à Chiloé elle monte jusqu'à plus de 800 m d'altitude spécialement dans la cordillère de San Pedro et sur le versant occidental andin. En général ces forêts à *Nothofagus* occupent une surface réduite et ne montent pas à une grande altitude.

- Conditions écologiques de l'ensemble de la formation

Les groupements poussent souvent sur des terrains plats ou à faible pente, mal drainés. Quand le sol est plus fertile *Nothofagus nitida* est remplacé par *Nothofagus dombeyi* et les espèces compagnes de la forêt valdivienne. Les conditions d'humidité sont très accentuées pendant toute l'année avec une saison sèche extrêmement courte et une longue saison hivernale. ce qui donne toujours à la végétation un excédent en eau. L'action anthropique est moins importante que celle que nous avons constatée sur les formations situées plus au Nord dans le Chili tempéré. Il existe cependant un processus de défrichement de la forêt de plus en plus continu de la part des paysans pour exploiter des petits secteurs de terrain pour la culture de la Pomme de terre et pour l'élevage du mouton. Il faut ajouter également que, dans cette formation, surtout dans les pré-Andes beaucoup d'incendies ont fortement dégradé la forêt.

- Physionomie de la formation et composition botanique

Dans ces forêts *Nothofagus nitida* ("coigüe de Chiloé") remplace *Nothofagus obliqua* car les conditions d'humidité et les basses températures sont extrêmes. Dans la cordillère de San Pedro se trouve la station la plus méridionale de *Nothofagus nitida* et *Aextoxicum punctatum*.

Le "coigüe" de Chiloé dans les secteurs marécageux est remplacé par *Nothofagus antarctica* ou bien *Pilgerodendron uviferum*. Au Nord de Chiloé il est accompagné principalement par *Nothofagus betuloides* ainsi que par des *Carex* en touradons, des espèces de marécages (plantes en coussinets). Sur les terres moins immergées la composition floristique est plus riche et nous trouvons *Nothofagus betuloides*, *N. antarctica*, *Pilgerodendron uviferum*, *Saxegothaea conspicua*, *Schoenus antarcticus*, *Astelia pumila* et *Donata fascicularis*. Toutes ces espèces, mis à part le *Saxegothaea conspicua*, se trouvent jusque dans l'extrême Sud du pays où elles sont caractéristiques de la lande magellanique.

L'autre *Nothofagus* dominant de cette formation est le *Nothofagus betuloides* ("roble de Magellanes") lequel, avec *Nothofagus pumilio* ("lenga") constituent les deux espèces dominantes de la forêt méridionale pluviale subantarctique avec des précipitations qui dépassent souvent les 3000 mm. Ces forêts occupent des surfaces importantes sur les deux versants de la cordillère andine. *Nothofagus betuloides* a besoin de beaucoup d'eau, c'est une espèce à feuilles persistantes qui correspond à un arbre de moyenne montagne. Il ne dépasse pas 700 m d'altitude dans le versant Pacifique, mais sur le versant andin il monte jusqu'à 900 m. C'est une espèce secondaire

de la forêt mixte à *Nothofagus obliqua* et *Laurelia sempervirens* cantonnée très au Sud de cette formation surtout dans des endroits plus humides. Dans les parties supérieures de la forêt de "lenga", *Nothofagus betuloides* occupe une place considérable et dans la forêt de Magellanes c'est l'espèce dominante. Ses troncs sont tourmentés, la couronne est petite et en forme d'entonnoir. Les arbres atteignent 18 à 20 m de haut et vers le Sud les individus deviennent plus petits, 10 à 12 m. La strate arborescente est uniforme et très pauvre en espèces. On y trouve quelques Myrtacées et certains Conifères tels que *Podocarpus nubigenus*.

Au point de vue économique, la plupart des espèces de la forêt à *Nothofagus* de Chiloé n'ont pas de valeur commerciale importante. On utilise souvent les arbres pour faire du charbon végétal.

FORMATION HYGROPHILE DENSE DE LA FORET DE CHILOE A *PILGERODENDRON UVIFERUM*

- Répartition géographique et conditions écologiques

Cette formation correspond plutôt aux zones des terres basses de l'extrême Sud de la vallée longitudinale. De même on la trouve dans la grande fîe de Chiloé très dégradée dans la partie septentrionale et côtière et sur le versant occidental des Andes méridionales, dans l'étage collinéen.

Les groupements végétaux de la forêt de Chiloé ne se laissent pas délimiter avec autant de précision que les précédents. La richesse de la forêt, la hauteur des peuplements et surtout l'abondance des espèces diminuent nettement par rapport à la forêt pluviale valdivienne, même si par endroits elle est fort semblable à cette dernière. La transition entre la forêt valdivienne et les forêts à feuilles persistantes plus méridionales se fait justement au niveau de Chiloé par une large zone située entre les 42° et 43° Sud. La forêt qui dans la région valdivienne préfère surtout les zones d'altitude atteint ici le niveau de la mer.

Le Sud de Chiloé est influencé par les vents d'Ouest permanents et reçoit beaucoup de pluies. Le maximum pluviométrique se produit pendant les mois de printemps et d'été et les pluies suffisent la plupart du temps à maintenir les pâturages verts.

Il y a, dans la formation, un Conifère tout petit, *Dacrydium foncki* ("ciprés-enano"), qui pousse souvent de façon isolée dans les terrains de marais.

Sur les dunes côtières Pacifiques de Chiloé s'est installée une association forestière qui est particulièrement intéressante. D'après SCHMITHÜSEN (1956), on y trouve plusieurs espèces dont la limite septentrionale se situe dans la forêt de Fray Jorge vers le 31ème parallèle. Ces espèces sont essentiellement : *Aextoxicum punctatum* et *Raphitamnus spinosus* ("espino negro"). *Aextoxicum punctatum* est installé sur des sables dunaires très secs et il est à l'état presque pur. On le trouve également dans la zone de la forêt pluviale valdivienne sous des conditions climatiques très humides. D'ailleurs le Nord de Chiloé constitue la limite méridionale de *Aextoxicum punctatum*. D'autre part *Eucryphia cordifolia* et *Laurelia philipiana* jouent un grand rôle dans cette forêt à côté des *Nothofagus*.

Drimys winteri ("canelo") est une espèce secondaire particulièrement abondante des forêts de cette zone. Ici elle n'est plus comme dans le Nord cantonnée aux forêts de ravins, mais elle constitue de grands peuplements sur des sols marécageux et tourbeux.

Les marais se trouvent dans les zones basses, alors que dans la forêt valdivienne ils étaient localisés dans les zones élevées de la cordillère côtière. A Chiloé on trouve des *Sphagnum* et des *Drosera*, essentiellement *Drosera uniflora* ("atrapa moscas").

FORMATION FERMEE HYGROPHILE DE LA FORET VALDIVIENNE

- Situation géographique et conditions écologiques générales

Elle se situe à peu près entre les 40° et 42° de latitude Sud et forme une bande continue depuis l'étage collinéen. à partir du niveau de la plaine centrale jusqu'à 900 m environ. D'après HAUMANN (1916), malgré la très grande uniformité de son aire de distribution, de légères variations existent dans la composition de cette forêt : certains éléments présents s'appauvrissent à mesure que l'on s'approche des limites Nord, de l'Ouest et du Sud, ou qu'on s'élève dans la montagne ; quelques autres disparaissent complètement quand les conditions écologiques changent radicalement ; mais en définitive la zone comprise entre les latitudes 40° et 41°30' constitue principalement le coeur de la région phytogéographiquement nommée la "forêt valdivienne". Cette région se caractérise par l'existence d'un été encore moyennement chaud avec des pluies importantes (2000 à 3000 mm par an), régulièrement réparties ; la présence constante de brouillards matinaux en bordure du littoral donne à la forêt un milieu toujours humide. L'abondance des précipitations, l'existence de sols bien drainés avec une nappe phréatique pas très profonde, la grande humidité et la chaleur constante permettent le développement d'une forêt pluviale de 40 à 50 m de hauteur, d'une grande richesse floristique avec essentiellement des arbres à feuilles persistantes.

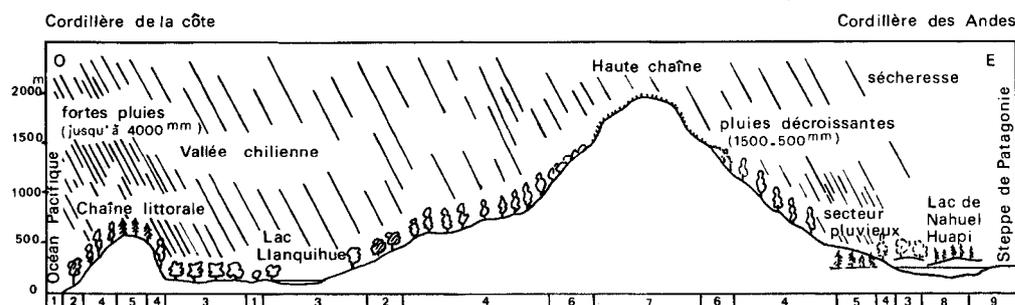


Fig. 7 - Profil schématique de la couverture végétale dans la région valdivienne (de la Cordillère littorale chilienne à la steppe de Patagonie).- 1. Forêt sempervirente à arbres de taille moyenne.- 2. Forêt dense sempervirente valdivienne.- 3. Forêt de Hêtres décidus.- 4. Forêt de Hêtres sempervirents (*Nothofagus dombeyi*).- 5. Forêt de Conifères (*Fitzroya*).- 6. Fourré de Hêtres (*Nothofagus*).- 7. Etage alpin.- 8. Forêt de Conifères (*Libocedrus* du Chili).- 9. Steppe patagonienne.- (Tiré de HUECK, *Die Wälder Südamerikas*, 1966).

- Physionomie de la forêt valdivienne

Ce type de forêt comporte un grand nombre d'arbres à grandes feuilles comme celles du Magnolia ou du Laurier. Quelques arbres ont de profondes racines comme dans la forêt tropicale ; de même la forêt pluviale est caractérisée par une grande richesse de lianes, fougères et épiphytes ; elle possède une riche strate muscinale. Les genres et familles qui sont représentés ont une affinité tropicale.

Les espèces les plus importantes au point de vue forestier et physionomique de cette formation, et que l'on trouve de façon isolée dans les autres forêts, sont : *Aextoxicum punctatum*, qui donne, pour beaucoup d'auteurs, le nom aux groupements côtiers ; *Eucryphia cordifolia*, *Laurelia sempervirens*, *Drimys winteri*, *Maytenus boaria*, *Gewina avellana* ("avellano"), *Myrceugenia apiculata* ("arrayan"), *Lomatia ferruginea* ("romerillo"), *Weinmannia trichosperma* ("tineo"), *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus obliqua* et *Nothofagus procera*, qui sont surtout abondantes aux bords de la formation, et *Nothofagus pumilio* et *N. antarctica* qui existent dans une étroite bande en altitude à la limite de la forêt.

Les arbres sont parfois tellement serrés qu'ils ne laissent pas passer la lumière, de telle sorte qu'il n'y a pas de strate inférieure importante. Cette forêt est riche en endémiques au caractère tropical tertiaire, de lignées néotropicales et australo-antarctique qui ont survécu depuis les glaciations.

De façon marginale des peuplements à *Myrceugenia apiculata* constituent un fourré et bordent les eaux courantes dans la forêt pluviale valdivienne. Normalement ce sont des peuplements de 10 m de haut aux branches recourbées, sous lesquels il n'y a pas de strate herbacée.

Sur la chaîne littorale, la forêt valdivienne monte également jusqu'à 900 m. Elle est représentée par des formations à *Nothofagus dombeyi* qui constituent la limite altitudinale de la forêt en mélange avec un grand Conifère, *Fitzroya patagonica*, localisé entre 500 et 600 m dans les endroits battus par le vent. A moindre altitude, on trouve une formation sempervirente à arbres de taille moyenne, surtout à Laureliacées en mélange avec des Podocarpacees. Plus bas, en descendant vers la plaine, c'est *Nothofagus obliqua* qui est l'espèce la plus dominante ; *Aextoxicum punctatum* est l'arbre dominant sur l'autre versant en direction du bord de mer.

La forêt pluviale valdivienne correspond tout à fait aux types de forêts qui se sont développés sous les conditions plus tropicales au tertiaire. La richesse en formes hautement spécialisées permet de penser que son évolution n'a jamais été perturbée.

Dans le Sud, on trouve des formes appauvries de la forêt valdivienne, jusqu'au 43ème parallèle à peu près. Dans la région de Chiloé, cette formation prend d'autres caractères et constitue plutôt une autre formation que nous traiterons à part.

- L'action anthropique

En général la forêt valdivienne n'a pas été perturbée par la mise en culture comme c'est le cas pour les autres groupements du Chili tempéré. L'intervention humaine consiste surtout en un déboisement suivi par le pâturage et les cultures ; on préfère substituer à la forêt valdivienne dégradée des plantations de *Pinus radiata* dont la croissance est plus rapide.

- Les groupements les plus importants de la forêt valdivienne

Nous donnerons quelques caractères écologiques importants des principaux groupements de la forêt hygrophile du Sud du Chili. Souvent notre explication se limitera aux espèces dominantes qui donnent leur nom aux différents groupements.

a) Les feuillus

Aextoxicum punctatum ("olivillo", "tique") .- Il constitue des peuplements presque purs du fait des bonnes conditions climatiques et édaphiques. SCHMITHÜSEN (1956) a estimé leur surface d'extension sur la cordillère côtière de Nahuelbuta jusqu'à Chiloé, station limite sur dunes. On le trouve aussi fréquemment jusqu'au pied de la cordillère centrale mais les individus sont isolés. Une bande de forêt à *Aextoxicum punctatum* va jusqu'au pied de la cordillère Rifihue jusqu'au lac Llanquihue où elle ne dépasse pas les 700 m d'altitude.

Dans la zone littorale, la forêt forme par endroits de superbes futaies pures très sombres et qui font contraste avec le reste de la forêt par suite de l'absence de sous-bois. Le "tique" est l'arbre qui s'approche le plus de la mer. Par pieds isolés et plus ou moins rabougris, parfois même taillés curieusement en escalier par le vent, il domine souvent la falaise.

Aextoxicum punctatum appartient aux espèces arborescentes les plus thermophiles de la forêt lauracée valdivienne. Arbre à grandes feuilles assez dures, il aime les conditions climatiques moyennes et les endroits où l'air est humide. Dans la partie méridionale du Chili, comme dans les régions occidentales de la cordillère, il est soumis à des précipitations et une humidité de l'air plus élevées que sur les plaines de la dépression centrale. Les peuplements de "tique" poussent sur des sols meubles de type mull profond et trumao avec un bon drainage.

Les espèces compagnes les plus courantes de la formation du *Aextoxicum punctatum* sont *Eucryphia cordifolia*, *Lapageria rosea* et *Drimys winteri* ; ce dernier est très répandu dans tout le Sud du pays et facile à distinguer car c'est une essence très aromatique spécialement pendant les journées chaudes.

Au point de vue économique, le bois du "tique" est principalement utilisé dans la construction des habitations, meubles et jouets. En tout cas, en ce qui concerne l'exploitation commerciale, c'est la formation la moins touchée de la forêt valdivienne et elle n'a pas été perturbée par la mise en culture.

Eucryphia cordifolia ("ulmo"). - C'est la deuxième espèce dominante dans la formation du "tique" et c'est un arbre très caractéristique de la forêt hygrophile. Arbre superbe d'environ 30 m de haut, très répandu sur les versants exposés au Nord. Son aire de dispersion est vaste, cependant, lorsque les conditions d'humidité se modifient d'une façon sensible, cette aire se réduit. Au-delà de la région valdivienne, il est présent dans le piémont des Andes de la province de Malleco et d'Arauco dans la cordillère côtière. C'est la principale espèce de la strate secondaire de la formation à *Nothofagus dombeyi*.

Il est très résistant à la pourriture et son bois dur est très utilisé pour la construction de ponts, bâtiments et chantiers navals. Pendant longtemps il a été utilisé pour la fabrication de charbon végétal.

Nothofagus dombeyi ("coigüe"). - C'est un des grands arbres de la forêt ; il atteint 40 m de haut. C'est une espèce à feuilles persistantes, assez rare sur la côte, mais lorsqu'on s'en écarte elle est aussi abondante que l'espèce précédente. Dans la forêt valdivienne, elle monte jusqu'à 900 m ; dans la cordillère côtière et dans la cordillère Pelada, elle arrive à former un étage bien net. C'est au Sud de cette région où règne un milieu plus humide et moins chaud que *Nothofagus dombeyi* constitue un domaine propre. Il demande un sol profond, frais et bien drainé.

Dans le cortège floristique qui l'accompagne, les mousses et les fougères épiphytes abondent. Arbres et arbustes se disposent en plusieurs strates, la plus basse étant constituée de bambous dont les rhizomes forment un lacis continu.

Compte tenu de l'abondance et de la qualité du bois, le "coigüe" est l'arbre le plus exploité par l'homme surtout pour la menuiserie, les meubles et les constructions.

Nothofagus obliqua ("roble"). - Comme nous l'avons dit, c'est plutôt un arbre de la plaine centrale avec une vaste dispersion écologique à travers le Chili tempéré. Dans la forêt valdivienne, le "roble" pénètre même un peu dans le centre de la forêt par les vallées et les rivières. Il pousse aussi de l'autre côté de la cordillère côtière de façon isolée, mais surtout on le trouve en bordure de la formation.

b) Les Conifères

Fitzroya cupressoides ("alerce"). - C'est le Conifère le plus abondant de la forêt et même l'espèce la plus remarquable de toute la formation car on ne le trouve pratiquement que dans cette région. L'"alerce" est un arbre social. Son existence semble être en relation étroite avec certaines conditions d'humidité. Les "alerciales" (bois d'alerce) sont localisés sur deux sortes de stations : dans les parties marécageuses de la plaine et des vallées et sur les pentes abruptes des sommets montagneux de 700 à 1100 m à peu près, surtout sous la latitude du lac Todos los Santos. Ces deux situations (marais et moyenne montagne) paraissent au premier abord contradictoires, mais elles s'expliquent principalement par les grands besoins en eau de l'"alerce", eau que l'arbre puise dans le sol dans le premier cas et dans l'atmosphère dans le second cas.



Fig. 8 - Aspect de l'association du *Laurelia* (a), du *Weinmannia* (b) et du *Fitzroya cupressoides* (c) vers le 41° Sud (d'après OBERDORFER).

Fitzroya cupressoides est presque toujours associé à une autre Myrtacée très hygrophile, *Tepualia stipularis* ("teptu"). Dans une forêt à *Nothofagus*, il est souvent associé avec le "coigüe" qu'il dépasse en altitude. Ce Conifère a une grande importance industrielle par la qualité de son bois. C'est pourquoi il a été exploité intensivement et partout les réserves ont diminué de manière alarmante. Son bois rouge, peu résineux, très léger, est un merveilleux bois de fente qu'on débite ordinairement en planchettes qui servent de revêtement pour la toiture de la plupart des pays du Sud du pays. Le bois d'"alerce" est aussi vendu à l'étranger.

Autres Conifères

L'importance des Conifères autres que *Fitzroya* est très réduite dans la forêt valdivienne. On trouve les "mañios" (*Podocarpus*) ; parmi eux *Saxegothaea conspicua* est la principale espèce. Il est présent entre 400 et 700 m et pousse relativement lentement pour atteindre 30 m de haut. Son habitat est toujours situé dans des endroits très humides. Il a comme espèces compagnes *Nothofagus dombeyi* et *Tepualia stipularis*, et aussi *Aextoxicum punctatum*.

Podocarpus nubigenus, autre espèce subdominante, se présente de manière isolée dans la forêt hygrophile à *Nothofagus dombeyi*, principalement sur le versant côtier de la Cordillère Pelada entre environ 200 et 700 m. Sa distribution latitudinale est très réduite, entre les 40° et 44° Sud.

La valeur commerciale des *Podocarpaceae* chiliennes n'est pas très importante. C'est surtout le bois du "mañio hembra" (*Saxegothaea conspicua*) qui a quelque intérêt. Il est utilisé pour la construction des intérieurs de maisons et pour la fabrication de meubles.

c) Espèces secondaires et arbustes les plus abondants

. Espèces secondaires

Comme autres arbres importants de la forêt valdivienne on trouve : *Laurelia serrata*, *Laurelia sempervirens* et *Weinmannia trichosperma*. Parmi les espèces de petite taille, citons-en trois particulièrement abondantes : d'abord *Persea lingue* qui a 30 m de hauteur maximum, de grandes feuilles vernissées et qui est de plus en plus rare à cause de l'exploitation intensive de son bois pour la fabrication des meubles. C'est une espèce très tolérante qui peut se développer dans des conditions de lumière et d'humidité médiocres. Ensuite on peut mentionner le "canelo" (*Drimys winteri*), espèce très répandue dans le Chili humide. La plante a 6 à 18 m de haut, elle est très aromatique, spécialement pendant les journées chaudes. Puis on a l'"avellano" (*Gewina avellana*), autre monotype valdivien d'environ 18 à 20 m de haut, couvert presque toute l'année de longs épis de fleurs blanches.

. Les espèces arbustives dominantes

Parmi les arbustes de sous-bois, outre les individus jeunes, des arbres précédemment cités dominent dans les parties claires et spécialement là où l'on déboise une douzaine peut-être de Myrtacées appartenant aux genres *Eugenia*, *Myrtus*, *Myrceugenia*.

Il faut aussi dire quelques mots sur les bambous de la forêt valdivienne. Parmi ces bambous qui, dans la plupart des cas, appartiennent au genre *Chusquea*, on distingue deux types : *Chusquea quila* ("la quila") et *Chusquea coleu* ("colihue"). "Quila" est ramifié avec des tiges minces, il est souvent grimpant et s'élève très haut dans les arbres, retombant en guirlandes. Le "colihue" présente au contraire la forme classique du bambou avec des tiges non ramifiées, réunies en grandes touffes s'élançant tout droit. Ce sont des espèces sociales, qui forment dans le fond des ravines et le long des torrents d'impénétrables fourrés, lesquels se distinguent bien par les grandes coulées vert-pâle qui descendent des pentes. Les "quilas" sont plus exigeants en chaleur et en humidité, et elles ont été aussi très touchées par les défrichements faits sur la basse montagne, dans la recherche de terrains pour les cultures.

FORMATION HYGROPHILE DES NADIS ET VEGETATION DES MARAIS MERIDIONAUX

Ce type de végétation correspond aux "Commounatès Higromorphiques" des botanistes chiliens. Les "ñadis" sont des marais temporaires qui se localisent vers l'Ouest des Lacs des provinces de Valdivia, Osorno et Llanquihue. On les trouve aussi dans la forêt valdivienne sur la Cordillère Pelada et dans le Nord et le centre de l'île de Chiloé.

Au point de vue physiologique, il s'agit d'un "matorral" dense, composé principalement de *Drimys winteri*, *Embotrium coccineum* et *Tepualia stipularis*. En bordure de la formation, on rencontre quelques Myrtacées et deux Conifères très hygrophiles, *Podocarpus nubigena* et *Saxegothaea conspicua*. Dans les endroits plus élevés, le sol est couvert par des *Sphagnum* et les arbres dominants sont *Nothofagus antarctica* et *N. pumilio*. La strate inférieure de la végétation est composée de plusieurs fougères.

Aujourd'hui quelques zones de ñadis ont été aménagées en vue de la culture de la Betterave sucrière et autres exploitations. Pour SCHMITHÜSEN (1956) et OBERDORFER (1960), au point de vue floristique, les zones de ñadis sont très proches des marais subantarctiques de la Nouvelle Zélande et les plantes en coussinets sont des espèces vicariantes. Une différence importante dont nous avons déjà parlé vient de ce que ces marais se trouvent sur les zones basses de Chiloé, alors que dans la forêt valdivienne ils ne sont localisés de préférence que sur des endroits élevés à 300 m de la Cordillère côtière. Dans la forêt valdivienne, on trouve des marais à *Sphagnum acutifolium*, *Drosera uniflora*, *Pinguicula chilensis*, *Schizaea fistulosa*, ainsi que des landes à *Ericacées* et *Empetrum rubrum*.

Au Nord de Chiloé, dans la Cordillère de San Pedro qui s'élève à environ 800 m et qui présente des conditions écologiques semblables à celles de la Cordillère Pelada, d'autres aspects de la végétation des marais paraissent intéressants. On a des *Phragmitaies* à *Carex*, et au Sud de l'île de Chiloé on trouve des marécages avec des plantes en "touradons" et quelques Sphaignes. Les types d'herbes les plus importantes, à la fois en hauteur et en abondance, sont les *Schoenus antarcticus*.

Mais dans les endroits où la forêt n'existe plus, elle est remplacée par des formations édaphiques dominées par *Pernettya* et *Gleichenia* et associations de *Fitzroyetum*, avec une dense couverture acidiphile d'*Ericacées*, *Cypéracées*, *Juncacées*, *Graminées*, *Fougères* et *Mousses*. La strate arbustive est plus riche que celle des ñadis. *Pernettya mucronata* est l'espèce la plus haute avec 80 cm environ ; elle est toujours accompagnée d'une fougère, *Gleichenia cryptocarpa*. Dans les zones marécageuses avec *Sphagnum* on trouve *Fitzroya cupressoides*, quelquefois accompagné par des espèces arbustives telles que *Nothofagus antarctica*, *N. nitida*, *N. betuloides* et *Drimys winteri*.

C- Etage montagnard

Dès que l'on quitte la plaine centrale à partir de 700 m et jusqu'à 1600-1800 m environ, les caractères écologiques changent. Les sols sont différents ; des sols alluviaux on passe à des sols volcaniques et à des dépôts glaciaires. Les caractères du climat sont aggravés par le relief et l'exposition. La pluie est plus abondante à mesure qu'on avance en latitude. La végétation est dominée par différents *Nothofagus* et quelques Conifères.

Les différentes formations ont été réunies en deux grands groupes (dans le sens longitudinal et en allant des plus basses altitudes aux plus élevées) : les formations mixtes et les formations de résineux. Bien entendu la distribution altitudinale des formations n'est pas assez précise pour délimiter des horizons très nets. C'est pourquoi nous faisons quelquefois une distinction par niveaux à l'intérieur de la formation.

Pour le niveau inférieur collinéen à *Nothofagus obliqua*, on se reportera à l'étage collinéen dans lequel cette formation a été largement traitée.

FORMATION XEROPHILE OUVERTE DE LA STEPPE PATAGONIENNE

- Répartition géographique

Dans notre zone d'étude, cette formation correspond à un tout petit secteur appartenant aux régions d'altitudes moyennes (entre 700 et 900 m) du versant oriental andin du Sud-Est du Chiloé continental.

- Conditions écologiques

Notons qu'il faudrait envisager la description de ces conditions écologiques dans le cadre plus vaste qui engloberait aussi les aires argentines homologues, celles-ci constituant la continuation écologique de cette région transandine.

Le principal caractère écologique est dû presque uniquement à la diminution progressive de la pluviosité vers l'Est, à mesure que les influences océaniques de la côte occidentale s'affaiblissent. En général, l'aridité n'a pas pour cause la diminution saisonnière des pluies, mais plutôt l'augmentation estivale de la température et l'influence des vents atlantiques plus chauds, ce qui a pour conséquence d'augmenter l'évapotranspiration. La durée de la période de sécheresse est très variable ; dans le Sud-Est de Chiloé elle dure entre 4 et 5 mois.

Les sols s'ordonnent en bandes longitudinales de podzols, de sols bruns calciques et plusieurs sols steppiques, du type tchernozem jusqu'aux sierozems dans les localités plus arides.

- Physionomie et composition botanique

La formation a la physionomie d'une steppe à Graminées avec de petits arbustes. Ces arbustes forment des coussinets d'environ 20 à 30 cm.

Les espèces de Graminées les plus caractéristiques sont : *Chuquiraga avellamedae*, *Ameghinoa patagonica*, *Nassauvia glomerulosa* et variétés de "coiron" comme *Stipa humilis*, *Stipa neaei*, *Stipa speciosa*. Sur les sols salés abonde *Distichis spicata*.

Dans les dépressions humides et les vallées fluviales existent quelques groupements édaphiques, comme vegas de "junquillo" (*Juncus leuseurii*) et *Scirpus californicus*. Sur les sols salés on trouve *Atriplex lampa*. Les arbustes sont installés souvent dans les ravins et on trouve des espèces comme *Berberis linearifolia*, *Senecio filaginoides*, *Anarthrophyllum rigidum* et *Lycium chilensis*. Sur les argiles morainiques le tapis de Graminées devient plus serré et plus varié (*Festuca*, *Agrostis*, *Deschampsia*).

Dans cette région, le bétail a une place importante et les Graminées sont les plus recherchées par les bovins.

- Physionomie et composition botanique de la forêt

A Chiloé l'appauvrissement en espèces de la forêt valdivienne est très marqué et les essences arborescentes subantarctiques comme les *Nothofagus* commencent à jouer un rôle plus grand dans la composition des groupements. La plupart des arbres qui étaient présents dans la forêt valdivienne au niveau des zones basses sont absents ici. Mais la forêt peut être encore riche en espèces avec beaucoup de lianes et d'épiphytes essentiellement du genre *Hymenophyllum*. La partie centrale et les terres hautes du Nord de l'île de Chiloé sont des zones où cette formation se présente de manière plus fermée et moins touchée par l'homme : les arbres ont une taille moyenne de 20 à 30 m de hauteur.

Dans la forêt de Chiloé, la strate arbustive haute que l'on rencontre dans la forêt pluviale hygrophile valdivienne manque. C'est pourquoi les groupements ont un caractère moins dense et le bétail peut pénétrer à l'intérieur (fig. 9). Ici l'espèce arborescente dominante la plus résistante est *Nothofagus dombeyi* ; plus au Sud, dans la forêt patagonienne, elle est remplacée par *Nothofagus betuloides*. *Nothofagus nitida* remplace *Nothofagus obliqua* dans la région.

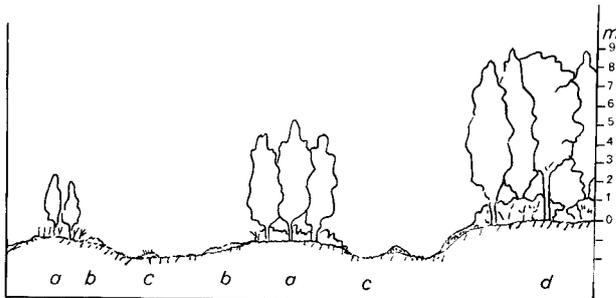


Fig. 9 - Zone de marais près du lac Tepuhueico à l'Ouest de Chiloé. Communauté de *Pilgerodendron* (a), *Gualtherio-Sphagnetum magellanicae* (b), *Schoeno-Oreobroletum* (c), association de bordure de marais à *Pilgerodendron* (d'après OBERDORFER).

Nothofagus nitida est une espèce persistante qui est également présente dans la région des fjords essentiellement sur des sols tourbeux mal drainés. Elle existe aussi sur des terrains plats de la partie Sud de la province de Llanquihue et dans quelques secteurs continentaux de la province de Chiloé. Souvent elle est accompagnée par *Drimys winteri* et *Podocarpus nubigenus*. Elle pousse sur des sols mal drainés et si la qualité du sol s'améliore elle a tendance à être remplacée par *Nothofagus dombeyi* et par une grande partie du cortège floristique de la forêt valdivienne. Dans les secteurs marécageux, elle est remplacée par *Nothofagus antarctica* ou bien par *Pilgerodendron uviferum*. Le bois du "roble de Chiloé" ne présente pas d'intérêt commercial.

Parmi les Conifères, *Pilgerodendron uviferum* et *Podocarpus nubigenus* sont sans doute les plus abondantes. *Pilgerodendron uviferum*, dans plusieurs îles de l'archipel, constitue l'essentiel des peuplements et domine principalement dans les zones d'altitude, mais on le trouve aussi vers la côte et dans les zones basses sur des sols marécageux. Ici il constitue des peuplements étendus. Dans le centre des marais le "mañito" (*Pilgerodendron*) pousse parfois en bosquets qui trouvent sur les buttes des conditions plus sèches. Les groupements sont maintenant exploités pour faire des pieux quand la forêt a été détruite par le feu.

FORMATION DE LA FORET HYGROPHILE VALDIVIENNE ANDINE

- Répartition géographique

Cette forêt mixte est difficile à bien délimiter par rapport aux autres groupements. D'une manière générale, on la situe entre les 40° et 42° latitude Sud et à partir de 800 m jusqu'à 1400 m environ. Sur le versant andin la forêt pluviale valdivienne change un peu d'aspect et montre un appauvrissement en espèces. *Aextoxicum* tend à disparaître, *Fitzroya cupressoides* occupe une place importante. Parmi les *Nothofagus* apparaît un arbre nouveau, le *Nothofagus pumilio* ("lenga") qui se trouve en peuplements purs entre 900 et 1200 m environ.

- Conditions écologiques

Les conditions d'humidité dans cette région sont toujours constantes. Les pluies dépassent 2000 mm par an sauf dans les vallées orientales septentrionales qui sont moins humides. Les précipitations d'hiver sont toujours supérieures à celles d'été. Bien que les vents dominants proviennent du Nord-Ouest et transportent des pluies, il existe dans la région un vent chaud qui provient de l'Est des régions argentines "le puelche" et qui traverse la zone andine tempérée, ce qui permet à la végétation d'avoir encore des espèces mésophiles comme *Nothofagus obliqua* et *Persea lingue* dans les vallées mieux abritées. En ce qui concerne les sols, ce sont des sols bruns podzoliques et volcaniques qui dominent, avec un bon drainage.

- Physionomie et composition botanique

Nous avons déjà donné quelques indications sur la composition de cette formation. La forêt valdivienne andine est constituée toujours d'espèces de grande taille lauriformes et de Conifères avec un sous-bois relativement ouvert. D'après HAUMANN (1916) et REICHE (1934), entre les 40 et 41ème parallèles, on peut distinguer les niveaux de végétation suivants :

- . de 600 à 800 m, la forêt valdivienne appauvrie ;
- . jusqu'à 1200 m, les bois à *Nothofagus pumilio* associés ou non à *Fitzroya cupressoides* ;
- . jusqu'à 1600 m, *Nothofagus pumilio* et *Nothofagus antarctica* et des formes de *Vaccinium* comparables selon plusieurs auteurs aux *Rhododendrons* des Alpes ;
- . l'étage alpin vers 1900 ou 2000 m.

Nothofagus pumilio et *N. antarctica* présentent un intérêt économique parmi les espèces dont nous avons déjà parlé pour leur valeur commerciale. Mais nous traiterons cet aspect dans chacune des formations propres de ces deux espèces.

FORMATION MESOPHILE OUVERTE A AUSTROCEDRUS CHILENSIS (Ciprés de la cordillera)

- Répartition géographique

Austrocedrus chilensis s'étend au Chili du 34° au 44° de latitude Sud. C'est un arbre de moyenne montagne. Dans les Andes argentines, les forêts à *Austrocedrus* montent jusqu'à 1200 m et au Chili jusqu'à environ 1500 m, dans la zone Nord de son aire de dispersion.

Sa limite inférieure est à peu près à 900 m et s'élève dans les Andes en fonction de l'accroissement des températures du Sud au Nord. Du fait de la grande humidité du versant chilien de la cordillère, les forêts ne sont pas aussi étendues que sur le côté argentin. On peut trouver *Austrocedrus chilensis* en bordure des Andes à l'Est, en direction de la steppe patagonienne là où la concurrence des autres espèces est moindre.

- Conditions écologiques

L'espèce s'installe sur des sols pierreux peu profonds, là où les autres arbres ont des difficultés à s'implanter. Mais les meilleurs peuplements se trouvent sur des sols profonds surmontés d'une couche d'humus doux. Sur les endroits rocheux aussi bien que sur les meilleurs sols, la régénération par les graines est abondante.

Austrocedrus chilensis est une espèce résistante à la sécheresse et au vent. Sa limite de sécheresse est atteinte; pour 700 à 800 mm de précipitations, il ne se présente plus alors qu'en forêt clairsemée. Lorsque la pluviosité est insuffisante pour *Nothofagus dombeyi* (moins de 1500 mm), des formations pures à *Austrocedrus chilensis* s'installent.

- Physionomie et espèces compagnes

Normalement on le trouve mélangé à des feuillus et notamment aux *Nothofagus*. Il peut atteindre 30 m de haut et a de beaux troncs. Les formes en chandelle ou drapeau sont peu fréquentes dans la formation. Les jeunes plantes sont généralement détruites par le bétail. Quand l'influence du pâturage est trop forte, la forêt se couvre d'épineux si bien que le bétail ne peut plus y pénétrer.

Les principales espèces compagnes sont : *Lithraea caustica*, *Lomatia hirsuta*, *Maytenus boaria*, *Fabiana imbricata*, *Azara mycrophylla* ("chin-chin"), *Schinus crenatus* ("litrecillo"). En bordure de la formation, *Austrocedrus chilensis* semble être en progression, contrairement au cas de *Araucaria araucana*. Ce fait peut être mis en relation avec des températures plus douces.

- Intérêt économique

Le bois du "ciprés de la cordillera" est léger, facile à travailler, et pourtant il est bien utilisé dans la construction, spécialement pour les toits et revêtements intérieurs des maisons. Les incendies de montagne ont causé beaucoup de dommages aux forêts.

FORMATION HYGROPHILE SEMI-OUVERTE A NOTHOFAGUS DOMBEYI (Coigüe)

- Répartition géographique

La distribution de cette espèce est aussi très vaste : du bassin du rio Maule jusqu'au rio Aysén et depuis les Andes jusqu'aux fles méridionales. Bien qu'on la trouve dans la plaine centrale, elle est encore fréquente de 700 à 1300 m. Malgré cette amplitude altitudinale, elle arrive à former des peuplements purs, mais elle se mélange aussi avec d'autres espèces subdominantes. Au Sud du 46ème parallèle, elle est remplacée par *Nothofagus betuloides*.

- Conditions écologiques

Nothofagus dombeyi pousse bien avec une pluviosité supérieure à 2000 mm. Il a besoin de sols humides et bien drainés ; on l'utilise souvent pour coloniser les cours d'eau et les surfaces qui ont été altérées par des éruptions volcaniques, des incendies ou l'érosion. On le rencontre généralement sur les pentes et rarement dans un fond de vallée. De même les forêts à *Nothofagus dombeyi* ne se trouvent jamais sur des sols marécageux acides. Sur les pentes sèches exposées au Nord, ou lorsque la pluviosité est inférieure à 1500 mm, il est remplacé par *Austrocedrus chilensis*. Dans la forêt de Chilolé, il pousse sur des sols humides et plus ou moins fertiles.

- Physionomie

Nothofagus dombeyi est un arbre à feuilles persistantes petites. C'est le plus haut de tous les *Nothofagus* de la forêt chilienne. Il peut atteindre 40 m de haut et son tronc a un diamètre de 4 m. Nous avons déjà précisé que parmi les *Nothofagus* il constitue l'espèce la plus abondante de la forêt valdivienne. Son bois est très dur et résiste à la pourriture. Comme *Nothofagus dombeyi* a de faibles exigences vis-à-vis de la chaleur, il peut, dans le niveau inférieur de l'étage montagnard, monter sur les versants et constituer des peuplements purs. Le sous-bois est assez dense et souvent il est formé de bambous et d'épiphytes.

- Composition botanique

Associé à *Nothofagus dombeyi*, on trouve toujours *Eucryphia cordifolia* ("ulmo") avec lequel il constitue à partir du 43ème parallèle la base de la forêt pluviale patagonienne dont le niveau inférieur descend jusqu'à la mer. Entre 700 et 1000 m, son cortège floristique est composé par des espèces de "mañios" (*Saxegothaea conspicua* et *Podocarpus*). Dans la strate arborescente inférieure ou dans la strate arbustive, on trouve des arbres comme *Weinmannia trichosperma*, *Laurelia serrata* et des espèces appartenant aux Myrtacées. C'est une forêt encore riche en épiphytes essentiellement en mousses et en hyménophyles. La strate inférieure est riche en bambous et sur les bons sols les pieds de bambous atteignent 4 à 5 m de haut. Les pousses sont si serrées qu'elles rendent la pénétration des forêts presque impossible. Quand, par suite de sols plus secs, il n'y a pas de forêt à "coigüe", les bambous sont abondants.

- Intérêt économique

Le "coigüe" représente 40 % de la forêt valdivienne et de la forêt nord-patagonienne ; il constitue les 17 % du bois de scierie. L'exploitation intensive dont il est l'objet réduit considérablement son aire d'extension.

FORMATION HYGROPHILE OUVERTE A FITZROYA CUPRESSOIDES (Alerce)

-Répartition géographique

Sa limite climatique latitudinale se trouve entre les 40° et 42° Sud. Quelques peuplements persistent sur les terres hautes de l'île de Chiloé. Des peuplements importants existaient autrefois dans les zones basses de la partie méridionale de la dépression longitudinale. A l'heure actuelle, cet arbre colonise les marais ; il est très exploité à cause de la durabilité de son bois. Il se trouve entre 700 et 1200 m d'altitude. Là où les conditions climatiques ou édaphiques empêchent la présence de la forêt valdivienne, on voit apparaître les forêts d'"alerce".

- Conditions écologiques

Fitzroya cupressoides peut subsister sur des sols marécageux humides, là où des feuillus dominent à cause des conditions édaphiques. Dans ce cas le sol comporte sous un horizon humique des argiles jaunes décolorées (gley). Ce sol se caractérise par sa compacité et par la présence d'eau stagnante. Sur les versants de la haute cordillère à forte déclivité, les peuplements d'"alerce" se situent sur des sols qui ont subi une forte influence volcanique. Fitzroya cupressoides est l'un des Conifères les plus hygrophiles du Chili. Normalement il pousse avec des précipitations supérieures à 2000 et 2500 mm par an.

- Physionomie et espèces compagnes

Nous avons déjà examiné cet aspect de la question lorsque nous avons décrit la végétation de la forêt valdivienne. Il faut ajouter que Fitzroya cupressoides est le géant de la forêt chilienne ; sa taille dépasse de beaucoup les plus hauts Nothofagus. Il peut atteindre 60 m de haut et peut devenir très âgé ; il n'est pas rare de trouver des spécimens atteignant 2000 ans. Ses branches sont constamment recouvertes de lichens barbus gris-vert. L'"alerce" produit suffisamment de graines pour permettre une bonne propagation de l'espèce. Ses facultés de régénération sont très grandes. Mais, par suite de sa lente croissance, l'espèce est liée à la présence des feuillus

Dans le fond des vallées, Fitzroya cupressoides est associé à Pilgerodendron uviferum et parfois à Saxegothaea conspicua ; aussi avec Tepualia stipularis. Dans les stations de montagne il se trouve surtout accompagné de Nothofagus dombeyi.

D - Etage subandin

C'est l'étage des altitudes supérieures du versant continental des Andes. La végétation se trouve entre 1600 et 2000 m environ. Il fait suite à l'étage du Nothofagus dombeyi et de Fitzroya cupressoides. Il en diffère surtout par l'apparition de forêts ouvertes ; dans le Nord de la région on note la présence d'une forêt de Conifères, forêt à Araucaria araucana. Et presque tout le long de la région, on trouve deux nouvelles forêts à feuilles caduques, forêt à Nothofagus pumilio et forêt à Nothofagus antarctica. Du point de vue climatique cet étage se distingue par un abaissement de la température et par des précipitations plus copieuses, sauf dans le Nord et la région et dans le Sud-Est de la région de Chiloé.

FORMATION MESOPHILE OUVERTE A ARAUCARIA ARAUCANA (Pehuén)

- Répartition géographique

L'aire de cette espèce succède étroitement à la zone où la végétation des forêts est verte en été. Au Chili cette aire est très discontinue. On la rencontre dans la cordillère de Nahuelbuta entre les 37°30' et les 38°40' Sud, tandis que dans les Andes elle s'installe à peu près entre les 37°40' et 40°10' Sud. Dans les parties plus élevées de la cordillère de Nahuelbuta, elle constitue des peuplements purs. Dans la cordillère andine Araucaria atteint sur les pentes Nord par endroits 2000 m et sur les pentes Sud 1500 m environ d'altitude. Ensuite, il laisse la place à la forêt à Nothofagus pumilio ("lenga Wald"). L'extension générale de l'aire argentine d'Araucaria vers le Nord n'excède pas 150 km de longueur par rapport à l'aire d'extension chilienne.

- Conditions écologiques

Araucaria araucana avec Austrocedrus chilensis est le Conifère chilien qui a le moins d'exigences en eau. Il pousse à partir de 1500 mm de précipitations, mais dans les Andes on le trouve aussi sur des endroits où les précipitations dépassent les 2000 mm. En Argentine les exigences climatiques sont beaucoup moins grandes car il pousse avec 600 mm d'eau, et les températures hivernales descendent à - 20°C tandis qu'au Chili elles atteignent - 5° à - 10° C. Les forêts d'Araucaria araucana sont souvent présentes sur les versants les plus secs exposés au Nord-Ouest et au Nord-Est ainsi que sur les crêtes, les rochers et arêtes exposés au vent.

Du fait de sa faible exigence en eau, cet arbre s'accommode bien des sols sableux secs et peu profonds du versant andin oriental. La cause de sa discontinuité est attribuée à ses exigences édaphiques. C'est la baisse de température avec l'altitude qui explique le mieux sa distribution car dans le niveau supérieur de l'étage subandin le "pehuén" n'est pas très répandu. Il s'installe dès que les conditions climatiques sont trop sèches pour l'"alerce" ou pour le "ciprés de las Guaytecas" et colonise de façon rélictuelle les versants Nord ou les rochers.

C'est un arbre considéré comme résistant au gel. Mais il faut noter qu'il se trouve aux extrémités les mieux exposées et sous des influences océaniques manifestes.

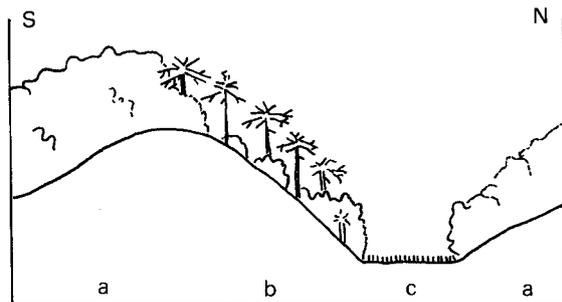


Fig. 10 - Profil de la végétation à 1450 m sur le volcan Quetrupillan au 39°30' lat. Sud (d'après OBERDORFER).

- Physionomie

Araucaria araucana au Chili forme une ceinture très petite, à l'état pur ou en mélange avec les *Nothofagus* au niveau inférieur de son horizon de dispersion. Dans les forêts, les troncs ne sont pas très serrés. Le soleil pénètre facilement et la végétation au sol prend des aspects de végétation steppique. Les forêts mixtes à *Araucaria araucana* sont plus denses. L'espèce peut atteindre 900 ans et une taille de 45 à 50 m de hauteur à port pyramidal. Il est caractéristique que les "araucarias", même dans les endroits les plus élevés et les plus exposés aux intempéries, n'ont pas un tronc rabougri mais seulement plus court et toujours très étroit.

- Composition botanique et espèces compagnes

Dans la forêt mixte, le "pehuén" est mélangé à d'autres espèces. Dans la partie la plus basse de la formation, il est mêlé à *Nothofagus dombeyi* et dans les zones plus élevées à *Nothofagus antarctica* et *Nothofagus pumilio*. Sur les pentes raides orientées au Nord, le "pehuén" est exclusif car il supporte une certaine dessiccation, alors que sur les pentes tournées vers le Sud il y a une dominance de la "lenga".

Dans les secteurs plus humides, la végétation arbustive est constituée par une strate riche en *Chusquea quila* ("quila"), *Pitaria punctata* ("canelillo"), *Ugni molinae* ("murtillo") et *Festuca stipa* ("coiron") dans les endroits ouverts.

- Intérêt économique

A cause de l'imputrescibilité et de la qualité de son bois, c'est une espèce très exploitée. Elle est malheureusement menacée d'extinction à cause des ravages dus aux incendies. Elle est très utilisée dans la construction des grands bâtiments et des ponts, surtout quand le bois n'est pas en contact permanent avec l'humidité. Au Chili, on essaye aussi de l'utiliser dans l'industrie papetière et pour la cellulose.

FORMATION MESOPHILE OUVERTE A NOTHOFAGUS PUMILIO (Lenga)

- Répartition géographique

Cette forêt a une extension latitudinale très vaste. Elle s'étend du 37ème parallèle jusqu'au 55° de latitude Sud. Verte en été, elle connaît son optimum dans le Sud du pays. Elle apparaît dans la province de Bio-Bio en forme de taches et de petits bois rabougris et s'étend jusqu'aux provinces d'Aysén et Magallanes où elle constitue des forêts pures.

Normalement elle couvre le niveau altitudinal des autres types de forêts sauf dans l'extrême Sud où elle a un développement plus important. Dans la zone Nord de son aire de dispersion elle monte jusqu'à 1900 et 2000 m d'altitude tandis que dans la province de Magallanes elle est limitée au bord de la mer.

Nothofagus pumilio est une espèce à vaste amplitude écologique car on la trouve dans le niveau supérieur de l'étage collinéen mais aussi dans la forêt valdivienne andine.

- Conditions écologiques

Dans le Nord de sa zone de dispersion *Nothofagus pumilio* pousse sous des précipitations supérieures à 800 mm au niveau inférieur de son aire. Dans le Sud du Chili tempéré on peut le trouver quand les précipitations atteignent 1500 mm par an. Il existe des zones étendues de cette formation dans la région patagonienne où les conditions climatiques sont particulièrement rigoureuses.

- Physionomie et composition botanique

Aux environs du 41ème parallèle, *Nothofagus pumilio* se présente en formations pures ou en mélange avec *Nothofagus antarctica* et exceptionnellement, dans la province de Bio-Bio, avec *Nothofagus obliqua*. Il est fortement associé à *Araucaria araucana* dans son niveau inférieur dans la province de Cautin. A la limite inférieure de sa distribution altitudinale il a 18 à 20 m de haut, tandis qu'à sa limite supérieure il n'a que 2 m et constitue des fourrés.

Dans le Nord de la zone tempérée et jusqu'aux forêts d'*Araucaria*, ce peuplement perd sa cohésion ; il se sépare d'autres forêts plus thermophiles pour devenir un groupement caractéristique de la limite supérieure de la forêt au niveau des pelouses et des rochers. Avec *Nothofagus antarctica*, il forme, à mesure qu'on avance en latitude, des forêts très vastes dans lesquelles les arbres poussent très rabougris en formant des buissons très serrés. Dans la forêt valdivienne andine *Nothofagus pumilio* apparaît à partir de 900 m environ, mélange avec *N. procera*, *Saxegothea conspicua* et *Podocarpus andinus*.

- Intérêt économique

Dans l'extrême Sud du Chili tempéré le bois de "lenga" est le bois le plus utilisé dans les scieries et pour la plupart des types de constructions. Dans la province de Magallanes, ce bois est même exporté vers l'Argentine. Sur les versants orientaux des Andes patagoniennes, dans une région semi-sèche cette espèce a été très attaquée par les incendies et par la maladie.

FORMATION MESOPHILE OUVERTE A NOTHOFAGUS PUMILIO ET N. ANTARCTICA

- Répartition géographique

Elle correspond à la forêt patagonienne transandine et aux espèces forestières qui se trouvent aux plus hautes altitudes des Andes. Dans le Nord de son aire de distribution, la formation monte jusqu'à 1900 m tandis que dans le Sud sa limite altitudinale est à 1200 m. Sur le versant Pacifique, on la trouve dans deux secteurs bien localisés : sur la cordillera Pelada à l'intérieur de la forêt valdivienne côtière entre 900 et 1200 m.

Plus au Sud dans l'île Grande de Chiloé sur la Cordillère de San Pedro, existent des stations de *Nothofagus pumilio* et de *N. antarctica* sur les zones plus hautes.

- Conditions écologiques

Le milieu le plus représentatif de cette formation se trouve dans les hautes Andes où les arbres sont plus adaptés aux hivers plus froids et surtout aux étés plus frais. Au Sud du Chili tempéré ils forment des forêts entre 1200 et 1500 m ; les arbres ont une taille plus petite et à leur limite supérieure ils sont très rabougris.

Nothofagus pumilio et *N. antarctica* sont constamment exposés à l'action du vent andin, ce qui donne souvent aux espèces une physionomie tendue. Ces deux *Nothofagus* constituent essentiellement la forêt subantarctique chilienne qui correspond à un climat humide et à des hivers rigoureux.

- Physionomie et composition botanique

Cette formation constitue une forêt moins exubérante que celle des autres *Nothofagus*, et il lui manque la strate secondaire. Dans l'Ouest de Chiloé la "lenga" et le "ñirre" forment la forêt des zones hautes. Sur les Andes, au-delà de la limite des arbres, *Nothofagus pumilio* forme souvent des peuplements ouverts.

On retrouve les espèces compagnes qui sont présentes dans les formations pures de *Nothofagus pumilio* et de façon générale un grand nombre d'espèces à aire de répartition antarctique. Plus au Sud de la région tempérée, à cause du froid et surtout de l'intensité du vent, il existe de très petits *Nothofagus* qui sont souvent remplacés par des landes à Ericacées et des marais à Sphaignes.

E- Subandin supérieur

FORMATION A NOTHOFAGUS ANTARCTICA (Ñirre)

- Répartition géographique

Dans notre zone d'étude c'est une formation de haute montagne, mais dans la région magallanica, plus au Sud, *Nothofagus antarctica* est présent dans les étages inférieurs. Elle est alors associée à *Nothofagus pumilio*. Dans les Andes du Chili tempéré, elle existe à partir de 1600 m en mélange avec la "lenga", mais ensuite, vers 1800 et 2000 m, elle se présente souvent pure sous forme d'arbustes. On la trouve encore au-dessus de la limite des arbres, au niveau des hautes altitudes andines, bien que son aire naturelle corresponde plutôt à l'étage subandin.

- Conditions écologiques et physionomiques

La forêt se développe dans des conditions écologiques extrêmes : sols marécageux, bandes de pierres, anciens cours d'eau, sols à nappe phréatique superficielle à fine texture, sols de cendres volcaniques nouvellement colonisés ou anciennes coulées de lave sur lesquelles des terres fines se sont formées. *Nothofagus antarctica* existe aussi sur les pentes subandines.

La répartition et la présence de cette espèce ne sont pas faciles à expliquer ; elle paraît être un bouche-trou et elle est présente là où les autres espèces de *Nothofagus* ne poussent pas. D'après SKOTTSSBERG (1932) cet arbre a dû être le premier à s'installer lors du recul des glaciers quaternaires. Les forêts de "ñirre" constituent la limite océanique de la forêt de la Terre de Feu. L'insuffisance calorifique des étés, la puissance des vents de l'Ouest expliquent que dans les îles cette limite se place à une latitude très basse dès les 51°.

Quand la concurrence avec d'autres espèces est éliminée par n'importe quel facteur le feu par exemple, *Nothofagus antarctica* pousse comme espèce pionnière typique sur les meilleurs sols. Les forêts de "ñirre" sont importantes dans les fonds de vallée quand la région est peu arrosée. On les trouve en Patagonie méridionale à la limite de la steppe. Elles sont souvent pénétrées d'îlots steppiques.

En général l'aspect typique de ces forêts à *Nothofagus antarctica* est le mésomorphisme progressif dans la mesure où l'on avance vers le plateau patagonien où le xéromorphisme donne son caractère à la végétation.

- Composition botanique

Avec *Nothofagus pumilio*, le "ñirre" forme des peuplements rabougris caractéristiques à la limite supérieure de la forêt dans les Andes méridionales. Les arbres ont une petite taille, 3 à 4 m de haut, et présentent rarement des troncs bien développés; généralement ils restent à l'état buissonnant, même si les forêts atteignent 6 m de haut. Au-dessus de 1800 m, *Nothofagus antarctica* se présente comme de petits arbustes en drapeau, quelquefois couchés sur le sol. Après le feu, les forêts de "ñirre" se régénèrent d'elles-mêmes à partir de troncs ou de racines.

Nothofagus antarctica se trouve souvent mêlé à la forêt de *Nothofagus pumilio* spécialement à partir du 38ème parallèle. Les arbres sont peu serrés, les arbrisseaux et la strate herbacée sont presque absents. A côté de *Drimys winteri* on peut mentionner des espèces comme *Poa fueguina*, *Erigeron philippi*, *Galium fueguinum*.

- Intérêt économique

Etant donné les conditions difficiles dans lesquelles pousse l'arbre, la valeur commerciale de ces forêts, une fois dépassé le milieu andin, diminue considérablement. Les habitants utilisent souvent le bois de *Nothofagus antarctica* pour le chauffage.

F- Etage andin

Au-dessus de la limite naturelle de croissance des arbres se trouve l'étage andin (alpin) au sens de GAUSSEN (1954), c'est-à-dire la zone où les conditions thermiques ne permettent pas la croissance des arbres.

Compte tenu de la diminution en hauteur des Andes chiliennes à mesure qu'on s'avance vers le Sud, on constate également un abaissement en altitude de l'étage supra-forestier. Ainsi au 37ème parallèle son niveau supérieur se trouve un peu au-dessus de 2400 m, et dans les Andes de Valdivia il se trouve presque à 2100 m; dans l'extrême Sud de la région on le trouve au-dessous de 2000 m.

FORMATION MESOPHILE A LANDES ET PELOUSES ANDINES

- Répartition géographique et caractères écologiques

L'absence d'une couverture végétale continue et des conditions climatiques sévères soumettent le sol à une érosion intense. La roche-mère apparaît par place. Ailleurs la lande est installée sur des sols en forte pente, de couleur jaunâtre discontinue. L'hiver est rude : longue durée de la période de gel, enneigement abondant et vent très violent. La saison sèche est courte et fraîche avec une durée maximum de trois mois. Tous ces caractères donnent à la végétation andine, au Nord du 41ème parallèle et sur le versant Est du Chiloé, un caractère steppique. Au Chili tempéré, ces groupements se trouvent entre 2100 et 2800 m d'altitude. La lande se trouve surtout sur des sols humides en bordure de marais à haute altitude.

- Physionomie

A un tapis de mousses viennent s'ajouter des Sphaignes comme composant principal et qui sont aussi accompagnées par des plantes en coussinets à *Cladonia*, *Poa volcanica*, et des arbrisseaux de *Drimys winteri*. A la limite de la forêt et de la zone steppique, surtout au Sud du 41ème parallèle, la lande se mélange à des espèces des steppes patagoniennes et magellaniennes. La physionomie de la lande andine au Nord de la région est différente : petits arbustes, Graminées séchées par un vent continu et surfaces nues et rocailleuses. Les basses températures entraînent presque toujours des précipitations neigeuses. Cette formation est la continuation de la steppe andine du Nord du pays.

- Composition botanique

Les espèces arbustives les plus représentatives sont : *Fabiana imbricata*, *Nordophyllum revolutum*, *Ephedra andina*, *Onnorthrophyllum cummingii*, *Adesmia oluphylla*, *Berberis empetrifolia*. Les plantes en coussinets sont mieux représentées dans les endroits plus secs. Ce sont : *Laretia acaulis*, *Azorella apoda*, *Calandrinia rupestris*, *Verbena spatulata*, *Pynophyllum lanatum*. Dans les endroits humides et moins exposés au vent, citons : *Potassia clandestina*, *Oxychloe andina*, *Scirpus hieronymi*, *Ribes magellanicum* et *Phleum alpinum*.

En ce qui concerne les pelouses andines, dans ce peuplement dominant les Graminées en buissons comme : *Festuca argentina*, *Festuca subandina*, *Poa bonaerensis*; les Composées comme : *Senecio prenanthifolius*, et les Ombellifères comme *Azorella spinosa*.

D'autres espèces de taille plus petite existent. Ce sont : *Stipa chrysophylla* et *Hordeum chilensis*. Dans les dépressions qui n'ont pas de neige en hiver poussent de petites herbes comme : *Viola maculata*, *Acaena splendens*, *Perezia brachylepis* et *Mutsia sinnata*.

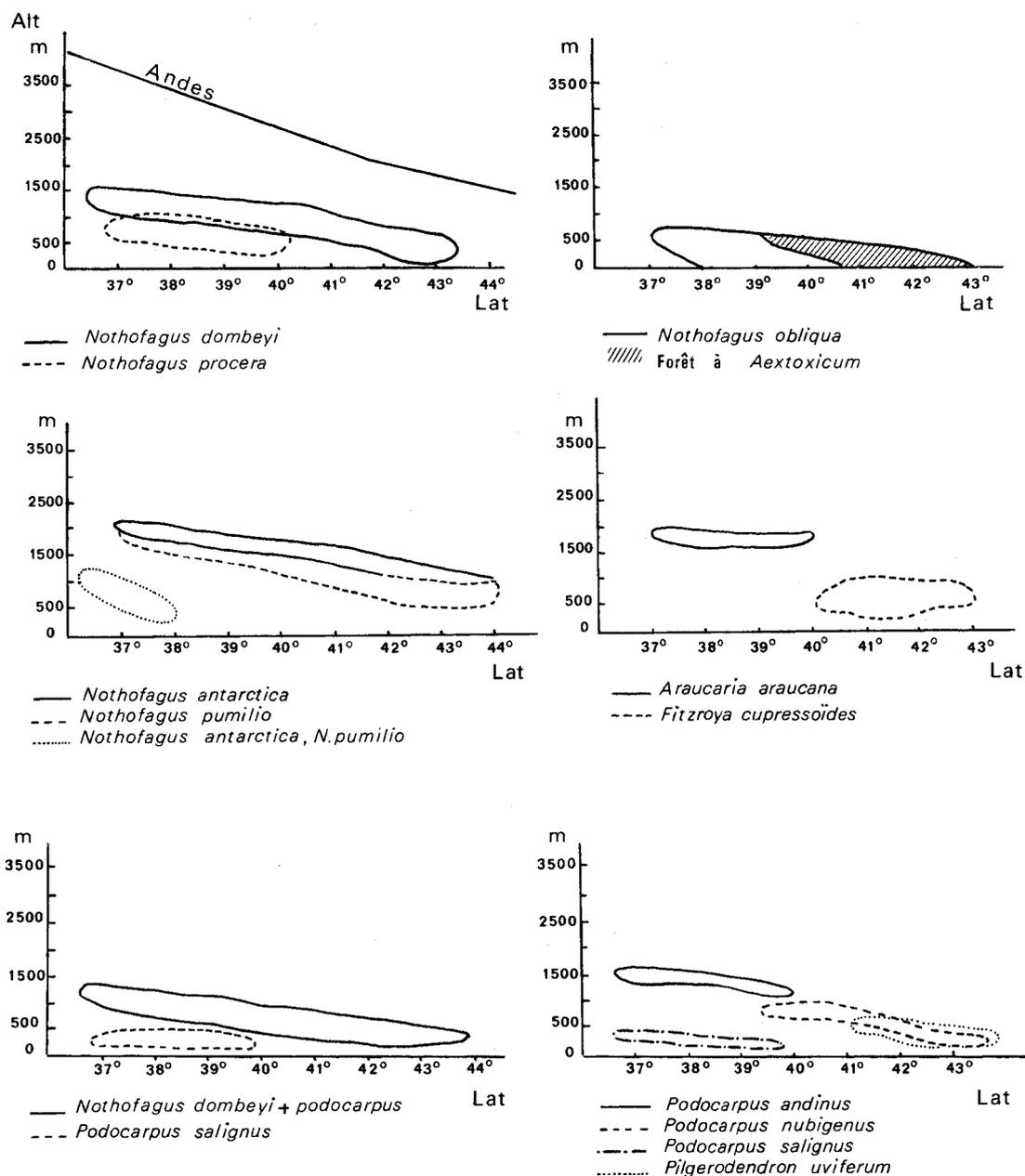


Fig. 11 - Répartition altitudinale et latitudinale des principales espèces arborescentes du Chili tempéré.

III.- ESSAI DE COMPARAISON DES ANDES MERIDIONALES ET DES ALPES

Andes méridionales et Alpes sud-occidentales appartiennent à deux empires floristiques différents, Neotropis et Holarctis ; elles n'ont en commun aucune espèce et seulement quelques genres. Tenter une comparaison entre les deux chaînes semble donc une gageure. Cependant au-delà des différences floristiques, il reste un point commun majeur : Andes et Alpes sont des montagnes, des édifices écologiques dominés par le fait universel et fondamental que constitue l'étagement des milieux dû au gradient thermique altitudinal. En s'opposant à la circulation normale des masses d'air, chacun de ces édifices règle la répartition des pluies, les pentes déterminent des milieux où l'insolation se répartit différemment, les vallées et les sommets sont autant d'îles qui retiennent prisonnières les espèces et favorisent l'endémisme. En un mot, l'architecture de ces édifices écologiques est analogue, même si les matériaux qui les composent sont éminemment différents.

Dans chacune des chaînes les éléments écologiques s'organisent selon un schéma, un modèle caractéristique ; la comparaison de ces modèles ne peut qu'apporter à notre connaissance du "fait montagnard" et ne peut que nous aider à saisir l'identité de l'écologie des montagnes du monde.

Parmi les éléments de comparaison des deux chaînes, nous retiendrons le gradient thermique altitudinal, le gradient thermique latitudinal, la pluviosité et la végétation.

1- Gradient thermique altitudinal (tabl. IV)

On a assez parlé de la valeur fondamentale et universelle du gradient thermique altitudinal pour qu'il soit inutile d'insister sur son importance. Au Chili tempéré fort peu de stations permettent de calculer ce gradient ; la plupart en effet sont implantées au bord de l'océan et subissent de ce fait des conditions climatiques particulières (océanité, courant froid de Humbolt).

Un seul couple de stations permet un calcul précis du gradient.

Station	Latitude	Altitude	Température	Gradient
Traiguén	38°15'	177 m	12°2	0,52
Lonquimay	38°26'	900 m	8°4	

D'autres mesures effectuées à partir de couples moins caractéristiques montrent que les valeurs du gradient varient entre 0°52 et 0°55 / 100 m, ce qui est tout à fait en concordance avec les valeurs admises pour les régions tempérées et tropicales du globe. On ne sait rien en revanche des variations du gradient thermique au cours de l'année et cela est tout à fait déplorable si l'on songe à l'action du gradient thermique sur les étages de végétation dans les montagnes à régime pluviométrique de type tropical (DOBREMEZ, 1972, 75-81).

2- Gradient thermique latitudinal (fig. 12)

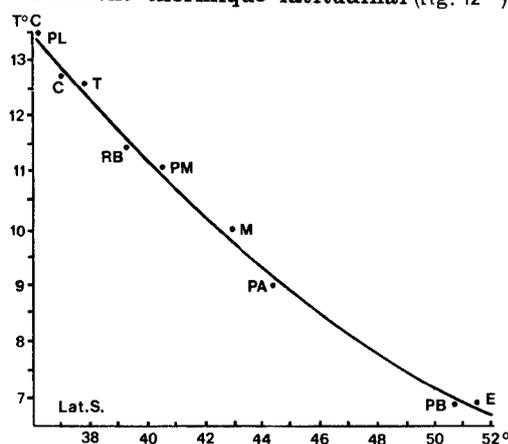


Fig. 12 - Températures réduites au niveau de la mer en fonction des latitudes.

Le Chili tempéré occupe 800 des 4200 km de la Cordillère méridienne andine. C'est dire que les étages de végétation subissent l'influence de la latitude et s'abaissent régulièrement vers le Sud.

OZENDA (1954) avait montré qu'en Europe occidentale la décroissance thermique était équivalente pour 1 m d'altitude et pour 1 km de latitude. La répartition des stations météorologiques du Chili permet un calcul plus précis du gradient thermique latitudinal (Tabl. V).

La décroissance thermique latitudinale est donc légèrement inférieure à celle proposée par OZENDA pour les Alpes. La valeur du gradient diminue vers le Sud. Cette décroissance est due à l'existence d'une branche méridionale du courant de Humboldt qui se divise aux environs de 40° Sud. La branche méridionale se comporte alors comme un courant chaud pour toute la côte Sud du Chili (de Chiloé à la Terre de Feu).

Station	Altitude	T° moyenne	Latitude Sud	T° corrigée à 0 m	Gradient therm. par degré de latitude	Grad. therm. / 100 km
Pta. Lavapie	31 m	13°3	37°08	13°4	0°50	0°45
Melinka	5 m	10°	43°54	10°		
Contulmo	30 m	12°6	38°02	12°7	0°47	0°42
Melinka	5 m	10°	43°54	10°		
Temuco	14 m	12°5	38°45	12°6	0°51	0°46
Pto. Montt	13 m	11°1	41°28	11°2		
Pto. Montt	13 m	11°1	41°28	11°2	0°53	0°48
Pto. Aysén	10 m	9°	45°24	9°1		
Melinka	5 m	10°	43°54	10°	0°52	0°47
Evangelistas	53 m	6°6	52°24	6°9		
Rio Bueno	58 m	11°2	40°18	11°5	0°42	0°38
Pto. Bories	22 m	6°8	51°42	6°9		
Melinka	5 m	10°	43°54	10°	0°40	0°46
Pto. Bories	22 m	6°8	51°42	6°9		

Tableau V - Gradient thermique latitudinal du Chili.

3- Pluviosité (tabl. VI et fig. 13)

Il est de connaissance banale que l'étagement de la végétation est soumis à l'influence des précipitations. Les exemples ne manquent pas dans les montagnes européennes et asiatiques de l'écrasement des étages sous l'effet de la pluviosité et leur étalement sous l'effet de la sécheresse atmosphérique.

Abstraction faite des influences topographiques qui s'expriment à l'échelle régionale (mésoclimat), la pluviosité augmente vers le Sud du Chili si l'on ne considère que les stations du versant Pacifique. Il n'existe d'ailleurs au Chili de versant atlantique que dans l'extrême Sud (Patagonie, Terre de Feu) et à la même latitude (52°24'), Islas Evangelistas reçoit 2677,5 mm par an alors que Punta Dungeness ne reçoit que 249 mm.

Ces valeurs mettent en relief les phénomènes d'abri et de zone intra-montagnarde sèche qui se manifestent dans toutes les montagnes du monde. Pour être complète l'étude des Andes du Chili tempéré doit nécessairement inclure le versant argentin.

Station	Latitude Sud	Total annuel (mm)	Station	Latitude Sud	Total annuel (mm)
Pta. Lavapie	37°08	814.0	San Pablo	40°25	1329.9
Los Quilales	37°15	1208.9	Pta. Montt	41°28	1840.5
Los Angeles	37°28	1302.7	Pta. Corona	41°47	2642.3
Nacimiento	37°31	1279.8	Castro	42°99	1978.0
Mulchén	37°43	1324.0	Isla Guafo	43°34	1669.7
Angol	37°48	1054.9	Melinka	43°54	3174.0
Purén	38°02	1412.6	Pto. Aysén	45°24	2973.3
Victoria	38°14	1652.9	Cabo Raper	46°50	2027.5
Traiguén	38°15	1262.9	San Pedro	47°43	4266.3
Temuco	38°45	1190.0	Islas Evangelistas	52°24	2677.5
Pta. Saavedra	38°47	1182.8	Bahia Felix	52°58	4704.4
Panguipulli	39°41	2251.6	Pta. Arenas	53°10	402.9
Valdivia	39°48	2471.7	Cabo San Isidro	53°47	841.9
Pta. Galera	40°02	2145.0	Isla Navarino	55°10	450.8*
Lago Ranco	40°15	1783.8	Pto. Bories	51°42	272.0
La Union	40°15	1267.2	Pta. Dungeness	52°24	249.0

Tableau VI - Pluviométrie du Chili tempéré (* stations de versant atlantique).

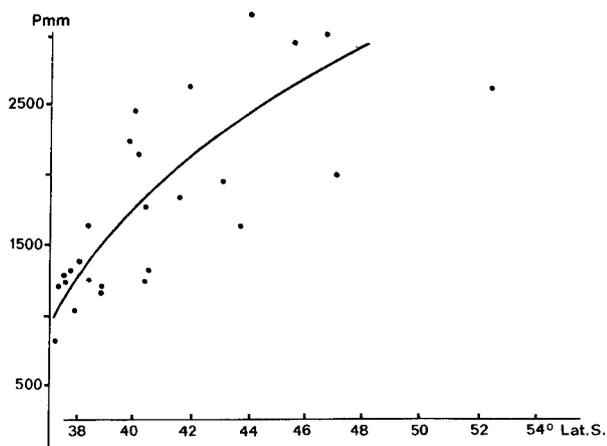


Fig. 13 - Pluviosité en fonction de la latitude et de la position par rapport à la chaîne du Chili tempéré.

L'augmentation de la pluviosité dans le Sud du pays augmente l'effet de la latitude en provoquant l'écrasement des étages de végétation.

4- Les étages de végétation

Comparer les étages de végétation de deux chaînes de montagnes ne peut évidemment se faire qu'avec de nombreuses précautions pour éviter en particulier que la position latitudinale des montagnes ne fausse complètement les comparaisons (DOBREMEZ 1972, 290-301). Trop d'auteurs, faute de réflexions, ont abouti à des conclusions aberrantes.

Les tableaux VII et VIII (p. 70, au verso) montrent la succession altitudinale des étages à la latitude de Valdivia et leur comparaison avec les Alpes à la latitude de Grenoble.

Les limites thermiques des étages de végétation sont du même ordre de grandeur dans les Andes et dans les Alpes: en revanche la composition floristique, en raison de la situation géographique des chaînes, est totalement différente. Cependant on retrouve dans l'une et dans l'autre un certain nombre de formations équivalentes. (Les espèces de Nothofagus diffèrent naturellement selon les étages)

	ALPES	ANDES
Méditerranéen	Chênaie à feuilles persistantes	Forêt laurifoliée
Collinéen	Chênaies	Forêt de Nothofagus
Montagnard	Hêtraie-Sapinière	Forêt de Nothofagus + Conifères
Subalpin	Forêt résineuse	Forêt de Conifères + Nothofagus
Alpin	Pelouses - Landes	Pelouses-Landes + Nothofagus

Etages et altitude approximative	HYGROPHILE	MESOPHILE	XEROPHILE
2600 m ANDIN		Limite de la végétation Landes - Pelouses Nothofagus antarctica	
2200 m SUBANDIN		Limite des arbres Nothofagus antarctica N. antarctica - N. pumilio Forêt à Araucaria araucana	
1500 m MONTAGNARD	Nothofagus dombeyi Fitzroya cupressoides Forêt valdivienne andine Forêt à N. dombeyi et Podocarpaceés	Austrocedrus chilensis Forêt à N. obliqua Nothofagus procera	Formations de la steppe patagonienne
900 m COLLINEEN	For. de la forêt valdivienne For. de la Forêt de Chiloé For. à N. nitida et N. betuloides Nadis et marais méridionaux	Formation à N. obliqua	Formation à Quillaja s. - Peumus boldus et Cryptocarya alba
400 m TYPE MEDITERRANEEN			Formation à Lithraea caustica - Acacia caven - Schinus Molle

Tableau VII - Schéma de la succession altitudinale des formations végétales dans les tempérées du Chili à la latitude 37° Sud.

ANDES TEMPEREES - Latitude de Valdivia		ALPES SUD-OCCIDENTALES - Latitude de Grenoble	
Etage NIVAL 2600 m	1°	2400-2600 m	- 2°
Etage ANDIN 2200 m	Pelouses 1°2	Etage ALPIN 2200 m	Pelouses 1°
Etage SUBANDIN 1500 m	Nothofagus antarctica Nothofagus pumilio 3°5	Etage SUBALPIN 1500 m	Pin à crochets Epicéa Mélèze Pin sylvestre 4°
Etage MONTAGNARD 700 m	Nothofagus dombeyi Fitzroya cupressoides 8°4	Etage MONTAGNARD 700 m	Hêtre Sapin Pin sylvestre 8°5
Etage COLLINEEN 200 m	Nothofagus obliqua Persea lingue Tepualia stipularis Eucriphia cordifolia Weinmannia trichosperma Aextoxicum punctatum 11°2	Etage COLLINEEN 200 m	Chêne sessile Chêne pédonculé Châtaignier 12°

Tableau VIII - Comparaison des successions altitudinales de végétation pour des zones où la température au niveau de la mer est 12° C.

Comme nous le disions en introduction, Andes et Alpes appartiennent à deux empires floristiques et phytogéographiques distincts. Il ne peut être question de tirer des conclusions précises de cette comparaison biologique. Il faut seulement retenir la grande variété des espèces arborescentes andines d'origine tropicale et la spéciation importante du genre *Nothofagus* qui semble être le vicariant écologique dans les Andes de l'ensemble des Feuillus et au moins des Cupulifères des Alpes.

A l'issue de ce survol des éléments de l'architecture écologique des Andes méridionales, que retenir des analogies ou des différences entre les deux chaînes ? Les mêmes facteurs généraux agissent dans l'une et l'autre, mais la méconnaissance des interrelations dans la cordillère chilienne ne permet pas, pour l'instant, une comparaison fructueuse des modèles sudaméricain et européen. Les grandes lignes de la végétation des Andes sont maintenant connues. Il faut s'attacher à étudier les caractéristiques écologiques et la composition floristique des étages de végétation et des groupements végétaux pour arriver à une comparaison précise de la biogéographie des montagnes andines et européennes.

IV.- ACTION HUMAINE ET UTILISATION DU SOL AU CHILI TEMPERE

(voir carton hors texte)

La densité de la population dans le Chili tempéré est très variable. Elle a connu une constante augmentation depuis le siècle dernier, sauf pour la zone de Chiloé. Le Nord de la région qui correspond au secteur de Concepcion et au bassin du rio Bio-Bio est le plus peuplé avec une densité approximative de 32 habitants par km²; les régions des lacs et de Chiloé n'ont qu'une densité de 12 h / km². Dans le Nord, la population se concentre surtout dans les centres industriels et dans les capitales des provinces, alors que plus au Sud on constate une plus grande dispersion du peuplement, en grande partie justifiée par la prédominance des activités agricoles et de l'élevage. Le caractère touristique de la zone entre Temuco et Puerto Montt a permis l'installation de plusieurs villages autour des lacs et dans les pré-Andes, donnant au paysage un caractère plutôt rural qu'urbain.

A.- LES EXPLOITATIONS INDUSTRIELLES ET AGRICOLES

1- L'industrie

Au point de vue des activités industrielles, la zone chilienne comprise entre les 37° et 44° de latitude Sud présente un grand centre dans le Nord (province de Concepcion), auquel s'ajoutent plus au Sud, principalement dans les provinces de Osorno et Valdivia des industries manufacturières. Au total, dans cette zone tempérée, se trouvent concentrés 35 % de l'activité industrielle du Chili.

a) L'aire industrielle du Nord de la zone tempérée

Elle est centrée sur la zone urbaine et industrielle de Concepcion. A cela s'ajoutent le grand ensemble sidérurgique basé sur l'usine d'Huachipato et les importants gisements de charbon de Coronel et Lota. Le bassin du rio Bio-Bio se prête à une forte exploitation de l'énergie hydro-électrique ; d'autres activités telles que des usines de papier, de verrerie et de textile complètent cet ensemble qui emploie 13 % de la main d'oeuvre chilienne. La province de Concepcion avec 1800 établissements industriels occupe 37 000 personnes. Le poids de cette région dans l'économie chilienne est plus important qu'il n'y paraît, car ce complexe industriel se caractérise par l'existence de grands établissements élaborateurs de produits de base (raffinage du pétrole pétrochimie, sidérurgie, ciments, charbon) et de produits métalliques de consommation intermédiaire.

Sans doute aussi la localisation des plus importants secteurs industriels du Nord va de pair avec la haute densité de population, avec le bon réseau des communications, avec la proximité des importantes sources d'énergie, compte tenu aussi des bois, et avec un marché régional assez développé.

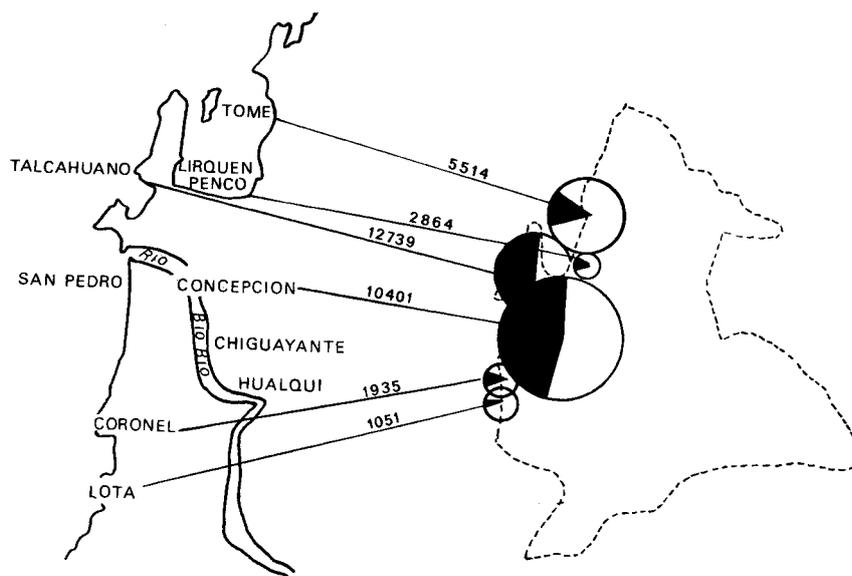


Fig. 14 - Les industries dans la province de Concepcion. Les cercles indiquent le pourcentage des industries par commune, les chiffres la quantité de personnel embauché dans ces industries (d'après P. CUNILL, 1971).

b) Les centres manufacturiers du Sud

Dans les provinces du Sud, comprises entre Bio-Bio, Cautin et Chiloé, 17 % des établissements industriels emploient 11 % de la population industrielle chilienne (G. URIBE, 1967). La plupart de ces industries correspondent à des activités monoproductrices qui transforment les ressources de l'élevage et de l'agriculture ainsi que les produits forestiers régionaux : industrie de la Betterave sucrière, industrie laitière, cellulose et bois. Le caractère monoproducteur s'accroît dans l'industrie du bois et dans les industries d'alimentation. Dans la province de Valdivia, où 13 000 personnes sont occupées dans l'industrie, plus de 7000 travaillent à l'exploitation du bois. Et dans les provinces de Llanquihue et Chiloé, sur plus de 5 000 employés dans l'industrie, 2200 travaillent dans des industries de produits alimentaires.

Le développement industriel se concentre dans les villes de Valdivia, Temuco et Osorno. Valdivia est le plus grand centre industriel et présente une spécialisation relative dans les industries du bois, de la chaussure, des liqueurs et des chantiers. Temuco et Osorno ont un grand dynamisme pour les industries dérivées du bétail et de l'agriculture (lait, cuir, porc). On voit aussi se développer une zone industrielle sur la base des industries élaboratrices de produits de l'agriculture et de l'élevage dans le complexe urbain qui s'étend entre Puerto Montt, Puerto Varas et Llanquihue.

2 - Les cultures

Presque 65 % de la superficie agricole du pays se trouve au Chili tempéré. On parle souvent de cette région comme du "grenier du Chili". Le système d'exploitation jusqu'à ces dix dernières années était la tenure du sol. Le grand domaine chilien date du XVII^{ème} siècle ; il est lié au développement de l'économie pastorale qui a conduit les éleveurs à constituer de grandes propriétés d'un seul tenant, offrant une grande diversité de pâturages pour les bovins et les ovins. Les grandes familles de propriétaires terriens évitaient les partages et agrandissaient leurs domaines par des concessions de terres ("Mercedes") ou des achats.

Avec le passage de l'économie purement pastorale du XVII^{ème} siècle à l'économie reposant sur la culture des céréales et de l'élevage au XVIII^{ème} siècle, le grand domaine s'est spécialisé dans la culture du blé, demeurant intact jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle. A partir de 1930 a eu lieu un nouveau morcellement de terres dans le Sud du Chili accéléré un peu à partir de 1965 avec la Réforme Agraire, mais en général le système des grandes propriétés n'a pas changé dans sa structure fondamentale. Ces "latifundios" sont des exploitations de grande surface, souvent plus de 1000 hectares, ce qui fait que jusqu'à 1966 70 % des terres agricoles étaient sous ce système : jusqu'à ces dernières années, il y avait au Chili tempéré 1050 grandes propriétés de plus de 1000 hectares (Source, Ivto. Censo Nacional Agropecuario, Stgo du Chili, 1965) avec un système d'exploitation insuffisant.

Céréales et fermes	1 158 934 hectares : 35 %	Terres de cultures	4 510 800 hectares : 14 %
Légumes	89 182 hectares : 2,8 %	Prairies naturelles et artificielles	10 082 800 hectares : 32,9 %
Cultures industrielles	116 522 hectares : 3,6 %	de plus de 5 ans	
Vignes	111 278 hectares : 3,4 %	Forêts et monts	5 805 600 hectares : 19 %
Fruitières	85 654 hectares : 2,6 %	Terres d'exploitation probable	2 271 200 hectares : 7,4 %
Forestiers	419 590 hectares : 13 %	Autres terres	7 978 300 hectares : 26 %
Cultures pour le bétail	1 254 671 hectares : 38,8 %		
Total	3 235 831 hectares	Total	30 648 700 hectares

Tableau IX - Distribution de la surface cultivée des exploitations agricoles

Tableau X - Utilisation du sol au Chili (Source : P. CUNILL, 1972)

Le territoire du Chili sud-américain comprend plus de 74 000 000 hectares. Mais cette surface n'est pas entièrement utilisable pour l'agriculture. Environ 21 000 000 hectares sont couverts par le désert, la haute cordillère, les dunes, les zones glaciaires et les lacs. En plus il faut ajouter quelque 20 millions d'hectares qui correspondent à des terrains non cultivables (forêts andines et forêts australes des fjords). Ainsi à peu près 52 % du territoire chilien n'est pas utilisable pour les activités agricoles.

- Les paysages agricoles du Chili tempéré

L'utilisation du sol y présente des différences régionales dues à des raisons climatiques et édaphiques et on distingue deux centres importants d'exploitation agricole :

a) Le bassin de Bio-Bio

Il comprend les provinces de Nuble, Concepcion, Arauco, Bio-Bio et Malleco et représente à peu près 22 % du total de la superficie agricole du Chili (P. CUNILL, 1966). Le défrichage de la forêt dans la région a commencé avec la pacification des indigènes les "araucanos" à partir du siècle dernier. L'élevage et l'agriculture sont assez importants ; on trouve des cultures pratiquées avec et sans irrigation. C'est là aussi qu'ont été construits les derniers barrages en vue de l'irrigation des terres cultivées. Un autre aspect intéressant vient de ce que les cultures sont faites pour la plupart par des petits propriétaires, sauf dans la province de Malleco, principalement dans les terrains des Cordillères de la côte et pré-andine. "Chaque exploitation est une entreprise économique, qui se gouverne elle-même, à structure familiale. Chaque ferme constitue donc une unité de base, comprenant l'habitation et ses dépendances un petit jardin potager irrigué appelé "chacra", les champs réservés aux cultures et à la jachère, quelques chevaux, de la volaille et des cochons" (P. CUNILL, 1966).

Pour la production agricole il est important de signaler que cette région produit beaucoup de céréales ; le blé, l'avoine et l'orge sont les plus exploités. Les légumes représentent aussi une production considérable surtout les lentilles, les petits pois et les haricots. Parmi les cultures industrielles, il faut signaler le développement dans ces dix dernières années de la betterave sucrière. Les cultures fruitières sont aussi assez répandues : ce sont surtout les pommes, les olives, les châtaignes et les cerises. La vigne, dans cette région, a une extension réduite car c'est presque au Nord du Chili tempéré que se trouve la limite méridionale de sa zone de culture.

Les prairies artificielles occupent une importante place dans le bassin de Bio-Bio, ce qui donne déjà une idée de l'exploitation du bétail dans la région.

b) La région agricole des Lacs et de Chiloé

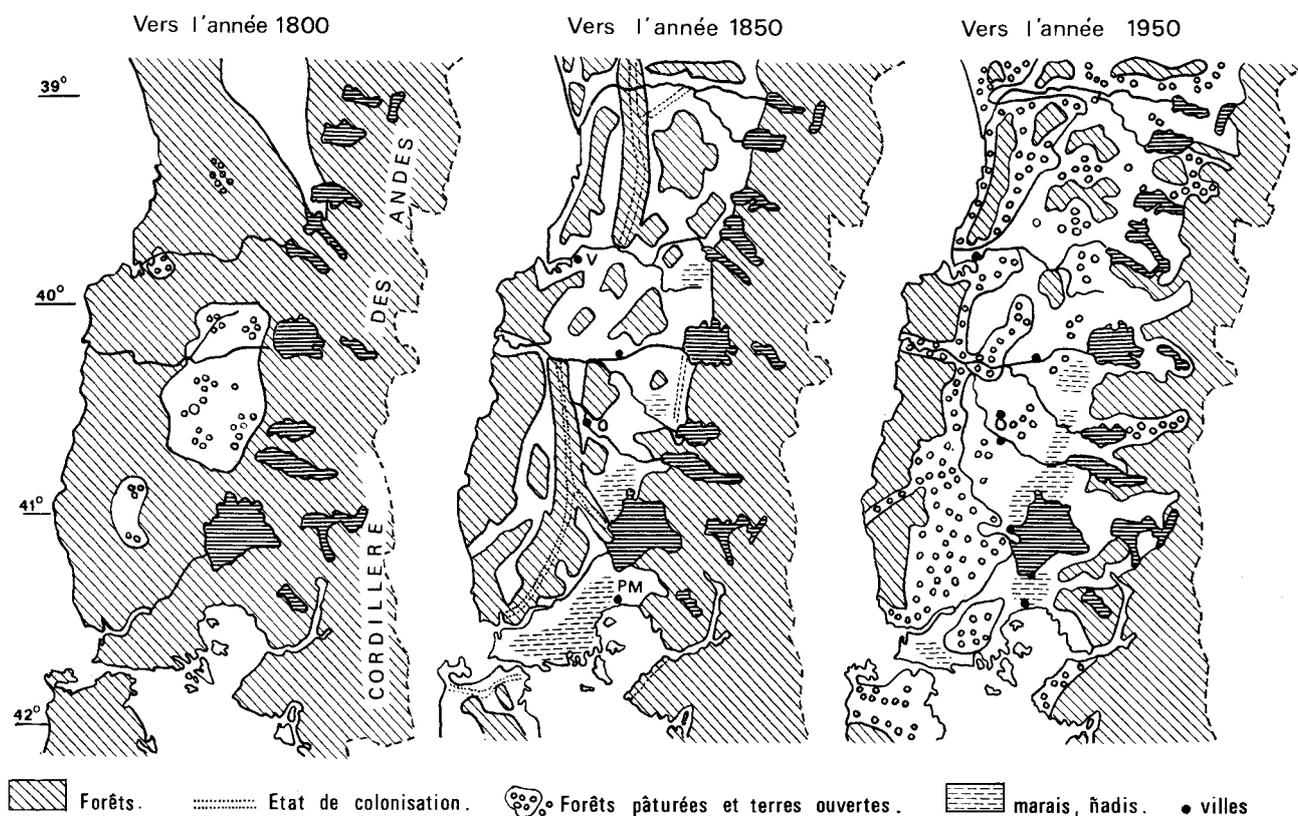


Fig. 15 - Evolution du processus de déforestation dans la région des lacs.

Cette région comprend les provinces méridionales de Cautin, Valdivia, Osorno, Llanquihue et Chiloé. L'exploitation intensive du sol et par conséquent le défrichage de la forêt date à peu près du début du siècle dernier avec l'implantation d'immigrants européens (fig. 15). Grâce au climat très pluvieux, l'irrigation n'est pas nécessaire. Les cultures extensives dominent, elles sont basées sur le blé et les autres céréales, les - quelles occupent 10 % de la superficie du pays et sont destinées à la production nationale des céréales. Les prairies naturelles et artificielles sont assez nombreuses ; il y a beaucoup de bovins. Ses laiteries sont les plus importantes du Chili. On trouve dans les provinces de Cautin, Valdivia, Osorno et Llanquihue 40 % du bétail bovin du pays et 410 000 hectares plantés pour le fourrage ; l'élevage de porcs et les fabriques de viandes boucanées ont aussi leur importance dans cette région.

Dans la plaine centrale le système d'exploitation qui domine est celui des moyennes propriétés avec une agriculture où l'on cultive des céréales et des fruitiers, tandis que vers les secteurs côtiers les grandes propriétés sont prédominantes. Elles emploient une main-d'œuvre permanente (locataires, employés, régisseurs) et des ouvriers agricoles temporaires ("afuerinos"). Les grandes propriétés dépassant 1 000 hectares sont situées sur les premières pentes de la Cordillère des Andes. Elles arrivent presque jusqu'à la frontière avec l'Argentine. Le sens économique du grand domaine est donné par un de ses traits caractéristiques : son immense extension permet aux propriétaires de se désintéresser de l'intensification des cultures. D'autre part ces exploitations fournissent la plus grande partie des produits exportés. Les "haciendas" disposent de la presque totalité du crédit hypothécaire et des facilités accordées par les organismes bancaires et particuliers à l'agriculture.

A Chiloé, un grand pourcentage de population rurale est groupé vers la côte et les fles intérieures. Il existe une culture intensive de la Pomme de terre. En ce qui concerne la terre, les propriétés sont très divisées (les "minifundios"), ce qui provoque des migrations saisonnières et aussi définitives des paysans. L'élevage des ovins et le ramassage des coquillages est une autre activité de l'homme de la région. A Valdivia, Osorno et Llanquihue les cultures industrielles de betterave sucrière et de raps sont faites de façon intensive.

B.- L'EXPLOITATION DE LA FORET

Souvent l'influence de l'homme sur la forêt n'a fait que compléter l'action de divers autres facteurs naturels. Cependant il ne fait pas de doute qu'au Chili cette action a été la cause principale de l'état de dégradation actuel de la plupart des forêts naturelles. Cette influence a été particulièrement décisive au siècle dernier.

Avec l'augmentation de la population, les "colonos" ont eu besoin d'avoir plus de terres à cultiver ou plus de terrains de pâture. Par suite du développement des villes, de la création d'une voie ferrée reliant Santiago aux provinces du Sud jusqu'à Puerto Montt et de l'augmentation consécutive des exploitations de bois, les forêts naturelles ont été soumises à une pression qui ne s'est plus ralentie et qui a même été sans cesse plus forte.

Les conditions climatiques, peu propices au rétablissement d'équilibres biologiques compromis ou détruits, tendent à aggraver les conséquences d'une exploitation longtemps irraisonnée. Aussi, en dépit de leur apparence immuable, les paysages végétaux se sont-ils bien éloignés de leur aspect original.

Le système de tenure du sol introduit par les Espagnols et qui est resté quand le Chili a acquis son indépendance s'est combiné avec une politique libérale qui a laissé l'initiative privée défricher les forêts pour créer des terres de culture ou des pâturages. Ainsi on a été amené à considérer comme propriété privée une grande partie des terrains autrefois boisés. Au Nord de Puerto Montt, les forêts domaniales sont limitées en un petit nombre de réserves, à la plupart desquelles on a accordé gratuitement des concessions pour l'exploitation commerciale du bois d'œuvre. En même temps les hommes ont été soit autorisés à s'y installer, soit jusqu'à une époque très récente s'y installaient illégalement. Ces forêts sont en général constituées par des essences de qualité inférieure à celles des forêts qui, plus au Nord, sont des propriétés privées. On estime que de la superficie totale occupée par tous les types de bois et forêts, plantations comprises, 54,5 % sont propriété privée, 42,7 % sont propriété de l'Etat et que pour 2,8 % la possession est indéterminée (H. STEIN, 1968).

La plupart des propriétaires privés n'ont été intéressés que par le revenu maximum immédiat qu'ils pouvaient retirer des forêts naturelles, et les ont exploitées aussi vite que possible. Les difficultés de l'exploitation, la médiocrité des communications intérieures et l'éloignement des marchés ont incité les propriétaires à pratiquer des coupes dites sélectives en abattant seulement les meilleurs arbres d'espèces à grande valeur marchande. Cet abattage était souvent accompagné de la destruction du reste de la forêt. Cette destruction parfois réalisée à dessein, avec l'intention de défricher les sols, parfois effectuée sans motif, était perpétrée par le feu. Une telle pratique n'a pas facilité la formation d'une prise de conscience collective à l'égard de la protection des forêts contre les incendies.

Aux efforts qui avaient pour but principal l'extension de cultures limitées aux dépens des forêts, s'ajoutèrent ainsi, tout au long des siècles, des feux pastoraux qui après les versants s'étendaient aux crêtes des montagnes. Seuls étaient épargnés les massifs boisés à qui l'on demandait de fournir le bois de chauffage et le charbon de bois et parfois ceux qui pouvaient jouer un rôle de protection comme ce fut le cas des forêts du secteur oriental des lacs. Entre Puerto Montt et Puerto Varas il y avait une forêt d' "alerce" (*Fitzroya cupressoides*) qui avait une extension de 25 km de long et 3 km de large ; là poussaient les arbres les plus anciens et les plus beaux du Chili. Dans le but de "gagner" 20 000 hectares pour l'agriculture, le gouvernement de l'époque a décidé de brûler ces arbres millénaires ; puis les colons se sont installés, mais quelque temps après la plupart avaient abandonné leurs terres car elles étaient de mauvaise qualité pour l'agriculture. Aujourd'hui ce sont des sols grignotés par l'érosion et le mot de "alerce" se trouve seulement dans la toponymie de la région.

Dans la plaine centrale la dégradation du sol a été très accélérée au cours de ces quinze dernières années. Le "grenier" du Chili connaît actuellement des sols ayant des rendements très bas en céréales, et les cultures des prairies ont beaucoup diminué en qualité, avec une forte répercussion dans l'élevage du bétail.

Il est possible que l'influence de l'homme sur l'existence, l'étendue et la répartition des forêts naturelles n'aient fait que compléter de façon secondaire l'action des facteurs naturels sous-jacents, mais il ne fait pas de doute qu'elle a été la cause principale de l'état actuel de la plus grande partie de la forêt naturelle du Chili. Cette influence a été particulièrement décisive, et même destructrice, au siècle passé.

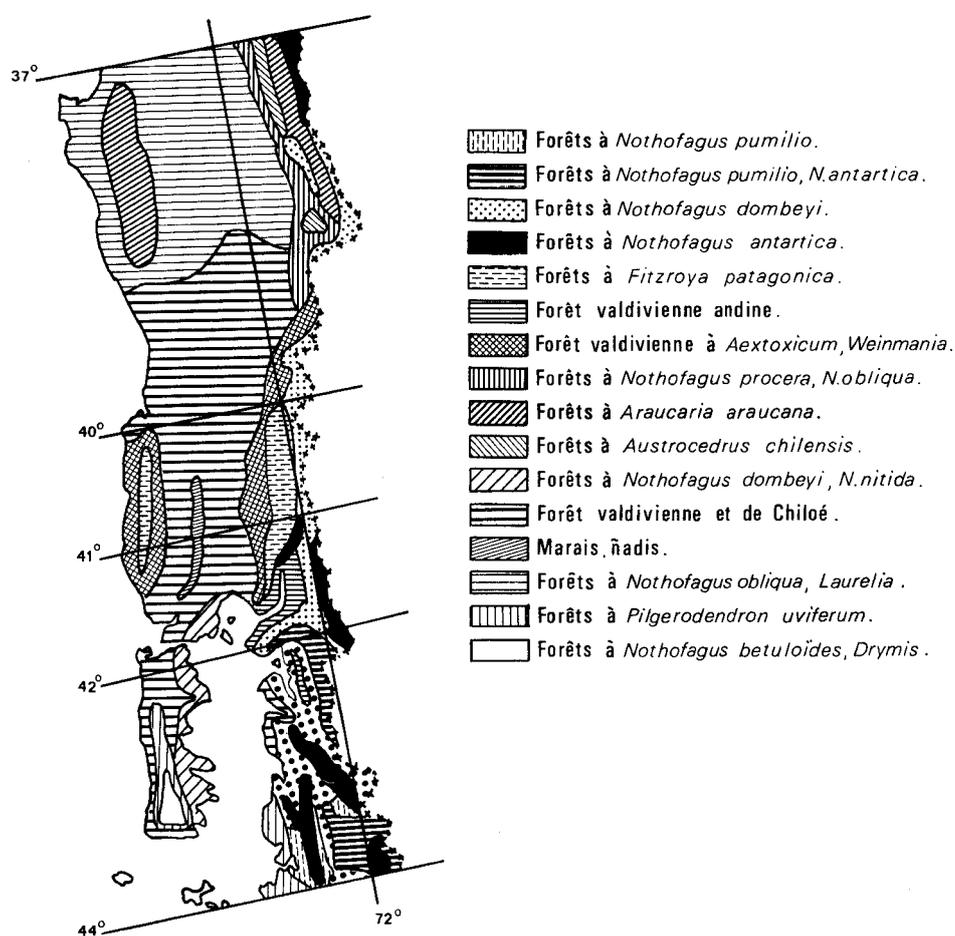


Fig. 16 - Carte de la végétation primitive du Chili tempéré (telle qu'elle pouvait être au début du XVIème siècle).

Malheureusement de telles pratiques historiques sont encore courantes de nos jours, même si l'emploi du feu pour effectuer le défrichement a souvent eu un bon effet en stimulant la régénération de certaines espèces, en particulier de *Nothofagus obliqua*, *N. procera* et *N. dombeyi*, mais là où l'incinération du début a été suivie de défrichements répétés et de nouveaux incendies, là où le pâturage s'est exercé, la jeune régénération forestière a été détruite ou endommagée. Les coupes sélectives ainsi pratiquées ont eu pour résultat normal, mais défavorable, la surexploitation d'espèces de grande valeur pour n'en citer que quelques-unes du "lingue", du "ciprès de la cordillera", de l' "araucaria", de l' "alerce", du "rauli", du "roble" et même du "coigüe". Ces espèces sont devenues de plus en plus rares et quelques-unes sont menacées d'extinction comme c'est le cas du *Persea lingue* ("lingue") et du *Saxegothaea conspicua* ("mañio hembra").

Les ressources forestières du Chili se divisent en forêts naturelles et en plantations artificielles. On a calculé que la superficie couverte de forêts naturelles correspond à 27 % de la surface du Chili sud-américain, c'est-à-dire 20 443 000 hectares. Mais seulement 5 742 000 hectares représentent des bois exploitables et, de cette surface, à peu près 1 010 000 hectares sont presque complètement détruits par le feu, par les maladies ou autres causes naturelles (Instituto Forestal, 1971, p. 2 : Los recursos forestales chilenos).

A l'heure actuelle, le centre d'exploitation des forêts naturelles est constitué par les provinces de Malleco, Cautin, Valdivia, Osorno et Llanquihue qui représentent plus de 60 % du total des sciages du pays. Par suite de l'épuisement du bois dans ces provinces, il y a eu dernièrement une augmentation notable de l'exploitation du bois au Sud dans la région des Canaux, plus particulièrement dans la province de Magallanes.

Les plantations forestières artificielles occupent aussi une place importante. Elles couvrent une surface de 419 000 hectares. 360 200 hectares correspondent à *Pinus radiata*, 47 400 à *Eucalyptus globulus* et 9 180 à *Populus nigra* (Instituto Forestal). Les plantations les plus grandes se localisent dans les provinces de Concepcion et Valdivia. *Pinus radiata* est une espèce introduite qui pousse très vite et qui occupe 90 % de la superficie des plantations ; elle est très utilisée pour la fabrication de la cellulose et pour la construction de maisons en bois, caractère d'ailleurs très particulier de l'urbanisme des villes du Sud du Chili.

D'après les rapports de la F.A.O., le volume sur pied de ce qui reste de forêts naturelles productives au Chili a été estimé à 1 500 millions de mètres cubes et leur accroissement annuel global à 17,5 millions de mètres cubes. D'autre part on a estimé à 43 millions de mètres cubes les pertes annuelles dues à des causes naturelles telles que la pourriture, l'action du vent, les insectes et les champignons, et aussi les incendies causés en général par l'homme et les exploitations.

Ces chiffres indiquent une situation très grave, qui si elle n'est pas redressée conduira à l'épuisement des forêts naturelles productives au début du siècle prochain.

CONCLUSION

Notre travail sur le Chili comporte trois parties : le milieu, la végétation et l'utilisation du sol.

L'étude du milieu et de la végétation se limite à la zone que nous appelons le Chili Tempéré et a été cartographiée à petites échelles (1/3 000 000 et 1/5 000 000). En premier lieu le cadre géographique et climatique a été traité. L'étude pédologique du pays en est à ses débuts et nous n'avons pu faire état que de travaux fragmentaires, insuffisants pour traiter la question d'une façon détaillée ; il serait souhaitable que des études pédologiques soient étendues surtout dans le Sud du pays.

Le Chili tempéré est doté d'un réseau assez lâche de postes météorologiques qui donnent des renseignements complets sur la température et les précipitations. En particulier il n'y a pas d'observations météorologiques en haute montagne. De ce fait des interpolations et des extrapolations ont été nécessaires pour établir les cartes des précipitations, des températures et de la sécheresse. La carte bioclimatique a été dressée suivant la méthode de BAGNOULS-GAUSSSEN. Le Chili méridional a un climat typiquement tempéré océanique avec quelques nuances à climat méditerranéen dans le secteur Nord et la vallée centrale.

Un second chapitre porte sur l'étude de la végétation; dans l'impossibilité d'étudier tout le pays en vue d'une cartographie à petite échelle et en fonction de la documentation dont nous disposions, nous avons choisi une bande de terrain allant du 37ème au 44ème parallèle, bande à peu près de 800 km de long. Cette zone correspond d'ailleurs à la zone la plus riche du pays au point de vue de la végétation.

L'étude des étages de végétation est très peu poussée au Chili car les zones de végétation naturelle ont beaucoup reculé dans le pays. Un déboisement intense a commencé depuis le siècle dernier et un pâturage intensif suivi d'une érosion galopante ont accentué les conséquences de ces destructions.

Si les limites d'étages ont pu être établies assez généralement sur la Cordillère de la Côte, il n'en est pas de même dans la Cordillère des Andes, où le manque presque total des observations sur le terrain nous a empêchés de faire une zonation précise de la végétation. C'est pourquoi nos limites de végétation doivent être considérées plutôt comme une hypothèse de travail pour nos futures recherches sur le terrain. Dans un autre chapitre, nous avons essayé de faire une comparaison des successions altitudinales de végétation entre les Andes méridionales et les Alpes occidentales en appliquant les méthodes de recherches européennes sur l'écologie des zones montagneuses. Mais les différences de flore, de bioclimats et l'absence de connaissance du terrain en milieu andin nous ont empêchés d'aboutir à des conclusions plus élaborées pour le moment.

Le but principal de nos recherches a été de faire la carte écologique de la végétation du Chili tempéré. Nous avons choisi une toute petite échelle, le 1/1 000 000. Cette carte a été faite en suivant les principes généraux de la cartographie végétale proposée par GAUSSEN et ses collaborateurs pour les cartes à petite échelle : donner un inventaire de l'état actuel de la végétation spontanée et des cultures et indiquer les conditions du milieu dont la connaissance permet de prévoir l'amélioration des ressources. Notre carte est loin d'être définitive et précise, surtout compte tenu de l'échelle à laquelle elle est faite, mais c'est un instrument de base qui permet d'envisager une étude phytogéographique plus poussée surtout si on pense dans l'avenir faire des cartes écologiques à grande et moyenne échelles. Nous n'avons pas approfondi volontairement certains aspects qui pourront paraître importants mais qui sont trop spécialisés et qui auraient enlevé à la carte de sa clarté.

A la fin de ce travail nous avons parlé de l'exploitation économique du sol dans le Chili tempéré et de la modification du milieu par la main de l'homme. Il conviendrait au Chili d'arrêter sans délai la destruction du tapis végétal en interdisant le défrichement et le surpâturage. De plus il faudrait prendre des mesures sévères contre les incendies et entreprendre de manière plus accélérée des travaux de reboisement. Et, dans ce domaine, au lieu de vouloir à tout prix régénérer en espèces étrangères, il serait préférable de reboiser avec des essences autochtones et dans la limite écologique de leur aire.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERDI (M.) 1966. - Consideraciones generales sobre las turberas de la Cordillera Pelada. - Bol. Universidad de Chile, n° 65, 53-55.
- ALMEYDA (E.) . SAEZ (F.) 1958. - Recopilacion de datos climaticos de Chile y mapas sinopticos respectivas. - Ed. del Ministerio de Agricultura, 1956 p., Santiago.
- BAEZA (V.), LLANA (A.) 1942. - Las coníferas chilenas. - Universidad de Chile. Anales Fac. Fil. y Educ. Seccion de Biología, Cuaderno n°1.
- BAGNOULS (F.), GAUSSEN (H.) 1952. - L'indice xéothermique. - Bull. Ass. Géogr. Français, Paris, 222-223.
- BAUER (P. P. von) 1958. - Waldbau in Chile. - Bonner Geogr. Abh. Dümmlers, Bonn.
- BEEBLE (A.) 1943. - Phytogeography of Patagonia. - The Botanical Review, n°9, Lancaster, U.S.A.
- BERNINGER (O.) 1929. - Wald und offenes Land in Süd-Chile seit der spanischen Eroberung. - Geogr. Abhandlungen, 3 Reihe, Heft 1, Stuttgart.
- BORDE (J.) 1966. - Les Andes de Santiago et leur avant-pays (étude de géomorphologie). - Bordeaux, Union française d'Impression.
- BRUGGEN (J.) 1948. - La expansion del bosque en el sur le Chile en la epoca post-glacial. - Rev. Univ. XXXIII, Santiago.
- BRUN (R.) 1966. - Strukturstudien im gemässigten Regenwald Südchiles als Grundlage für Zustandserhebungen und Forstberiebsplanung. - Inaugural-Dissertation, Albert-Ludwig Universität zu Freiburg i. Br.
- CABRERA (A.) 1971. - Fitogeografía de la Republica Argentina. - Bol. Sociedad Argentina de Botanica, vol. XIV, n°12, 1-42.
- Corporacion de Fomento de la Produccion. 1966. - Geografía Económica de Chile, Primer Apendice, Santiago, p. 268.
- Corporacion de la Madera. 1955. - Panorama de nuestros recursos naturales. - Rev. Chile Maderero, Santiago.
- CUNILL (P.) 1966. - L'Amérique Andine. - P. U. F., Magellan, 308 p.
- CUNILL (P.) 1971. - Geografía de Chile. - Editorial Universitaria, Santiago, 495 p.
- CUNILL (P.) 1971. - Factores en la destruccion del paisaje chileno ; recoleccion, caza y tala coloniales. - Rev. Informaciones Geograficas, Santiago, 235-264.

- DE LA RUE (A.) 1959. - Quelques observations sur la biogéographie de la Patagonie chilienne et de la Terre de Feu. - C.R. Séances Soc. Biogéographie.
- DENIS (P.) 1927. - Amérique du Sud. - In VIDAL-LABLACHE, Géographie Universelle,
- DI CASTRI (F.), HAJEK (E.) 1961. - Indices pluviométricos como base para una clasificación del país en zonas bioclimáticas. - Bol. IV Conv. Med. Vet., Santiago, 19-23.
- DI CASTRI (F.), HAJEK (E.) 1961. - Proyecto de Mapa Ecológico chileno. - Bol. IV Conv. Med. Vet., Santiago, 15-18.
- DI CASTRI (F.), HAJEK (E.) 1961. - Utilización de climogramas e hiterogramas para la selección de áreas homoclimáticas. - Bol. IV Conv. Med. Vet., Santiago, 24-28
- DI CASTRI (F.) 1964. - Interpretación bioclimática de las biocoras de Chile de acuerdo a su período de actividad biológica. - Bol. Prod. Animal., vol. 2, n°2, 173-186, Santiago.
- DI CASTRI (F.) 1968. - Esquisse écologique du Chili. - C.N.R.S. Paris, Biologie de l'Amérique Australe, 7-52, 16 phot., une carte et diagrammes.
- DOBREMEZ (J. F.) 1972. - Mise au point d'une méthode cartographique d'étude des montagnes tropicales. Le Népal, écologie et phytogéographie. - Thèse Univ. Grenoble, Biologie Végétale, 373 p., cartes coul., graphiques et planches.
- ELIZALDE (R.) 1958. - La sobrevivencia de Chile. La conservación de sus recursos renovables. - Ministerio de Agricultura, Dir. Prod. Agraria y Pesquera, Santiago, 69 p.
- ESPINOSA (B.), MARCIAL (R.) 1942. - Observaciones de la vegetación en Yelcho (Chiloé) y en la parte superior del valle del río Palena. - Bol. Museo Nac. Hist. Nat., vol. 21, Santiago.
- F.A.O. - U.N.E.S.C.O. 1971. - Soil Map of the World 1/5 000 000. - Vol. IV, South America, Paris, 193 p., 2 cartes coul.
- FUENZALIDA (H.) 1950. - Orografía, clima y biogeografía de Chile. - Geografía Económica de Chile, Ed. de la Corporación de Fomento de la Producción, Santiago.
- FUENZALIDA (H.) 1965. - Biogeografía. - Geografía Económica de Chile, texto refundido. Ed. de la Corporación de Fomento, Santiago, 228-266.
- FUENZALIDA (V. H.) 1966. - Historia vegetacional de Chile. - Estudios Geográficos de la Fac. Fil. y Educ. Univ. de Chile, Santiago, 9-39.
- FUENZALIDA (P. H.) 1971. - Climatología de Chile. - Public. Interna de Sección Meteorología Depto. Geofísica y Geodesia. Santiago, 73 p.
- GODLEY (J.) 1968. - A plant list from the Cordillera de San Pedro, Chiloé. - Rev. Univ. Católica de Chile, Año LIII, Santiago, 77 p.
- GRISEBACH (A.) 1872. - Die Vegetation der Erde nach ihrer Klimatischen Anordnung. - Leipzig.
- HAUMANN (M.) 1916. - La forêt valdivienne et ses limites. - Erc. Inst. Leo Errera, IX, Bruxelles, 94 p.
- HEIM (A.) 1960. - América del Sur. La vida y la naturaleza en Chile Argentina y Bolivia. - Barcelona, 211 p.
- HUBER (A.) 1970. - Diez años de observaciones climatológicas en la estación Teja-Valdivia, 1960-69. - Fac. Cien. Nat. y Mot. Univ. Austral. Chile, 59 p.
- HUECK (K.) 1966. - Die Wälder Südamerikas. - Stuttgart, Gustav Fisher, 422 p., fig., phot. 1 carte coul.
- Instituto de Investigaciones Geológicas. 1960. - Mapa Geológico de Chile, Santiago.
- Instituto Forestal. 1967. - Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Con dos mapas en color a 1/500 000, 17 p.
- Instituto de Recursos Naturales. 1964. - Suelos. Publicación n°2. Descripciones proyecto Aerofotogramétrico, Chile, O.E.A., B.I.D., Santiago.
- KUNKEL (G.) 1955. - Beobachtungen über Klima und Vegetation in Südchile. Abhandlungen der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, n°9, Akademie Verlag-Berlin.
- KLAPP (E.) 1956. - Futterbau und Futterwirtschaft in Chile zwischen dem 30° und 42° S. Br. in Forschungen in Chile. - Bonner Geogr. AB, 17, 87-138.
- LAUER (W.) 1957. - Rasgos geográficos de la zona forestal de Chile. - Inst. Silvicultura Chilena actual, Temuco, 3 - 11.
- LAUER (W.) 1960. - Klimadiagramme mit einer Karte von Chile als Beilage. - Ann. Junis, Bonn, 232-255, 1 carte h.-t.
- LOOSER (G.) 1929. - Diferencias entre la vegetación de la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes en Chile Central. - Rev. Univ. de Chile, Santiago, Año XIV.

- LJUNGNER (E.) 1939. - A forest section through the Andes of northern Patagonia. - Svensk Botanik T., Bd. 33, 5, 311-337.
- LLIBOUTRY (L.) 1956. - Nieves y glaciares de Chile. Fundamentos de Glaciología. - Ed. Univ. de Chile, Santiago 471 p.
- MANN (G.) 1960. - Regiones Biogeográficas de Chile. - Rev. Invest. Zool. de Chile, vol. VI, Santiago, 15-49.
- MEYER (W.) 1954. - El problema de la invasión del bosque en el sur de Chile. - Trabajo leído en una sesión rotaria, Temuco.
- MITTAK (W.) 1959. - Los bosques naturales de Chile y su utilización. - Universidad Austral de Valdivia.
- MITTAK (W.) 1962. - Zonas vegetales y distribución de especies forestales y algunas asociaciones típicas de Chile. - Instituto Utilización de bosques. - Universidad Austral de Valdivia.
- Ministerio de Agricultura. 1959-1960. - Agricultura Técnica. Revista. - Los suelos de Chile, XIX-XX, Santiago, 423 p.
- MUNOZ (C.) 1966. - Sinopsis de la Flora Chilena. - Ediciones de la Univ. de Chile, Santiago, 500 p. Con dibujos en negro y color.
- MUNOZ (C.) 1966. - Flores Silvestres de Chile. - Ediciones de la Univ. de Chile, Santiago, 245 p. Con grabados en colores.
- OBERDORFER (E.) 1960. - Pflanzensoziologische Studien in Chile, ein Vergleich mit Europa. - Weinheim, Verlag von J. Kramer, 208 p., 44 fig.
- Oficina Meteorológica de Chile. - Anuarios Meteorológicos de Chile. Pluviometría de Chile. - Fasc. I y II, Climatología de Chile (36 estaciones). Cartas del tiempo.
- OZENDA (P.) 1954. - La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. - Coll. Int. C.N.R.S., Div. Ecol. du Monde.
- OZENDA (P.) 1963. - Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle. - Doc. Carte Vég. Alpes, vol. I, 5.18.
- OZENDA (P.) 1966. - Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. - Doc. Carte Vég. Alpes, vol. IV., 198 p., 1 carte coul. h.-t.
- PASKOFF (R.), SEPULVEDA (S.) 1967. - Les régions géographiques du Chili. - Les Cahiers d'Outre-Mer. Notes et Compte-Rendus.
- PASKOFF (R.) 1970. - Le Chili semi-aride. Recherches géomorphologiques. - Thèse Bordeaux, Biscaye Frères Imprimeurs.
- PISANO (E.) 1950. - Mapa de formaciones vegetales. - Geografía Económica de Chile, vol. II, Santiago.
- PISANO (E.) 1956. - Esquema de clasificación de las comunidades vegetales de Chile. - Rev. Agronomía, 2 (1). 30-33, Santiago.
- PISANO (E.) 1966. - Zonas Biogeográficas. - Geografía Económica de Chile. 1er apéndice, 62-73, Santiago.
- PISANO (E.) 1966. - La Vegetación de las distintas zonas geográficas chilenas. - Rev. Geográfica de Chile, Terra Australis 95-108, Santiago.
- QUINTANILLA (V.) 1967. - El retroceso del bosque natural en el N. West de la Isla de Tierra del Fuego. - Com. III Encuentro Nac. Geografía Antofagasta, Chile.
- QUINTANILLA (V.) 1973. - Contribution à l'étude phytogéographique du Chili tempéré : les Forêts. - Com. au Symposium "Biogéographie und ökologische Landschaftsforschung in Südamerika". - Univ. Saarbrücken, sous presse.
- QUINTANILLA (V.) 1973. - Los paisajes ecológicos de Chile Templado ; un estudio fitogeográfico. - Com. a II Reunión Argentina de Ecología, Salta, Argentina.
- REICHE (C.) 1905. - Monotypische Gattungen der chilenischen Flora. - Verh. Dtsche Wis., 5, 137-152, Santiago.
- REICHE (C.) 1907. - Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. - In: Die Vegetation der Erde, Engler und Pruden, Leipzig, 296 p.
- REICHE (C.) 1934. - Geografía Botánica de Chile. - Trad. G. Looser Impr. Univ., 2 vol., Santiago.

- RUIZ (C.) 1965. - Geología y yacimientos metalíferos de Chile. - Inst. Inv. Geológicas, Santiago, 305 p. y un apéndice de tablas.
- SCHWABE (G.) 1942. - Chilenismen, zur ökologischen Problematik eines Landes. - Stud. Berlin, 363-384.
- SCHWABE (G.) 1951. - Circulación de Bioelementos y su aspecto chileno. - Inst. Biología General Univ. Concepción.
- SCHWABE (G.) 1952. - Aspectos ecológicos de Chile. - Separata de Rev. Atenea, Univ. de Concepción, 6-13
- SEPULVEDA (S.) 1962. - Síntesis Regional de Chile. - En Geografía Económica de Chile (Corfo), vol. IV, 215-259, Santiago.
- SKOTTSBERG (C.) 1916. - Grenzen Vegetationsverhältnisse laengs der Cordillera de los Andes S. von 41° S. Kungl. svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Stockholm, 366 p.
- SKOTTSBERG (C.) 1910-16. - Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerland 1907-1909. - Kungl. Svenska Vetenskapakad., Handl. I
- SCHMITHÜSEN (J.) 1953. - Die Grenzen der chilenischen Vegetationsgebiete. - Dt. Geographentag Essen, Wiesbaden.
- SCHMITHÜSEN (J.) 1954. - Immergrüne Hartlaubgehölze des subtropischen Winterranggebietes in Mittelchile. Rhododendron Ges. Jb. Bremen, 8 p.
- SCHMITHÜSEN (J.) 1954. - Waldgesellschaften des nördlichen Mittelchile Vegetation, 5-6, 579-486.
- SCHMITHÜSEN (J.) 1956. - Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. - Bonner Geogr., Abh. 17, 89 p., 24 fig., 16 phot.
- SCHMITHÜSEN (J.) 1960. - Die Nadelhölzer in den Waldgesellschaften der südlichen Anden. - Vegetatio, 9, 313-327.
- SCHMITHÜSEN (J.) 1968. - Allgemeine Vegetationsgeographie. - In Lehrbuch d. allg. Geogr. Hrsg. v. E. Obst., Bd. 4, Berlin, 463 p., graphiques, photos, 1 carte coul.
- TORRES (H.) 1971. - Maderas. Corporación Chilena de la Madera. - Santiago, 263 p.
- TROLL (C.) 1959. - Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale Klimatische und Pflanzengeographische Zonierung. - Bonner Geogr., ab. h. 25
- TROLL (C.) 1966. - The Cordilleras of the tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian Ecology. - Symposium of the Ecology of the Mountainous Regions of the Tropical Americas. U.N.E.S.C.O., Mexico.
- U.N.E.S.C.O. - F.A.O. 1963. - Carte bioclimatique de la zone Méditerranéenne. Etude écologique de la zone méditerranéenne. - 60 p., diagrammes.
- URIBE (C.) 1967. - La localización de la actividad manufacturera de Chile. - Inst. Geografía de Chile, Santiago, 104 p., 1 carte coul. et graphiques.
- VAN HUSEN (Ch.) 1967. - Klimadierung in Chile auf der Basis von Häufigkeitsverteilung der Niederschlags-summen. - Freiburg i. Br., H. Inf. 8, n° 4, 113 p., graph. tabl., cartes, rés. angl.
- VIERS (G.) 1970. - Géographie des Forêts. - Collection S.U.P. P.U.F., 222 p.
- WALTER (H.), LIETH (H.) 1960. - Klimadiagramm-Weltatlas. - Verlag Jena.
- WALTER (H.) 1962. - Die mittelchilenische Hartlaubzone mit den benachbarten Gebieten. Die Südchilenische temperierte Zone. - In Die Vegetation der Erde in ökologischen Betrachtung. Jena, Fisher.
- WEISCHET (W.) 1959. - Geographische Beobachtungen auf einer Forschungsreise in Chile. - Erkunde, 8. S. 6-22.
- WEISCHET (W.) 1960-61. - Chile, seine natur und wirtschaftsgeographische Struktur. - Taschenbuch, 1254-1290.