

LES PALEOCLIMATS DU BRÉSIL

Convention CNPq/IRD

IRD/UR055 – Bruno Turcq

UFF – Jorge Abrão

IRD : J. Bertaux, M.P. Ledru, L. Martin, J.L. Melice, A. Sifeddine, F. Sondag, F. Soubiès,
UFF : A.L.S. Albuquerque, A.P.A. Anjos, C. Barbosa, A. Cardoso, R.C. Cordeiro, M. Gurgel, B.
 Knoppers, L.D. Lacerda, L.R. Nascimento, S.R. Patchineelam, F.F.L. Simoes Filho, W. Zamboni de Mello
UnB : M. Barbieri, G. Boaventura, M.L. Salgado Labouriau, R. Santos, K. Vincentini

Autres partenaires : M. Boussafir, J.R. Disnar, J. Jacob, E. Lallier Verges (**ISTO**), P. Braconnot, C. Causse, D.
 Genty, O. Marti (**LSCE**), J.M. Jouanneau, O. Weber (**U. Bordeaux I**), F. Poitrasson (**LMTG**), F. Frohlich (**MNHN**),
 D. Jezequiel, G. Sarazin (**U. Paris 7**), C. Pierre (**U. Paris 6**), P.C. Boggiani, G. Cecantini, P.L.S. Dias., M.A.S.
 Dias, P.C.F. Giannini, L.C. Pessenda, C. Riccomini, K. Suguio (**USP**), M.L. Absy, A. Carneiro (**INPA**), L.
 Torgan, C. Volkmer Ribeiro (**FZB/RS**), J.M.L. Dominguez, A. Bittencour (**UFBA**), J.M. Flexor (**O.N**),
 M.A. Morraye, O. Rocha (**UFSCar**), S.S. Hirooka (**UFMT**).

De nombreuses caractéristiques des environnements continentaux actuels, les paysages, la biodiversité des écosystèmes, les stocks de nombreux éléments chimiques, tel que le carbone sont en grande partie héritées du passé. Un passé qui, à l'échelle géologique, a connu d'importants changements du climat, des périodes extrêmement chaudes, au Crétacé notamment, il y a environ 100 millions d'années ou très froides, lors des glaciations du Quaternaire qui ont dominé le dernier million d'années, imposant au genre humain en pleine évolution, la dure loi du climat. C'est à la lumière du passé récent, que l'on essaye de comprendre les mécanismes des changements climatiques ayant eu lieu au 20^{ème} siècle et faire la part entre le changement naturel du climat et le réchauffement, aujourd'hui avéré, de la planète sous l'effet de la libération par les activités humaines de gaz à effet de serre tel que le dioxyde de carbone ou le méthane. Pour prédire le climat du futur, il nous faut comprendre celui du passé ainsi que toutes les interactions complexes entre l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales. Seuls des modèles globaux, représentant les processus physiques, chimiques et biologiques contrôlant le fonctionnement du système climatique sont à même de réaliser de telles prévisions. Ces modèles qui requièrent les énormes capacités de calcul des plus gros ordinateurs, en sont encore à leur balbutiement. Toutefois, ils intègrent déjà, pour l'ensemble du globe, les interactions entre l'atmosphère et l'océan et même entre l'atmosphère et les végétations continentales. Les climats du futur, décrits par les modèles existants, sont néanmoins très disparates et une bonne manière de tester la capacité d'un modèle à décrire les changements du climat est de lui

demander de reconstituer les climats du passé. On peut ainsi comparer les résultats du modèle avec les connaissances acquises par les géologues sur le climat du passé plus lointain ou paléoclimat. Cet exercice est réalisé pour la période d'il y a 6000 ans (Holocène Moyen), qui correspond à un optimum de température en Europe et la période d'il y a 21.000 ans qui correspond au maximum de la dernière glaciation quaternaire : « Dernier Maximum Glaciaire ».

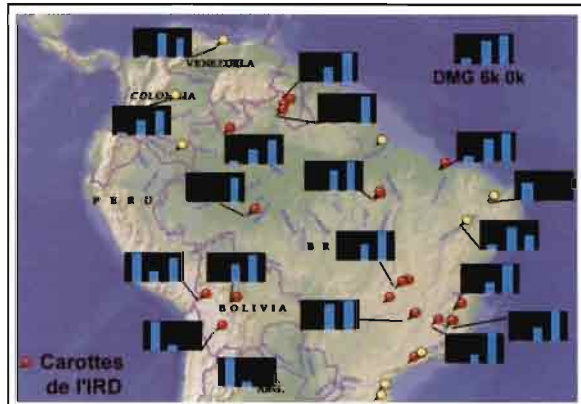
Les tropiques jouent un rôle essentiel dans la variabilité du climat. On connaît le phénomène El Niño, provenant de l'Océan Pacifique tropical, qui crée des anomalies climatiques dans de nombreuses régions tropicales et tempérées. Le rôle des tropiques dans le climat global s'explique par le fait que cette région reçoit le maximum de l'énergie solaire et que le système climatique doit répartir cette énergie issue de l'insolation entre les basses et les hautes latitudes. Malheureusement, c'est aussi sous les tropiques que les données paléoclimatiques sont les plus rares ce qui rend plus difficile la compréhension du climat global. Pour cette raison, depuis de nombreuses années, l'ORSTOM, puis l'IRD s'est attaché à recueillir des données paléoclimatiques dans les régions tropicales.

Les projets que l'IRD a développés en coopération avec le CNPq et les Universités Brésiliennes entrent dans cette droite ligne d'action. Il s'agissait de réunir le plus d'informations possible sur le climat des 30.000 dernières années au Brésil, une des régions de la planète où les données paléoclimatiques étaient les plus rares. Il a fallu, dans un premier temps, rechercher les marqueurs du paléoclimat.



Analyse intégrée des marqueurs paléoclimatiques des environnements continentaux et côtiers tropicaux

Ce projet a montré que les sédiments des lacs brésiliens étaient d'excellents enregistreurs des climats du passé. Ils renferment de grandes quantités de pollen dont la détermination permet de reconstituer les couvertures végétales anciennes, indicatrices de paramètres climatiques. Ils permettent également de décrire les variations du niveau des lacs qui sont directement liées au bilan précipitation/évaporation. De plus les sédiments lacustres renferment une quantité de matière organique suffisante pour pouvoir être datée par la méthode du carbone 14. Ce projet a fourni de nombreuses données paléoclimatiques dans les régions brésiliennes du Sudeste et du Centre ainsi qu'en Amazonie.



Les changements du niveau des lacs depuis 21.000 ans en Amérique du Sud tropicale. Les barres verticales représentent le niveau des lacs, secs lorsqu'il n'y a pas de barre et transbordant lorsque la barre atteint le sommet du diagramme. La barre de gauche correspond au dernier maximum glaciaire (21.000 ans), celle du milieu à l'Holocène moyen (6000 ans) et celle de droite à la situation actuelle.

Le lac Caço : laboratoire d'étude de l'enregistrement lacustre des paléoclimats

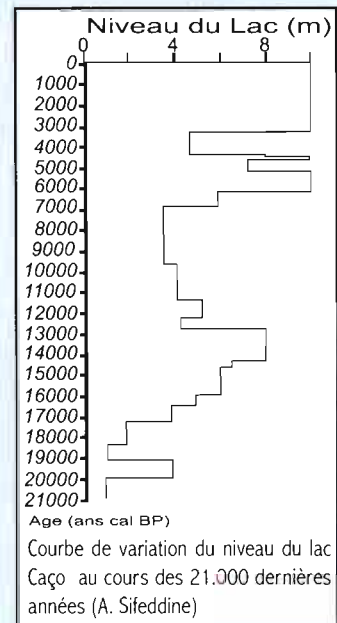


Vue aérienne du lac Caço, Maranhao, Brésil.

Le lac Caço a fait l'objet de recherches détaillées auxquelles ont participé de nombreuses universités brésiliennes. Les lacs présentent en général une zonation d'écosystèmes de leur marge vers leur centre. Les études réalisées sur le lac Caço ont montré que cette zonation, indicateur direct de l'épaisseur de la tranche d'eau, pouvait être mise en évidence par différents marqueurs sédimentologiques et micro-paléontologiques : l'aspect microscopique de la matière organique, les teneurs en carbone et azote et

leurs isotopes stables (^{13}C , ^{15}N), les teneurs en hydrogène et oxygène de la matière organique, les marqueurs moléculaires organiques, la teneur en fer du sédiment, les associations de diatomées et de spicules d'éponges. Ces paramètres ont été étudiés à la fois dans les sédiments

superficiels du lac et dans les carottes perforant toute la colonne sédimentaire et atteignant l'âge de 20.000 ans. Les marqueurs, aussi appelés « proxy » parce que ce sont des données « approchées » du climat, permettent de tracer la courbe de variation du niveau lacustre du Lac Caço, reflet des changements climatiques de cette région.



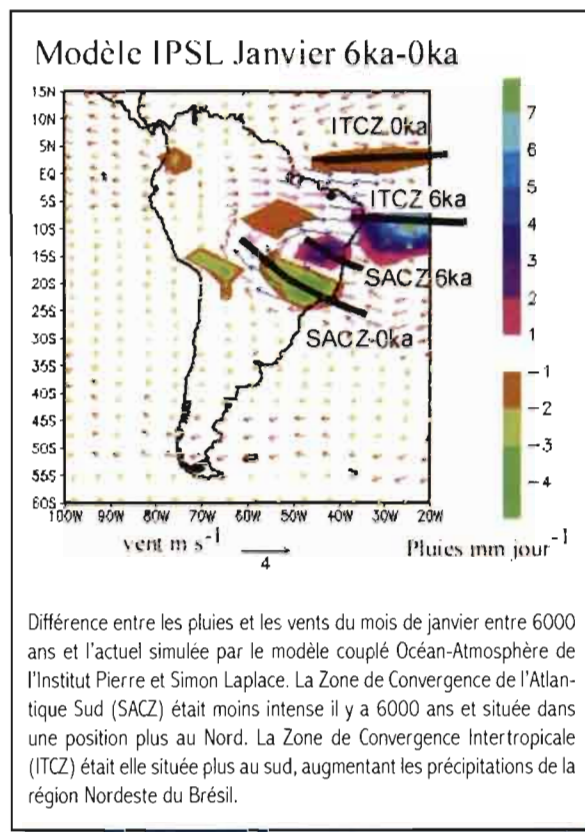
Paléoenvironnements tropicaux et Variabilité climatique

Par ce projet, nous avons voulu, tout en continuant les travaux en cours, concentrer nos efforts sur un seul système lacustre afin de mieux comprendre tous les mécanismes contrôlant la sédimentation et d'obtenir ainsi des interprétations plus réalistes des environnements passés. Cela a été réalisé dans un lac du nord de la région Nord-Est du Brésil : le lac Caço, dans l'état du Maranhão. Ce projet a également mis à jour un nouveau marqueur des paléoclimats : les stalagmites. L'étude des stalagmites de la grotte de Perolas, dans l'Etat du Mato Grosso, a montré que leurs fines laminations internes, d'une épaisseur de quelques dizaines de microns, suivaient un rythme annuel et que l'épaisseur des lamines dépendait des précipitations annuelles. Ces stalagmites permettent donc d'étudier la variabilité inter-annuelle du climat et ce pour des durées allant jusqu'à 7000 ans. Finalement, c'est lors de ce dernier projet que nous avons réalisé les premières comparaisons entre les données paléoclimatiques obtenues et les simulations du climat passé produites par les modèles climatiques globaux.



Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'une grande partie des lacs brésiliens était asséchée durant le maximum glaciaire. La végétation était également plus ouverte, la savane précédant la forêt tropicale dans la région Sud-Est du Brésil ainsi que dans l'Est de l'Amazonie. Les végétations actuelles ne commencent à se développer qu'à partir de 12000 ans et, dans la région Sud-Est la forêt tropicale Atlantique actuelle n'apparaît qu'au cours du dernier millénaire.

Dans la plupart des régions brésiliennes le niveau des lacs est encore assez bas à l'Holocène moyen, les niveaux actuels ont seulement été atteints il y a moins de 4000 ans. La région Nord-Est semble avoir un comportement différent et présente des indices de climat plus humide que l'actuel durant le dernier maximum glaciaire et à l'Holocène inférieur et moyen (12000-5000 ans).



Le modèle climatique global couplé océan-atmosphère de l'Institut Pierre et Simon Laplace simule le climat d'il y a 6000 ans. Il montre qu'en effet les régions Sud-Est et Centre du Brésil était plus sèche à cause d'un affaiblissement de la Zone de Convergence de l'Atlantique Sud et du transfert d'humidité de l'Océan Atlantique vers le continent en été austral. A l'Holocène inférieur et moyen, la terre se trouvait plus loin du soleil de juin à août, ce qui amoindrissait les pluies d'été au Brésil. Dans la région Nord-Est le modèle montre que la Zone de Convergence Intertropicale, qui contrôle les pluies de cette région, était située plus au sud, ce qui explique que cette région était plus humide à l'Holocène inférieur et moyen.

Une stalagmite du Sud-Ouest de l'Amazonie présente des laminations annuelles qui ont révélé la présence d'un cycle climatique de l'ordre de 50 ans tout au long de l'Holocène. Ce cycle serait lié à l'influence de l'Océan Atlantique sur les précipitations brésiliennes. Le modèle de l'IPSL montre que cette influence de l'Atlantique sur la variabilité du climat brésilien est renforcée à l'Holocène moyen alors que celle du Pacifique et du phénomène El Niño est amoindrie.

Les paléo-incendies des forêts tropicales

Dès les années 80, des fragments de charbons de bois ont été retrouvés dans les sols Amazoniens. Soumis à l'analyse du Carbone 14, ces charbons dataient de l'Holocène Moyen (8000 – 3000 ans). Des micro-fragments de charbons de bois sont aussi observés dans les carottes lacustres d'Amazonie (lac de la Serra Norte de Carajas et lac Caracaranã) et de la région de la forêt tropicale atlantique (lac Dom Helvecio). Deux pics sont observés vers 10.000 ans et entre 8000 et 5000 ans. Le



Carottes de sédiments lacustres

premier est interprété comme un remaniement de fragments de charbons provenant des sols du bassin lacustre et amenés dans le lac lors d'une phase d'érosion des versants. Le deuxième, à l'Holocène moyen, indique une période où les feux de forêt étaient fréquents de 8000 à 5000 ans avant nos jours. Ces charbons montrent l'existence d'une phase climatique plus sèche, ou, plus probablement d'une succession d'anomalies climatiques sèches. Les incendies d'Amazonie et de la forêt atlantique ont pu contribuer à l'augmentation du CO₂ atmosphérique observée à la même époque dans la carotte de glace du Taylor Dome en Antarctique. La diminution des teneurs en isotope ¹³C de l'atmosphère correspondrait bien à une libération de carbone de la végétation continentale vers l'atmosphère car la végétation est appauvrie en ¹³C par rapport au CO₂ atmosphérique.

POUR EN SAVOIR PLUS

Ledru, M.-P., Cordeiro, R.C., Dominguez, J.M.L., Martin, L., Mourguiart, P., Sifeddine, A. & Turcq, B., 2001. Late-Glacial Cooling in Amazonia Inferred from Pollen at Lagoa do Caco, Northern Brazil. *Quaternary Research*, 55(1): 47-56.

Sifeddine, A., Martin, L., Turcq, B., Volkmer-Ribeiro, C., Soubies, F., Cordeiro, R.C. & Suguio, K., 2001. Variations of the Amazonian rainforest environment: a sedimentological record covering 30,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 168(3-4): 221-235.

Turcq, B., Sifeddine, A., Martin, L., Absy, M.L., Soubies, F., Suguio, K., Volkmer-Ribeiro, C., 1998. Amazonia rainforest fires: a lacustrine record of 7000 years. *Ambio*. 27 : 139-142.

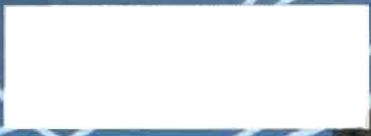
Turcq, B., Cordeiro, R.C., Sifeddine, A. Simões Filho, F.F. Abrão, J.J., Oliveira, F.B.O., Silva, A.O.; Capitaneo, J.L., Lima, F.A K. 2002. Carbon storage in Amazonia during the LGM: data and uncertainties. *Chemosphere*, 49 : 821-835.



Recherches de

L'IRD

au **Brésil**
depuis 1998





Conception graphique
Fernando Brandão

Impression et reliure
Charbel Gráfica e Editora