

Banco la biblioteca de 1971

Hommage de l'auteur

C.4

PASKOFF

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC



QUINZIÈME ANNÉE

NUMÉRO 35

SEPTEMBRE 1971

SOMMAIRE

	PAGES
<i>Note liminaire</i> , par Paul-Yves DENIS	153
ARTICLES	
<i>La modernisation de l'agriculture en Amérique latine</i> , par Hugues-Georges HAMBLETON	155
<i>Les villes capitales d'état au Brésil: une interprétation</i> , par Lysia M.C. BERNARDES	171
<i>Application de la technique d'analyse des composants principaux à l'étude des villes de la région du Centre-Ouest du Brésil</i> , par Pedro Pinchas GEIGER, Maria Rita Da Silva GUIMARAES, Elvia R. STEFFAN.....	191
<i>Les villes de l'État de Morelos (Mexique)</i> , par Christian A. GIRAULT.....	213
<i>Les rapports entre villes et campagnes dans les départements nord-côtiers du Pérou</i> , par Claude COLLIN-DELAUVAUD	233
<i>Recent Migration to the Peruvian Montaña</i> , by Rolf WESCHE	251
<i>La structure et l'orogénèse des Andes chileno-argentines</i> , par Claude LAUGENIE	267
✓ <i>État résumé des acquisitions récentes sur le Quaternaire chilien</i> , par Roland PASKOFF	289
<i>Les cendres volcaniques de la vallée du Cachapoal-Rapel</i> , par Romulo SANTANA-AGUILAR	315
NOTES	
<i>Population, Agriculture and Food Supply in Latin America</i> , by Alfonso GONZALEZ	333
<i>Urbanization and Development in Latin America</i> , by Myron J. FRANKMAN	344

	PAGES
<i>Recherches sociales et sociétés en Amérique latine</i> , par Yvan LABELLE.....	351
<i>Soil Salinization and Welsh Settlement in Chubut, Argentina</i> , by John F. BERGMANN	361
<i>La crue du Reventazon, Costa-Rica, en avril 1970</i> , par Jules DUFOUR	370
<i>Manaus: un pôle de croissance original</i> , par Paul-Yves DENIS	380
<i>Ciudad Guyana: croissance industrielle ou développement régional?</i> par Romain GAINARD	389
<i>Au Vénézuéla: Les villes du diamant</i> , par Licia de Prado VALLADERES et Romain GAINARD	396

COMPTES RENDUS BIBLIOGRAPHIQUES

LELOUP, Yves, <i>Les villes du Minas Gerais</i> ; REIS FILHO, Nestor Goulart, <i>Evolução Urbana do Brazil</i> ; DEAN, Warren, <i>The Industrialisation of São Paulo, 1880-1945</i> ; by J. H. GALLOWAY	403
DESOUCHES-AZNAR, Marie-Brigitte, <i>Calpulalpan. Reforma agraria e industria nueva en un municipio del centro mexicano</i> , par C. A. GIRAULT	406

NOTICES SIGNALÉTIQUES

MILTON, Santos, <i>Dix essais sur les villes des pays sous-développés</i> , par P.-Y. DENIS	409
BLASIER, Cole, Edit., <i>Constructive Change in Latin America</i> , par P.-Y. DENIS	410
ROMERO, Emilio, <i>Geografia economica del Peru</i> , par P.-Y. DENIS.....	410
SEGAL, Aaron, and EARNHARDT, Kent C., <i>Politics and Population in the Caribbean</i> , par J. CERMAKIAN	411
SANDNER, Gerhard, <i>Die Hauptstädte Zentralamerikas: Wachstumprobleme, Gestaltwandel, Sozialgefüge</i> , par J. CERMAKIAN	412
CRIST, Raymond E., and LEAHY, Edward P., <i>Venezuela: Search for a Middle Ground</i> , par J. CERMAKIAN	413
URQUIDI, Victor L., édité., <i>Dinamica de la población de México</i> , par J.-M. HERCOURT	413

ÉTAT RÉSUMÉ DES ACQUISITIONS RÉCENTES SUR LE QUARTENAIRE CHILIEN

par

Roland PASKOFF

Ancien professeur de géographie physique à l'Université du Chili

Nos connaissances sur le Quaternaire du Chili se sont substantiellement élargies depuis l'essai de synthèse présenté par Brügger (1950) dans ses *Fundamentos de la Geología de Chile*. Une première mise à jour utile a été publiée sur ce sujet par Segerstrom en 1964. Le but du présent article est de dresser un bilan des progrès accomplis au cours de la dernière décennie (1960-1970). On examinera successivement les changements climatiques, les variations du niveau marin, les mouvements tectoniques et les phénomènes volcaniques.

1. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Par suite de l'allongement du territoire chilien, les changements climatiques intervenus pendant le Quaternaire se sont manifestés différemment suivant la latitude et il convient à cet égard de distinguer six grandes régions : le désert hyperaride, le désert marginal, le Chili semi-aride, le Chili central, le Chili des lacs y compris l'île de Chiloé, enfin le Chili des canaux (fjords) et de l'extrême sud. À propos des changements climatiques, les publications anciennes fondamentales sont celles de Mortensen (1928), Caldenius (1932) et Brügger (1946).

1.1. *Le désert hyperaride (18°-27°S)*

Des poussées glaciaires ont été signalées dans les hautes Andes des provinces de Tarapaca et d'Antofagasta. Ainsi Katsui et Gonzalez (1968) décrivent dans les Nevados de Payachata (18°10'S), ensemble de volcans qui dépassent 6 000 m d'altitude (Parinacota 6 350 m, Pomerape 6 250 m), de petits cirques et des ébauches de vallées glaciaires plus ou moins oblitérés par des dépôts de cendres et des coulées de laves holocènes. Alors que les plaques de glace se rencontrent aujourd'hui seulement au-dessus de 5 500 m, des formations morainiques anciennes se remarquent vers 4 500 m. Ces observations sont à rapprocher de celles publiées par Enjalbert (1958) sur le volcan Sajama (6 538 m), qui se situe à la même latitude que les Nevados de Payachata mais en territoire bolivien : lors de la dernière glaciation des langues de glace descendaient jusqu'à 4 500 m et ont laissé sur leurs côtés des moraines bien conservées.

Thomas (1967) a repéré des cirques et des vallées modelés par les glaces aux alentours de Cerro Yarvicoya (5 220 m) qui s'élève sur le bord occidental de l'Altiplano, à l'intérieur d'Iquique (20°S) ; un affluent de la rive droite de la Quebrada Picunticsa montre un front morainique orienté vers l'ouest, à 4 000 m d'altitude. Dans la même région, mais cette fois sur l'Altiplano lui-même, à proximité du Salar del Huasco, Tricart (1969-1970) a identifié deux générations de moraines pléistocènes dans le cours supérieur de la Quebrada Sillillica : un arc morainique ancien, au matériel altéré, haut de 30 à 40 m, a été bâti à 4 200 m par des langues de glace coalescentes, descendues de volcans égueulés culminant à près de 5 000 m ; d'autres moraines terminales, moins vigoureuses mais plus fraîches, ont été abandonnées par de petits glaciers vers 4 280 m. Chacune des glaciations a coïncidé avec la formation d'un lac dans la cuvette occupée par le salar ainsi qu'en témoignent des restes de terrasses : lors de la première le niveau des eaux se situait à +30 m, comme l'avait déjà observé Brügggen (1950) ; lors de la seconde, vers +15-18 m.

Plus au sud, dans la province d'Antofagasta, l'empreinte des glaces a aussi été signalée (Cobbald, 1970). Hollingworth et Guest (1967) ont cartographié un modelé glaciaire entre le volcan Toconce (22°10'S) et les geysers du Tatio (22°21'S), près du Salar d'Atacama. Les flancs des volcans quaternaires sont disséqués par des cirques et des auges ; le glacier le plus développé semble avoir été long de quelque 10 km et être descendu jusqu'à 4 280 m, altitude à laquelle il a laissé un front morainique net. Des terrasses lacustres, indiquant l'existence à un moment donné d'une vaste nappe d'eau dont la profondeur a dépassé 30 m, ont été identifiées par Brügggen (1950) autour du Salar lui-même.

Pendant les périodes qui ont vu l'extension des glaces et des lacs dans la haute montagne andine, les cours d'eau qui y prennent naissance ont accumulé dans la Pampa del Tamarugal, sur des épaisseurs dépassant la centaine de mètres, du matériel caillouteux sous la forme d'amples cônes coalescents. Dans la région d'Arica (Dollfus et Tricart, 1967) et dans la pampa proprement dite (Tricart, 1966) quatre principales nappes détritiques (t. iv, t. iii, t. ii et t. i, par ordre d'âge décroissant) ont été mises en place lors des crises climatiques du Quaternaire. La Cordillère de la Côte n'a pas été épargnée par ces changements du climat, même si la tendance à l'aridité paraît s'être moins démentie que dans la grande Cordillère au cours des temps post-tertiaires. Des phases à averses, sinon d'authentiques pluviaux, expliquent l'édification, sur des plages marines de régression, de gros cônes de déjection par des quebradas qui échancrent le vertigineux escarpement côtier ; ils sont aujourd'hui figés et attaqués par l'érosion marine.

L'occurrence de ces périodes plus humides — de type glaciaire en très haute cordillère et pluvial ailleurs — que l'actuelle dans le désert hyperaride du Grand Nord, est confirmée par les données de la paléontologie (Casami-quela, 1969-1970) ; ainsi s'explique que de grands vertébrés s'y soient aventurés, probablement à partir de la région de Tarija, en Bolivie du Sud. Ces

changements climatiques, qui correspondent à des périodes de régression glacio-eustatique sur la côte (Dollfus et Tricart, 1967), paraissent essentiellement dus à des modifications répétées de la circulation atmosphérique. Un déplacement et un affaiblissement de l'Anticyclone du Pacifique sud pourraient expliquer une arrivée plus facile de l'air équatorial, en d'autres termes une plus grande vigueur et une plus grande extension de l'actuel *invierno boliviano*. Dans une telle hypothèse on conçoit que la montagne andine ait pu être plus arrosée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Des altérations dans le courant de Humboldt sont aussi susceptibles d'affecter le climat régional. Ainsi il n'est pas exclu que les périodes à fortes averses reconnues dans la Cordillère de la Côte aient été favorisées par une diminution des remontées d'eaux froides lors des époques glaciaires (Tricart, 1963). La dernière récurrence humide a commencé après 21 300 BP (Paskoff, inéd.), datation absolue d'une plage marine régressive sur laquelle repose un gros cône de déjection non fonctionnel, près d'Antofagasta (anse Coloso) ; on peut donc la paralléliser avec le stade woodfordien des auteurs américains.

1.2. *Le désert marginal (27°-30°S)*

Les données récentes sur les évidences de changements climatiques pendant le Quaternaire dans cette région du Chili restent fragmentaires. Dans la vallée moyenne et inférieure du Rio Copiapó (27°20'S) se rencontrent des vestiges de quatre nappes alluviales auxquelles Tricart (1965) attribue une origine climatique. Cette opinion n'est pas partagée, semble-t-il, par Mortimer (1969) qui signale n'avoir pas observé dans la haute Cordillère, au moins dans le secteur compris entre le Salar de Maricunga et la Laguna Verde (27°S), de traces glaciaires nettement identifiables. Cependant, Segerstrom (1968) a décrit dans la Cordillère de Darwin (27°45'S), sur le flanc occidental du Cerro Cadillal (5 300 m), des glaciers rocheux longs parfois de plusieurs kilomètres qui naissent dans des sortes de cirques et sont limités par des cordons latéraux détritiques de 10 à 12 m de haut. En tout état de cause, il paraît ressortir que les traces des modifications du climat au Pléistocène soient ici particulièrement discrètes. Aujourd'hui la montagne andine est spécialement aride dans ces parages, parce qu'elle n'est qu'exceptionnellement atteinte par les pluies d'été de l'*invierno boliviano*, et celles d'hiver du front polaire. Cette situation d'angle mort, — pratiquement à l'abri des deux grands systèmes pluviométriques du Chili — pourrait expliquer qu'au Quaternaire les crises climatiques y aient été très amorties. Ce n'est là qu'une simple hypothèse qui mériterait d'être soumise à l'épreuve de recherches géomorphologiques détaillées.

1.3. *Le Chili semi-aride (30°-33°S)*

C'est probablement dans cette région du Chili qui vient de faire l'objet d'enquêtes prolongées (Paskoff, 1970) que les évidences des changements climatiques du Quaternaire sont les plus claires. Ce fait s'explique par sa position en latitude : située aujourd'hui aux confins de la zone aride, elle a basculé à plusieurs reprises, au cours du Pléistocène, dans les marges du

domaine humide lorsque le flux atmosphérique d'ouest était décalé de 5 à 6° vers le nord.

La haute montagne dont les cimes culminent au-dessus de 4 000 m a été très largement englacée à certaines époques du Quaternaire. Ainsi la Cordillère de l'Elqui (30°S), pratiquement sans véritable glacier aujourd'hui, offre un remarquable modelé de cirques et d'auges, dû à un vigoureux burinage glaciaire. Dans le cours supérieur du Rio Elqui, connu sous le nom de Rio La Laguna, la dernière glaciation a laissé à 3 100 m d'altitude un très beau front morainique, frais dans sa forme et dans son matériel, d'où se détache une terrasse de débâcle. Une glaciation plus ancienne est attestée par des dépôts altérés d'argile à blocs à 2 500 m. Dans la vallée du Rio Claro, affluent du Rio Elqui, l'attention de Weischet (1969) a été retenue par des formations détritiques qu'il considère comme des moraines appartenant à deux glaciations différentes, encore plus anciennes que celles identifiées dans la vallée du Rio La Laguna. Cependant cette interprétation peut faire l'objet de discussions ; s'il est vrai que des indices existent dans la Cordillère de l'Elqui en faveur de la réalité de vieilles glaciations, des preuves irréfutables de leur occurrence restent à trouver.

Pendant les glaciations de la haute Cordillère, la moyenne montagne dont les sommets se situent entre 1 000 et 3 000 m a connu un régime climatique de type pluvio-nival qui, d'un point de vue géomorphologique, s'est traduit par la mise en place de draperies périglaciaires et surtout par de puissantes actions torrentielles. Ces érosions efficaces sont aujourd'hui assoupies : les versants sont réglés et les cônes de déjection hérités de la dernière crise sont entaillés par les écoulements sporadiques actuels ; ces cônes bien conservés s'emboîtent dans des constructions plus anciennes et plus ou moins démantelées suivant leur âge. Une telle disposition traduit la répétition de périodes humides et de périodes plus sèches pendant le Quaternaire.

Le long de la frange côtière, remarquable par ses aplanissements d'origine marine, étagés parfois sur plusieurs centaines de mètres de hauteur, les époques pluviales du Pléistocène qui semblent bien correspondre aux régressions glacio-eustatiques de l'Océan, ont permis l'installation d'une végétation arborée. Cette colonisation est probablement due à une migration de grande ampleur vers le nord de la forêt valdivienne, comme paraît en témoigner l'existence du bois relique de Fray Jorge (30°15'S). Cependant l'accord n'est pas entièrement réalisé sur ce point, certains auteurs allemands (Kummerow, Matte et Schlegel, 1961) soutenant que ce bois de Fray Jorge représente plutôt un vestige de la flore néo-tropicale cénozoïque qui a couvert une grande partie du continent sud-américain avant les dissociations climatiques fini-tertiaires. Pourtant la présence, sur les terrasses d'abrasion du littoral du Chili semi-aride, de paléosols rouges à enrichissement argilique, assez semblables aux sols qui se rencontrent aujourd'hui dans la Cordillère de la Côte au sud du 37°, renforce la position de ceux qui voient dans le bois de Fray Jorge l'indice d'un déplacement vers le nord de la forêt valdi-

vienne à l'occasion d'une époque pluviale du Quaternaire. Par contre, les périodes d'assèchement du climat, surtout lorsque l'Océan n'avait pas encore atteint le maximum de sa remontée glacio-eustatique, donc laissant à l'emprise de la déflation une partie de la plate-forme continentale sableuse, ont été favorables à la mise en place de puissantes édifications éoliennes ; plusieurs générations de dunes peuvent être distinguées, séparées entre elles par des paléosols rouges (Paskoff, 1970).

1.4. *Le Chili central 33° – 39°S*

Dans la vallée du Rio Aconcagua où, en se rapprochant des hauts sommets des Andes, les fronts des glaciers actuels se situent, selon Lliboutry (1956), aux approches de 3 400 m d'altitude, Caviedes (1969) a identifié trois générations de formations morainiques héritées : celles à gros blocs situées immédiatement en aval de Portillo (2 850-2 650 m) qui matérialisent probablement une étape dans le retrait des glaces lors du dernier réchauffement ; celles à topographie chaotique qui à 2 100 m, un peu au-delà de la confluence entre le Rio Juncalillo et le Rio Juncal, indiquent l'extension maximale de la dernière grande glaciation ; celles enfin, vers 1 800 m, entre Guardia Vieja et la jonction avec le Rio Blanco, qui, parce qu'elles sont altérées, attestent une avancée antérieure des glaces. Les arguments en faveur de glaciations encore plus anciennes sont discutables. Le *Salto del Soldado*, à 1 300 m, n'est probablement pas un verrou comme l'avait pensé Brüggén (1950) mais un trait de scie dans la roche en place provoqué par un gigantesque glissement du versant droit de la vallée en cet endroit. Dans le bassin hydrographique du Rio Maipo, les observations de Borde (1966) recourent celles de Caviedes puisqu'il a reconnu, sinon deux glaciations quaternaires, du moins deux phases d'extension des glaciers. La première, dénommée phase de San Alfonso, a laissé des vestiges morainiques terminaux vers 1 100-1 200 m ; la seconde, ou phase de Los Queltehues, a vu une langue de glace atteindre 1 700 m. Une récurrence froide et sèche (phase de Lo Valdès), au Tardiglaciaire, a laissé des traces morphologiques sous la forme de coulées de « glacio-solifluction ». Enfin le même auteur, tout en exprimant son scepticisme, car il n'a pu en trouver aucune preuve irréfutable, n'a pas exclu de façon définitive l'éventualité d'une glaciation maximale, plus vieille ou plus puissante que les autres. Dans la vallée du Rio Mapocho qui traverse, au sortir de la montagne, la capitale du Chili avant de se joindre au Rio Maipo, les notations de Tricart (Tricart et *al.*, 1965 ; Börgel, 1969) sont concordantes avec celles de Borde puisqu'il a aussi repéré deux ensembles morainiques. Seule l'accumulation glaciaire la plus ancienne, identifiée vers 1 300 m à La Ermita, se présente sous la forme de moraines terminales qui sont altérées et recouvertes par des formations de pente périglaciaires ; l'autre, visible aux approches de Corral Quemado, autour de 1 500 m, n'offre plus à la vue que des placages, restes de moraines latérales et de moraines de fond. Dans le cours supérieur du Rio Cachapoal (34°10'S), Santana (1967) décrit les vestiges d'un seul grand système glaciaire (auge, moraines latérales) qui, lors du maximum de la dernière grande glaciation, est descendu

jusqu'à 1 200 m, soit 40 km plus bas que les fronts de glace actuels. Si une récurrence froide postérieure a, comme dans la vallée du Maipo, laissé des marques, par contre aucun indice d'une autre avancée majeure des glaces n'a été relevé.

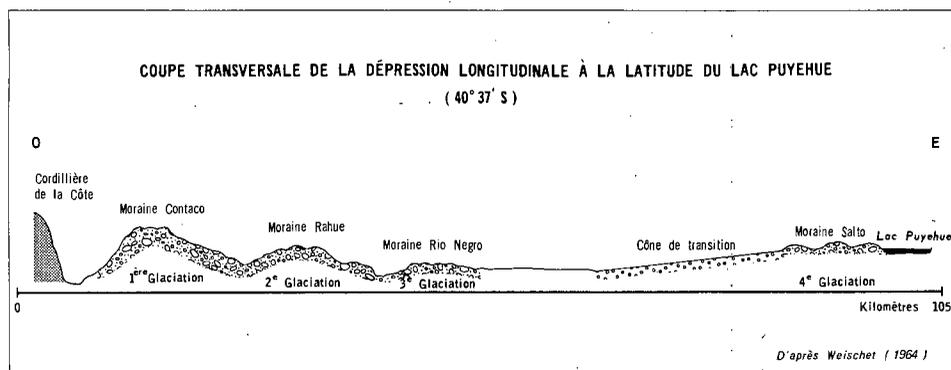
Les études récentes n'ont pas confirmé l'existence de dépôts morainiques anciens dans le bassin de Santiago comme l'avaient soutenu Brügger (1946) et Karzulovic (1958). Sur sa carte géomorphologique des environs de la capitale, Tricart (Tricart et *al.*, 1965) indique seulement l'existence de formations détritiques alluviales mises en place par les eaux courantes pendant le Quaternaire. Elles ont une origine essentiellement climatique — elles sont de type fluvio-glaciaire quand elles sont issues de la haute Cordillère — même si viennent s'intercaler des épisodes importants de remblaiement volcanique, déclenchés par des paroxysmes éruptifs dans les Andes (cf. *infra*, 4.2.).

Dans la Cordillère de la Côte dont plusieurs sommets dépassent 2 000 m aux latitudes du Chili central, les changements climatiques du Pléistocène ont provoqué à plusieurs reprises une accentuation de l'activité morphogénétique. L'abaissement des températures et l'augmentation de la pluviosité ont activé les processus périglaciaires au-dessus de 1 200 m et les phénomènes torrentiels dans l'ensemble de la chaîne. Des draperies colluviales sur les versants (Borde, 1966) et des cônes de déjection emboîtés à leur pied en portent le témoignage.

De récentes recherches archéologiques et paléontologiques (Casamiquela et *al.*, 1967), près du lieu-dit Laguna de Tagua-Tagua, donnent des précisions chronologiques sur le Pléistocène supérieur du Chili central. La présence d'*Antifer* sp., de la famille des cervidés, indiquerait, il y a 20 000-30 000 ans, un réchauffement interstadiaire pendant la dernière glaciation (Casamiquela, 1969-1970). La disparition de la faune des grands vertébrés (mastodontes, chevaux) est postérieure à 11 000 B.P. (Montané, 1968) ; elle s'explique par la péjoration climatique de l'Holocène mais aussi par l'arrivée des premiers groupes humains de chasseurs.

1.5. *Le Chili des lacs et l'île de Chiloé (39°-43°S)*

Dans la région des lacs (39°-41°S), Weischet (1964 ; 1970) a reconnu les vestiges de quatre grandes glaciations séparées entre elles par des périodes interglaciaires (figure 1). Pendant la première (Contaco) les glaces se sont étendues jusqu'au pied oriental de la Cordillère de la Côte ; le matériel des moraines terminales qu'elles ont édifiées, se présente presque totalement altéré ; le minéral argileux caractéristique est la gibbsite. La deuxième poussée glaciaire (Rahué) s'est avancée presque aussi loin que celle qui l'avait précédée ; dans les moraines qui lui sont attribuées, les quartzites ont résisté à la décomposition ; la kaolinite et l'hallyosite sont prédominantes. Lors de la troisième glaciation (Rio Negro), dans laquelle deux stades principaux sont discernables, au moins par endroits, les glaciers ne sont pas allés au-delà de l'axe longitudinal de la dépression centrale ; les formations détri-



tiques qu'ils ont laissées se sont mieux conservées que les antérieures puisque les cailloux volcaniques sont restés frais ; elles contiennent des argiles hallophanes. Enfin, pendant la plus récente des crises glaciaires (El Salto), les langues de glace descendues des Andes n'ont atteint que le piedmont où elles se sont étalées en lobes. Elles ont construit de gros bourrelets frontaux, généralement très rapprochés les uns des autres, qui sont responsables, conjointement avec le surcreusement terminal, de l'existence des lacs subandins. Les formes et le matériel morainiques appellent l'attention par leur fraîcheur ; le verre volcanique est à peine altéré. Des datations absolues (Heusser, 1966a) montrent que cette dernière grande extension des glaces remonte à 16 000-12 000 B.P. (stade woodfordien). Dans la Cordillère de la Côte, aux alentours de Valdivia, Weischet (1966) a étudié des coulées périglaciaires de versant ; il y distingue quatre générations qu'il parallélise avec ses quatre glaciations.

Lauer a publié récemment (1968) une mise au point sur la morphologie de la région des lacs. Si l'existence des deux dernières glaciations, *El Salto* et *Rio Negro*, assimilées par lui, respectivement, au Würm et au Riss d'Europe occidentale, ne laisse place à aucun doute, par contre, celle des deux plus anciennes, *Rahué* et *Contaco*, est discutable et, à tout le moins, il est difficile de les distinguer et d'apprécier correctement leur ampleur. C'était déjà l'opinion d'Illies (1960) qui dans son étude géologique de la province de Valdivia n'avait décrit que les traces de trois glaciations.

Des observations nouvelles dues à Stiefel (1968) sur la côte nord-est de l'île de Chiloé (41°30'-43°S) ne confirment pas les vues de Brügger (1950) sur la présence de moraines dans la moitié orientale de l'île. Les formations apparentes dans les falaises littorales semblent être d'origine glacio-marine et fluviale, et appartenir au Quaternaire supérieur, ce qui impliquerait des mouvements tectoniques récents de grande valeur. Saliot (1969) n'a pas non plus identifié de dépôts morainiques lors de sa reconnaissance géologique de l'île de Chiloé : les terrains quaternaires — surtout des sables gris à galets allochtones, des lentilles de calcaire formées de débris coquil-

liers, des argilites varvées — présentent des faciès fluvio-glaciaires ou glacio-lacustres mais pas vraiment glaciaires.

1.6. *Le Chili des canaux et de l'extrême sud (44°-56°S)*

Au sud du 44° la région des fjords, par suite des difficultés d'accès, reste un domaine d'enquêtes pratiquement vierge. Stiefel (1968) a signalé l'existence de dépôts lacustres épais et étendus autour de Balmaceda et Coyhaique (45°30'S) ; ils sont probablement dus à des phénomènes d'obturation glaciaire à la fin du Pléistocène et au début de l'Holocène. D'autre part les variations, au cours des huit derniers millénaires, du front du glacier San Rafael qui vèle dans la *laguna* du même nom (46°45'S) sont connues avec précision grâce à une série de datations absolues (Muller, 1960) et à des profils polliniques (Heusser, 1964).

L'extrême sud — les approches du détroit de Magellan et la Terre de Feu — a fait l'objet de récentes publications de synthèse par Auer (1966, 1970) qui a consacré plus de quarante ans de sa vie à déchiffrer l'histoire quaternaire de ces parages ingrats mais essentiels pour la connaissance des époques froides de l'hémisphère sud. Il est possible de résumer ainsi les idées de cet auteur. Il existe des vestiges morainiques qui appartiennent à trois générations. La glaciation la plus ancienne — ce fut aussi la plus puissante, les glaces ayant alors dépassé vers l'est le littoral actuel au moins au sud du 51°30' — est responsable de la mise en place sur le piémont patagonien des fameux *Tehuelche gravels* qui ont été postérieurement remaniés par les eaux courantes. Après un long interglaciaire, deux autres glaciations, séparées par une période de réchauffement, d'accroissement de la pluviosité et d'activité volcanique, sont reconnaissables. On doit à Mercer (1969, 1970) d'intéressantes datations absolues. L'extension des glaces sur le versant argentin a commencé il y a plus de deux millions d'années : près du Lago Argentino (50°30'S) une lave interstratifiée dans un *till* a été datée par la méthode du K/Ar de $3,2 \pm 1$ million d'années. À l'autre opposé des temps quaternaires, des mesures d'âge par le procédé du C¹⁴ sont assez nombreuses et concordantes pour proposer le tableau suivant des avancées et reculs des glaces dans la Patagonie chilienne. Le Tardiglaciaire, probablement entre 14 000 et 12 500 B.P., est caractérisé par une offensive des glaciers. Au contraire, pendant l'Hypsithermal (11 000-5 000 B.P.), qui semble être en avance d'environ 2 000 ans sur celui de l'hémisphère nord, les appareils se retirent en-deçà de leur front actuel. Enfin le Néoglaciaire voit une succession de pulsations : une crise, apparemment la plus importante, au cours du cinquième millénaire, une autre au troisième millénaire, une troisième enfin au XVIII^e siècle. En 1968, tous les glaciers étaient en décade.

*

* * *

Essayons maintenant de présenter quelques idées générales. Les changements climatiques du Quaternaire paraissent avoir affecté l'ensemble du Chili pendant le même laps de temps puisque tout indique qu'ils correspondent

dans le nord comme dans le sud aux régressions marines glacio-eustatiques. Si ces modifications du climat s'expliquent fondamentalement, comme il a été suggéré, par une extension méridionale de l'*invierno boliviano* dans le nord et par une remontée du front polaire dans le sud, il faut admettre un affaiblissement concomittant des hautes pressions du Pacifique Sud et, par suite, une atténuation notable du régime aride dans ce qui est aujourd'hui le désert d'Atacama. On se rappelle que, pour l'Europe occidentale et le nord-ouest de l'Afrique, un schéma semblable a été proposé par Büdel mais qu'il n'est pas admis par ceux qui, comme Tricart, soutiennent l'idée que les pluviaux des marges tropicales ne sont pas contemporains des poussées glaciaires pléistocènes vers les latitudes tempérées.

Ces changements climatiques ont revêtu un aspect glaciaire ou péri-glaciaire dans le sud et l'extrême sud du pays et même dans la grande Cordillère du nord ; ils ont été de type pluvial dans le Chili du nord et du centre en dehors de la haute montagne. Ces modifications du climat ont été caractérisées par une baisse générale des températures moyennes au moins dans la moitié sud du territoire, par une diminution des précipitations dans le sud et l'extrême sud mais par une augmentation de celles-ci dans le reste du Chili.

Ces changements climatiques importants paraissent s'être répétés à trois ou quatre reprises au cours du Quaternaire. On peut tenir comme assurée l'existence de plusieurs glaciations ; les deux plus récentes doivent maintenant être admises sans discussion ; et s'il est raisonnable de penser qu'elles n'ont pas été les seules, il est encore trop tôt pour essayer de préciser le nombre et l'extension de celles qui les ont précédées.

Enfin ces changements climatiques semblent bien avoir été en phase avec ceux reconnus dans l'hémisphère nord. Au moins pour le Tardiglaciaire et le Postglaciaire, les oscillations du climat saisies à travers le comportement des langues glaciaires du sud chilien, montrent un parallélisme indiscutable avec celles mises en évidence en Alaska et dans le nord-ouest du Canada (Heusser, 1966).

2. LES VARIATIONS DU NIVEAU MARIN

Des recherches détaillées d'ordre paléontologique et géomorphologique, conduites pendant plusieurs années le long du littoral centre-nord et nord du Chili, viennent d'aboutir à des publications de synthèse (Herm, 1969 ; Paskoff, 1970) qui proposent un schéma cohérent des variations propres de l'Océan Pacifique pendant le Quaternaire. Il apparaît, à la lumière des résultats obtenus, que, dans cette partie de la côte au moins, les oscillations glacio-eustatiques ont joué un rôle important d'un point de vue morphogénétique même si des mouvements tectoniques, sur lesquels ont insisté d'autres auteurs qui ont publié des observations fragmentaires à propos de ce même littoral (Seegerstrom et Cooke *in* Fuenzalida et *al.*, 1965 ; Borde, 1966 ; Mortimer, 1969), se sont, avec plus ou moins de vigueur suivant les endroits, superposés

aux allées et venues de l'Océan. Les alentours de la baie de Coquimbo (30°S) constituent un site tout particulièrement privilégié par suite de leur relative stabilité, de la netteté des anciennes formes marines et de la richesse en dépôts fossilifères. Ils ont fait l'objet d'une cartographie géomorphologique à grande échelle (carte levée au 1:25 000 et publiée en couleurs au 1:50 000 *in* Paskoff, 1970) et d'une étude géologique minutieuse (stratigraphie, paléontologie et paléocéologie *in* Herm, 1969). Ils peuvent être considérés comme le meilleur enregistreur, sur la côte chilienne, des variations de l'Océan Pacifique pendant le Quaternaire.

2.1. *La limite Pliocène – Pléistocène*

Le Tertiaire se termine avec l'apogée, vers 200-220 m d'altitude quand la néotectonique n'a pas été trop active, de la transgression inaugurée au Pliocène moyen et attestée par la formation de Coquimbo, série détritique, de faciès néritique ou sublittoral, caractérisée par des grès tendres de grain fin à moyen. Dans cette formation abondent les fossiles dont les espèces, pour la plupart, ne vivent plus dans les eaux côtières actuelles ; elles témoignent d'affinités à tendance tiède ; beaucoup sont éteintes, d'autres se trouvent aujourd'hui à des latitudes plus basses (faune de type panamien). Le Quaternaire commence par une régression — le Tongoyen (Paskoff, 1968) — dont les dépôts corrélatifs, des galets à faune continentale (Herm, 1970), ravinent la formation de Coquimbo. Ces dépôts continentaux, là où ils se sont conservés, sont à leur tour, en partie, recouverts par les sédiments de plage de la première transgression du Pléistocène.

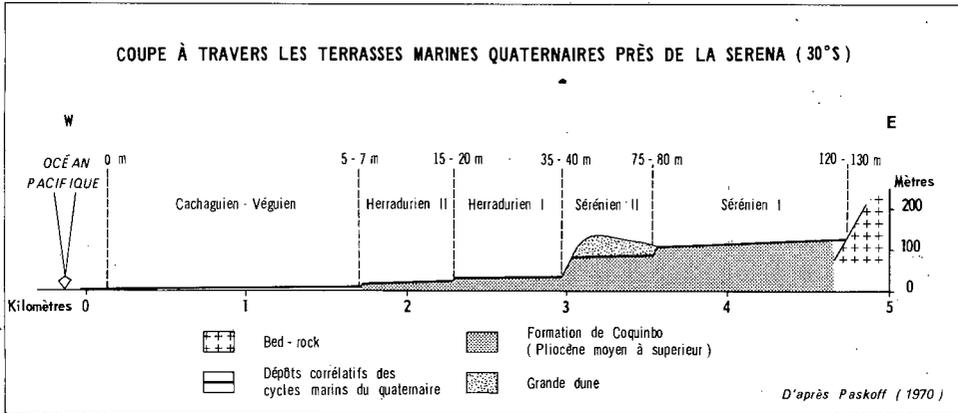
2.2. *Caractères généraux du Quaternaire marin*

Le Quaternaire marin de la côte centre-nord et nord du Chili offre une triple originalité, géomorphologique, sédimentologique et paléontologique.

D'un point de vue géomorphologique, il est représenté par un ensemble de plates-formes étagées — cinq autour de la baie de Coquimbo (figure 2) — séparées les unes des autres par des falaises mortes. Ces formes qui sont généralement bien conservées ont été taillées soit dans les grès tendres pliocènes là où ils existent, soit dans les roches prétertiaires plus résistantes.

D'un point de vue sédimentologique, le Quaternaire est caractérisé par des formations de plage peu épaisses (de quelques centimètres à quelques décimètres), mêlant sables, galets et coquilles, le plus souvent cimentées en dalle. Il est parfois possible de distinguer ce qui appartient à la transgression — morceaux rocheux arrachés au substratum et incorporés au dépôt qui s'identifie ainsi à un conglomérat de base — et ce qui a été laissé par la régression, généralement des sables peu caillouteux et stratifiés.

D'un point de vue paléontologique enfin, le Quaternaire montre une faune très différente de celle du Pliocène moyen à supérieur puisque 70% environ des espèces et sous-espèces de la formation de Coquimbo ne se retrouvent plus au Pléistocène. Cette coupure brutale parle en faveur d'un refroidissement considérable des eaux littorales pendant la régression du



Tongoyen qui a impitoyablement éliminé les Mollusques sensibles aux températures relativement basses. Elle permet de situer dans le temps, sinon l'établissement du courant de Humboldt, du moins l'acquisition de l'anomalie thermique négative qui le caractérise encore aujourd'hui. Par suite de la permanence de cette anomalie pendant tout le Quaternaire, même si elle a pu connaître des variations d'intensité en relation avec les glaciations, la faune littorale est restée à l'abri de toute influence extérieure. Cet isolement explique ses traits accusés d'endémisme comme la diminution du nombre des genres et des espèces (une espèce de *Chlamys*, *Chlamys purpurata* au lieu de cinq au Pliocène) et la multiplication des individus, particulièrement impressionnants chez certaines espèces (*Mesodesma donacium*, *Mulinia* div. sp.). En tout état de cause les associations faunistiques côtières sont dès le Quaternaire ancien, par leur composition, très proches de celles qui se rencontrent aujourd'hui le long du littoral.

2.3. Les cycles marins quaternaires

Les traces d'au moins six cycles marins, chacun caractérisé par une transgression, un apogée et une régression, ont été reconnues. Les données relatives à ces différentes pulsations sont résumées dans le tableau 1, d'après Herm et Paskoff (1967).

La côte du Chili centre-sud a seulement fait l'objet d'études fragmentaires qui n'autorisent pas encore à y étendre sans précautions le schéma d'ensemble du Quaternaire marin qui a été mis au point plus au nord. Du moins les résultats jusqu'ici obtenus font-ils apparaître le rôle important joué dans la morphologie par les oscillations glacio-eustatiques qui ont interféré avec les déformations de la bordure continentale. C'est ainsi que Martinez (1968) a reconnu dans la plaine d'embouchure du Rio Bio-Bio, près de Concepción (36°50'S), les effets de la transgression flandrienne (= véguienne), perturbés cependant, selon Galli (1968), par des mouvements tectoniques

Tableau 1
Les cycles marins quaternaires du Chili centre-nord

(d'après HERM et PASKOFF, 1967)

	Cycles marins	Mouvements de l'Océan	Hauteurs au-dessus du niveau de l'Océan (Baie de Coquimbo)	Formes et dépôts	Faune	Archéologie	Âges absolus	Essai de corrélation avec l'Europe			
Holocène	VÉGUIEN } moy. } inf.	R Légère transgression ou stationnement.	0 m	Rivage actuel	Pas de changements appréciables	Diaguites El Molle « Anzuelo de Concha »	1175 ± 95 B.P. 2400 ± 240 B.P. 4400 ± 120 B.P.	Flandrien (Versilien)	Dunkerquien	Post-glaciaire	
		R max. T T max. R	2 m	Cordons littoraux					Calaisien	Würm II, III, IV	
Pléistocène supérieur	CACHAGUIEN	R max. T T	4-5 m	Basse terrasse	Foisonnement de <i>Transennuella pannosa</i>				Néotyrrhénien	Würm I	
		R max. T T max. R	5-7 m	Basse terrasse et falaise de 5-7 m						Eutyrrhénien	Riss
Pléistocène moyen	HERRADURIEN } II } I	R max. T T max. R	15-20 m	Deuxième terrasse moyenne	Disparition de <i>Ostrea ferrarisi</i>					Paléotyrrhénien	Mindel
		R max. T T max. R	35-40 m	Première terrasse moyenne							Sicilien
Pléistocène inférieur	SÉRÉNIEN } II } I	R max. T T max. R	75-80 m	Grande dune Haute terrasse	Apparition de : <i>Mesodesma donacium</i> , <i>Mulinia</i> div. sp., <i>Chlamys purpurata</i> , <i>Laevicardium grande</i> <i>Protothaca thaca</i> , <i>Turritella cingulata</i> ,					Calabrien	Glaciations pré-Günz ??
		R max. T T max. R	120-130 m	Terrasse supérieure Épandages de cailloutis							
Pliocène supérieur	Formation de Coquimbo	R max. T	200 m	(Tongoyen)	<i>Chlamys vidali</i> , <i>Chl. calderensis</i> , <i>Chl. hupeanus</i>						

T : transgres — R : régression.

notables à l'Holocène moyen. De même, dans la péninsule d'Arauco (37°30'S), Stiefel (1968) pense que les gauchissements, accompagnés de soulèvements ou d'affaissements, ne sont pas les seuls responsables des allées et venues de l'Océan qui ont laissé des traces morphologiques très nettes. Aux environs de Valdivia (39°48'S) Weischet (*in* Fuenzalida, 1965) a décrit des restes discontinus de terrasse à 1-2 m (aujourd'hui pratiquement submergés par suite d'un mouvement subsident intervenu lors des grands tremblements de terre de mai 1960, *cf. infra* 3.3.), à 10-15 m, 20-25 m, 30-35 m, 70 m et 170-200 m ; selon Lauer (1968), les deux premiers niveaux seraient respectivement d'âge flandrien (= véguien) et éémien (= Herradurien II ?).

Le Quaternaire marin de la région des fjords est pratiquement inconnu. Les données disponibles pour l'extrême sud du pays seront exposées à propos des mouvements tectoniques dus à des phénomènes d'isostasie d'origine glaciaire (*cf. infra*, 3.2.).

2.4 *Le raccord fluvio-marin*

Un aspect important de l'étude du Quaternaire est celui qui a trait aux rapports entre les formations d'origine marine et celles d'origine continentale. Il importe à ce propos de distinguer nettement les organismes hydrographiques courts à forte pente, de type torrentiel, par exemple les quebradas qui entaillent la Cordillère de la Côte dans le désert du Grand Nord, et les cours d'eau permanents qui, plus au sud, prennent naissance dans la Cordillère des Andes et présentent dans leur cours inférieur un gradient relativement faible. Dans le premier cas, les accumulations détritiques se sont produites pendant les époques pluviales sur des plages de régression marine, comme l'ont signalé Dollfus et Tricart (1967). Dans le second cas, les nappes alluviales se sont mises en place, *dans le cours inférieur*, non sous l'influence directe de facteurs climatiques comme plus en amont, mais sous l'effet des transgressions océaniques d'origine glacio-eustatique, au début des interpluviaux ou interglaciaires. C'est là un événement très général puisqu'il a été observé entre 28°30' et 39°50' S par Cooke (1964) pour le Rio Huasco, par Paskoff (1970) pour le Rio Elqui, par Caviedes (1967) pour le Rio Aconcagua et par Lauer (1968) pour le Rio Valdivia.

3. LA NÉOTECTONIQUE

3.1. *Nécessité d'une réévaluation des manifestations de la tectonique quaternaire*

Il y a seulement quelques années — au moment de la publication des derniers ouvrages de synthèse sur la géologie du Chili (Ruiz, 1965 ; Corvalán, 1965) — les idées traditionnelles, celles exprimées par Brüggén (1950) et Muñoz Cristi (1956) sur le soulèvement tardif des Andes, étaient encore presque unanimement admises. Selon cette chronologie courte, les grandes unités orographiques du Chili (Cordillère des Andes, dépression longitudinale et Cordillère de la Côte) seraient apparues seulement à

l'extrême fin du Pliocène, voire au début du Pléistocène, lors de la dénivellation, par de puissants mouvements verticaux, de la topographie mûre élaborée pendant le Tertiaire. Dans la même perspective ultra-mobiliste, les terrasses fluviales et marines recevaient une interprétation exclusivement diastrophique. Aussi la néotectonique était-elle considérée comme le phénomène morphogénétique majeur du Quaternaire.

Or depuis quelque temps une réaction est apparue, qui a son origine dans les résultats de récentes études géomorphologiques sur le Chili du centre et du nord (Borde, 1966 ; Mortimer, 1969 ; Paskoff, 1970). Ces résultats, corroborés par une série de datations absolues (Clark et *al.*, 1967), conduisent à vieillir un peu l'édifice andin dont la surrection majeure semble être intervenue à la fin du Miocène ou, au plus tard, au début du Pliocène. L'adoption de cette chronologie longue implique une réévaluation des effets de la néotectonique qui, comme il faut s'y attendre dans ce secteur de la marge circum-Pacifique, restent de toute façon importants, voire spectaculaires, au moins en certains endroits.

3.2. Les caractères de la néotectonique

La néotectonique représente en quelque sorte les séquelles de la tectonique en extension post-liminaire (Aubouin et Borrello, 1966) dont le paroxysme, responsable de la mise en place des Andes, se situe probablement au Pontien. Elle est caractérisée par des *failles normales* qui limitent des blocs soulevés, affaissés ou basculés. Souvent ces accidents cassants correspondent à des lignes de faiblesse anciennes mal cicatrisées. Si des flexures ont pu être relevées, surtout dans les formations peu rigides, les plis semblent vraiment constituer l'exception ; il paraît en être de même pour les ondulations, encore qu'il soit difficile de les mettre en évidence lorsqu'on ne dispose pas de bonnes cartes topographiques et de cotes d'altitude précises. L'occurrence de failles horizontales (décrochements) est soupçonnée d'après l'exemple lointain de la Californie mais elle n'a pas été jusqu'ici indiscutablement prouvée.

Je citerai seulement quelques cas particulièrement expressifs de déformations quaternaires. Près d'Antofagasta, Brügger (1950) signale l'existence d'une cassure de peu de mètres de rejet, orientée vers le NNE, qui se suit pendant plusieurs kilomètres sur le bord nord-occidental du Salar del Carmen (23°55'S) ; elle affecte un cône de déjection édifié au pied du versant oriental de la Cordillère de la Côte lors de la dernière époque pluviale. Dans le cours inférieur du Rio Copiapó, Segerstrom (1965) a repéré près de Monte Amargo (27°20'S) une faille qui recoupe la vallée selon une direction NNE-SSW ; elle a provoqué sur son côté est un affaissement de 40 à 50 m de la terrasse fluviale du Quaternaire ancien (t_{IV}) ; par contre la terrasse la plus récente (t_I) d'âge holocène (Mortimer, 1971) ne montre pas de déformation au passage de l'accident. De part et d'autre de l'embouchure du Rio Limari (30°15'S) ont été cartographiées (Paskoff, 1970) des plateformes d'abrasion marine du Pliocène supérieur et du Pléistocène inférieur

(Sérénien I) dénivelées par des failles de plusieurs centaines de mètres de rejet. Ces blocs soulevés constituent aujourd'hui les Hauteurs de Talinay qui culminent à 667 m, presque à l'aplomb de l'Océan. Dans le bassin de Santiago, Tricart et *al.* (1955) ont mis en évidence d'importants affaissements qui expliquent que les nappes fluvio-glaciaires se sont empilées les unes sur les autres au lieu de s'emboîter. Cependant tout le remplissage de cette fosse subsidente, épais parfois de plusieurs centaines de mètres, n'est pas quaternaire ; l'essentiel même paraît bien être d'âge pliocène, corrélatif d'une très importante phase de dissection torrentielle de la Cordillère des Andes consécutive à son soulèvement, probablement dans un milieu climatique propice à de fortes érosions (Paskoff, 1970).

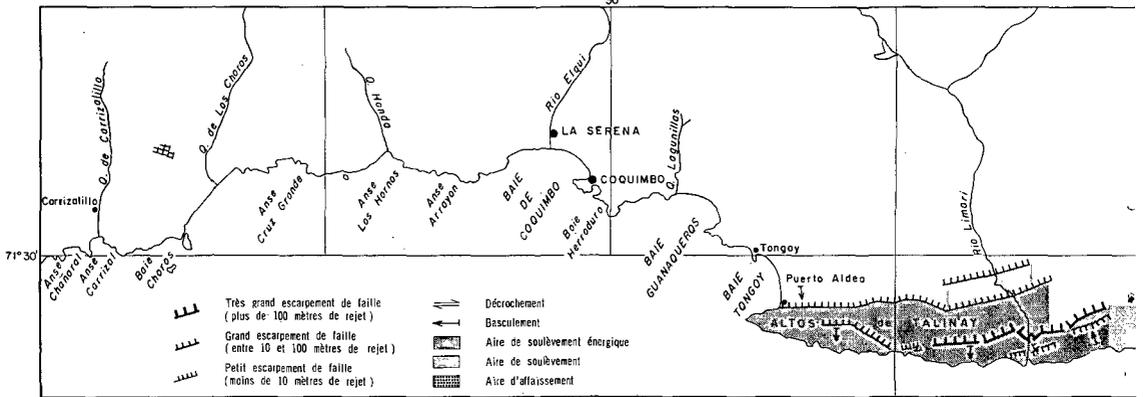
S'il fallait maintenant essayer de dégager la tendance générale des effets de la néotectonique, on pourrait, semble-t-il, diviser le territoire chilien en trois grandes provinces (Kausel et Lomnitz, 1969 ; Lomnitz, 1969) :

- la province du nord (18° - 26° S) qui, manifeste une propension au soulèvement ; ainsi la dépression longitudinale, appelée ici Pampa del Tamarugal, n'est pas à proprement parler un véritable graben mais un bloc moins soulevé (Tricart, 1966 ; Cecioni, 1970) que ceux qui le jouxtent, la Cordillère des Andes à l'est, la Cordillère de la Côte, à l'ouest ;
- la province du Centre-nord (26° - 33° S) qui, dans l'ensemble, présente une stabilité relative à mettre très probablement en relation avec l'inexistence d'une dépression longitudinale et l'absence de manifestations volcaniques quaternaires ;
- la province du Centre-sud et du sud (33° - 46° S) où la tendance paraît être à l'affaissement ; en témoignent l'épaisseur du remblaiement détritique plio-quaternaire de la « vallée » centrale (500 m près de Santiago, $33^{\circ}27'S$; 1 000 à Chillán $36^{\circ}36'S$; 4 000 m à Puerto Montt, $41^{\circ}28'S$) et l'ennoyage de cette « vallée » par l'Océan au sud de Puerto Montt.

Chacune de ces provinces donne l'impression d'être constituée par des panneaux indépendants les uns par rapport aux autres et plus ou moins stables. Ainsi, par exemple, le littoral chilien compris entre 30° et 33° S, donc dans la province néotectonique à tendance neutre, peut se diviser en trois compartiments ; entre $30^{\circ}10'$ et $31^{\circ}45'S$, un secteur a été sérieusement touché par les déformations quaternaires ; il est flanqué au nord et au sud par des domaines dans lesquels, au contraire, les effets des mouvements tectoniques sont discrets et isolés (figure 3).

Dans l'extrême sud du Chili, au-delà du 46° S, là où les Andes patagoniennes sont aujourd'hui encore largement englacées, il est logique de supposer que les phénomènes de décharge isostatique d'origine glaciaire ont joué un rôle important pendant les temps holocènes. Des terrasses marines soulevées ont été décrites sur les côtes des archipels Madre et Dios et

LA NÉOTECTONIQUE SUR LA FR

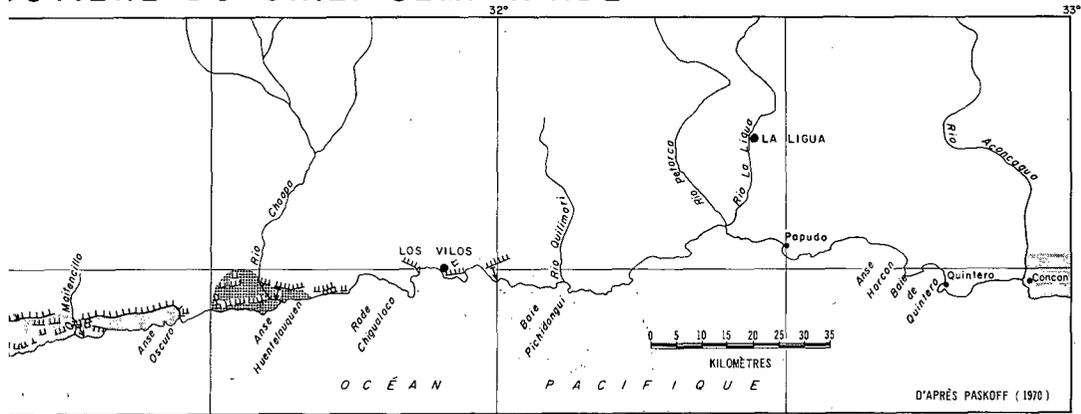


Jorge Montt, sur les rives du détroit de Magellan et sur le littoral occidental de la Terre de Feu (Auer, 1959 et 1970 ; Cecioni, 1957). À proximité de la péninsule de l'Antarctique occidentale (Terre d'O'Higgins), dans les Shetland du Sud, Araya et Hervé (1966) ont étudié d'anciennes plages et des niveaux d'abrasion perchés au-dessus du niveau actuel de l'Océan. Tous ces auteurs attribuent ces formes littorales à l'interférence des variations glacio-eustatiques et des mouvements glacio-isostatiques. Cecioni (1957) pense aussi que le bloc patagonien a été, pendant le Quaternaire, affecté par un mouvement de bascule, résultat d'un soulèvement de son bord atlantique et d'un affaissement de son côté pacifique ; cette opinion est partagée par Katz (1962). Mais plus encore que pour la côte argentine, les données quantitatives sur le soulèvement holocène du littoral des fjords chiliens manquent par suite de la rareté des datations absolues au C^{14} (Richards, 1966) relatives aux dépôts marins.

3.3. La tectonique actuelle

Il est assez curieux de constater que, si les accidents cassants sont caractéristiques de la tectonique quaternaire, les études géologiques et les levés topographiques opérés après les séismes qui ont secoué le territoire chilien au cours des dernières années, n'ont pas mis en évidence de façon indiscutable des rejeux de failles semblables à ceux qui ont été décrits en Californie ou au Japon (Arabasz, 1970). Par contre, de nombreuses observations montrent que, lors des grands tremblements de terre des 21 et 22 mai 1960, le sud du Chili, entre 37° et 48° S, a été affecté par des déformations à grand rayon de courbure qui ont ébauché une sorte de synclinal assymétrique allongé du nord au sud (Plafker et Savage, 1970). Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, cette ondulation n'a aucun rapport avec la topographie : la plate-forme continentale s'est soulevée de plusieurs mètres (5 ou 6 m), la Cordillère de la Côte s'est affaissée de 1 ou 2 m et la partie orientale de la dépression longitudinale, là où elle passe au pied-

CÔTIÈRE DU CHILI SEMI-ARIDE



mont andin semble s'être légèrement relevée. Ces transformations morphologiques appréciables sont, selon Plafker et Savage, directement liées à l'existence d'une très importante faille inverse, longue de 1 000 km, large de 60 km et inclinée de 35° vers l'est ; elle intersecte la surface de la lithosphère là où le talus continental limite la grande fosse océanique chilopéruvienne. En mai 1960, le mouvement le long du plan de faille, estimé entre 20 et 40 m, aurait été produit par les contraintes dues au cheminement en sens inverse de la plaque de l'île de Pâques qui dérive vers l'est (5 à 6 cm par an) et celle de l'Amérique qui se déplace vers l'ouest (2 cm par an).

4. LE VOLCANISME QUATÉNAIRE

On estime à environ 50 000 km² (Lévi, 1965) la superficie occupée par les roches effusives quaternaires dans le Chili continental. À l'exception des basaltes à olivine épanchés sur le plateau patagonien à 130 km au nord-est de Punta Arenas ($53^\circ 10' S$), près de la frontière avec l'Argentine, elles ont toutes leur origine dans la Cordillère des Andes (figure 4). La Cordillère de la Côte est totalement restée en marge de l'activité volcanique pléistocène. Dans la haute chaîne, deux provinces doivent être distinguées : celle du nord, d'une part, celle du centre et du sud, d'autre part (Vergara et González, 1971).

4.1. Le Chili du nord ($17^\circ 30' - 27^\circ 30' S$)

L'étude du volcanisme cénozoïque dans le Chili du nord a progressé au cours des dernières années (Zeil, 1963 et 1964 ; Zeil et Picchler, 1967 ; Katsui et González, 1968 ; Pichler et Zeil, 1969 ; Cobbald, 1970). Les manifestations éruptives inaugurées au Néogène se poursuivent au Quaternaire mais avec des caractères différents.

LE VOLCANISME QUATERNAIRE, D'APRÈS CORVALÁN (1965)

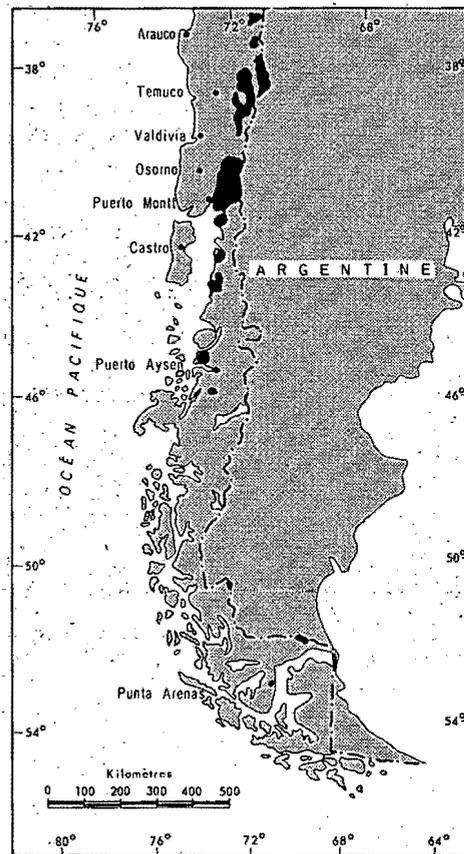
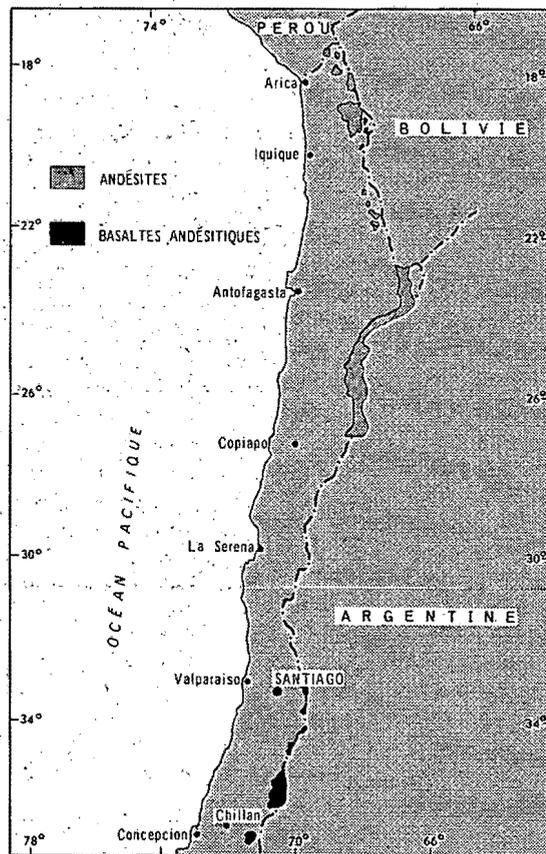


Figure 4

Au *Mio-Pliocène*, il s'agit d'émissions fissurales profondes, provoquées par la tectonique de faille en extension responsable du dernier grand soulèvement des Andes (Guest, 1969). Leurs produits, épais de 400 à 1 000 m, dans lesquels sont aussi englobés d'importants épandages détritiques, constituent la formation rhyolitique (Brüggen, 1950), connue aussi sous le nom de formation Altos de Pica (Galli et Dingman, 1962) ; ils couvrent sur le seul territoire chilien quelque 70 000 km² mais ils débordent largement sur le Pérou, la Bolivie et l'Argentine (environ 150 000 km² au total). D'un point de vue pétrographique, les rhyolites et les rhyodacites de structure ignimbritique représentent l'essentiel de ces effusions qui donnent une morphologie de plateaux inclinés vers l'ouest, sauf là où la tectonique a modifié le système de pentes originel. Cette formation rhyolitique s'étend depuis la haute Cordillère jusque dans la dépression longitudinale, la Pampa del Tamarugal, et, dans la région d'Arica, elle atteint même les approches de l'Océan (Salas et *al.*, 1966). Des mesures isotopiques par la méthode du K/Ar (Dingman, 1965 ; Rutland et *al.*, 1965 ; Clark et *al.*, 1967) lui assignent un âge qui va de la fin du Miocène (12,6 millions d'années) au Pliocène moyen à supérieur (4,2 millions d'années).

Au *Quaternaire*, les effusions magmatiques revêtent d'autres caractères. Elles restent limitées aux secteurs les plus élevés de la chaîne andine, près de la frontière avec les pays limitrophes. Le volcanisme est alors de type punctiforme. Il est responsable de l'édification, le long de fractures en échelon de direction moyenne nord 25° est, et parfois aussi de cassures orientées est-ouest (Miller, 1967), de strato-volcans qui, posés à 4 000 m d'altitude sur l'*altiplano*, atteignent et même dépassent largement 6 000 m. Ces appareils forment, sur dix degrés de latitude, un imposant alignement d'une soixantaine de volcans (entre 500 et 1 000 cratère, selon les estimations...). La morphologie est caractérisée par des cônes, des dômes et des coulées de lave de nature andésitique : la latite-andésite quartzifère est bien représentative de ce volcanisme quaternaire. Les constructions pléistocènes ont souffert de l'érosion glaciaire pendant les crises climatiques ; par contre, les formes holocènes qui semblent témoigner d'une évolution vers un magma un peu plus basique, sont très fraîches. Cependant l'activité actuelle apparaît réduite (fumerolles, solfatares, geysers).

4.2. Le Chili du centre et du sud (33°15' – 52°20S)

Un grand hiatus de près de six degrés de latitude sépare les deux provinces volcaniques andines. Il correspond étroitement à l'effacement topographique du graben longitudinal qui, à cette exception près, se suit du nord au sud du territoire chilien. Une relation de cause à effet a été avancée par Brüggen (1950). Récemment Perez et Aguirre (1969) ont signalé que dans ce secteur les grands accidents tectoniques de la fin du Tertiaire sont surtout des failles inverses : elles auraient, par leur nature, empêché l'expulsion du magma ; on comprendrait alors pourquoi, à ces latitudes, la chaîne des Andes présente des sommets de 5 000 à 6 000 m, bien qu'elle soit dépourvue de volcans.

Le volcanisme quaternaire qui réapparaît presque à la latitude de Santiago se cantonne d'abord sur la ligne de faite de la Cordillère principale mais à partir du 38°S il se rapproche du bord occidental du *valle central*. Au sud du 42°, il se raréfie et disparaît avec le Mount Burney (52°20'S), le plus méridional, semble-t-il, des volcans chiliens. À vrai dire, la partie andine des provinces d'Aysen et de Magallanes, englacée et déserte, reste encore mal connue. Le volcanisme actuel est plus actif dans la province du centre et du sud que dans celle du nord (Casertano, 1963).

Le progrès des études géologiques et géomorphologiques régionales, l'appui aussi des méthodes de datation absolue, permettent d'entrevoir ce qui revient proprement au Quaternaire dans les manifestations effusives du Cénozoïque supérieur. Ainsi la formation Cola de Zorro, décrite entre 35° et 38°S et considérée lors de sa définition (González et Vergara, 1962) d'âge plio-quaternaire, est maintenant rapportée avec plus de vraisemblance au Miocène (Thiele et Katsui, 1969). Elle est représentée par des vulcanites andésitiques, de 400 à 800 m d'épaisseur, très nettement discordantes sur les roches mésozoïques plissées et tronquées ; elles occupent une position sommitale et on été affectés par une puissante tectonique de faille, celle responsable du dernier grand soulèvement des Andes. Pliocènes sont probablement les restes de coulées, également andésitiques, perchés à plusieurs centaines de mètres au-dessus des talwegs actuels ; ils fossilisent ici et là des replats d'érosion sur les versants des vallées qui connaissaient alors un épisode morphogénétique de creusement provoqué par la surrection de la chaîne ; les centres d'émission ne sont plus repérables. Le volcanisme quaternaire est à l'origine de strato-volcans, de dômes de lave, de cônes de cendres et de coulées de fond de vallée, tous plus ou moins affectés par l'érosion glaciaire qui a été puissante à ces latitudes. Les études pétrographiques montrent qu'au moins à partir de 34°S, sont présents les basaltes andésitiques de la série des basaltes alumineux (Vergara et Katsui, 1969), sans doute parce que la racine montagneuse est moins profonde que dans le nord du Chili (30 km au lieu de 60 km, Dragicevic, 1970) d'où une contamination plus faible du magma ascendant par la croûte sialique.

Des dépôts quaternaires de nature volcanique existent dans la dépression longitudinale entre Santiago et Temuco (38°45'S). Brüggén (1946) les avait considérés comme des formations morainiques. Dans le bassin de Santiago, où ils sont particulièrement bien développés, ces sédiments sont constitués presque exclusivement par du matériel pyroclastique, des cendres dans la matrice, des pierres ponce dans la fraction grossière ; le classement est médiocre, la stratification seulement ébauchée par endroits. Borde (1956) est le premier à avoir vu dans ces dépôts le témoignage de phénomènes volcaniques d'un type particulier, les lahars. Les recherches de Tricart et *al.* (1965) dans la même région ont aussi montré l'importance morphogénétique des débâcles glacio-volcaniques : elles ont été provoquées, lors des périodes froides du Quaternaire, par des pluies de matériel pyroclastique brûlant sur des glaciers étendus et sur des pentes montagneuses couvertes de neige. Cette interprétation a été confirmée par les études

sédimentologiques de Stiefel (1968), qui a comparé les dépôts volcaniques des environs de Santiago avec ceux des lahars qui se sont produits lors des éruptions du volcan Calbuco (41°20'S) et du volcan Villarica (39°25'S) en 1964, deux appareils portant des neiges permanentes dans la partie supérieure de leur cône. Il apparaît ainsi qu'un lahar gigantesque, dû à une puissante activité explosive soit du volcan San José (33°45'S), soit plus probablement du volcan Maipo (34°10'S), pendant l'avant-dernière glaciation, est responsable de l'étalement des cendres et des pierres ponce qui se rencontrent aujourd'hui à l'état de témoins jusqu'au pied oriental de la Cordillère de la Côte dans les bassins de Santiago et de Rancagua (34°10'S; Santana, 1968). Un autre lahar important mais plus récent, est descendu du volcan Antuco par la vallée du Rio Laja (37°15'S) jusque dans la dépression longitudinale au nord de Los Angeles ; son matériel a été décrit par Mac Phail (1966) ; il pourrait dater de $15\ 000 \pm 500$ B.P.

4.3. Territoires dispersés de souveraineté chilienne

Les îles chiliennes perdues dans l'Océan Pacifique qui n'avaient plus fait l'objet de reconnaissances géologiques depuis de longues années, ont été récemment visitées par Baker qui a publié l'essentiel de ses observations sous une forme préliminaire (1967 a et b). Dans l'archipel Juan Fernandez, l'île de Robinson Crusoe (33°40'S, 78°50'W) présente des formes volcaniques encore reconnaissables (calderas) mais sérieusement modifiées par l'érosion marine et continentale ; elles datent probablement du Tertiaire supérieur. Par contre la morphologie de l'île de Pâques (27°05'S — 109°20'W) témoigne d'une activité éruptive beaucoup plus récente. Les trois principaux volcans — le Poike, strato-volcan simple, le Rano kau avec une caldera sommitale et le Terevaka, appareil plus complexe — donnent une impression de fraîcheur et certaines coulées de basalte à olivine, très peu altérées, sont de toute évidence très jeunes.

Dans le cadre des travaux scientifiques de l'Institut antarctique chilien, le volcanisme cénozoïque supérieur de l'archipel des Shetland du Sud a été étudié par González et Katsui (1970). Le volcanisme pléistocène et holocène est directement responsable de l'existence de l'île Penguin (62°06'S — 57°56'W), de forme circulaire et de l'île Decepción (62°57'S — 60°30'W), caldera typique ennoyée par l'Océan. Dans l'île Decepción, l'activité éruptive des années 1967 (Valenzuela et al., 1970) et al., 1969) sont à l'origine de modifications topographiques appréciables. La petite île Yelcho apparue dans le fond de la baie intérieure en 1967 a été endommagée et unie à l'île principale lors d'une nouvelle éruption en 1970 (Munizaga, comm. orale).

5. CONCLUSION : ESQUISSE D'UN PROGRAMME DE RECHERCHES

Si le bilan qui vient d'être dressé est encourageant, il n'en reste pas moins vrai que des lacunes importantes subsistent dans notre connaissance

du Quaternaire chilien et il serait souhaitable de les voir se réduire dans les années à venir. Ainsi le problème des glaciations anciennes mériterait de retenir l'attention des spécialistes afin d'essayer de préciser leur nombre et leur extension. Sur un plan plus général, l'étude des changements climatiques devrait s'appuyer sur des recherches paléontologiques, palynologiques et pédologiques jusqu'ici à peine entamées. Les effets de la néotectonique ont été mal évalués et les données objectives dont on dispose sont encore trop fragmentaires : un effort d'appréciation lucide s'impose, qui implique des levés cartographiques précis, à la fois topographiques et géomorphologiques. Quant aux variations du niveau marin dont les traces sont inscrites sous les eaux de la plate-forme continentale, on ne sait à peu près rien d'elles. Des corrélations sur la base de la téphrochronologie seraient utiles dans la région des lacs. Il faudrait surtout avoir systématiquement recours aux méthodes isotopiques qui, à l'exception du C^{14} , surtout utilisé par les archéologues (Nuñez, 1966 ; Gordon, 1967), ont pratiquement été délaissées : aucune datation de plage marine ancienne par le procédé du Th/Ur, aucune évaluation de paléotempératures par l'étude du rapport O^{16}/O^{18} n'est encore disponible. Enfin le travail en équipes pluridisciplinaires, déjà timidement amorcé, devrait être généralisé : il s'impose en tout cas pour l'étude du Quaternaire de la région des fjords patagoniens, terrain pratiquement vierge dont il faudra bien un jour entreprendre la reconnaissance malgré de grandes difficultés d'ordre logistique.

BIBLIOGRAPHIE

- ARABAZ, W.J., 1970, *Geological and Geophysical Studies of the Atacama Fault Zone in Northern Chile*, Thèse. Ph. D., manus., Calif. Inst. of Technology.
- ARAYA, R. et HERVÉ, F., 1966, « Estudio geomorfológico y geológico en las Islas Shetland del Sur, Antártica », *Publ. Inst. Antart. Chileno*, 8, 76 p.
- AUBOUIN, J. et BORRELLO, A., 1966, « Chaînes andines et chaînes alpines : regard sur la géologie de la Cordillère des Andes au parallèle de l'Argentine moyenne », *Bull. Soc. géol. France*, (7), VIII, p. 1050-1070.
- AUER, V., 1959, « The Pleistocene of Fuego - Patagonia. Part III : Shoreline Displacements », *Ann. Acad. Scient. Fenn.*, Helsinki, 247 p.
- AUER, V., 1966, « Climatic Variations in Fuego - Patagonia », in *Pleistocene and Post-Pleistocene Climatic Variations in the Pacific Area, Symposium* Honolulu, p. 37-55.
- AUER, V., 1970, « The Pleistocene of Fuego - Patagonia. Part V : Quaternary Problems of Southern South America », *Ann. Acad. Scient. Fenn.*, Helsinki, 194 p.
- BAKER, P.E., 1967 a, « An Outline of the Geology of the Juan Fernandez Archipelago », *Geol. Mag.*, 104, 2, p. 110-115.
- BAKER, P.E., 1967 b, « Preliminary Account of Recent Geological Investigations on Easter Island », *Geol. Mag.*, 104, 2, p. 116-122.
- BAKER, P.E., DAVIES, T.G. et ROOBOL, M.J., 1969, « Volcanic Activity at Deception Island in 1967 and 1969 », *Nature*, 8, p. 553-560.
- BORDE, J., 1966, *Les Andes de Santiago et leur avant-pays, étude de géomorphologie*, Thèse lettres, Bordeaux, 559 p.
- BORGEL, R., 1969, « Cuaternario en la Cuenca de Santiago », *Informaciones Geográficas*, numéro unique 1966, p. 43-50.
- BRÜGGEN, J., 1946, « La cronología de las épocas glaciales de Chile », *Rev. Univ.* 31, p. 27-39.
- BRÜGGEN, J., 1950, *Fundamentos de la geología de Chile*, Santiago, 374 p.
- CALDENIUS, C., 1932, « Las glacitaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego », *Geog. Annales*, 14, p. 1-164.
- CASAMIQUELA, R., 1969-70, « Primeros documentos de la paleontología de vertebrados para un esquema estratigráfico y zoográfico del Pleistoceno de Chile », *Bol. Prehist. Chile*, 2-3, p. 65-73.

- CASAMIQUELA, R., MONTANE, J. et SANTANA, R., « Convivencia del hombre con el Mastodonte en Chile central », *Not. Museo. Nac. Historia Natural*, Santiago, XI, 132, p. 1-6.
- CASERTANO, L., 1963, « General Characteristics of Active Andean Volcanoes and Summary of their Activities during Recent Centuries », *Seism. Soc. Am. Bull.*, 53, A, p. 1415-1433.
- CAVIEDES, C., 1967, « Las terrazas del Aconcagua inferior », *Rev. Geogr. Valparaíso*, 1, p. 63-80.
- CAVIEDES, C., 1969, *Quartärgeomorphologie des Aconcaguatales* (Mittel-Chile), Thèse Sc., manus., Fribourg-en-Brisgau, 169 p.
- CECIONI, G., 1957, « I terrazzi marini della Patagonia cilena », *Atti della Soc. Tosc. Scienze Naturali*, A 64, p. 33-39.
- CECIONI, G., 1970, *Esquema de paleogeografía chilena*, Santiago, 144 p.
- CLARK, A., MAYER, A., MORTIMER, C., SILLITOE, R., COOKE, R. et SNELLING, N., 1967, « Implications of the Isotopic Ages of Ignimbrite Flows, Southern Atacama Desert, Chile », *Nature*, 215, 5102, p. 723-724.
- COBBALD, P., COWARD, M.P., FRANCIS, P.W., ROOBOL, M.J. et WALKER, G.P.L., 1970, « The Style of Volcanism in the Andes of Northern Chile », *Proc. Geol. Soc. London*, 1663, p. 175-177.
- COOKE, R.U., 1964, *Landforms in the Huasco Valley of Northern Chile*, Thèse B. Sc., manus., University College, London.
- CORVALAN, J., 1965, « Geología », in : *Geografía Económica de Chile*, p. 35-95.
- DINGMAN, R., 1965, « Pliocene Age of the Ash-Flow Deposits of the San Pedro Area, Chile », *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 525C, p. C63-C67.
- DOLLFUS, O. et TRICART, J., 1967, « Les formations détritiques continentales quaternaires du désert péruano-chilien et leur signification morpho- et paléoclimatique », *Comm. Symp. UNESCO-UGI déserts côtiers*, Lima, 7 p.
- DRAGICEVIC, M., 1970, « Carta gravimétrica de los Andes meridionales e interpretación de las anomalías de gravedad de Chile Central », *Publ. Depart. Geofis. Geodes. Univ. Chile*, 93, 42 p.
- ENJALBERT, H., 1958, « Le modelé des Andes péruviennes », *Bull. Assoc. Géogr. Franc.*, 267-268, p. 9-27.
- FUENZALIDA, H., COOKE, R., PASKOFF, R., SEGERSTROM, K. et WEISCHET, W., 1965, « High Stands of Quaternary Level Along the Chilean Coast », *Geol. Soc. Am., Spec. Paper*, 84, p. 473-496.
- GALLI, C., 1968, « Geology of the Concepción Area, Chile », *Dissertation Abstracts*, 29, 4.
- GALLI, C. et DINGMAN, R., 1962, « Cuadrángulos Pica, Alca, Matilla et Chacarilla », *Cart. Geol. Chile. Inst. Inv. Geol.*, III, 2, 3, 4 et 5, 125 p.
- GONZALEZ, O. et VERGARA, M., 1962, « Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° Latitud Sur », *Publ. Inst. Geol. Univ. Chile*, 24, 121 p.
- GONZALEZ, O. et KATSUI, Y., 1970, « Estudio integral del volcanismo cenozoico superior de las Islas Shetland del Sur, Antártica », *Inst. Ant. Chileno, Ser. Cient.*, 1, 2, contrib. 21.
- GORDON, A., 1967, « Fechas radiocarbónicas (C¹⁴) de la Cronología arqueológica chilena », *Bol. Soc. Arqueol. Santiago*, 4, p. 43-101.
- GUEST, J., 1969, « Upper Tertiary Ignimbrites in the Andean Cordillera of Part of the Antofagasta Province, Northern Chile », *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80, p. 337-362.
- HERM, D., 1969, « Marines Pliozän und Pleistozän in Nord und Mittel-Chile, unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen », *Zitteliana*, 2, 159.
- HERM, D., 1970, « *Bostryx variabilis* n.sp., eine Landschnecke aus dem Altpleistozän von Mejillones, Nordchile », *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. Hist. Geol.*, 10, p. 189-198.
- HERM, D. et PASKOFF, R., 1967, « Vorschlag zur Gliederung des marinen Quartärs in Nord und Mittel-Chile », *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 10, p. 577-588.
- HEUSSER, C.J., 1964, « Some Pollen Profiles from the Lagune de San Rafael Area, Chile », *Ancient Pacific Floras*, Univ. Hawai'i Press, p. 95-115.
- HEUSSER, C., 1966 a, « Late-Pleistocene Pollen Diagrams from the Province of Llanquihue, Southern Chile », *Am. Phil. Soc.*, 110, 4, p. 269-305.
- HEUSSER, C., 1966 b, « Polar Hemispheric Correlation: Palynological Evidence from Chile and the Pacific Northwest of America », *Proc. Intern. Symp. on World Climate, 8 000 to 0 B.C.*, Londres, p. 124-141.
- HOLLINGWORTH, S. et GUEST, J., 1967, « Pleistocene Glaciation in the Atacama Desert, Northern Chile », *Journ. of Glaciol.*, 947, p. 749-751.
- ILLIES, H., 1960, « Geologie der Gegend von Valdivia, Chile », *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 111, 1, p. 30-110.
- KARZULOVIC, J., 1958, « Sedimentos cuaternarios y aguas subterráneas en la cuenca de Santiago », *Publ. Inst. Geol. Univ. Chile*, 10, 120 p.
- KATSUI, Y. et GONZALES, O., 1968, « Geología del área neovolcánica de los Nevados de Payachata con consideraciones acerca del volcanismo cenozoico superior en los Andes chilenos, provincia de Tarapacá, departamento de Arica », *Publ. Depart. Geol. Univ. Chile*, 29, 61 p.
- KATZ, H.R., 1962, « Fracture Patterns and Structural History in the Sub-Andean Belt of the Southernmost Chile », *Journ. Geol.*, 70, 5, p. 595-603.
- KAUSEL, E. et LOMNITZ, C., 1969, « Tectonics of Chile », *Intern. Upper Mantle Symp.*, 22-B, p. 47-67.
- KUMMEROW, J., MATTE, V. et SCHLEGEL, F., 1961, « Zum Problem der Nebelwälder an der zentral-chilenischen Küste », *Deutsch. Bot. Ges.*, 74, 4, p. 135-145.
- LAUER, W., 1968, « Die Glaziallandschaft des Südchilenischen Seengebietes », *Acta Geographica*, 20, 16, p. 215-236.

- LEVI, B., 1965, « Rocas volcánicas cuaternarias », in : *Geología y yacimientos metalíferos de Chile*, Santiago, p. 105-108.
- LLIBOUTRY, L., 1956, *Nieves y glaciares de Chile ; fundamentos de glaciología*, Santiago, 471 p.
- LOMNITZ, C., 1969, « Sea Floor Spreading as a Factor of Tectonic Evolution in Southern Chile », *Nature*, 222, 5191, p. 366-369.
- MAC PHAIL, D., 1966, « El gran lahar del Laja », in : *Estudios Geográficos*, Fac. Fil. Educ. Univ. Chile, p. 133-155.
- MARTINEZ, R., 1968, « Foraminíferos y evolución de la línea de costa holocénica en la zona de Concepción », in : *Terciario de Chile, zona central*, Soc. Geol. Chile, p. 211-254.
- MERCER, J.H., 1969, « Glaciation in Southern Argentina more than two Million Years Ago », *Science*, 164, p. 823-825.
- MERCER, J.H., 1970, « Variations of some Patagonian Glaciers since the Late-Glacial : II », *Am. Journ. Science*, 269, 1, p. 1-25.
- MILLER, H., 1967, « Zur jungen Tektonik in der Hochkordillere Nord-Chiles », *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 9, p. 536-544.
- MONTANE, J., 1968, « Paleo-Indian Remains from Laguna de Tagua-Tagua, Central Chile », *Science*, 161, 3846, p. 1137-1138.
- MORTENSEN, H., 1928, « Das Formenbild der chilenischen Hochkordillere in seiner diluvial-glazialen Bedingtheit », *Ges. Eldk. Berlin*, p. 98-111.
- MORTIMER, C., 1969, *The Geomorphological Evolution of the Southern Atacama Desert*, Thèse Ph.D., manus., Dept. Geol. Univ. Londres, 283 p.
- MORTIMER, C., CLARK, A.H. et SCHUFLE, J.A., 1971, « Ion Exchange and Radiocarbon Dating of Alluvial Sediments from the Lower Rio Copiapo, Chile », *Nature*, sous presse.
- MULLER, E.H., 1960, « Glacial Chronology of the Laguna de San Rafael Area, Southern Chile (Abstr.) », *Geol. Soc. Am. Bull.*, 71, p. 2026.
- MUNOZ CRISTI, J., 1956, « Chile », in : *Handbook of South American Geology*, Geol. Soc. Am., Mem. 65, p. 187-214.
- NUNEZ, L., 1966, « Recientes fechados radiocarbónicos de la arqueología del Norte de Chile », *Bol. Univ. Chile*, 64 et 65, p. 32-37 et 46-49.
- PASKOFF, R., 1968, « Proposition de classification du Pliocène continental du Chili centre-nord », *C.R. somm. Soc. Geol. France*, 7, p. 226-227.
- PASKOFF, R., 1970, *Recherches géomorphologiques dans le Chili semi-aride*, Thèse lettres, Bordeaux, Biscaye Frères (édit.), 420 p.
- PEREZ, E. et AGUIRRE, L., 1969, « Relación entre estructura y volcanismo cuaternario andino en Chile », *Intern. Upper Mantle Symp.*, 22-B, Mexico, p. 39-46.
- PICHLER, H. et ZEIL, W., 1969, « Die quartäre « Andesit » - Formation in der Hochkordillere Nord - Chile », *Geol. Rundsch.*, 58, 3, p. 866-903.
- PLAFKER, G. et SAVAGE, J.C., 1970, « Mechanism of the Chilean Earthquakes of May 21 and 22, 1960 », *Geol. Soc. Am. Bull.*, 81, p. 1001-1030.
- RICHARDS, H.G., 1966, « Pleistocene Mollusks from Cores Taken from the Continental Shelf of Argentina and Chile », *Quaternaria*, VIII, p. 253-258.
- RUIZ, C., 1965, *Geología y yacimientos metalíferos de Chile*, Santiago, 305 p.
- RUTLAND, R., GUEST, J. et GRASTY, R., 1965, « Isotopic Ages and Andean Uplift », *Nature*, 208, 5011, p. 677-678.
- SALAS, R., KAST, R., MONTECINOS, F. et SALAS, I., 1966, « Geología y recursos minerales del departamento de Arica, provincia de Tarapacá », *Bol. Inst. Inv. Geol.*, 21, 114 p.
- SALLOT, P., 1969, « Étude géologique dans l'île de Chilóé », *Bull. Soc. Géol. France*, (7), XI, p. 388-399.
- SANTANA, R., 1967, « Rasgos de la glaciación cuaternaria en « El Manzanar », Valle del Cachapoal, Andes de Rancagua », *Rev. Geogr. Valparaíso*, 1, 1, p. 85-98.
- SEGERSTROM, K., 1964, « Quaternary Geology of Chile : Brief Outline », *Geol. Soc. Am. Bull.*, 75, p. 157-170.
- SEGERSTROM, K., 1965, « Dissected Gravels of the Rio Copiapó Valley and Adjacent Coastal Area, Chile », *U.S. Geol. Surv., Prof. Paper*, 525-B, p. B117-B121.
- SEGERSTROM, K., 1968, « Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado », *Bol. Inst. Inv. Geol.*, 24, 58 p.
- STIEFEL, J., 1968, « Sedimentological Reconnaissance of some Quaternary Deposits of Central and Southern Chile », in : *Means of Correlation of Quaternary Successions*, University of Utah Press, Salt Lake City, p. 559-576.
- THIELE, R. et KATSUJI, Y., 1969, « Contribución al conocimiento del volcanismo post-miocénico de los Andes en la provincia de Santiago, Chile », *Publ. Depart. Geol. Univ. Chile*, 35, p. 3-23.
- THOMAS, A., 1967, « Cuadrángulo Mamiña », *Cart. Geol. Chile, Inst. Inv. Geol.*, 17, 49 p.
- TRICART, J., 1963, « Oscillations et modifications de caractère de la zone aride en Afrique et en Amérique latine lors des périodes glaciaires des hautes latitudes », in : *Les changements de climat, zone aride* publ. UNESCO, XX, p. 415-419.
- TRICART, J., 1965, « Algunas observaciones geomorfológicas sobre las terrazas del Rio Copiapó », *Informaciones Geográficas*, p. 45-59.
- TRICART, J., 1966, « Un chott dans le désert chilien : la pampa del Tamarugal », *Rev. Géom. Dyn.*, 1, p. 12-22.

- TRICART, J., HIRSCH, A. et GRIESBACH, J., 1965, « Géomorphologie et eaux souterraines dans le bassin de Santiago du Chili », *Bull. Fac. Lettres Strasbourg*, 7, p. 605-673.
- TRICART, J., DOLLFUS, O. et CLOOTS-HIRSCH, A.R., 1969, « Les études françaises du Quaternaire sud-américain », in : *Études françaises sur le Quaternaire*, suppl. *Bull. Assoc. Franç. Étud. Quat.*, p. 215-234.
- VALENZUELA, E., CHAVEZ, L. et MUNIZAGA, F., 1970, « Actividad volcánica en islas Decepción, Antártica », *Inst. Antárt. Chileno, ser. cient.*, 1, 1, p. 25-40.
- VERGARA, M. et KATSUI, Y., 1969, « Contribución a la geología y petrología del volcán Antuco, Cordillera de los Andes, Chile Central », *Publ. Depart. Geol. Univ. Chile*, 35, p. 25-47.
- VERGARA, M. et GONZALES, O., 1971, « Structural and Petrological Characteristics of the Late Cenozoic Volcanism from Chilean Andean Region and West Antarctica », *Krystalinikum* (sous presse).
- WEISCHET, W., 1964, « Geomorfología glacial de la región de los Lagos », *Com. Esc. Geol. Univ. Chile*, 4, 36 p.
- WEISCHET, W., 1966, « Soliflujión periglacial en el Sur de Chile », in : *Estudios Geográficos*, Fac. Fil. Educ. Univ. Chile, p. 211-223.
- WEISCHET, W., 1969, « Zur Geomorphologie des Glatthang-Reliefs in der ariden Subtropenzone des Kleinen Nordens von Chile », *Zeit. für Geomorph.*, 13, 1, p. 1-21.
- WEISCHET, W., 1970 *Chile, seine länderkundlich Individualität und Struktur*, Darmstadt, 618 p.
- ZEIL, W., 1963, « Die Verbreitung des jungen Vulkanismus in der Hochkordillere NordChiles », *Geol. Rundsch.*, 53, p. 731-757.
- ZEIL, W., 1964, *Geologie von Chile*, Berlin, 233 p.
- ZEIL, W. et PICHLER, H., 1967, « Die Känozoische Rhyolith-Formation im mittleren Abschnitt der Anden », *Geol. Rundsch.*, 57, p. 48-81.

RÉSUMÉ

ÉTAT RÉSUMÉ DES ACQUISITIONS RÉCENTES SUR LE QUATENAIRE CHILIEN

L'auteur établit le bilan des acquisitions concernant le Quaternaire du Chili depuis 10 ans. Il examine successivement les changements climatiques, les variations du niveau marin, les mouvements tectoniques et les phénomènes volcaniques. En ce qui concerne les changements climatiques, on distingue, en raison de l'allongement du territoire chilien en latitude : le désert hyperaride, le désert marginal, le Chili semi-aride, le Chili central, le Chili des lacs et le Chili des fjords. Les variations du niveau marin ont surtout été étudiées le long du littoral centre-nord et nord du Chili. L'auteur examine ainsi la limite Pliocène — Pléistocène, puis montre la triple originalité — géomorphologique, sédimentologique et paléontologique — du Quaternaire marin. On relève les traces d'au moins six cycles marins, chacun caractérisé par une transgression, une apogée et une régression. Enfin, le rapport entre les formations marines et continentales est abordé.

Les manifestations de la tectonique quaternaire ont besoin d'être réévaluées. La néotectonique est caractérisée par des failles normales alors que la tectonique actuelle se manifeste par des rejeux, et des déformations à grand rayon de courbure. Le volcanisme quaternaire est caractérisé, dans le Chili du nord, par des émissions fissurales profondes au Mio-Pliocène, et par des émissions punctiformes au Quaternaire. Dans le Chili du centre et du sud, on trouve un phénomène volcanique particulier : les lahars.

Des lacunes importantes subsistent dans la connaissance du Quaternaire chilien : le problème des glaciations anciennes mériterait d'être approfondi ; l'étude des changements climatiques devrait être précisée ; les effets de la néotectonique réévalués. Ceci nécessite des cartes topographiques et géomorphologiques précises. Enfin les variations du niveau marin ont besoin d'être mieux datées. Toutes ces études demandent la généralisation du travail pluridisciplinaire, notamment dans la région des fjords, territoire encore presque vierge de recherches.

ABSTRACT

SUMMARY OF RECENT FINDINGS ON THE CHILEAN QUATERNARY

The author establishes what findings have been made on the Chilean Quaternary during the last ten years. He, in turn, examines climatic change, sea-level variation, tec-



togenic movements and volcanic phenomena. As far as climatic change is concerned, Chile, because of its latitudinal length is divided into the following regions: the extremely arid desert, the marginal desert, the semi-arid region, central Chile, the lake region and fjord region. Sea-level variations were studied particularly along the northern-central and northern coasts. The author thus examines the pliocene-pleistocene limit and shows the triple aspect — geomorphological, sedimentological and paleontological — of the origin of the marine quaternary. Traces of at least six marine cycles are discussed, each one characterized by a transgression, an apogee and a regression. Finally, the relation between the marine and continental formations is raised.

Results of the quaternary tectonic needs to be re-examined. The neotectonic is characterized by normal faults whilst the present tectonic shows recurrent faultings and deformation with a long range curve. In northern Chile the Quaternary volcanism is characterized by deep fissure emissions in the mio-pliocene, and by punctiform emissions in the Quaternary. In central and southern Chile there is found a singular volcanic phenomenon: lahars.

There are still considerable gaps in our knowledge of the Chilean Quaternary: the problem of old glaciations deserves deeper study; the study of climatic change should be made more precise; the neotectonic aspects should be re-evaluated. There is a need for accurate topographical and geomorphological maps. Finally, the dating of sea-level variation should be made more accurate. All these studies call for a multidisciplinary effort, particularly in the fjord region, an area almost untouched by research.

RESUMEN

ESTADO RESUMIDO DE LAS ADQUISICIONES RECIENTES SOBRE EL CUATERNARIO CHILENO

El autor establece el balance que concierne al Cuaternario de Chile después de 10 años. Examina sucesivamente los cambios climáticos, las variaciones del nivel marino, los movimientos tectónicos y los fenómenos volcánicos. En lo que concierne a los cambios climáticos, se distingue, por el alargamiento del territorio chileno en latitud: el desierto superárido, el desierto marginal, Chile semi-árido, Chile central, Chile de los lagos y Chile de los fiordos. Las variaciones del nivel marino han sido sobretodo estudiadas a lo largo del litoral centro-norte y norte de Chile. El autor examina también el límite Plioceno-Pleistoceno, después muestra la triple originalidad — geomorfológica, sedimentológica y paleontológica del Cuaternario marino. Se notan por lo menos los trazos de seis ciclos marinos, cada uno caracterizado por una transgresión, un apogeo y una regresión. En fin, la relación entre las formaciones marinas y continentales está abordada.

Las manifestaciones de la tectónica cuaternaria tienen necesidad de ser revaluadas. La neotectónica se caracteriza por fallas normales mientras que la tectónica actual se manifiesta por reactivamientos (rejeux) y por deformaciones con un gran radio de curvatura. El volcanismo cuaternario está caracterizado en Chile del norte por emisiones de grietas profundas del Mio-Plioceno y por emisiones puntiformes (punctiformes) del Cuaternario. En Chile del centro y del sur, se encuentra un fenómeno volcánico particular: coladas fangosas de origen volcánico (les lahars).

Lagunas importantes subsisten en el conocimiento del cuaternario chileno: el problema de las glaciaciones antiguas merece ser ahondado; el estudio de los cambios climáticos debería ser precisado; los efectos de la neotectónica valuados nuevamente. Para esto se necesitan cartas topográficas y geomorfológicas precisas. En fin las variaciones del nivel marino tienen necesidad de ser mejor datadas. Todos estos estudios requieren la generalización del trabajo pluridisciplinar, particularmente en la región de los fiordos, territorio aún casi virgen en las investigaciones.