340.

Communication de M. R. PASKOFF

Notes de morphologie glaciaire dans la haute vallée du Rio Elqui (Province de Coquimbo, Chili)

Aux environs du 30° de latitude Sud la Cordillère des Andes constitue une barrière haute et massive. Là naissent les cours d'eau qui forment les branches supérieures du Rio Elqui. Ce fleuve présente dans sa basse vallée de remarquables terrasses étagées dont nous avons étudié les relations avec les niveaux côtiers de la baie de Coquimbo (Paskoff 1964). Il restait à les situer par rapport aux événements climatiques du Quaternaire qui devaient avoir laissé des traces en Cordillère. Ce travail de reconnaissance a été facilité par l'ouverture, il y a deux ans, d'une piste carrossable entre La Serena (Chili) et San Juan (République argentine). Plusieurs tournées faites pendant l'été austral de 1966 sont à l'origine de ces observations sur les formes glaciaires actuelles et anciennes d'une haute montagne sèche (1).

LE CADRE PHYSIQUE (fig. 1)

La région étudiée correspond à celle drainée par le Rio La Laguna qui s'unit à Juntas avec le Rio Toro pour former le Rio Turbio (débit maximum à Guanta, en 1961-1962, 6 m^3), nom donné en amont de Rivadavia au Rio Elqui. Elle est caractérisée par sa hauteur et sa massiveté. Une quinzaine de sommets dépassent 4.000 m et sept d'entre eux se situent au-dessus de 5.000 m ; le Cerro Olivares atteint 6.252 m. Les cols sont très élevés : la piste La Serena-San Juan qui suit le cours du Rio La Laguna franchit la frontière à 4.775 m, au *paso* de Agua Negra. Peu d'aération dans le relief. L'étude de la carte de reconnaissance au 1/250.000e, très

(1) Nous avons eu la bonne fortune de découvrir la Cordillère de l'Elqui en la compagnie entraînante de M. le professeur G. Viers qui nous a largement fait bénéficier de son expérience des phénomènes glaciaires de type aride. Peu de temps après, M. le professeur H. Enjalbert a bien voulu revoir le terrain avec nous pour préciser et coordonner certaines observations. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de notre très vive gratitude. Nos remerciements vont aussi à ceux auxquels nous devons une subvention du C.N.R.S. pour frais de déplacements. Enfin nous n'oublions pas nos collègues et amis qui nous ont suivi avec bonne volonté dans ces paysages montagneux, étonnants de lumière et de couleurs.

BIBLIOTECA IREN

Présidence de M. G. CHABOT, vice-président

Le *Président* proclame membres de l'Association :

M. COUDERC (J.-M.), professeur, 9, boulevard Richard-Wagner, 37 - Tours.

M^lle^ DAGORNE (A), Laboratoire de géomorphologie, 15, boulevard de la Mer, 35 - Dinard.

M. DAMAIS (J.-Ph.), professeur certifié, 95, avenue Marcel-Cachin, 92 - Châtillon-sous-Bagneux.

M. LEMONNIER (A.), D.E.S. de géographie, rue Jules-Lemaître, 45 - Beaugency.

M. PENTEL (R.), 46, avenue du Bois de Verrières, 92 - Antony.

M. RONCAYOLO (M.), 170, rue de Javel, Paris (15^e^).

M. THORETTE (R.), professeur au lycée d'Etat P.-d'Ailly à Compiègne, 47, rue Octave-Butin, 60 - Marley-les-Compiègne.

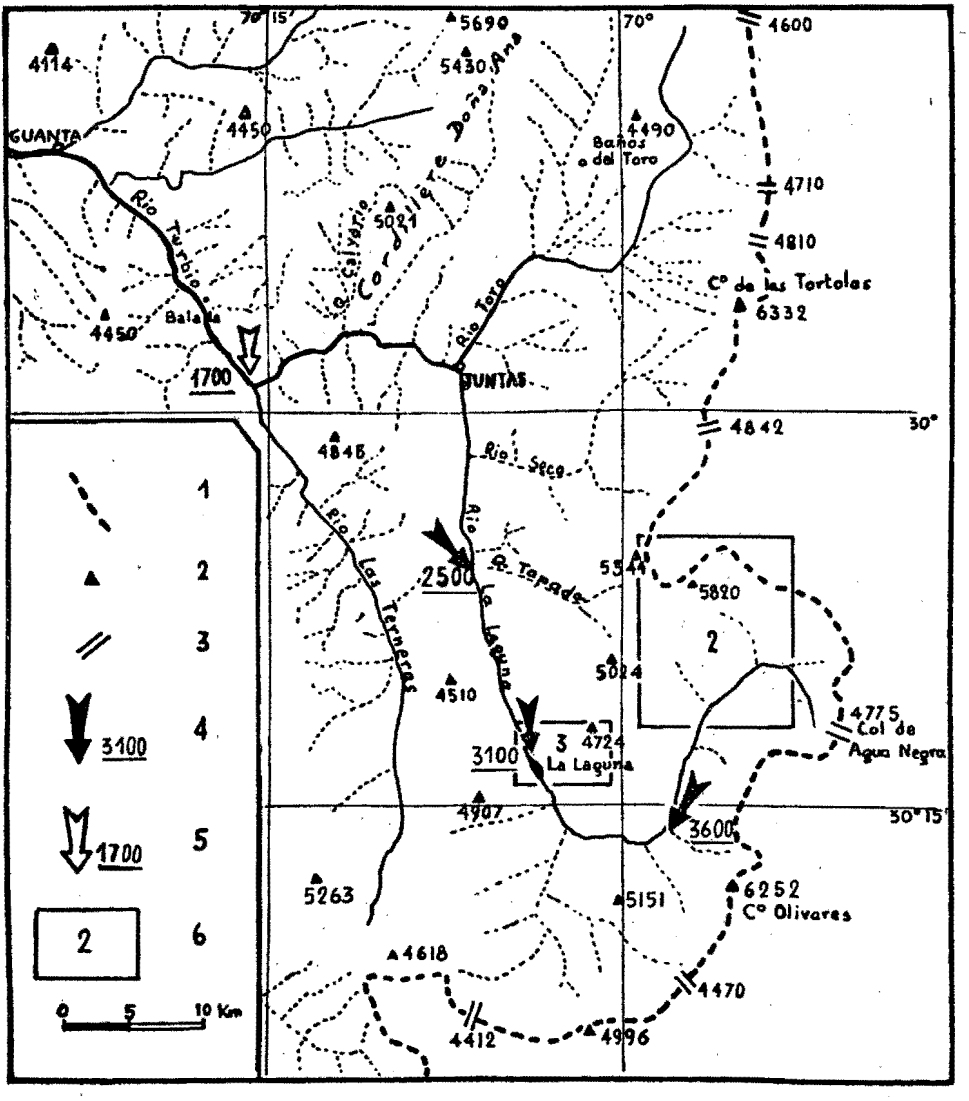

Fig. 1. Croquis de localisation (d'après la carte préliminaire au 1/250.000e de l'Institut géographique militaire du Chili). - 1. Frontière. - 2. Sommet. - 3. Col. - 4. Formations morainiques et altitudes correspondantes. - 5. Formation morainique supposée et altitude correspondante. - 6. Localisation des croquis représentés par les figures 2 et 3.

approximative dans ce secteur, complétée par l'examen des photographies aériennes au 1/70.000e, montre une disposition grossièrement méridienne des cordons montagneux, liée à l'orientation des cours d'eau principaux dont le tracé est sous la dépendance de grands accidents Nord-Sud.

La géologie reste mal connue : des blancs figurent sur la carte au 1/1.000.000e ; le récent lever de Thiele (1964) ne concerne que le bassin du Rio Toro. Du point de vue structural il s'agit de roches vulcano-sédimentaires, rapportées au Crétacé supérieur, plus ou moins plissées et affectées par des montées granitiques. Il semble cependant (Blanc, communication orale) que les intrusions les plus importantes soient d'âge paléozoïque, suggérant l'existence ici d'une aire cratonique à l'époque de ce qu'il est convenu d'appeler le géosynclinal andin. Il faut enfin souligner que le volcanisme néotertiaire, qui a pu se poursuivre jusqu'au Quaternaire, n'a pas touché la région du Rio La Laguna ; les premiers indices de la « formation liparitique » apparaissent seulement vers le Nord, un peu avant Juntas.

Les données climatiques manquent totalement. Le poste d'observation le plus proche, celui de Paihuano (30°02'S., 70°30'W., 1.004 m d'altitude) donne une hauteur d'eau moyenne de 96 mm par an, concentrée en quatre mois d'hiver, de mai à août. Peut-être ces pluies, apportées par les vents d'Ouest, augmentent-elles légèrement avec l'élévation du relief mais nous ne partageons pas l'opinion d'Almeyda (1958) qui avance un total annuel supérieur à 300 mm pour la haute cordillère à cette latitude ; toute la région du Rio La Laguna semble bien se trouver au-dessus de l'optimum pluviométrique et recevoir en tout cas moins de 200 mm, sous forme de neige. L'irrégularité interannuelle des pluies est grande. Brise de montagne et brise de vallée sont des phénomènes fréquents. A partir de 3.800 m la température nocturne est inférieure à 0° toute l'année. En plein été nous avons rencontré, dans des conditions d'orientation favorables, les premières plaques de neige à 4.000 m. Le ciel est d'une limpidité extraordinaire ; l'humidité relative est faible. De maigres pâturages d'altitude entre 3.000 et 4.000 m - les *veranadas* - nourrissent pendant l'été des troupeaux transhumants de chèvres, montés des basses vallées ; en hiver le pays est absolument désert.

LA GLACIATION ACTUELLE : DES FORMES DE DÉCRÉPITUDE

Seul existe dans la région un petit glacier résiduel. Il ne figure pas sur la carte de reconnaissance au 1/250.000e et Lliboutry (1956) n'en signale pas l'existence. Il semble ne pas porter de nom, et s'il en était bien ainsi, nous proposerions de l'appeler glacier du Tapado, du nom d'un sommet voisin. C'est un appareil suspendu d'environ 3 km² de superficie, disposé vers le Sud-Est, orientation qui explique sa conservation. L'étude de la photographie aérienne

montre une zone d'alimentation accrochée sur le haut d'un versant ; elle présente des crevasses transversales, concaves dans le sens de la pente ; sa position topographique fait qu'elle peut recevoir seulement l'apport de chutes de neige et non d'avalanches. Une paroi de glace, collée à la muraille d'un cirque situé en contrebas, lui fait suite. Enfin une langue glaciaire terminale, hérissée de pénitents, « flotte » dans un arc morainique frontal bien marqué. Ce glacier n'échappe donc pas à la règle générale de la décrue récente.

De-ci de-là persistent, orientées vers le Sud, des plaques de glaces et des taches de névé, apparemment sans mouvement. Elles sont fixées sur des pentes, dans des sortes de grandes niches de nivation. Elles jouent un rôle morphologique mineur.

Par contre les glaciers rocheux actifs méritent une mention spéciale tant ils sont nombreux, importants et divers (fig. 2). Dans cette région du Rio La Laguna se retrouvent des exemples caractéristiques des trois types retenus par Lliboutry (1965) d'après la classification proposée par Wahrhaftig et Cox (1959) : glaciers rocheux en forme de langue, de lobe et de spatule. Les premiers sont les plus fréquents ; ils sont logés dans de grands cirques et dans les auges qui leur font suite, toujours collés au pied de la paroi à l'ombre ; ils naissent à la base de grands éboulis, présentent d'abord, lorsque la quantité de glace est relativement forte, des bourrelets longitudinaux qui deviennent ensuite transversaux, convexes vers l'aval, avec parfois de petites cuvettes circulaires de glace morte ; ils se terminent par un remblai bien marqué. Le plus long d'entre eux atteint presque 3 km, ce qui représente un développement appréciable. Tous ces glaciers rocheux encore vivants se situent là où l'ombre domine, avec une orientation préférentielle vers le Sud. La fermeté de leur modelé permet de les distinguer aisément des appareils morts dont les moraines encombrent le fond des auges d'amoncellements anarchiques qui évoquent, selon l'expression imagée de Viers (1965) « un plat de macaronis géants ». On peut ainsi reconnaître sans peine trois ou quatre stades indiscutables de retrait récent, inscrits dans la morphologie.

Ces formes de type turkmène, liée à un milieu de haute montagne sèche, témoignent d'un passage entre des actions proprement glaciaires et des processus périglaciaires. Au total, ces derniers sont aujourd'hui les plus actifs. Le gel et la neige agissent ensemble au-dessus de 3.500 m. Signalons à ce propos qu'il nous a été donné d'observer à la fin de l'été austral 1966, à partir de 4.000 m d'altitude, de magnifiques pénitents dont certains dépassaient 2 m de hauteur. Selon les déclarations du responsable (2) de l'entretien de la piste internationale, ils n'existaient pas au début de l'année 1965 ; leur apparition semble liée aux fortes chutes de neige tombées sur le versant chilien de juin à août 1965. Leurs caractères correspondent à ceux observés par Lliboutry (1964) dans les Andes de Santiago. Sur une pente exposée vers l'Ouest, ils présentaient

(2) J. E. VARAS, Direccion Provincial de Vialidad, San Juan, Républ. argentine.

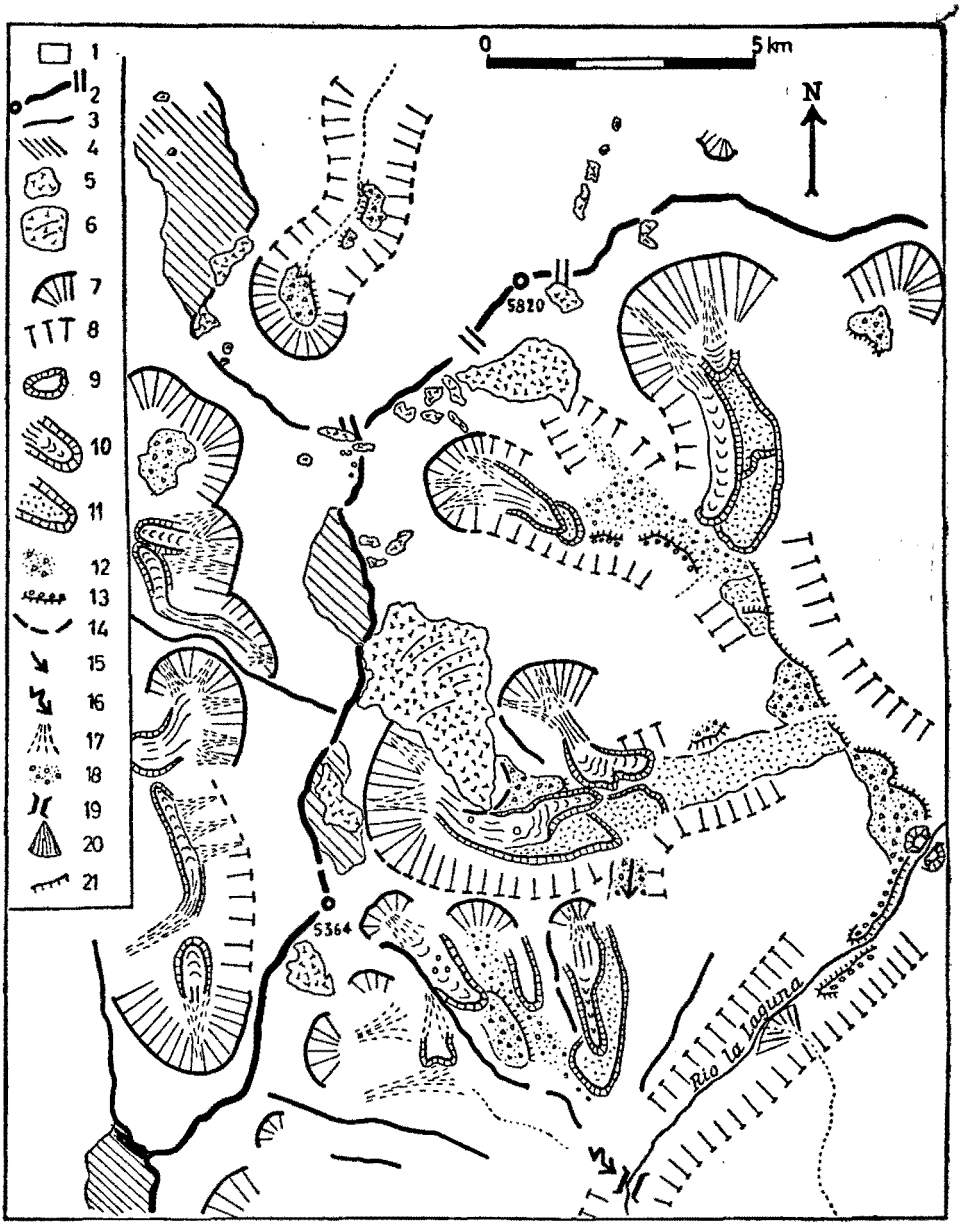

Fig. 2. Croquis morphologique, d'après photographie aérienne, de la région du Rio La Laguna. - 1. Versants et reliefs non interprétés. - 2. Lignes de crêtes principales. - 3. Lignes de crêtes secondaires. - 4. Hautes surfaces. - 5. Névés. 6. Glacier. - 7. Muraille de cirque. - 8. Bord d'auge. - 9. Verrou. - 10. Glaciers rocheux actifs. - 11. Glaciers rocheux morts. - 12. Dépôts morainiques. - 13. Terrasses de kame. - 14. Arc morainique frontal. - 15. Diffluence glaciaire. - 16. Vallée suspendue. - 17. Cônes d'éboulis. - 18. Dépôts morainiques lavés par des eaux proglaciaires. - 19. Coup de scie proglaciaire. - 20. Cônes de déjection. - 21. Talus d'érosion.

un alignement E.N.E.-W.S.W. et étaient inclinés d'environ 70° vers le Nord, c'est-à-dire vers le soleil dans l'hémisphère sud. Le revêtement périglaciaire du versant apparaissait souvent dans les couloirs entre les pénitents : on y notait le matin une couche de plaque de regel qui fondait pendant la journée.

Mais malgré l'importance des processus cryonivaux actuels dont les éboulis qui drapent les pentes donnent, entre autres, un témoignage éloquent, le modelé porte encore les traces de puissantes empreintes glaciaires. On peut, à travers leur étude, espérer apporter des précisions sur les périodes froides quaternaires dans les Andes du Chili semi-aride.

L'AMPLEUR DES GLACIATIONS QUATERNAIRES

Des formes remarquablement bien conservées parlent en faveur d'une occupation glaciaire de la région, dans un passé récent, sans commune mesure avec l'actuelle. Des indices ont aussi été relevés qui témoignent de glaciations antérieures encore plus vigoureuses.

La glaciation de La Laguna

- Le système morainique de La Laguna (fig. 3 et 4)

A 3.100 m d'altitude la vallée du Rio La Laguna est barrée par un énorme bouchon dans lequel le cours d'eau a ouvert une brèche. On y reconnaît sans peine les caractères d'une ancienne marge glaciaire ; ce sont d'amont en aval : une cuvette terminale, un vallum morainique, un cône de transition et une accumulation de débâcle entaillée en terrasse.

La *cuvette terminale* n'a pas été entièrement colmatée puisqu'elle est encore occupée par une petite *laguna ;* le niveau de ce petit lac a été artificiellement relevé sans difficulté pour régulariser le débit du rio émissaire et améliorer les conditions de l'irrigation dans la vallée inférieure du Rio Elqui.

Le *vallum morainique* est remarquable par son ampleur et sa fraîcheur. Le rio a forcé son passage du côté droit au contact même du versant rocheux, laissant sur sa gauche, presque intacts trois éléments concentriques :

- un arc frontal externe, haut de quelque 200 m, s'amincissant vers l'aval ; il a obturé le débouché d'une petite *quebrada* affluente et le rempart n'a pas encore cédé ; derrière lui une petite *lagunita* est en voie de comblement ;
- un arc médian moins élevé, séparé du précédent par une terrasse de kame ;
- un bouchon interne.

Partout le matériel morainique présente les mêmes caractères. La matrice fine versicolore est abondante ; elle emballe des cailloux très anguleux, pratiquement sans aucun émoussé ; les blocs existent sans être fréquents. Une telle granulométrie s'explique en partie par

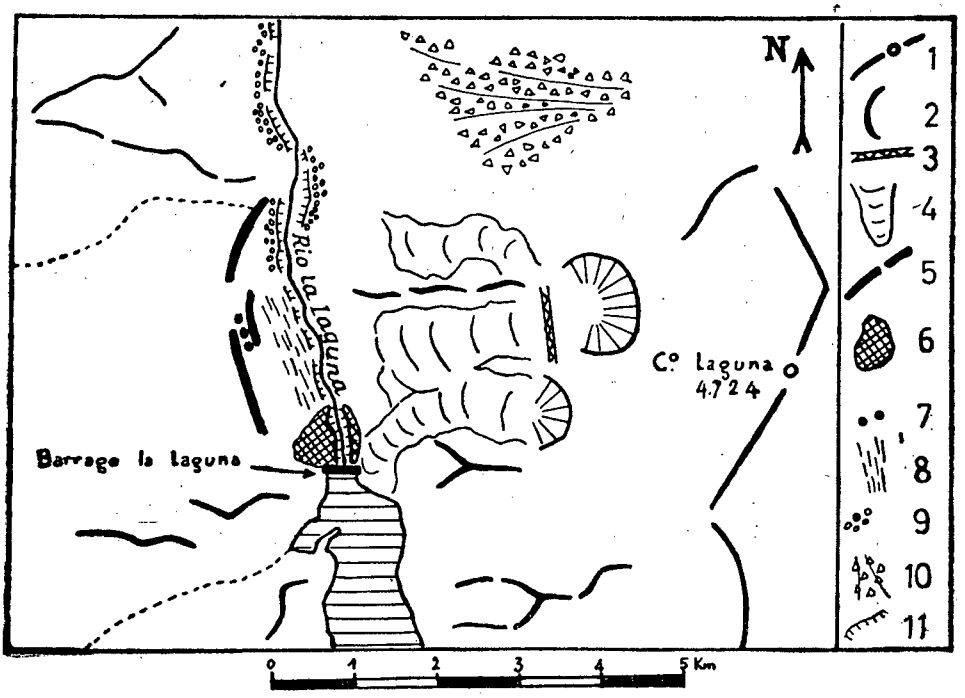

Fig. 3. Le système morainique de La Laguna : croquis morphologique d'après photographie aérienne. - 1. Lignes de crêtes. - 2. Cirques glaciaires. - 3. Verrou. - 4. Anciens glaciers rocheux. - 5. Arcs frontaux. - 6. Bouchon morainique - 7. Terrasse de kame. - 8. Cône de transition. - 9. Accumulation de débâcle. - 10. Eboulis périglaciaires de la dernière période froide. - 11. Talus d'érosion.

l'origine du matériel ; il provient avant tout d'affleurements volcaniques mesozoïques, toujours très fissurés et profondément altérés par des actions hydrothermales. Au manque de classement s'ajoute l'absence de stratification mais une disposition en paquets, qui semblent avoir été poussés les uns sur les autres, est parfois apparente. Rien ne témoigne ici de l'action des eaux de fonte qui donnent à l'ordinaire aux moraines terminales des traits originaux inconnus ici. Le dépôt est peu compact et ne présente aucun signe d'altération ; il s'accorde parfaitement avec la jeunesse de l'ensemble, suggérée par la netteté des formes.

Le *cône de transition* est court et à forte pente (environ 7 %). L'entaille postérieure du rio fait clairement apparaître le matériel morainique sous-jacent qui se termine en biseau vers l'aval tandis qu'augmente l'épaisseur des matériaux remaniés par les eaux courantes ; des ébauches de stratification se précisent.

L'*accumulation de débâcle* offre tous les signes d'une décharge brutale qui l'apparente davantage à une lave torrentielle qu'à un écoulement fluvio-glaciaire (Tricart et Cailleux 1962). Le dépôt

très hétérométrique et mal lité, avec des éléments peu émoussés, implique un déplacement et un abandon en vrac. Des blocs énormes percent le sol. La nappe, à laquelle ses constituants volcaniques donnent une couleur violacée très caractéristique, semble s'être mise en place en un temps très court ; mais pour être bref le phénomène n'en a pas moins été puissant : la vallée a été engorgée sur une distance de plus de 100 km. Par la suite, délivré de son fardeau d'alluvions ainsi étalées, le fleuve a creusé dans sa propre accumulation, parfois victime de phénomènes de surimposition. Le commandement de la terrasse, qui est de 8-10 m à l'origine, diminue progressivement vers l'aval ; la trace de ce niveau paraît s'effacer au-delà de Guanta.

- L'empreinte glaciaire en amont de La Laguna

En remontant le Rio La Laguna à partir de ce système morainique frontal les traces du passage de la glace sont partout évidentes. Le calibrage de la vallée est celui d'une auge dont la forme n'a pas encore été estompée par l'action des processus périglaciaires actuels. D'autres stigmates ne laissent place à aucun doute : des *quebradas* affluentes perchées, quatre verrous bien venus sciés en gorge, un ombilic remblayé où serpente le rio. Vers 3.600 m d'altitude et à une vingtaine de kilomètres de la frontière, d'un bouchon morainique, petit si on le compare à celui que nous avons décrit à 3.100 m, se détache une terrasse de décharge qui se perd aux environs de La Laguna. Quant aux cirques qui rongent les sommets dans toutes les directions, ils donnent l'impression d'avoir perdu leur névé depuis peu.

- Essai d'interprétation des faits

Toutes les formes que nous venons de présenter sont, croyons-nous, à mettre à l'actif de la dernière grande période froide, à en juger par la fraîcheur de leur aspect et de leur matériel. Un appareil glaciaire, long d'une quarantaine de kilomètres, devait alors occuper la vallée du Rio La Laguna ; alimenté par des glaciers affluents, descendus de sommets élevés, favorisé par l'orientation de son cours supérieur, d'abord Nord-Sud puis Est-Ouest, qui le protégeait en partie des rayons solaires, il venait mourir à 3.100 m d'altitude là où s'amorçait une direction d'écoulement Sud-Nord, face au midi. Même si un petit glacier rocheux dont on voit encore les bourrelets, descendu sur le versant de la rive droite, a pu apporter du matériel, il ne fait aucun doute que l'énorme accumulation morainique de La Laguna est bien due au glacier principal. Pour rendre compte de l'ampleur de ce système frontal, déjà signalé par Brüggen (1928), il faut penser que ce glacier, dans sa partie terminale, devait être fortement chargé en débris, phénomène lié au climat d'une haute montagne restée malgré tout de tendance sèche. Pendant la période froide les eaux de fonte devaient être réduites, ce qui expliquerait les caractères sédimentologiques que nous avons relevés ; pendant la phase paroxysmale de la glaciation, peut-être marquée par deux stades matérialisés par les deux arcs du complexe

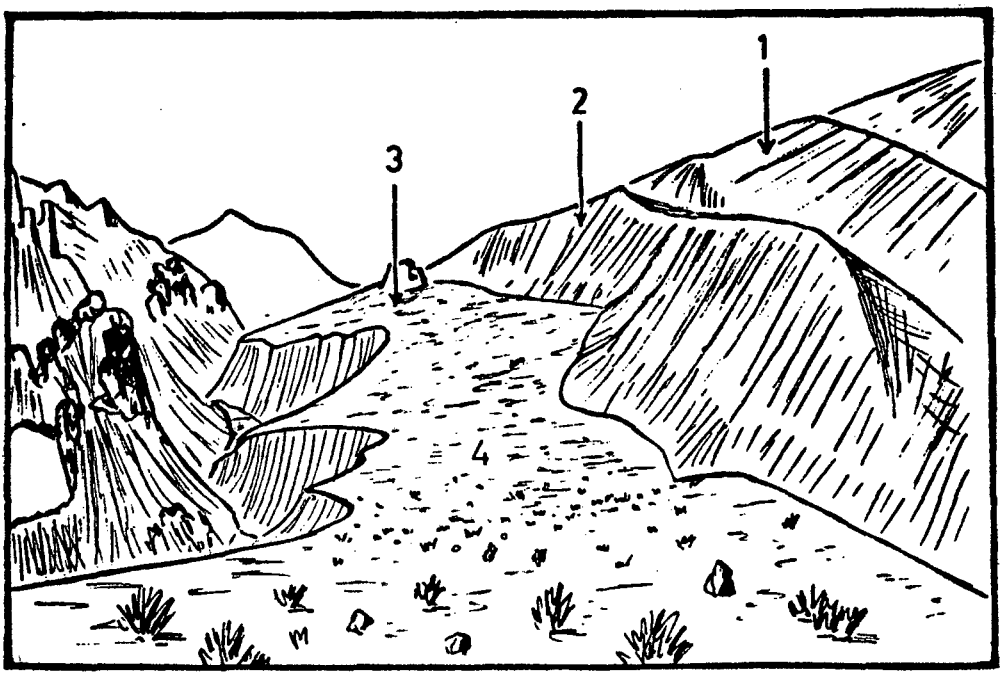

Fig. 4. Le système morainique de La Laguna, dessin d'après une photographie prise vers le Sud. - 1. Arc externe. - 2. Arc médian. - 3. Bouchon interne. - 4. Cône de transition.

morainique, seuls des débris fins pouvaient partir : on en retrouve la trace dans les témoins qui subsistent à Juntas d'un dépôt lacustre dû à l'effet de barrage, dans la vallée du Rio Turbio, d'un gigantesque cône torrentiel construit par la Quebrada Calvario. Le réchauffement a sans doute été rapide ; l'accumulation de débâcle témoigne d'une fusion soudaine et accélérée, probablement provoquée par une brusque hausse thermique ; l'absence de toute manifestation volcanique quaternaire dans la région du Rio La Laguna exclut l'hypothèse d'un effet catastrophique provoqué par une activité éruptive. Seret (1965) a décrit dans un milieu continental et déjà sec, les Pyrénées aragonaises, un exemple comparable d'action violente de chasse responsable de l'émission brutale d'une nappe torrentielle à partir de moraines terminales. Une autre preuve en faveur d'une déglaciation véloce pourrait être trouvée dans la rareté des placages morainiques en amont de La Laguna, à l'exception du bouchon signalé à 3.600 m qui représenterait soit un moment d'arrêt, soit une légère avancée, au cours du recul généralisé des glaces.

En aval du système morainique de La Laguna et jusqu'aux environs de Balala, vers 1.500 m d'altitude, la vallée du Rio La Laguna et celle du Rio Turbio qui lui fait suite présentent par intervalles des pointements rocheux, non sans ressemblance avec d'anciens verrous, et aussi des *quebradas* suspendues, se raccordant par une gorge au lit du fleuve principal. Ce seraient là des indices bien minces pour conclure à la réalité d'anciennes glaciations si des dépôts de caractère morainique, excluant par leur position tout phénomène de convergence (coulées de solifluction, éboulements, cônes de déjection torrentiels) n'avaient pu être repérés.

Vers 2.500 m d'altitude, à une quinzaine de kilomètres de La Laguna, l'existence d'argiles à blocaux a été signalée par Brüggen (1928) ; elles tapissent les versants de la vallée sur quelques kilomètres ; l'érosion y a sculpté des cheminées de fées. Nous avons revu ce dépôt, parfois épais d'une centaine de mètres, à hauteur de la confluence du Rio La Laguna avec la Quebrada de Tapado, là où il a obturé le débouché d'une quebrada affluente. Il rappelle en tous points celui de La Laguna mais il est plus compact. A notre tour nous pensons qu'il s'agit bien d'une accumulation morainique due à une glaciation ancienne. Cette idée est renforcée par l'apparition, immédiatement en aval, des restes, enfouis sous des éboulis de pente cimentés en brèche calcaire, d'une haute terrasse. Elle est perchée à une quinzaine de mètres au-dessus de la nappe de débâcle issue du vallum de La Laguna. Elle présente des traits sédimentologiques semblables à ceux de cette dernière, avec cependant des éléments encore plus gros. L'observation du terrain montre sans ambiguïté qu'une phase de creusement importante sépare les deux dépôts.

A 1.700 m d'altitude et à une cinquantaine de kilomètres de La Laguna, là où le Rio Turbio, après avoir reçu le Rio Las Terneras, dessine un coude à angle droit, nous avons trouvé une formation qui pourrait bien être d'origine glaciaire ; elle est constituée d'éléments anguleux du type pierraille, de nature lithologique variée, emballés sans aucune stratification dans une matrice fine abondante, très fortement consolidée ; un gros bloc observé présente même le « broutage » caractéristique du « coup de gouge ». D'autre part la position de ce dépôt rend difficilement acceptable une autre hypothèse quant à son origine : il unit, en colmatant de *haut en bas*, sur près de 200 m de hauteur, la brèche qui les sépare, un obstacle rocheux autrefois isolé dans le lit du fleuve - peut-être un vieux verrou ? - et le versant gauche de la vallée, à l'endroit même du coude du Rio Turbio. Nous restons cependant prudents tant l'altitude de cette formation paraît basse pour la latitude. Elle fera l'objet de nouvelles recherches. Si cette interprétation était confirmée, elle impliquerait l'existence d'une vieille glaciation antérieure à celle dont les dépôts ont été rencontrés à 2.500 m d'altitude.

Signalons enfin que nos études n'ont pas confirmé l'interpréta-

tion glaciaire donnée par Brüggen (1950) à un sédiment très hétérométrique, visible près de Rivadavia *(Angostura de Varillar)*, vers 800 m d'altitude. L'origine locale du matériel et sa situation topographique parlent davantage en faveur d'une coulée boueuse.

On sera sans doute surpris par le contraste qui existe dans cette Cordillère du Haut Elqui entre la faiblesse de la glaciation actuelle et la puissance des glaciations anciennes. Il s'explique par sa position en latitude qui est celle d'une charnière climatique : incorporée aujourd'hui aux confins de la zone aride, elle basculait, lors des périodes froides du Pléistocène marquées par un déplacement vers le Nord du flux atmosphérique d'Ouest, dans les marges du domaine humide.

DISCUSSION

M. PINOT : Les arcs morainiques situés sur la rive gauche de la vallée, en aval du barrage de La Laguna, ne seraient-ils pas dus aux petits appareils glaciaires qui descendaient des cirques de la rive droite, appareils qui auraient barré la vallée principale ?

M. Paskoff : Il y a eu, en effet, des apports latéraux dus à deux petits glaciers rocheux situés sur la rive droite du Rio La Laguna à 3.100 m. Mais ils ont été mineurs en comparaison du matériel venu de l'amont.

BIBLIOGRAPHIE

ALMEYDA E. (1958) : Recopilacion de datos climàticos y mapas sinopticos respectivos. Ministère de l'Agriculture, Santiago, Chili.

BRUGGEN J. (1928) : La glaciacion actual y cuaternaria de la Cordillera de los Andes. *An. Univ. de Chile,* 2e ser., 6, pp. 599-684.

BRUGGEN J. (1950) : *Fundamentos de la geologia de Chile.* Inst. Géogr. Milit., Santiago, Chili.

LLIBOUTRY L. (1956) : *Nieves y glaciares de Chile. Fundamentos de glaciologià.* Univ. Chili, Santiago, Chili.

LLIBOUTRY L : *Traité de glaciologie.* Tome I (1964) ; tome II (1965), Paris.

PASKOFF R. (1964) : Remarques sur des niveaux marins et fluviaux autour de la baie de Coquimbo (Chili). *Bull. Ass. Géog. français,* nos 320-321, pp. 2-18.

SERET G. (1965) : La succession des épisodes fluviatiles périglaciaires et fluvioglaciaires à l'aval des glaciers. *Zeit. für Geomorph., Bd.* 9, 3, pp. 305-320.

THIELE R. (1964) : *Reconocimiento geologico de la Alta Cordillera de Elqui.* Publ. no 27, Inst. Géol. Univ. Chili, Santiago, Chili.

TRICART J. et CAILLEUX A. (1962) : Le modelé glaciaire et nival. Paris.

VIERS G. (1965) : Observations sur la glaciation quaternaire dans les Andes de Mendoza (République argentine). *Rev. Géog. Pyr. et S.O.,* tome XXXVI, pp. 89-116.

WAHRHAFTIG C. et COX A. (1959) : Rock glaciers in the Alaska Range. *Bull. Geol. Soc. America,* LXX, pp. 383-436.

RESUME

La Cordillère de l'Elqui (30° lat. S.), haute montagne aride, ne présente aujourd'hui que des formes glaciaires résiduelles au-dessus de 4.000 m d'altitude (glaciers rocheux). Mais les glaciations quaternaires ont revêtu une grande ampleur. Un complexe morainique terminal, très bien conservé, prouve l'existence, pendant la dernière grande époque froide, d'un glacier long de quelque 40 km qui occupait alors la vallée du Rio La Laguna jusqu'à une altitude de 3.100 m. Des formations morainiques plus anciennes vers 2.500 m suggèrent une pulsation glaciaire encore plus forte. Enfin des dépôts probablement glaciaires du Quaternaire ancien ont été repérés vers 1.700 m.

RESUMEN

La Cordillera de Elqui (30° lat. S.), alta montâna arida, presenta solamente hoy formas glaciales residuales sobre 4.000 m de altura (glaciares rocosos). Pero las glaciaciones cuaternarias han tenido una gran amplitud. Un complejo morrénico terminal muy bien conservado, indica la existencia, durante la ultima gran época fria, de un glaciar de 40 km de longitud que occupaba entonces el valle del rio La Laguna hasta una altura de 3.100 m. Formaciones morrénicas mas antiguas cerca de 2.500 m sugiere una pulsación glacial mas fuerte. Por fin depositos mas viejos, probablemente glaciales tambien, han sido encontrados a 1.700 m.

BIBLIOTECA IREN

Communication écrite de M^lle^ J. RAFFY

Les monts d'Amélia et leur bordure (1)

Entre Orvieto et Orte, le Tibre coule entre les volcans Vulsinio (Bolsena) et Cimino (Viterbo) à l'Ouest, et des collines à l'Est qui dominent le fleuve d'une centaine de mètres puis s'élèvent jusqu'à 350-380 m où elles sont relayées par le massif calcaire des Monts d'Amélia qui malgré la modestie des altitudes - 500 à 800 m - présente des aspects montagnards en s'élevant brutalement au-dessus des collines. Celles-ci constituent un fouillis de croupes et de bad-lands découpés par une multitude de ruisseaux aux nombreuses ramifications qui aboutissent à quelques collecteurs venus de la montagne, ne laissant subsister entre eux que d'étroits interfluves utilisés par les routes. L'extrême ravinement donne à ce bas pays un visage contrasté et pittoresque. Malgré l'importance et la raideur des pentes, c'est le domaine des cultures de céréales qui s'oppose à la garrigue buissonnante de la montagne. Larges de 2 à 10 km, les Monts d'Amélia offrent eux aussi des aspects variés : étroits et élevés au Nord (Mont Melezzole, 994 m) ils se réduisent à deux chaînons séparés par une dépression à fond plat entre Guardea Vecchia et le Mont Pianicel ; massifs au centre, intensément karstifiés surtout à l'Est du Fosso Macchie, ils s'abaissent et se morcellent au Sud en trois alignements principaux : Lugnano-Montenero, Farattini-Amélia, Mont Piglio-Foce. Deux vallées les entaillent en gorges profondes : le Rio Grande qui au Sud de Sambucetole coupe perpendiculairement tous ces reliefs et son affluent le Macchie dont la direction N.W.-S.E. leur est parallèle. Entre ces hauteurs méridionales discontinues s'insinuent des golfes de collines mais au contact de la montagne, au Sud comme à l'Ouest, on observe des espaces plans qui tantôt s'appuient sur le calcaire (Guardea, Alviano, Podere Iago) tantôt constituent des entablements couronnant les collines. Le caractère morphologique le plus évident de cette région réside dans l'existence de formes topographiques mûres en contraste avec la vigueur de l'incision linéaire.

(1) Nous tenons à exprimer notre gratitude au C.N.R.S. pour les deux subventions qu'il a bien voulu nous accorder.