

49

Évolution paléoécologique et paléoclimatique holocène dans la région moyenne du Rio Doce (Minas Gerais, Brésil) déduite de l'analyse palynologique de deux carottes du lac Dom Helvécio

JEAN-PIERRE YBERT, BRUNO TURCO, ANA LUIZA ALBUQUERQUE,
CHRISTINE COCQUIT

Introduction

La région moyenne du Rio Doce, dans l'État de Minas Gerais, présente un important complexe de lacs (plus de 100 selon Meis et Tundisi, 1986) dont la formation serait due, selon Pflug (1969), à la fermeture des vallées secondaires, accompagnée d'un changement du cours de la rivière. Cet événement se serait produit pendant le dernier maximum glaciaire, époque à partir de laquelle l'environnement de ces lacs serait resté stable. Par contre, Meis (1977) affirme que la nature des sédiments indique l'existence de modifications du milieu et du régime hydrologique au cours de l'Holocène, sans toutefois préciser à quelles périodes. Une étude palynologique effectuée par Overloop (1981) sur des sédiments tourbeux du lac Jacaré, situé à environ 3 km au sud du « Parque Estadual do Rio Doce », par 19° 48' de latitude sud et 42° 39' de longitude ouest (Figure 1), montre que sa mise en place s'est faite après 9 840 ans BP, et met en évidence des changements climatiques importants autour de cette date.

Des études géologiques et géomorphologiques réalisées dans la région (Barbosa et Kohler, 1981 ; Suguio et Kohler, 1992) ont montré que la formation des lacs pourrait être due à des mouvements néotectoniques. Le complexe de lacs serait situé à l'intérieur d'un bloc en subsidence et, selon ces mêmes auteurs, des mouvements tectoniques se seraient produits pendant leur formation, et pourraient encore se produire actuellement. Récemment, C. Mello (1996, communication orale) a décelé l'existence d'une faille dans le lac Dom Helvécio.

De nombreux témoins d'érosion associés à des dépôts colluviaux, situés dans la partie haute de la Serra

do Espinhaço entre 17°15' et 18°25' de latitude sud, ont été étudiés par Servant *et al.* (1989). Deux phases de formation de cônes ont été mises en évidence : la première avant 9 500 ans BP, probablement pendant la dernière phase de climat sec du Pléistocène ; la deuxième entre 9 500 et 7 000 ans BP et, dans certains cas, jusque vers 4 000 ans BP (Meis et Monteiro, 1979 ; Turcq *et al.*, 1994). Cet important complexe d'érosion et de dépôts colluviaux serait lié, d'après les auteurs, à un climat sec et à l'absence de forêts dans la région.

L'étude palynologique présentée ici a été réalisée sur les sédiments lacustres du lac Dom Helvécio, l'un des plus grands de la région.

Localisation géographique et environnement actuel

La vallée moyenne du Rio Doce est située sur le plateau brésilien sud-est (Figures 1 et 2). La région a été définie physiographiquement comme *interplateau lowlands of the Middle Doce river valley* (Meis et Tundisi, 1986). Il s'agit d'une dépression allongée, de 15 à 20 km de largeur, qui semble contrôlée par les directions structurales, nord-est - sud-ouest, du substrat précambrien.

Le climat actuel est chaud et semi-humide, la température moyenne annuelle est comprise entre 20 et 22 °C, avec des fluctuations saisonnières de 5 à 7 °C. La pluviosité moyenne est d'environ 1 350 mm. Le régime des pluies est typiquement tropical avec une saison sèche de 4 à 5 mois, entre avril/mai et août (Nimer, 1989).

Les lacs sont situés sur un plateau d'une altitude moyenne de 500 m, entouré par la « Serra Negra » et la « Serra das Safiras » au nord, la « Serra do Espinhaço » à

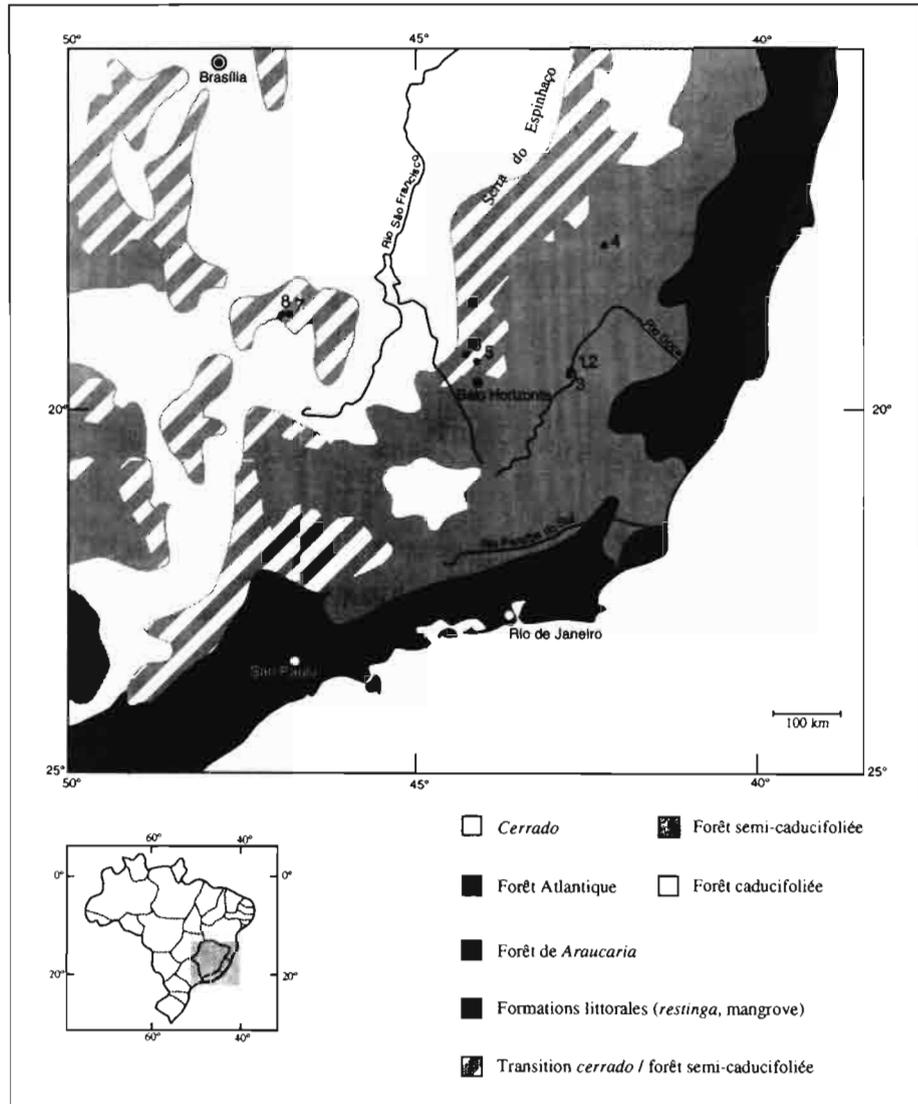


Figure 1 Carte de localisation des lacs cités dans le texte. 1. Lago Dom Helvécio; 2. Lago da Carioca; 3. Lago Jacaré; 4. Lago do Pires; 5. Lagoa dos Oelhos; 6. Lagoa Santa; 7. Lagoa Campestre; 8. Lago da Serra Negra.

l'ouest, la « Serra do Caparaó » au sud et la « Serra dos Amores » à l'est. Ils dominent la plaine alluviale du Rio Doce d'environ 20 mètres et sont bordés de collines pouvant dépasser 100 m de haut. La majorité d'entre eux est située dans le « Parque Estadual do Rio Doce ».

Le lac Dom Helvécio, un des plus grands du complexe lacustre, se situe entre 19° 45' et 19° 47' de latitude sud et entre 42° 35' et 42° 37' de longitude ouest. D'un point de vue typologique, il a été classé comme « dendritique, profond, à circulation lente » par Meis et Tundisi (1986). Il présente deux bras principaux orientés nord-ouest sud-est, dont les longueurs sont approximativement de 3,7 km et 3,0 km. La largeur maximale, d'une rive à l'autre, ne dépasse pas 500 m. La profondeur maximale est d'environ 30 m.

La végétation de la région était essentiellement constituée de forêt tropicale et de savane arborée (*cerrado*). Elle a été en grande partie détruite par l'action anthropique au cours du dernier siècle. La forêt a été localement préservée dans le « Parque Estadual do Rio Doce » dont la végétation ligneuse actuelle a été étudiée dans le cadre du « Programa de Pesquisas Ecologicas no Parque Estadual do Rio Doce » (CETEC, 1981, non publié). Elle a été caractérisée comme formation haute et dense, sans arbres émergents; partiel-

lement caducifoliée (30 %); avec peu de formes biologiques mais avec beaucoup d'espèces. Les familles les mieux représentées sont, par ordre d'importance, les Euphorbiaceae, Lauraceae, Leguminosae, Myrtaceae et Rutaceae. Sont également bien représentées, des Meliaceae, Moraceae, Flacourtiaceae, Annonaceae et Sapotaceae. D'après les caractéristiques physiologiques, la végétation a été classée, par les botanistes, en onze types différents :

1. Forêt haute primaire : caractéristique des terrasses et anciens canaux de drainage de relief plan. Elle présente de nombreux grands arbres avec une grande variété d'espèces. Les épiphytes sont nombreuses.
2. Forêt haute : elle se rencontre sur les versants concaves des collines, sur les terrasses planes, dans les anciens canaux de drainage et les lits des ruisseaux. Elle diffère du type précédent par la rareté des épiphytes. Les lianes y sont fréquentes et on peut y trouver des bambous.
3. Forêt moyenne à haute, avec bambous et autres graminées : la plus abondante, elle couvre plus de 30 % de la superficie du *Parque*. Elle se rencontre sur les versants plan-convexes des collines. La strate supérieure dépasse toujours les 12 mètres ; les bambous et les lianes sont abondants dans la strate inférieure

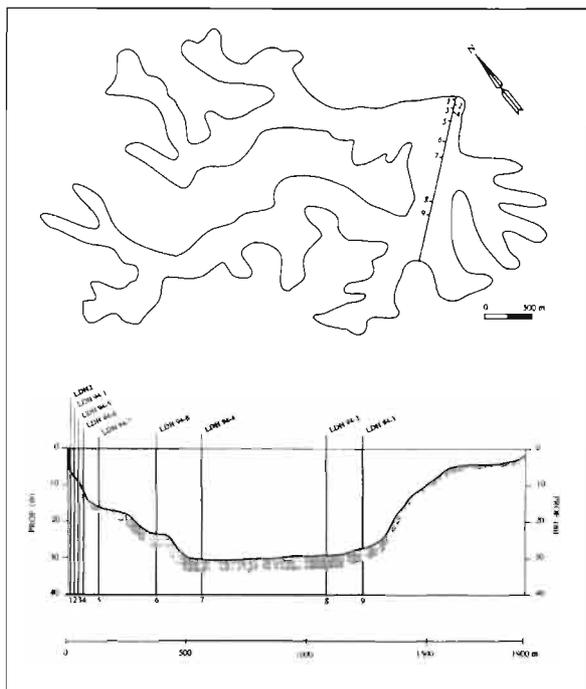


Figure 2 Lac Dom Helvécio. Localisation des carottes et profil bathymétrique.

4. Forêt moyenne secondaire, avec bambous et autres graminées : cette physionomie se rencontre sur les versants convexes des collines, elle correspond à la régénération d'anciennes forêts détruites par des incendies récents (1964 et 1967). Les lianes, bambous et autres graminées sont abondants, le sous bois est fermé.
5. Forêt basse sur sol exposé : cette forêt se rencontre (ou se rencontrait) seulement dans les régions atteintes par l'incendie de 1967, sur la marge immédiate des lacs, principalement Dom Helvécio. Il s'agit d'une forêt de régénération de hauteur inférieure à 8 m, avec une faible diversité d'espèces, un sous-bois dense, de nombreux bambous et des chablis de 3 à 4 m de diamètre.
6. Savane arborée ou *cerrado* : présente entre les terres inondées (*brejos*) et les terrains secs sur les flancs des collines, ou sur les terrasses au fond des vallées, elle est caractérisée par un tapis de graminées avec des arbres épars, de 8 à 10 m de haut, des arbustes et des lianes.
7. Mosaïque de *campo sujo* et de forêt secondaire à graminées et bambous.
8. Savane arbustive ou *Campo sujo*: Cette physionomie et la précédente se rencontrent sur des reliefs plans ou peu inclinés, sur des sols mal drainés, inondés en saison des pluies. Ils se caractérisent par la présence d'arbustes et arbres bas, et d'une strate dense de graminées.
9. *Samambaial* (champ de hautes fougères) : il se rencontre essentiellement dans les anciens canaux de drainage, de relief plan. Il s'agit d'une végétation purement herbacée, dominée par *Pteridium*, fougère cosmopolite envahissante, pouvant atteindre 2 m de haut.
10. *Taboal* (champ de *Typha* sp.) : présent dans les terrains inondés ou *brejos*, il peut renfermer quelques

arbustes. Les plantes dominantes sont les Typhaceae, Cyperaceae et Gramineae.

11. Végétation aquatique : présente sur les rives des lacs, il s'agit de plantes flottantes ou enracinées.

Matériel et méthodes

Les sédiments étudiés dans le cadre de ce travail ont été collectés dans le lac Dom Helvécio au cours de deux campagnes successives de carottages. Au cours de la première campagne, deux carottes, LDH1 et LDH2 ont été prélevées à l'aide d'un vibro-carottier. Au cours de la seconde, 8 carottes, LDH 94-1 à LDH 94-8 ont été obtenues à l'aide d'un carottier à percussion. Ces 10 carottes sont réparties le long d'un transect nord-est sud-ouest, d'environ 1,7 km de long, situé dans la partie aval du lac (Figure 2).

Les analyses palynologiques ont été effectuées sur les sédiments des carottes LDH2 et LDH 94-4, prélevées respectivement à 1 et 30 m de profondeur.

La carotte LDH2 a été retirée de la partie interne de la digue de fermeture de la vallée, elle a 740 cm de long et présente deux unités sédimentaires principales, séparées par un contact brusque et irrégulier. De la base jusqu'à 18 cm, il s'agit d'un sédiment argileux pauvre en matière organique ; de 18 cm au sommet il s'agit d'une argile brun noire, riche en matière organique et en restes végétaux. Le contact entre les deux unités est irrégulier, mais très net.

Une datation ^{14}C de 1380 ± 80 ans BP a été obtenue pour l'intervalle 10-14 cm. Trois autres datations effectuées sur l'unité inférieure ont donné 9480 ± 70 ans BP à 583-588 cm, 8920 ± 60 ans BP à 196-200 cm et 9020 ± 60 ans BP à 76-80 cm. Ces résultats indiquent que toute l'unité sédimentaire de la base correspond au dépôt des alluvions ayant fermé le lit de la rivière. Le lac Dom Helvécio s'est donc formé après 9000 ans BP, ce qui est en accord avec les observations faites par Overloop (1981) sur le lac Jacaré. Ces datations nous ont également conduits à abandonner les analyses en cours et à entreprendre la deuxième campagne de carottages avec un matériel permettant des prélèvements à des profondeurs plus importantes.

Parmi les 8 carottes obtenues au cours de cette deuxième campagne, nous avons, dans un premier temps, choisi d'analyser la plus profonde, LDH 94-4, prélevée par 30 m de fond.

La carotte mesure 508 cm de long et présente un aspect uniforme. Il s'agit d'un sédiment argileux organique gris foncé dans lequel on peut noter à peine quelques variations de coloration. Un seul contact net a été noté à 119 cm entre un niveau inférieur de couleur gris olive foncé et un niveau supérieur (entre 119 et 110 cm) plus clair, de couleur jaunâtre.

Deux datations ^{14}C sont actuellement disponibles, 8340 ± 90 ans BP pour l'intervalle 500-508 cm et 2700 ± 90 ans BP pour l'intervalle 121-127 cm.

Les préparations palynologiques ont été faites suivant la méthode standard définie au cours du 3ème Congrès de l'Association Brésilienne d'Études du Quaternaire (Ybert et al., 1992). Chaque échantillon a 1 cm d'épaisseur. Les traitements chimiques appliqués

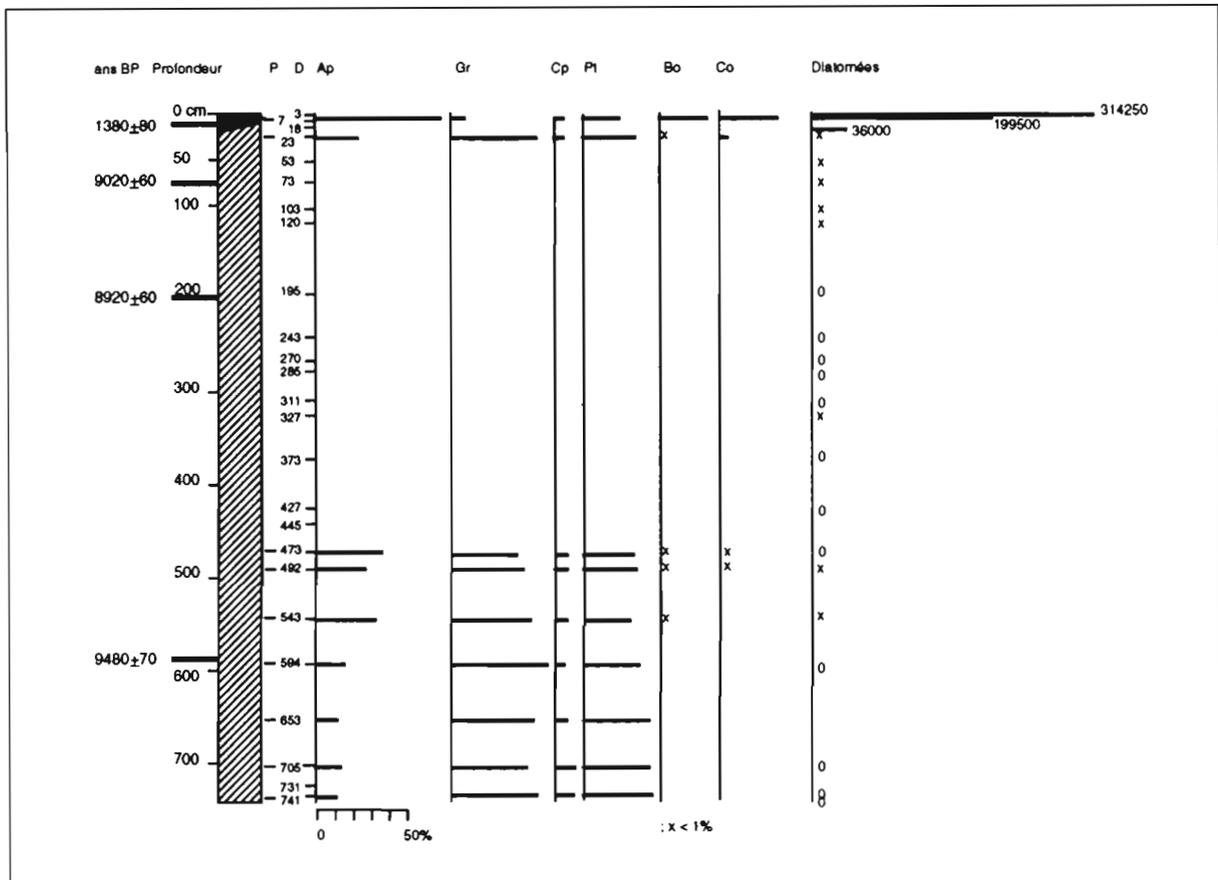


Figure 3 LDH2 : Fréquence relative des palynomorphes. Fréquence absolue des diatomées.

P : Échantillons de palynologie. D : Échantillons de diatomées. Ap : Pollen d'arbres. Gr : Gramineae. Cp : Compositae.

Pt : Spores de Ptéridophytes. Bo : Botryococcus ; Co : Coelastrum ; Diatomées : n°/g de sédiment. x < 2750 ; 0 : absentes

sont les suivants : HCl 10 % ; KOH 10 % à ébullition pendant 5 minutes ; CH₃COOH ; Acétolyse à ébullition pendant 4 minutes ; HF 40 % pendant 12 heures ; HCl 10 % à ébullition pendant 15 minutes.

Un minimum de 300 grains de pollen a été compté pour chaque niveau. Les fréquences relatives en YO ont été calculées sur la somme pollinique, total des grains de pollen des plantes arborées et herbacées, à l'exclusion des plantes aquatiques (Cyperaceae, Typhaceae, etc.). Les fréquences relatives des spores de ptéridophytes, des spores de champignons et des algues phytoplanctoniques ont été calculées en fonction de la somme pollinique. Pour les algues, nous avons également calculé leurs fréquences relatives entre elles, en fonction de leur somme totale.

Résultats palynologiques

Carotte LDH2

Les analyses palynologiques ont été effectuées sur 8 échantillons de l'unité inférieure, entre 473 et 739 cm et à 23 cm, et sur 1 échantillon de l'unité supérieure, à 7 cm. Elles ont été abandonnées, comme nous l'avons mentionné plus haut, lorsque nous avons reçu les datations et constaté que toute l'unité inférieure datait d'environ 9 000 ans BP (Figure 3).

Les spectres palynologiques de cette unité sont dominés par les Gramineae lesquelles varient entre 34 et 50 %. Les pollens d'arbres sont compris entre 9 et 30 %, ils sont représentés essentiellement par des

Moraceae, Anacardiaceae, Myrtaceae, Palmae, Apocynaceae et Euphorbiaceae (*Alchornea*). Les spores de ptéridophytes sont relativement abondantes (24 à 34 %). Des algues ont été rencontrées dans quelques échantillons avec des pourcentages inférieurs à 1 %. Les diatomées ont été analysées dans 20 échantillons de cette unité, 12 se sont révélés stériles, les 8 autres ont fourni des quantités très faibles (< 2 750/g).

Cet ensemble de données indique que le sédiment dont la digue est constituée s'est déposé en période de climat régional sec, dans un environnement de *cerrado*, localement humide, mais non lacustre.

L'échantillon de l'unité supérieure, au contraire, renferme plus de 60 % de pollens d'arbres et moins de 10 % de Gramineae. Les spores de ptéridophytes sont nettement moins nombreuses (< 18 %), par contre les algues dépassent 50 % avec respectivement 24 et 28 % de *Botryococcus* et de *Coelastrum*. Le dénombrement des diatomées a fourni 36 000 cellules à 17 cm, 199 500 à 7 cm et 314 250 à 3 cm.

La présence d'algues et l'abondance des diatomées indiquent que le lac atteignait cette portion de la vallée. La proportion, encore importante, de spores de ptéridophytes est en accord avec la proximité de la rive. Le fort pourcentage de pollens d'arbres indique un environnement de forêt semi-décidue et de forêt galerie, avec prédominance des Palmae, des Myrtaceae et des *Alchornea*.

La date de 1 380 ans BP, obtenue pour l'intervalle 10-14 cm, semble indiquer que le lac n'aurait atteint son niveau actuel qu'après 2 000 ans BP.

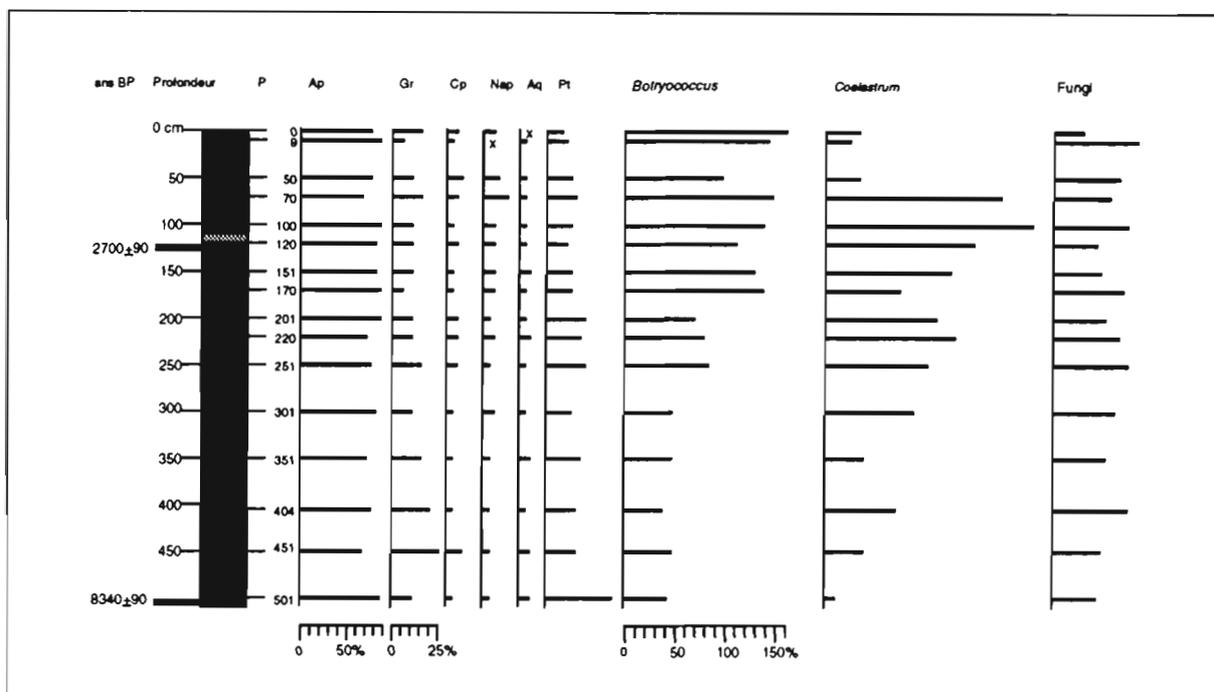


Figure 4 LDH 944 : Fréquence relative des grains de pollen, spores de ptéridophytes, algues et spores de champignons. P : Échantillons de palynologie. Ap : Pollen d'arbres. Gr : Gramineae. Cp : Compositae. Nap : Pollen d'herbacées. Aq : Pollen de plantes aquatiques. Pt : Spores de Ptéridophytes.

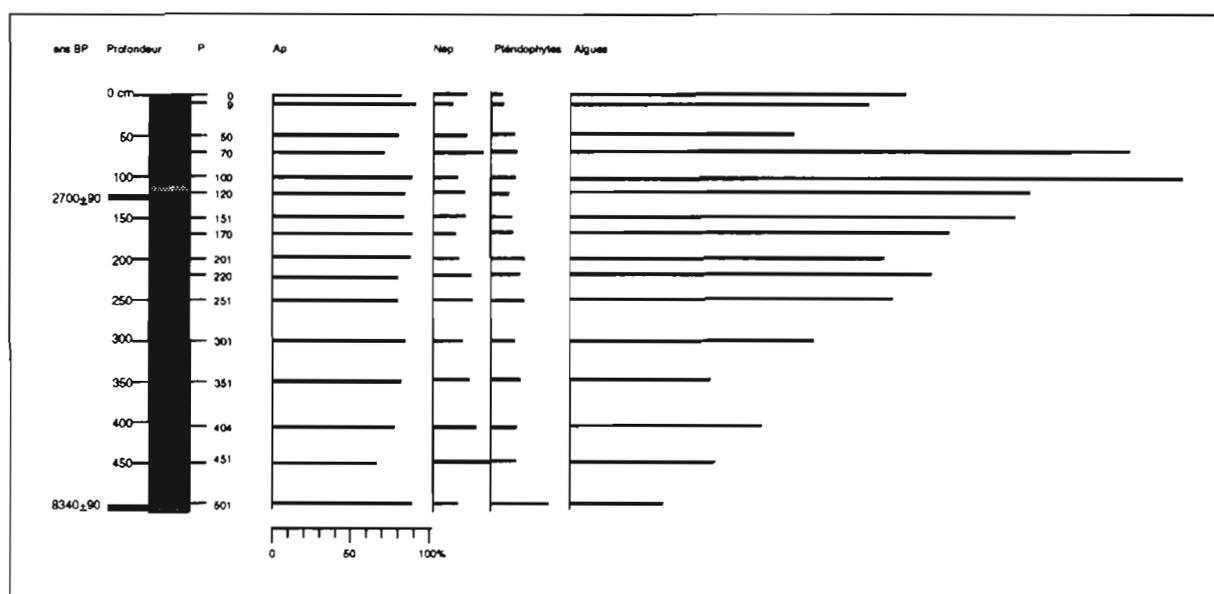


Figure 5 LDH 944 : Fréquence relative des grands groupes de palynomorphes.

Carotte LDH 94-4

Les analyses palynologiques ont, jusqu'à présent, porté sur 16 échantillons répartis tout au long de la carotte. Le caractère commun à tous ces échantillons est la dominance des pollens d'arbres (entre 66 et 87 %), une faible abondance relative des Gramineae (entre 6 et 25 %) et une grande abondance d'algues (54 à 380 %). Les taxons les plus représentés, parmi les angiospermes, sont, par ordre alphabétique, les suivants : Apocynaceae, Anacardiaceae, Aquifoliaceae (*Ilex*), Araliaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Boraginaceae (*Cordia*, *Tournefortia*), Bromeliaceae, Caesalpiniaceae, Caryocaraceae (*Caryocar*), Combretaceae, Compositae, Cyperaceae, Elaeocarpaceae (*Sloanea*), Eriocaulaceae, Euphorbiaceae (*Alchornea*,

Croton, *Dallechampia*, *Jatropha*, *Mabea*), Flacourtiaceae, Gramineae, Lauraceae, Lentibulariaceae (*Utricularia*), Loranthaceae, Malpighiaceae (*Byrsonima*), Melastomataceae, Meliaceae, Mimosaceae, Moraceae (*Cecropia*), Myrsinaceae (*Rapanea*), Myrtaceae, Palmae, Papilionaceae, Plantaginaceae (*Plantago*), Podocarpaceae (*Podocarpus*), Portulacaceae, Proteaceae, Rubiaceae (*Borreria*), Rutaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Solanaceae, Sterculiaceae, Symplocaceae (*Symplocos*), Ulmaceae (*Celtis*, *Trema*), Urticaceae.

Les algues sont représentées par *Botryococcus*, *Coelastrum reticulatum*, *C. cambricum*, cf. *Coelastrum*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema* et deux espèces de *Pediastrum*.

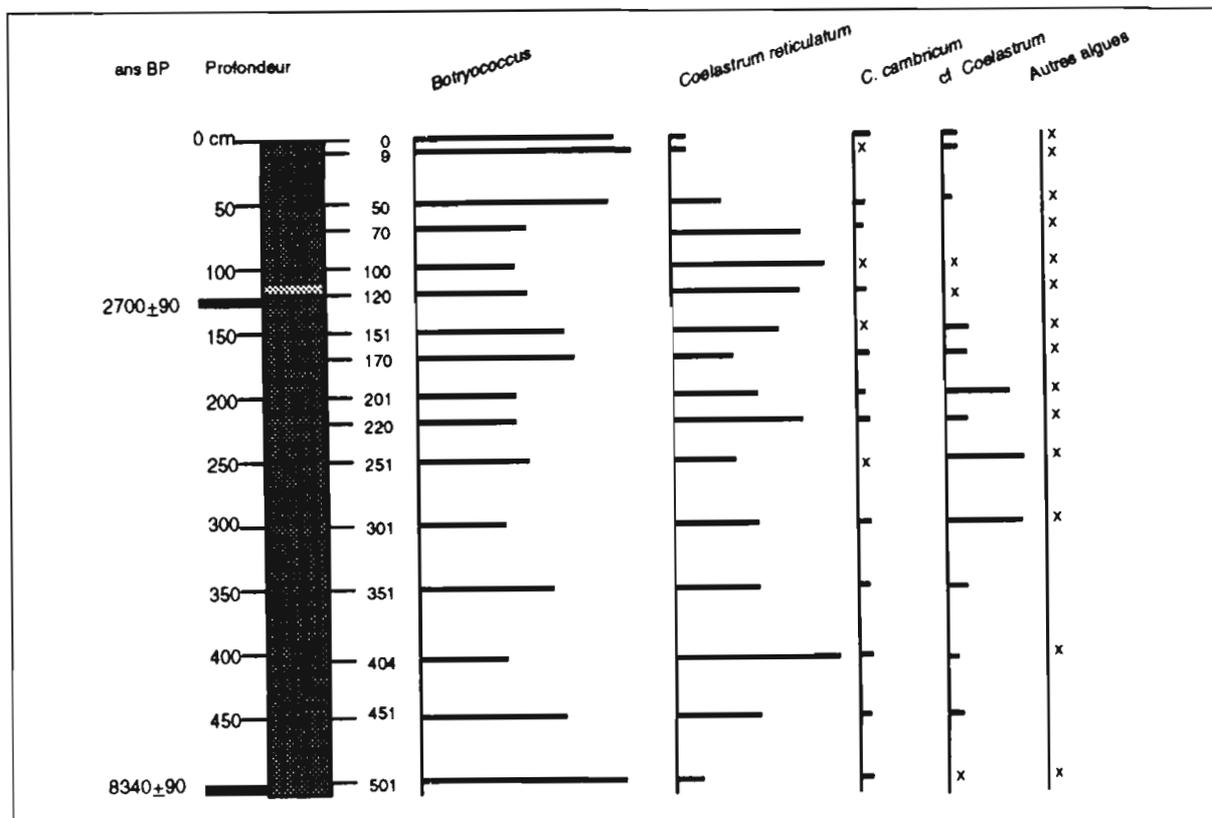


Figure 6 LDH 94-4: Fréquence relative des algues.

Les spores de ptéridophytes (Figure 4) sont relativement abondantes (35 %) dans l'échantillon de la base, à 501 cm ; elles sont moins nombreuses ensuite, avec des pourcentages compris entre 13 et 20 % de 451 à 201 cm, puis entre 8 et 15 % de 170 cm au sommet. Les algues du genre *Botryococcus* sont peu abondantes de la base à 301 cm (42 à 53 %), comprises entre 76 et 88 % de 251 à 201 cm, puis entre 103 et 174 % de 170 cm au sommet. Les algues du genre *Coelastrum* sont peu abondantes à 501 cm (< 8 %), elles augmentent ensuite assez régulièrement (37 à 225 %) de 451 à 70 cm, puis diminuent brusquement de 50 cm au sommet à des valeurs inférieures à 35 %. Les autres algues, *Mougeotia*, *Pediastrum*, *Spirogyra* et *Zygnema*, restent inférieures à 3 % tout au long de la carotte (Figure 6).

La composition en pollens indique un environnement de forêt semi-caducifoliée et de forêt galerie pendant toute la période couverte par la carotte. Les variations de fréquences relatives des herbacées sont peu importantes, ce qui correspond à un environnement végétal et climatique globalement stable. On peut toutefois noter une augmentation significative à 450 cm (ca. 7540 ans BP), suivie d'une diminution progressive jusqu'à 300 cm (ca. 5320 ans BP). Les herbacées sont, à nouveau, sensiblement plus abondantes pour les intervalles 250-220, 151-120 et 70-50 cm. Ces variations correspondent à de légères fluctuations entre un climat humide et un climat un peu plus sec.

Les oscillations climatiques que nous avons observées se succèdent comme suit :

- ▷ de ca. 9 500 à 8 900 ans BP, climat sec ; végétation de *cerrado* ;
- ▷ à partir de ca. 8 400 ans BP, climat humide ; végéta-

tion de forêt semi-caducifoliée et forêt galerie. Pendant cette période, de légères fluctuations climatiques se sont manifestées, leur succession est la suivante :

- ▷ entre ca. 8 400 et 7 900 ans BP, climat humide ;
- ▷ entre ca. 7 900 et 5 700 ans BP, climat moins humide ;
- ▷ entre ca. 5 700 et 5 000 ans BP, climat humide ;
- ▷ entre ca. 5 000 et 4 000 ans BP, climat un peu moins humide ;
- ▷ entre ca. 4 000 et 3 200 ans BP, climat humide ;
- ▷ entre ca. 3 200 et 2 400 ans BP, climat un peu moins humide ;
- ▷ entre ca. 2 400 et 1 800 ans BP, climat humide ;
- ▷ entre ca. 1 800 et 650/200 ans BP, climat moins humide ;
- ▷ vers ca. 200 ans BP, climat humide.

L'augmentation progressive des algues de la base à 100 cm, puis leur diminution importante entre 50 et 0 cm (Figure 5), liées essentiellement à l'évolution des espèces de *Coelastrum* (Figure 4), pourront être interprétées par l'analyse des sédiments superficiels. Par contre, il a été démontré, dans des lacs boliviens, que des valeurs importantes de *Mougeotia*, *Spirogyra* et *Zygnema* (groupées avec *Pediastrum* en « autres algues » dans les figures) sont liées à de très faibles épaisseurs d'eau, ou à des zones marécageuses ; que *Pediastrum* se rencontre essentiellement dans les zones où la végétation aquatique est importante ; que la fréquence des *Botryococcus* augmente avec la profondeur (Ybert, 1992).

Les très faibles pourcentages des « autres algues » enregistrés dans les sédiments des carottes de Dom Helvécio indiquent que, dès la base de la carotte LDH 94-4, le lac était en place. Cependant, le pourcentage

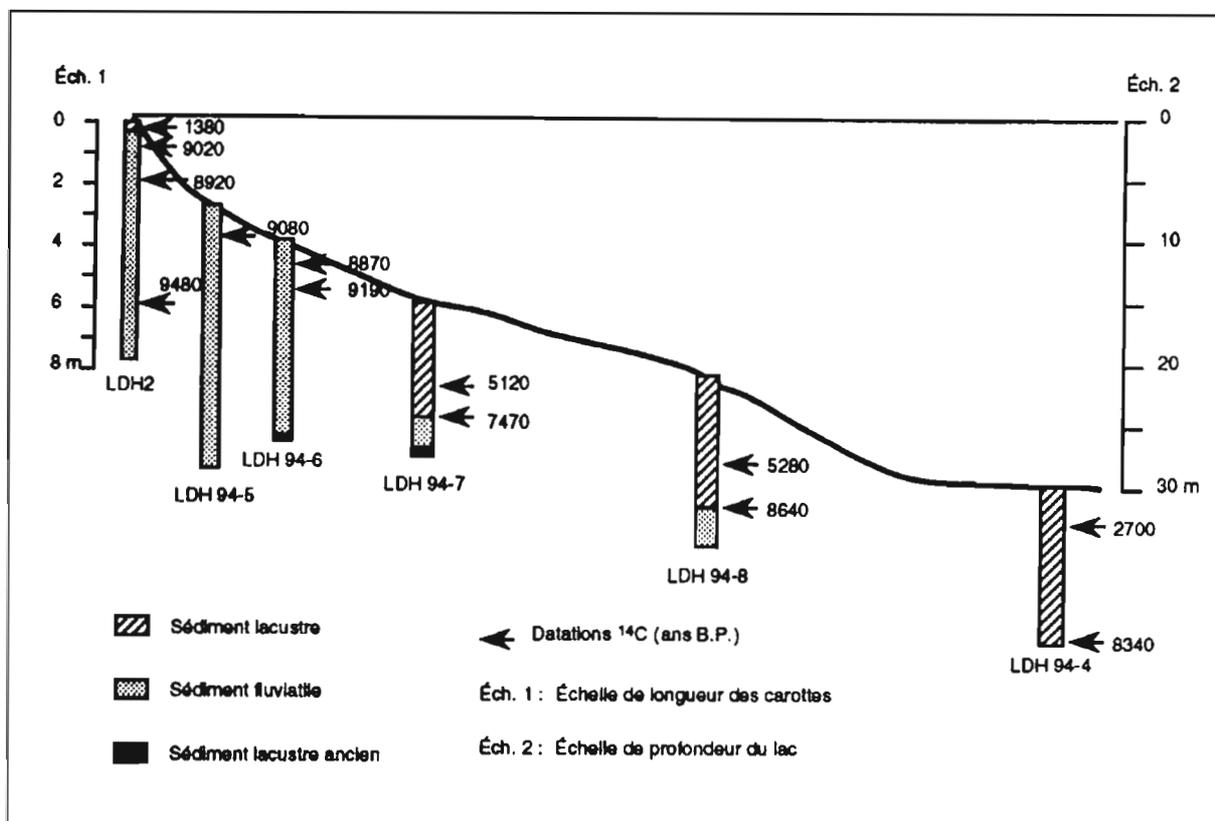


Figure 7 Lac Dom Helvécio. Position des carottes, lithologie et datations ^{14}C .

élevé des spores de ptéridophytes (Figure 4), associé à un faible pourcentage de l'ensemble des algues (< 55 %), dans l'échantillon de la base (501 cm), montre qu'il était encore peu profond vers 8 400 ans BP.

L'augmentation des *Botryococcus*, par paliers successifs (Figure 4), peut être interprétée comme un approfondissement discontinu du lac, vraisemblablement en liaison avec des mouvements tectoniques.

Discussion

La composition lithologique des carottes LDH 94-4 à LDH 94-8 et LDH2, ainsi que les datations obtenues à la base des sédiments lacustres, 8 640 ans BP pour LDH 94-8, 7 470 ans BP pour LDH 94-7 et environ 1500 ans BP pour LDH2, montrent que le lac n'a atteint son extension actuelle que récemment (Figure 7).

Les variations de la fréquence globale des algues et de leurs fréquences relatives (Figures 5 et 6) sont probablement liées à des variations de la bathymétrie comme cela a été constaté dans les lacs de l'Altiplano bolivien, en particulier pour *Botryococcus* (Ybert, 1992). Cette hypothèse pourra être vérifiée lorsque nous aurons terminé l'analyse des échantillons de sédiments superficiels prélevés dans les lacs Dom Helvécio et da Carioca, ce dernier situé à environ 500 m au nord ouest du précédent.

L'augmentation, par paliers successifs, des *Botryococcus* est probablement liée à un approfondissement discontinu du lac. Le fait que les limites de ces paliers ne soient pas toutes synchrones avec celles des grains de pollen, et que les variations climatiques enregistrées soient de faible amplitude, semble indiquer que la mise en place du lac Dom Helvécio et son évolution sont dues, principalement, à des phénomènes tecto-

niques, comme cela a été suggéré par divers auteurs à partir d'études de géomorphologie et de géologie (Barbosa et Kohler, 1981 ; Suguio et Kohler, 1992 ; Mello, communication orale).

En se basant sur des études palynologiques réalisées sur le Lago do Pires (Figure 1), situé au nord-est du lac Dom Helvécio, par 17°57' de latitude sud et 42°13' de longitude ouest, Behling (1995) fait état d'un climat sec entre 9 720 et 8 810 ans BP, marqué par une végétation de *cerrado* et de nombreux témoins d'incendie. Lui fait suite un climat plus humide, marqué par une augmentation des forêts-galeries et par la diminution des particules carbonisées. Un climat légèrement plus sec a été enregistré entre 7 500 et 5 530 ans BP, avec une augmentation des plantes du *cerrado* et des particules carbonisées. À partir de 5 530 ans BP, le climat devient plus humide, les incendies diminuent progressivement, la végétation de *cerrado* est remplacée par du *cerradão* (savane arborée dense), puis par de la forêt semi-caducifoliée vers 970 ans BP.

Dans le lac Dom Helvécio, nous n'avons pas atteint le début de la phase lacustre, le lac étant déjà nettement en place, bien que peu profond, à la base de la carotte LDH 94-4. Les sédiments fluviaux datés entre 9 500 et 8 900 ans BP environ, analysés dans la carotte LDH2, indiquent un climat sec avec un environnement de *cerrado*. Le premier événement sec que nous avons enregistré ensuite se situe entre 7 900 et 5 700 ans BP environ. Ces résultats sont en accord avec ceux de Behling (1995) ; ils diffèrent cependant légèrement pour la seconde moitié de la période holocène pendant laquelle nous enregistrons trois autres phases de diminution de l'humidité entre 5 000/4 600 ans BP et la période actuelle.

Oliveira (1992), dans une étude réalisée sur les sédiments de la Lagoa dos Olhos, localisée à l'ouest de Dom Helvécio, par 19°38' de latitude sud et 43°54' de longitude ouest (Figure 1), indique des événements secs vers 9 300 et vers 7 500 ans BP, ce dernier marqué par de fortes concentrations de charbon. À partir de 6 790 ans BP la végétation de *cerradão*, qui occupait antérieurement la région, est remplacée par une mosaïque de forêt humide et de *cerrado*. Un événement humide est enregistré à 4 000 ans BP environ. Dans le lac de la Serra Negra, au nord-ouest de la précédente, par 19°00' de latitude sud et 46°50' de longitude ouest, le même auteur a enregistré une avancée de la forêt semi-décidue à partir de 5 000 ans BP, en liaison avec un climat plus humide.

À la Lagoa Santa, par 19°30' de latitude sud et 44°07' de longitude ouest, Parizzi (1993) a déterminé un climat sec de 6 200 jusqu'à environ 5 020 ans BP. Vers 4 600 ans BP, le *cerrado* était dominant, mais avec de nombreux éléments de forêt ; entre 3 000 et 1 800 ans BP le climat devient légèrement plus humide, avec un mélange de *cerrado* et de forêt semi-caducifoliée.

Tous ces sites, localisés dans l'État de Minas Gerais, entre 18° et 19° de latitude sud et entre 42° et 47° de longitude ouest, présentent des résultats globalement en accord avec ceux obtenus à Dom Helvécio. Par contre, ils sont en contradiction avec ceux interprétés par Ledru (1991, 1993) à partir de l'analyse palynologique d'une carotte de la Lagoa Campestre (Salitre), située par 19°00' de latitude sud et 46°46' de longitude ouest, soit à moins de 7 km du lac de la Serra Negra. En effet, l'auteur indique l'existence d'un climat humide entre 10 000 et 8 000 ans BP (climat sec jusqu'à au moins 8 900 ans BP à Dom Helvécio) ; « tempéré », donc moins humide, entre 8 000 et 5 500 ans BP (humide à Dom Helvécio de 8 400 ans BP à l'actuel) ; aride entre 5 500 et 4 500 ans BP ; de nouveau humide de 4 500 à 3 000 ans BP. Oliveira (1992) fait remarquer que ce site, à la différence des autres, est en fait une tourbière, ou marécage herbeux. De ce fait, les spectres polliniques refléteraient plus particulièrement les variations de la végétation locale, ce qui expliquerait les différences notées avec les sites étudiés par les autres auteurs cités plus haut, et tout spécialement la phase « aride » de 5 500 à 4 500 ans BP.

Les résultats obtenus à partir de l'étude palynologique des carottes du lac Dom Helvécio sont en accord, également, avec les données géomorphologiques obtenues par Servant *et al.* (1989). Ces auteurs indiquent, en effet, un climat sec ou aride à l'Holocène ancien et des phases de sécheresse autour de 7 000, 4 400 et 1 300 ans B.P. Ces événements climatiques semblent toutefois plus marqués que dans la région que nous avons étudiée, probablement en raison de l'altitude nettement plus élevée (1 200 à 1 700 m contre 500 m à Dom Helvécio) et de leur position géographique plus au nord (17°15' à 18°25').

Conclusions

Les analyses palynologiques et sédimentologiques effectuées sur les carottes de sédiments lacustres du Parque Estadual do Rio Doce ont permis de confirmer que la formation des lacs de la vallée moyenne du Rio Doce

s'est produite entre 9 000 et 8 500 ans BP, au passage d'une période de climat sec et de végétation de *cerrado* vers un climat humide marqué par une végétation de forêt semi-décidue. Le lac Dom Helvécio n'a atteint son niveau actuel que vers 2 000 ans BP ; son évolution, par paliers successifs, semble liée en grande partie à des phénomènes tectoniques récents.

Ces analyses ont montré que le climat humide et la forêt semi-caducifoliée, qui se sont installés vers 9 000/8 500 ans BP, se sont maintenus jusqu'à l'époque actuelle, à peine affectés par des périodes un peu plus sèches vers 7 900-5 700, 5 000-4 000, 3 200-2 400 et 1 800-650 ans BP.

Ces résultats sont en accord avec la majorité de ceux obtenus dans la région. Ils apportent toutefois des précisions sur les variations climatiques qui ont eu lieu entre 5 000 ans BP et l'époque actuelle, période généralement peu détaillée par les différents auteurs précédents. Nous avons en effet enregistré trois phases de léger recul de l'humidité au cours de cette deuxième moitié de l'Holocène, marquées par un recul des éléments arborés au profit des éléments herbacés.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre des programmes de recherche « *Análise integrada de marcadores paleoclimáticos dos ambientes continentais e costeiros tropicais* », Accord CNPq (Brésil)/ORSTOM (France) n° 91 0011 ; ECOFIT (ORSTOM / CNRS) ; AIMPACT (ORSTOM-UR 12, Département TOA).

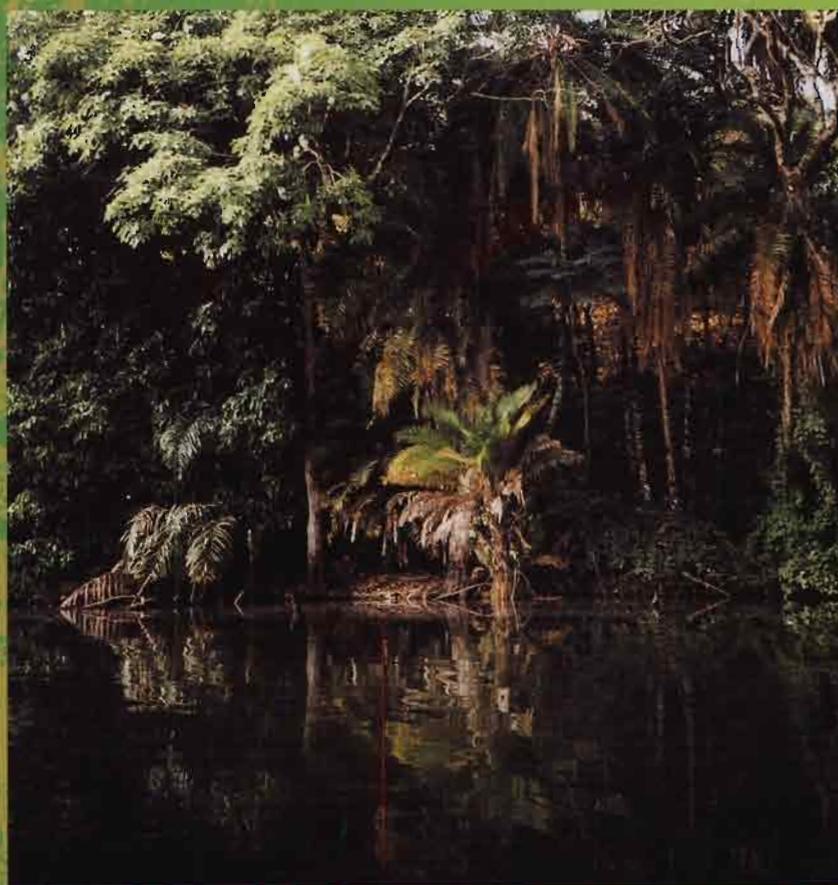
Références

- Barbosa, G. V. ; Kohler, C. H. 1981. O sistema lagunar do Parque Estadual do Rio Doce, M. G. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia (Núcleo de Minas Gerais)*, 2, 37-46.
- Behling, H. 1995. A complete Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil : Vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, 14 (3), 253-268.
- CETEC. 1981. Vegetação do Parque Estadual do Rio Doce. Programa de Pesquisas Ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce. *Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais*, 2, 285 p.
- Ledru, M. P. 1991. Étude de la pluie pollinique actuelle des forêts du Brésil central : climat, végétation, application à l'étude de l'évolution paléoclimatique des 30 000 dernières années. Thèse, Paris, 193 p.
- Ledru, M. P. 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, 39, 90-98.
- Meis, M. R. M. de. 1977. As unidades morfoestratigráficas neokuaternárias do Médio vale do Rio Doce. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 49 (3), 443-459.
- Meis, M. R. M. de ; Monteiro, A. M. F. 1979. Upper Quaternary « rampas » : Rio Doce Valley, Southeastern Brazilian plateau. *Zeitschr. für Geomorph.*, 23, 132-151.

- Meis, M. R. M. de ; Tundisi, J. G. 1986. Geomorphological and limnological processes as a basis for lake typology. The Middle Rio Doce lake system. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **58**, 103-120.
- Nimer, E. 1989. *Climatologia do Brasil*. IBGE, 421 p.
- Oliveira, P. E. de 1992. A palynological record of late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil. *Dissertation* The Ohio State University, 238 p.
- Overloop, E. van. 1981. Post-glacial to Holocene transition in a peatlayer of lake Jacaré (Rio Doce basin, Brazil). *Bull. Soc. belge de Géologie*, **90** (2), 107-119.
- Parizzi, M. G. 1993. A gênese e a dinâmica da Lagoa Santa com base em estudos palinológicos, geomorfológicos e geológicos de sua Bacia. Thèse, Belo Horizonte, Brasil.
- Pflug, R. 1969. Quaternary lakes of eastern Brazil. *Photogrammetria*, **24**, 29-35.
- Servant, M. ; Fournier, M. ; Soubiès, F. ; Suguio, K. ; Turcq, B. 1989. Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **309** II, 153-156.
- Suguio, K. ; Kohler, C. H. 1992. Quaternary barred lake systems of the Doce River (Brazil). *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **64**, 183-191.
- Turcq, B. ; Suguio, K. ; Ybert, J. P. ; Albuquerque, A. L. S. ; Cocquit, C. ; Kohler, C. H. ; Martin, L. ; Salgado-Labouriau, M. L. 1994. Évolution of lakes in the middle Doce River basin, Minas Gerais, Brazil. Résumé in : *14th International Sedimentological Congress*, **5**, 10-11.
- Ybert, J. P. 1992. Ancient lake environments as deduced from pollen analysis. In : C. Dejoux & A. Iltis Eds. *Lake Titicaca. A synthesis of Limnological knowledge*. Kluwer Academic Publishers. *Monographiae Biologicae*, **68**, 49-62.

Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux

MICHEL SERVANT, SIMONE SERVANT-VILDARY,
ÉDITEURS SCIENTIFIQUES



Les responsables d'édition adressent leurs sincères remerciements à
Christian Levêque, Samy Mankoto, Bernard Riéra et Léo Rona-Beaulieu.

Ouvrage publié avec le soutien de :

Centre national de la recherche scientifique, Programme Environnement,
vie et sociétés, 3, rue Michel-Ange, F-75016 Paris

UNESCO, 7 place de Fontenoy, F-75007 Paris
Programme sur l'Homme et la Biosphère (MAB)
Projet PNUD ZAI/97/001-ERAIFT

Ministère des affaires étrangères
Comité MAB France

IRD (Institut de recherche pour le développement),
313, rue Lafayette, F-75010 Paris

ISBN 92-3-203753-X
Mise en page : Valérie Herman
Impression : Imprimerie Jouve
Photo de couverture : Lac Tabéré, Adamaoua, Cameroun

© UNESCO 2000