

①

Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques

Michel SERVANT, Marc FOURNIER, François SOUBIÈS, Kenitiro SUGUIO et Bruno TURCO

Résumé — Une étude géomorphologique, appuyée par des datations au ^{14}C , montre que le bassin du Rio Doce, actuellement occupé par une forêt tropicale humide (*Mata Atlântica*), a été soumis à un climat sec pendant une grande partie de l'Holocène. Le maximum de la sécheresse, marqué par un intense ravinement des versants, a culminé vers 8 000 ans B.P.

Holocene drought in Brazil (18-20° Lat. S). Palaeometeorological implications

Abstract — The Rio Doce Basin in Brazil, now covered by a closed tropical forest (*Mata Atlântica*), was subject to a dry climate during the Holocene, as demonstrated by geomorphological studies supported by ^{14}C dates. Demonstration of aridity maximum from 8,000 years B.P. is provided by strongest erosion of the slopes.

I. INTRODUCTION. — Des observations géomorphologiques ont montré que des formes de relief, héritées de périodes sèches du Quaternaire, sont présentes aux basses latitudes du continent sud-américain [1]. De très grands champs de dunes éoliennes ont été signalés dans le NW de l'Amazonie, au Venezuela et en Colombie, de même que dans le bassin du Rio São Francisco, dans le Centre NE du Brésil [2]. Il est admis, sans arguments très précis, que la plus récente de ces périodes sèches du Quaternaire a eu lieu au Pléistocène supérieur, durant la dernière époque glaciaire [3]. On commence toutefois à percevoir que des climats secs ont pu également exister au Post-glaciaire, dans des régions actuellement occupées par la forêt ([4], [5]). Nous montrerons ici que d'évidents indices géomorphologiques d'une sécheresse holocène sont aussi présents dans la forêt tropicale humide (*Mata Atlântica*) de la façade atlantique du Brésil, entre 18 et 20° de latitude Sud. La région étudiée se situe dans le bassin du Rio Doce, sur le versant est de reliefs qui culminent à 1 800 m d'altitude environ : la Serra do Chifre, la Serra Negra et la Serra do Espinhaço.

II. DONNÉES GÉOMORPHOLOGIQUES. DATATIONS. — Les paysages du bassin du Rio Doce montrent, sous la végétation actuelle, de nombreuses traces d'une ancienne et intense érosion par le ruissellement. Cette érosion a alimenté le dépôt, à la base des versants, de grands cônes de déjection sableux. En s'étalant dans les bas-fonds, ces cônes de déjection ont fréquemment barré les plus petites vallées, d'où l'individualisation de nombreux lacs ou marécages ([6], [7]). Dans les grands axes du réseau hydrographique, le Rio Doce par exemple, d'épaisses accumulations sableuses, alimentées par la partie haute du bassin, ont parfois obturé les débouchés des rivières affluentes. Cela s'est traduit par la création de lacs relativement profonds qui atteignent plusieurs kilomètres de longueur [8]. Les cônes de déjection présentent localement, à la base, des intercalations de couches organiques (paléosols, lits à débris végétaux ou à charbons). Quatre échantillons de ces couches organiques, prélevés dans des sites éloignés les uns des autres, sont datés d'environ 9 440, 9 310, 9 230, 8 710 ans B.P. (Bondy 112, 111, 232 et 251, tableau). Un charbon de bois, issu d'un cône sableux, est daté de 8 620 ans B.P. (Bondy 227). Ces âges isotopiques indiquent que le ravinement des versants a été très actif après 9 000 ans B.P. Cela est en

Note présentée par Georges MILLOT.

TABLEAU

Datations par le ^{14}C . (1) Charbons de bois. (2) Débris végétaux.
(3) Bois. (4) Matière organique totale.

^{14}C Age Data. (1) Charcoal. (2) Fragments of grass vegetation and leaves.
(3) Wood. (4) Total organic matter.

Bondy n°	Lat. S.	Long. W.	Localité	Matériel	Ans B.P.
72.....	18°25'	43°40'	Contagem	(1)	31 950 + 2 610 / - 1 220
112.....	17°40'	42°07'	Malacacheta	(2)	9 440 + 330 / - 320
111.....	17°40'	42°07'	Malacacheta	(1)	9 310 + 400 / - 380
232.....	17°15'	41°30'	Padre Paraiso	(4)	9 230 + 420 / - 400
251.....	17°43'	41°47'	Malacacheta	(4)	8 710 + 300 / - 290
227.....	18°10'	42°18'	Santa Maria	(1)	8 620 + 410 / - 390
225.....	18°25'	43°40'	Contagem	(1), (2)	7 010 + 180 / - 180
223.....	18°25'	43°40'	Contagem	(1)	6 450 + 340 / - 330
123.....	18°25'	43°40'	Contagem	(3)	4 130 + 190 / - 180
221.....	18°25'	43°40'	Contagem	(1)	2 430 + 330 / - 320
244.....	18°25'	43°40'	Contagem	(3)	2 240 + 280 / - 280
219.....	18°25'	43°40'	Contagem	(3)	1 720 + 240 / - 230
245.....	18°25'	43°40'	Contagem	(2), (4)	1 640 + 320 / - 310
246.....	18°25'	43°40'	Contagem	(1)	1 300 + 210 / - 210

bon accord avec deux datations déjà publiées sur un site proche du Rio Doce [8]. Par contre, les accumulations sableuses qui ont barré des vallées affluentes dans le cours moyen du Rio Doce pourraient être un peu plus anciennes et dater de la fin du Pléistocène [8].

Dans la partie haute de la Serra do Espinhaço, une reprise récente du creusement des rivières a entaillé localement le remplissage alluvial des fonds des vallées. L'un de ces remplissages, étudié en détail dans le Corrego Contagem au Sud de Gouveia, vers 1 200 m d'altitude, comprend, à la base, des argiles organiques datées de 32 000 ans B.P. (Bondy 72). Ces argiles organiques sont tranchées par une surface d'érosion sur laquelle repose un remblaiement sableux de 5 à 8 m d'épaisseur. Ce remblaiement comprend au moins trois séquences majeures de dépôt, séparées par des surfaces de ravinement. Il est caractérisé par des figures sédimentaires d'écoulements de crues. Des bois fossiles, des charbons, et des débris végétaux parfois calcinés, y sont abondants. Les datations par le ^{14}C (tableau) montrent que les deux premières séquences du Corrego Contagem se situent respectivement, à la base, vers 7 010 (Bondy 225 et 223) et 4 400 ans B.P. (Bondy 123). La troisième, qui colmate des chenaux très encaissés, est datée de 2 430 à moins de 1 300 ans B.P. (Bondy 221, 244, 219, 245, 246). Des alluvions comparables à celles du Corrego Contagem sont connues aux mêmes latitudes à l'intérieur du Brésil jusque dans la région Goiânia et sont datées des mêmes époques de l'Holocène moyen à récent [9].

III. INTERPRÉTATION. COMPARAISON AVEC D'AUTRES RÉGIONS. — Les intenses ravinements, qui ont alimenté les cônes de déjection du début de l'Holocène, n'ont pu se réaliser que dans un paysage dont la couverture végétale était très dégradée. Les écoulements des petites vallées n'ont pas eu alors la capacité d'entraîner, vers l'aval, les apports détritiques des versants, d'où un étalement des cônes de déjection dans les fonds de ces vallées. Il est donc évident que le climat du bassin du Rio Doce était sec ou aride à l'Holocène ancien.

La couverture végétale s'est reconstituée à partir de 7 000 ans B.P., comme l'indiquent les bois et les débris végétaux abondamment présents dans les remblaiements alluviaux

datés de 7 000 à 1 300 ans B.P. Toutefois, la végétation n'a pas alors été assez dense pour fixer totalement le paysage : l'érosion des versants a abondamment fourni des apports sableux à la sédimentation des fonds des vallées. Cela pourrait s'expliquer par le maintien d'un climat encore relativement sec dans le bassin du Rio Doce. Les incendies, dont témoignent les végétaux calcinés remaniés dans les dépôts alluviaux, confirment la relative sécheresse du climat car ces incendies, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique, n'ont pas pu se développer dans un environnement aussi humide qu'actuellement. Toutefois, il est difficile de savoir s'ils ont été liés à des sécheresses épisodiques, à des saisons sèches exceptionnellement renforcées, ou à des climats durablement moins humides que de nos jours.

Les sécheresses holocènes que nous venons de mettre en évidence dans le bassin du Rio Doce se sont largement étendues en Amérique sud-équatoriale. Dans les Andes boliviennes, elles ont provoqué un abaissement du niveau du lac Titicaca dont les phases maximales sont datées de 7 500-7 000 ans B.P., et d'un peu moins de 4 400 ans B.P. [10]. Dans le bassin amazonien, des charbons de bois ont été signalés dans des sédiments ou des sols du piedmont des Andes [4] et du Matto Grosso (Z. Pacheco Do Amaral, communication orale) vers 18° de latitude sud, de même que dans le Centre [11] et le SE [5] de l'Amazonie, près de l'équateur. Les échantillons datés par le ^{14}C indiquent que ces charbons se situent en majorité entre 7 000 et 3 500 ans B.P. Les incendies dont témoignent les végétaux calcinés se sont donc largement développés, durant l'Holocène moyen, aux latitudes tropicales sud. La destruction par le feu de la couverture végétale a été assez intense pour permettre localement d'importants remaniements éoliens. Cela est particulièrement net dans le Sud de l'Amazonie bolivienne où des champs de dunes, aujourd'hui colonisés par la forêt, sont datés de moins de 3 500 ans B.P. [4].

Les études faites dans le Nord de l'Amérique du Sud, notamment au Venezuela [12], montrent que les climats ont été périodiquement plus humides qu'actuellement pendant l'Holocène dans cette partie du continent, contrairement à ce que nous venons d'observer au Brésil et en Bolivie. Cela est également le cas dans d'autres régions nord-équatoriales, par exemple en Afrique, où d'importantes phases humides ont culminé vers 8 000 ans B.P., 6 000 ans B.P. et, de manière plus atténuée, vers 3 000 ans B.P. [13].

IV. IMPLICATIONS PALÉOMÉTÉOROLOGIQUES. — L'un des mécanismes les plus apparents du climat tropical réside dans un déplacement de la Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT) et des pluies qui lui sont associées, vers le Nord pendant l'été boréal, vers le Sud pendant l'été austral. Cela a suggéré, dès les premières interprétations paléoclimatiques [14], que les phases humides holocènes des régions nord-équatoriales s'expliquent par une position plus septentrionale qu'aujourd'hui de la ZCIT pendant l'été boréal. Les sécheresses holocènes que nous venons d'identifier en Amérique sud-équatoriale montrent que le décalage de la ZCIT vers le Nord doit aussi être envisagé en Amérique du Sud pendant l'été austral. Par analogie avec les modifications saisonnières du climat actuel, on peut admettre que la position, en moyenne plus septentrionale que de nos jours, de la ZCIT était associée à un renforcement des anticyclones subtropicaux aux latitudes Sud [15]. Cela implique que la circulation atmosphérique méridienne (cellules de Hadley) était plus intense qu'actuellement dans l'hémisphère austral. Cette intensification de la circulation de Hadley a culminé vers 8 000 ans B.P., puisque c'est aux alentours de cette date que la sécheresse a été maximale dans les régions tropicales sud du Brésil.

IV. CONCLUSIONS. — 1. L'étude géomorphologique et les datations isotopiques indiquent qu'une forte sécheresse, ayant culminé vers 8 000 ans B.P., caractérise le climat

d'une grande partie de l'Holocène dans le Centre Sud-Est du Brésil (18-20° latitude Sud). 2. Par comparaison avec les observations faites dans d'autres régions, il apparaît que cette sécheresse holocène s'est largement étendue dans les régions tropicales de l'Amérique sud-équatoriale et qu'elle s'opposait à des conditions plus humides aux latitudes tropicales nord. 3. Le mécanisme majeur de ces modifications du climat réside, en Amérique du Sud, dans un décalage vers l'hémisphère boréal de la Zone de Convergence Intertropicale par rapport aux positions que celle-ci occupe actuellement aux différentes époques de l'année.

Note remise le 10 mars 1989, acceptée le 17 avril 1989.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] K. S. BROWN Jr et A. N. AB' SABER, *Paleoclimas*, Universidade de São-Paulo, 5, 1979, p. 1-9.
- [2] J. TRICART, *Rev. Geomorph. Dyn.*, 18, 1974, p. 145-158.
- [3] P. COLINVAUX, *Nature*, 278, 1979, p. 399-400.
- [4] M. SERVANT, J. C. FONTES, M. RIEU et J. P. SALIEGE, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 292, série II, 1981, p. 1295-1297.
- [5] F. SOUBIES, *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Géol.*, 1, 1980, p. 133-148.
- [6] R. PFLUG, *Photogrammetria*, 24, 1969, p. 29-35.
- [7] J. P. CASSEDANNE, *Noveno Congreso Geológico Argentino, S.C. de Bariloche, Actas*, 5, 1984, 390-405.
- [8] M. R. M. MEIS et A. M. F. MONTEIRO, *Z. Geomorph. N.F.*, 23, 1979, p. 132-151.
- [9] K. SUGUIO, B. TURCQ et F. SOUBIÉS, *Symposium: Cuaternario en America del Sur, PIGG 201, UNESCO, Ushuaia, Argentina*, 2-6 décembre 1987 (sous presse).
- [10] D. WIRRMANN et L. F. OLIVEIRA ALMEIDA, *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 59, 1987, p. 315-323.
- [11] R. L. SANFORD, J. SALDARGIAGA, K. E. CLARK, C. UHL et R. HERRERA, *Science*, 227, 1985, p. 53-55.
- [12] J. P. BRADBURY, B. LEYDEN, M. SALGADO-LABOURIAU, W. M. LEWIS, C. SCHUBERT, M. W. BINFORD, D. G. FREY, D. R. WHITEHEAD et F. H. WEIBEZAHN, *Science*, 214, 1981, p. 1299-1305.
- [13] M. A. J. WILLIAMS et H. FAURE, *The Sahara and the Nile*, Balkema éd., 1980, 607 p.
- [14] E. A. BERNARD, *Ac. Roy. Sc. Outre-Mer, Mém. In-8°*, 12, 1962, 232 p.
- [15] J. MALEY, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 283, série D, 1976, p. 337-340.

M. S. et M. F. : *Laboratoire des Formations superficielles, O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay, 93143 Bondy;*

F. S. : *Antenne O.R.S.T.O.M., Laboratoire de Minéralogie, Université Paul-Sabatier, 39, allée Jules-Gesde, 31400 Toulouse;*

K. S. et B. T. : *Instituto de Geociencias, U.S.P., C.P. 20899, 01498 São Paulo, Brésil.*