

# Commentaire à la note de Florence Sylvestre, Simone Servant-Vildary et Michel Servant Le dernier maximum glaciaire (21 000–17 000 <sup>14</sup>C ans BP) dans les Andes tropicales de Bolivie d'après l'étude des diatomées

*C. R. Acad. Sci. Paris, tome 327, série Ila, 1998, pp. 611–618*

Philippe Mourguiart

Programme PVC (« Paléoclimatologie et variabilité climatique »), Institut de recherche pour le développement (ex-Orstom), 32, av. Henri-Varagnat, 93143 Bondy cedex, France, et laboratoire d'écologie moléculaire, JE 159, université de Pau et des Pays de l'Adour, av. de l'Université, 64000 Pau, France

## Introduction

Dans une note parue récemment, Sylvestre et al. (1998) abordent le problème posé par le dernier maximum glaciaire (DMG) dans l'Altiplano de Bolivie. Les résultats présentés font suite à une série de travaux menés dans la région depuis 25 ans par Michel Servant et co-auteurs (Servant et Fontes, 1978, 1984 ; Servant et al., 1995 ; Servant-Vildary et Roux, 1990 ; Roux et al., 1991 ; Servant-Vildary et Mello e Sousa, 1993 ; Rouchy et al., 1996 ; Sylvestre et al., 1996). Les résultats inédits présentés dans cette note sont d'un intérêt considérable, car ils permettent de combler, en partie, l'absence quasi-totale d'information concernant le DMG dans les Andes tropicales sud, seul le lac Titicaca ayant fourni une donnée satisfaisante (Mourguiart et al., 1997). Cependant, les conclusions tirées par les auteurs, à savoir que *cela met en évidence que le Nord et le Sud de l'Altiplano étaient caractérisés par des situations hydrologiques opposées*, sont très discutables et appellent quelques commentaires.

## Le DMG dans le contexte paléohydrologique de l'Altiplano de Bolivie

Depuis de nombreuses années, il est admis que le DMG est encadré en Bolivie par deux événements lacustres majeurs nommés Minchín et Tauca (Servant et Fontes, 1978), reconnus dans le Centre-Sud de la zone (lac Poopó,

salars de Coipasa et Uyuni, nommés par commodité « lac Pocoyu ») et dans le Nord (lac Titicaca).

### Les bassins sud

La chronologie et l'extension altitudinale de ces deux événements humides sont restées floues pendant longtemps. Servant et Fontes (1978) estimaient, sur la base de quelques datations <sup>14</sup>C, l'âge du plus ancien (Minchín) à > 27,5 ka BP (localisé autour de 3 700–3 760 m d'altitude) et le plus récent (Tauca), localisé autour de 3 660–3 720 m, vers 12,5–10 ka BP. Roux et al. (1991), sur la base d'une unique datation <sup>14</sup>C, avancent pour la fin de Minchín un âge plus récent que 22 ka BP, obtenu sur des restes de plantes aquatiques, en provenance d'un petit lac du Sud Lipez, la laguna Ballivián. Ce petit bassin n'est pas en communication avec le salar de Uyuni. Le Tauca se situerait, d'après ces auteurs, à une cote supérieure à celle atteinte par Minchín (figure 1). Sur cet affleurement, Servant-Vildary et Mello e Sousa (1993) situent au contraire le Tauca dans la partie la plus basse de la section (figure 1). Par la suite, Servant et co-auteurs ne font plus état d'un possible très haut niveau lacustre autour de 22 ka BP.

Pour le Tauca, de récentes études précisent l'évolution des niveaux lacustres (Bills et al., 1994 ; Argollo et Mourguiart, 1995 ; Servant et al., 1995), et celle des glaciers adjacents (Clayton et Clapperton, 1995, 1997).

### Le lac Titicaca

Un article récent, non cité par Sylvestre et al. (1998), fait le point sur la question (Mourguiart et al., 1997).



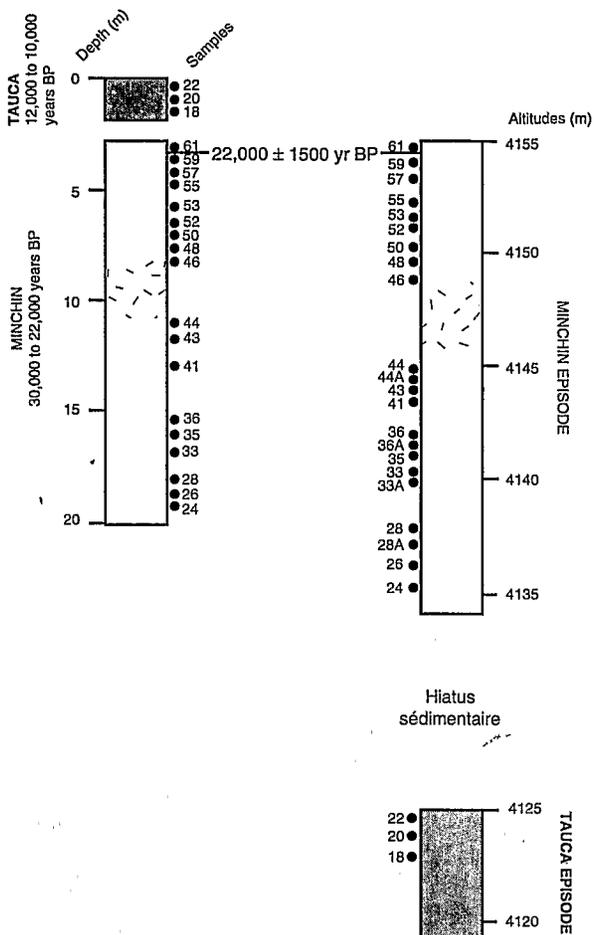


Figure 1. Schémas simplifiés de la coupe de la laguna Ballivián : à gauche, à partir des données de Roux et al. (1991) ; à droite, à partir des données de Servant-Vildary e Mello Sousa (1993).

### Synthèse

Il est possible de retracer, dans ses grandes lignes, l'évolution des 2 principaux bassins lacustres de l'Altiplano (figure 2). À l'évidence, les 2 hydrosystèmes semblent présenter tendanciellement une évolution parallèle, ce qui va à l'encontre de la conclusion de Sylvestre et al. (1998).

## Le DMG dans le contexte de l'Amérique du Sud tropicale

Le DMG est présenté comme une période relativement humide (Sylvestre et al., 1998). Les auteurs s'appuient en fait sur l'étude de Colinvaux et al. (1996). Une phase plus sèche semble caractériser le DMG, mais la diminution des précipitations n'aurait pas été suffisante pour affecter profondément le couvert forestier (Colinvaux et al., 1996). Les déductions des auteurs ont récemment été remises en question (Ledru et al., 1998). Une phase aride majeure existe en Amérique du Sud tropicale (Schubert, 1988 ; Markgraf, 1989 ; Clapperton, 1993 ; Graf, 1994 ; van der

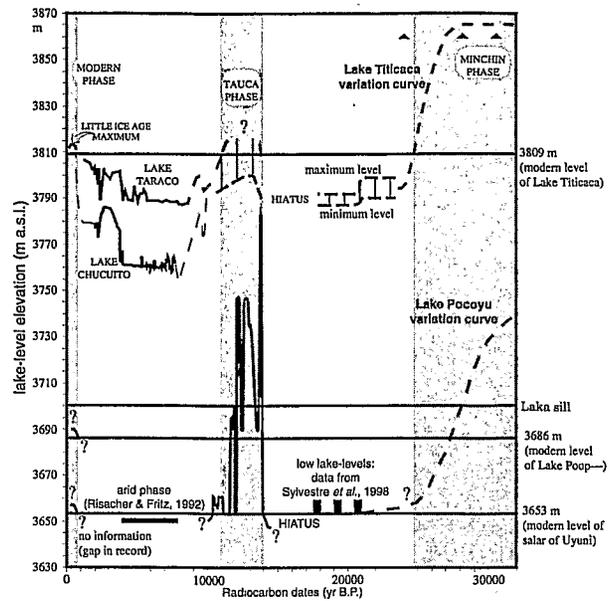


Figure 2. Diagramme schématique de l'évolution des niveaux du lac Titicaca (courbes du haut) et du lac Pocoyu (courbe du bas), d'après une synthèse de données issues de différents articles (Risacher et Fritz, 1992 ; Argollo et Mourguiart, 1995 ; Mourguiart et al., 1997 ; Sylvestre et al., 1998).

Hammen et Absy, 1994 ; Latrubesse et Franzinelli, 1995, Ledru et al., 1996...). Il n'est du reste pas évident qu'aucun des sites n'ait réellement enregistré le DMG (Ledru et al., 1998). Dans les Andes centrales, aucune avancée glaciaire n'a été mise en évidence entre ~ 14 et > 20 ka BP (Clapperton, 1993 ; Seltzer, 1994). Il est possible que l'enregistrement de la laguna Pata (Colinvaux et al., 1996) ne corresponde qu'à un épisode plus humide et chaud, inclus dans une période globalement froide et sèche, épisode peut-être synchrone d'une anomalie climatique des Andes colombiennes (Helmens et al., 1996).

## Les implications paléoclimatologiques

Afin d'appréhender le problème paléoclimatique posé par le DMG en Bolivie, il est impératif de le replacer dans un contexte plus général (figure 2). Le DMG fait suite à une longue période humide (Minchín). Les données de la carotte CO<sub>2</sub> (Sylvestre et al., 1998) indiquent qu'un plan d'eau plus ou moins permanent s'est maintenu jusqu'aux alentours de 17,5 ka BP, un hiatus sédimentaire faisant suite, juste avant un nouvel épisode transgressif (Servant et al., 1995 ; Sylvestre et al., 1996). Il en est de même pour le lac Titicaca (figure 2 ; Mourguiart et al., 1997) et pour la laguna Kollpa Kota (Seltzer, 1994). La présence de plans d'eau entre 22 et 17,5 ka BP peut s'expliquer, soit par une alimentation diffuse des bassins par les nappes et les glaciers rechargés lors de la période Minchín, soit par des précipitations engendrées au contact entre des masses

d'air froid d'origine antarctique et des masses amazoniennes, plus chaudes et humides, pouvant se produire beaucoup plus fréquemment que de nos jours. Enfin, les deux scénarios ont pu influencer de concert. Il est de toute façon étonnant de voir opposer la situation durant le DMG à l'Actuel (Sylvestre et al., 1998), les mécanismes climatiques invoqués étant rigoureusement les mêmes, seules leurs intensités et fréquences variant. L'opposition entre le Nord et le Sud de l'Altiplano durant le DMG est encore plus étonnante, lorsque l'on compare les données paléohydrologiques reconstruites pour les deux bassins (figure 2). En effet, sur un intervalle de temps couvrant 30 ka, seule la période correspondant aux 4 derniers millénaires suggère une opposition Nord/Sud. Comme explications possibles à cette situation exceptionnelle, on peut invoquer : un renforcement de l'évaporation, dû à l'augmentation de température ; un déplacement, en direction de

l'Est du continent, des remontées d'air froid antarctique (B. Turcq, comm. pers.) ; un retour progressif de l'humidité par le nord (précipitations majoritairement « moussonniques »), dont l'impact ne se fait pas encore sentir dans le Sud ; une intervention de la néotectonique, particulièrement active dans la zone (Bills et al., 1994) ; une action anthropique à des fins d'irrigation, détournant une partie des eaux du río Desaguadero, privant ainsi le lac Poopó d'une part importante de ses apports.

Dès lors, afin d'identifier le (ou les) paramètre(s) « forçant(s) », il serait particulièrement important de préciser la chronologie des variations des niveaux des lacs de l'Altiplano (Titicaca, Pocomayo et Sud Lipez). Cela permettrait de déterminer la nature exacte des précipitations et leur évolution au cours du temps, concernant en particulier le glacier du volcan Sajama au nord du salar de Coipasa (Thompson et al., 1998).

## Références

- Argollo J. et Mourguiart P. 1995. *Climas cuaternarios en América del Sur*, Orstom Éditions, La Paz, Bolivia, 344 p.
- Bills B.G., de Silva S.L., Currey D.R., Emerger R.S., Lillquist K.D., Donnellan A. et Worden B. 1994. Hydro-isostatic deflection and tectonic tilting in the central Andes: initial results of a GPS survey of Lake Minchin shorelines, *Geophys. Res. Lett.*, 21 (4), 293–296
- Clapperton C.M. 1993. *The Quaternary geology and geomorphology of South America*, Elsevier, Amsterdam, 779 p.
- Clayton J.D. et Clapperton C.M. 1995. The last glacial cycle and palaeolake synchrony in the southern Bolivian Altiplano: Cerro Azanaques case study, *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 24 (3), 563–571
- Clayton J.D. et Clapperton C.M. 1997. Broad synchrony of a Late-Glacial advance and the highstand of palaeolake Tauca in the Bolivian Altiplano, *J. Quater. Sci.*, 12, 169–182
- Colinvaux P.A., de Oliveira P.E., Moreno J.E., Miller M.C. et Bush M.B. 1996. A long pollen record from lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times, *Science*, 274, 85–88
- Graf K. 1994. Discussion of palynological methods and paleoclimatic interpretations in northern Chile and the whole Andes, *Revista Chilena de Historia Natural*, 67, 405–415
- Helmens K.F., Kuhry P., Rutter N.W., van der Borg K. et de Jong A.F.M. 1996. Warming at 18 000 yr BP in the tropical Andes, *Quater. Res.*, 45, 289–299
- Latrubesse E.M. et Franzinelli E. 1995. Cambios climáticos en Amazonia durante el Pleistoceno tardio – Holoceno, in: Argollo J. et Mourguiart P. (éds), *Climas cuaternarios en América del Sur*, Orstom éditions, La Paz, Bolivia, 77–93
- Ledru M.-P., Soares Braga P.I., Soubiès F., Fournier M., Martin L., Suguio K. et Turcq B. 1996. The last 50 000 years in the Neotropics (southern Brazil): evolution of vegetation and climate, *Palaeogeogr. Palaeoecol. Palaeoclim.*, 123, 239–257
- Ledru M.-P., Bertaux J., Sifeddine A. et Suguio K. 1998. Absence of Last Glacial Maximum records in the lowland tropical forests, *Quater. Res.*, 49, 233–237
- Markgraf V. 1989. Palaeoclimates in Central and South America since 18 000 BP based on pollen and lake sediments, *Quater. Sci. Rev.*, 8, 1–24
- Mourguiart P., Argollo J., Corrège T., Martin L., Montenegro M.E., Sifeddine A. et Wirmann D. 1997. Changements limnologiques et climatologiques dans le bassin du lac Titicaca (Bolivie), depuis 30 000 ans, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 325, série Ila, 139–146
- Risacher F. et Fritz B. 1992. Mise en évidence d'une phase climatique holocène extrêmement aride dans l'Altiplano central, par la présence de la polyhalite dans le salar de Uyuni (Bolivie), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 314, série II, 1371–1377
- Rouchy J.M., Servant M., Fournier M. et Causse C. 1996. Extensive carbonate algal bioherms in Upper Pleistocene saline lakes of the central Altiplano of Bolivia, *Sedimentology*, 43, 973–993
- Roux M., Servant-Vildary S. et Servant M. 1991. Inferred ionic composition and salinity of a Bolivian Quaternary lake as estimated from fossil diatoms in the sediments, *Hydrobiologia*, 210, 3–18
- Schubert C. 1988. Climatic changes during the Last Glacial Maximum in northern South America and the Caribbean: a review, *Inter-ciencia*, 13 (3), 128–137
- Seltzer G.O. 1994. A lacustrine record of Late Pleistocene climatic change in the subtropical Andes, *Boreas*, 23, 105–111
- Servant M. et Fontes J.-C. 1978. Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes. Premières interprétations paléoclimatiques, *Cahiers Orstom, Série Géologie*, 10 (1), 9–23
- Servant M. et Fontes J.-C. 1984. Les basses terrasses fluviales du Quaternaire récent des Andes boliviennes. Datations par le <sup>14</sup>C. Interprétation paléoclimatique, *Cahiers Orstom, Série Géologie*, 14 (1), 15–28
- Servant M., Fournier M., Argollo J., Servant-Vildary S., Sylvestre F., Wirmann D. et Ybert J.-P. 1995. La dernière transition glaciaire–interglaciaire des Andes tropicales sud (Bolivie) d'après l'étude des variations des niveaux lacustres et des fluctuations glaciaires, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 320, série Ila, 729–736
- Servant-Vildary S. et Mello e Sousa S.H. 1993. Palaeohydrology of the Quaternary saline Lake Ballivian (Southern Bolivian Altiplano) based on diatom studies, *Int. J. Salt Lake Res.*, 2 (1), 69–85
- Sylvestre F., Servant-Vildary S., Fournier M. et Servant M. 1996. Lake levels in the southern Bolivian Altiplano (19°–21°S) during the Late Glacial based on diatom studies, *Int. J. Salt Lake Res.*, 4, 281–300
- Sylvestre F., Servant-Vildary S. et Servant M. 1998. Le dernier maximum glaciaire (21 000–17 000 <sup>14</sup>C ans BP) dans les Andes tropicales de Bolivie d'après l'étude des diatomées, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 327, série Ila, 611–618
- Thompson L.G., Davis M.E., Mosley-Thompson E., Sowers T.A., Henderson K.A., Zagorodnov V.S., Lin P.-N., Mikhailenko V.N., Campen R.K., Cole-Dai J. et Francou B. 1998. A 25 000-year tropical climate history from Bolivian ice cores, *Science*, 282, 1858–1864
- van der Hammen T. et Absy M.L. 1994. Amazonia during the Last Glacial. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 109, 247–261