

hiver : certaines années, le lac s'assèche presque entièrement. Un fort gradient de salinité est observé du Nord au Sud.

Les Ostracodes sont abondants ainsi que dans les petites lagunes situées à proximité des rives. L'adaptation aux variations extrêmes de l'écosystème (fluctuations rapides de niveau d'eau, assèchement, salinité, turbidité) se traduit par la présence d'espèces aux cycles de vie courts : *Cypridopsis* sp., *Potamocypris* sp., *Amphicypris* sp., *Limnocythere* sp. Parmi celles-ci, *Limnocythere* est la plus caractéristique de cet environnement et peut être considérée comme un bon marqueur paléocologique.

Les premières données, concernant l'Ostracofaune, obtenues pour les lacs Titicaca et Poopo sont à la base des interprétations paléoenvironnementales

(bathymétrie et indication de salinité) au cours de l'Holocène.

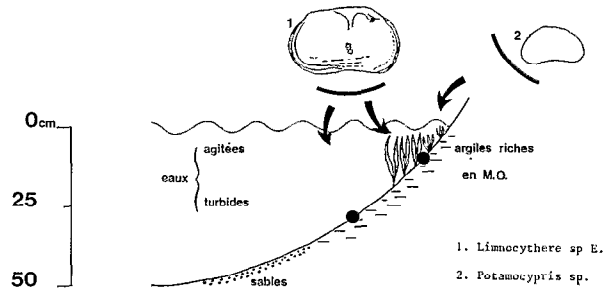


Fig. 4. — Ostracofaune dans une lagune proche du lac Poopo.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOULANGE (B.) et AQUIZE (Jean E.), 1981. — Morphologie, hydrographie et climatologie du lac Titicaca et de son bassin versant. *Revue Hydrobiol. trop.*, 14 (4) : 269-287, Paris.
- BOULANGE (B.), VARGAS (C.) et RODRIGO (L.-A.), 1981. — La sédimentation actuelle dans le lac Titicaca, *Revue Hydrobiol. trop.*, 14 (4) : 299-309, Paris.
- CARMOUZE (J.-P.), ARCE (C.) et QUINTANILLA (J.), 1981. — Régulation hydrochimique du lac Titicaca et l'hydrochimie de ses

tributaires. *Revue Hydrobiol. trop.*, 14 (4) : 329-348.

COLLOT (D.), 1980. — Les macrophytes de quelques lacs andins (lac Titicaca, lac Poopo, lacs des vallées d'Hichu-Kkota et d'Ovejhujo). Travaux réalisés au cours du VSNA en Bolivie, doc. multigr., 115 p.

LAZZARO (X.), 1981. — Biomasses, peuplements phytoplanctoniques et production primaire du lac Titicaca. *Revue Hydrobiol. trop.*, 14 (4) : 349-380.

## Fluctuations des glaciers de Bolivie au Quaternaire récent

J. ARGOLLO <sup>(1)</sup>, Ph. GOUZE <sup>(2)</sup>  
J.F. SALIEGE <sup>(3)</sup>, M. SERVANT <sup>(2)</sup>

Dans la Cordillère des Andes boliviennes (14-20° lat. S), les fluctuations des glaciers du Quaternaire récent sont bien apparentes dans la morphologie des anciennes vallées glaciaires. Nos observations sur le versant Ouest de la Cordillère d'Apolobamba et de la Cordillère Royale permettent de proposer une reconstitution des étapes majeures des oscillations glaciaires. La chronologie est établie sur la base de datations au <sup>14</sup>C sur des sédiments organiques.

Quatre groupes principaux de moraines ont été identifiés dans les anciennes vallées glaciaires (fig. 1). Chacun d'eux comprend plusieurs générations de

moraines dont il reste encore difficile d'établir la stratigraphie détaillée au plan régional.

1. Le premier groupe (M<sub>1</sub>) se situe à 1 000 m en moyenne en contrebas du front des glaciers actuels. Les dépôts sont peu érodés et reposent localement sur des sédiments organiques datés d'au moins 27 000 ans B.P. ; un âge unique, qui demande confirmation, a été obtenu sur une tourbe remaniée. Il indiquerait que la dernière extension maximale des glaciers a eu lieu postérieurement à 16 600 ans B.P. Au sud du Pérou (Cordillère de Vilcanota), elle se situe après 28 560 ± 700 et avant 14 010 ± 185 ans B.P. Ce pléniglaciaire correspond au dernier maximum de la glaciation Choqueyapu (Würm d'Europe).

2. Le deuxième groupe (M<sub>2</sub>) est très complexe. Il correspond à des phases de stationnements ou d'avancées mineures qui ont suivi un retrait de 300 m en moyenne en altitude du front des glaciers. En

(1) UMSA-CIG, Casilla 12198, La Paz, Bolivia (Programme GEOCIT).

(2) ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy, France.

(3) Université Paris VI, 4, place Jussieu, 75252 Paris.

arrière des moraines M<sub>2</sub>, des tourbes datées de 10 000 ans B.P. environ indiquent que les dépôts glaciaires sont encore d'âge Pleistocène.

3. Le troisième groupe (M<sub>3</sub>) est proche du précédent en altitude mais le plus souvent éloigné en distance. La position de ces moraines indique cependant que leur dépôt fut postérieur à celui du groupe M<sub>2</sub>. Au Sud

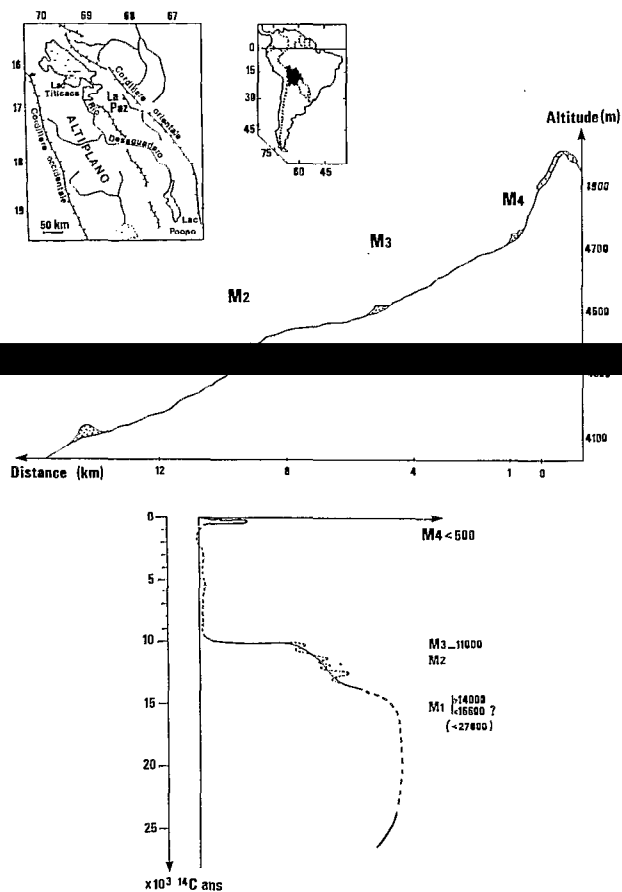


Fig. 1. — Schéma de localisation des principaux groupes de moraines

du Pérou des travaux similaires montrent que plusieurs avancées mineures postérieures à 14 000 ans B.P. se sont produites, dont la dernière a culminé vers 11 000 ans B.P. environ. Les moraines M<sub>3</sub> pourraient correspondre à cette oscillation.

4. Postérieurement au dépôt du troisième groupe de moraines s'est développée une sédimentation marécageuse dans les parties hautes des vallées jusqu'à proximité immédiate du front des glaciers actuels, à près de 5 000 m d'altitude. Les âges <sup>14</sup>C obtenus sur des sédiments organiques sont compris entre 10 510 et 7 490 ans B.P.

Dans la Cordillère Royale, sur le site de Hichu-Kkota (16° lat. S), une ancienne tourbière située à 1 km du glacier actuel est datée de 4 240 ans B.P. à la base et de 500 ans B.P. au sommet. Les dépôts ne présentant aucune discontinuité de sédimentation ; on peut conclure que les glaciers se situaient toujours en amont de la tourbière au cours de cet intervalle de temps.

Ces observations montrent que durant la quasi-totalité de l'Holocène (10 500-500 ans B.P.) les fronts des glaciers sont restés à des altitudes proches de l'ac-

5. Un dernier groupe de moraines (M<sub>4</sub>), reconnues partout dans le haut des vallées de la Cordillère Orientale, se situe à une centaine de mètres en contrebas du front des glaciers actuels. Il surmonte des formations marécageuses dont celle de Hichu-Kkota (4 240-500 ans B.P.) où l'une des moraines a remanié des tourbes datées de 220 ± 50 ans B.P. On a ici la preuve de l'existence d'une ultime avancée qui serait postérieure au 14<sup>e</sup> siècle de l'ère chrétienne et qui se serait prolongée au moins jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle.

— Le recul des glaciers à la fin du Pleistocène s'est effectué en 3 temps : d'abord un retrait de grande amplitude, ensuite une phase de stabilisation relative du front des glaciers (moraines M<sub>2</sub> et M<sub>3</sub>) enfin un deuxième retrait brusque et important un peu avant 10 000 ans B.P.

— Pendant la presque totalité de l'Holocène, les glaciers n'ont pas dépassé leurs limites actuelles.

— Une ultime avancée glaciaire reconnue partout dans les Andes s'est produite au cours des derniers siècles.

## BIBLIOGRAPHIE

ARGOLLO (J.), 1982. — Évolution du piémont Ouest de la Cordillère Royale (Bolivie) au Quaternaire. ORSTOM, Paris, *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*. Faculté des Sciences Aix-Marseille II, 110 p.

GOUZE (Ph.), ARGOLLO (J.), SALIEGE (J.F.), SERVANT (M.), 1986. — Interprétation paléoclimatique des oscillations des glaciers au cours des 20 derniers millénaires dans les régions tropicales : exemple des Andes boliviennes. *C.R. Acad. Sc. Paris, Sér. II*, t. 303, n° 3 : 219-224

MERCER (J.H.), PALACIOS (O.), 1977. — Radiocarbon dating of the last glaciation in Peru. *Geology*, 5 : 600-604.

NOGAMI (M.), 1970. — El retroceso de los glaciares en la Cordillera Real, Bolivia. *Geog. Review of Japan*, 43 : 333-346.

TROLL (C.), FINSTERWALDER (R.), 1935. — Die Karten der Cordillera Real und des Talkessels von La Paz (Bolivien). *Petermanns geog. Mitt.*, 81 : 393-399.