



# DYNAMIQUE À LONG TERME DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS INTERTROPICAUX .....

Bondy 20 - 22 mars 1996

## MARQUEURS PÉDOLOGIQUES, SÉDIMENTOLOGIQUES ET GÉOCHIMIQUES DE PALÉOENVIRONNEMENT À SALITRE (MINAS GERAIS, BRÉSIL)

*François SOUBIÈS\**,  
*Jacques BERTAUX\*\**, *Francis SONDAG\*\**

*avec la collaboration de*

*R. BOULET, G. CECCANTINI, M. DELAUNE, B. DUPRÉ, A.M. FIGUEIREDO, J.P. FORTUNÉ,  
M. FOURNIER, M.P. LEDRU, P. MAGAT, A. MELFI, L. MARTIN, L. PESSENDA,  
M.E. SOLARI, B. TURCQ, J. L. VERNET, L. WENGLER*

### ❖ INTRODUCTION

Le site de la "Lagoa Campestre" de Salitre peut se définir comme un système "collecteur - récepteur" constitué par une dépression conique, kilométrique, semi-fermée, dont le fond est partiellement comblé de sédiments et l'alimentation exclusivement pluviale, sans réseau hydrographique organisé. Son intérêt majeur ne réside pas tant dans la couverture végétale actuelle, trop largement anthropisée, que dans l'archivage remarquable par les sédiments et les sols de celles qui l'ont précédée depuis un lointain passé (50 000 ans au moins). Quatre lignes de recherche y sont suivies:

✓ Retracer l'histoire de la couverture végétale et des climats qui l'ont contrôlée dans une zone bioclimatique clé du Brésil Central actuel qui est celle d'un contact "forêt semi-décidue - cerrado" et d'une limite Nord des advections polaires. Cette reconstruction s'appuie, avant tout, sur l'utilisation de marqueurs biologiques: pollens et macrorestes végétaux des sédiments et des sols et sur celle de la géochronologie ( $^{14}\text{C}$ , U/Th).

✓ Retracer celle des transferts amont (sols) → aval (sédiments) de matière ayant accompagné ces modifications de l'environnement, en s'efforçant de cerner dans la chimie et la minéralogie ou dans les matières organiques des sédiments et des sols des paramètres (marqueurs) fiables à tel ou tel état probable de l'environnement passé.

✓ Analyser le mode de fonctionnement actuel des différents compartiments paysagiques et leurs relations, en particulier au niveau des transports ou apports par les fluides, afin d'en extraire une évaluation critique des différents marqueurs paléoenvironnementaux identifiés ou utilisés.

\* ORSTOM, UR12, Laboratoire de Minéralogie, Université Paul Sabatier, ORSTOM UR 12, Toulouse

\*\* Laboratoire des Formations Superficielles, ORSTOM UR 12, Bondy

✓ Compte tenu de la nature particulière des substrats, évaluer les potentialités d'un tel site dans le domaine de la genèse de sites d'enrichissement supergène en certains éléments en traces d'intérêt économique en particulier les Terres Rares (TR).

Ces recherches ont été menées à partir d'études pluridisciplinaires des matériaux provenant d'une carotte prélevée dans les sédiments de la "Lagoa Campestre" (LC3), de nombreux sondages et fosses pédologiques et de relevés botaniques.

## ❖ LA MÉMOIRE DES SOLS

### MARQUEURS STRUCTURAUX

L'analyse structurale de la couverture pédologique à différentes échelles a conduit à la mise en évidence de différents états d'organisation reliables sans ambiguïté aux grandes crises climatiques passées enregistrées par les sédiments. La réalisation de profils topographiques radiaux a confirmé l'interprétation donnée à la rupture de pente courant à mi-hauteur sur le flanc Nord de la "Lagoa" que l'on peut considérer comme la cicatrice de mégaglisements de terrain.

L'étude des diverses séquences de sol a permis de découvrir un marqueur microstructural probable de ces mouvements de grande ampleur (volumes rouges compacts représentant les reliques du matériel fissuré lors des transferts de masse) et a confirmé la généralité du phénomène de fossilisation des dépôts tourbeux par des nappes colluviales à la jonction versants - tourbes. Cette fossilisation s'accompagne d'une dégradation progressive et d'un rajeunissement apparent des tourbes vers l'amont.

Des alternances de tourbes et colluvions semblent correspondre à l'alternance au cours du temps de climats "secs" (pluviosité concentrée sur une courte période ou irrégulière), raréfiant le couvert végétal et favorisant de ce fait l'érosion mécanique (ravinelements locaux à l'origine du dépôt de colluvions en bas de pente) et de climats "humides" (pluviosité mieux répartie), induisant un couvert végétal plus dense favorable à l'infiltration et à l'altération chimique et autorisant la croissance des tourbes, hypothèse cohérente avec différentes datations récentes. L'analyse structurale de la couverture pédologique a donc débouché, de façon assez inattendue, sur l'identification d'un marqueur précieux, car complémentaire des marqueurs biologiques, pour la reconstitution des paléoclimats régionaux et celle de l'environnement local.

L'étude pédologique a également confirmé la généralité du phénomène d'attaque chimique latérale et verticale du plancher des dépôts tourbeux. L'inflexion systématiquement observée dans ce plancher généralement cuirassé au contact versant - tourbes ne peut en effet, guère s'expliquer que par des départs de matière (élimination du substrat par hydrolyse des silicates, complexation de Fe, Al, ..) qui conduiraient à un enfoncement progressif du fond de la "Lagoa" et à son élargissement. Une vitesse d'enfoncement

de  $\pm 0,17$  mm/an a pu être estimée, en bon accord avec des estimations effectuées par d'autres auteurs dans des situations comparables.

### PALÉORESTES VÉGÉTAUX (MÉMOIRE BIOLOGIQUE)

La datation des charbons issus d'une fosse d'étude (LCCF1) a conduit à une constatation majeure: il existe un parallélisme assez remarquable entre l'augmentation de la fréquence des feux entre 6 000 et 3 000 ans BP et la diminution des taxons arborés dans l'enregistrement palynologique en LC3. Cette diminution s'accompagne aussi de modifications du spectre pollinique tendant à montrer un assèchement relatif du climat à cette époque. Les incendies répétés ayant affecté la région à l'holocène auraient donc une origine climatique et non anthropique et seraient à mettre en relation avec la "phase sèche holocène" diagnostiquée ailleurs et par d'autres méthodes dans le Brésil Central.

Une autre constatation tirée des datations des charbons est l'extrême régularité de la courbe de variation des âges avec la profondeur. Trois mécanismes sont susceptibles d'être invoqués pour expliquer l'enfouissement des charbons: recouvrement éolien, colluvial ou faunique. Le premier est invraisemblable compte tenu des données paléoclimatiques. La discrimination entre les deux autres n'est pas évidente, quoique l'absence de discontinuités dans le profil et son homogénéité minéralogique accrédi-teraient plutôt l'intervention de remontées de matériel par la faune que l'épandage de colluvions occasionné par le ravinement de sols dénudés après incendie. Dans les sols, on observe par ailleurs une grande régularité de la distribution des âges en fonction de la profondeur tout au long du versant dans les profils étudiés; la courbe de variation de la susceptibilité magnétique des matériaux est en d'autre part remarquablement en phase avec la courbe de fréquence des charbons dans la partie supérieure du profil. Ces observations semblent accrédi-ter l'hypothèse que c'est bien à l'activité de la faune du sol (mésafaune de type termites, fourmis, annélides..) qu'il faut attribuer l'enfouissement très régulier au cours du temps des débris calcinés, négligés sans doute parce qu'indigestes. La vitesse de cet épandage de matériel fossilisant (remontée et érosion) varie de 0,21 à 0,23 mm/an.

### ❖ LA MÉMOIRE DES SÉDIMENTS : MARQUEURS MINÉRALOGIQUES ET GÉOCHIMIQUES

Depuis un lointain passé, assez proche sans doute des 100 000 ans, bien des environnements se seront succédés sur le site de Salitre: forêt semi-décidue, forêt galerie, forêt à myrtacées, forêt à *Araucaria* y ont tour à tour occupé le paysage au gré de fluctuations climatiques gouvernées en partie par un forçage astronomique. Ces variations d'environnement ont également dû se traduire par des modifications des modes d'altération du substratum et de dispersion des produits en résultant.

Les recherches dans ce domaine ont porté sur les liens pouvant exister entre la chimie ou minéralogie des sédiments et les environnements successifs tels que l'analyse palynologique permet de les reconstituer.

### MARQUEURS MINÉRALOGIQUES

L'examen des courbes de variations minéralogiques (quartz, silice amorphe, kaolinite, gibbsite et anatase) au cours du temps montre que les changements d'environnement affecte le contenu minéral du sédiment. Durant le Pleistocène tardif, toutes les phases minérales varient à l'opposé du développement de la forêt et enregistrent donc les variations régionales de l'environnement. Le hiatus sédimentaire entre 28 000 et 17 000 ans BP est très clairement marqué par la minéralogie. A l'Holocène, la silice amorphe des phytolithes est la seule phase minérale représentée; à cette période, la quantité de phytolithes varie en phase avec le développement de la forêt.

### MARQUEURS GÉOCHIMIQUES

L'études des relations entre paramètres géochimiques et fluctuations de la végétation ont permis d'établir que :

✓ Deux phases d'apports détritiques fins importants se sont succédées au point de sondage LC3, phases auxquelles peuvent être reliées les distributions de nombreux éléments : Al, Si, Ti, Fe, Zn, Cr, Sr, Nb, TR dont la dispersion secondaire est donc essentiellement détritique, sans signal bio-géochimique fiable à tel ou tel type précis de végétation;

✓ Les Terres Rares, bien qu'étant globalement dispersées sous forme détritique, donnent au contraire des signaux biogéochimiques nets, en phase avec certains types de végétation. Cela implique que ce signal soit acquis (dans la rhizosphère ?) avant leur dispersion;

✓ Le cobalt apparaît comme un marqueur très précis d'un plan d'eau ± profond correspondant au développement d'algues;

✓ La distribution de quelques éléments (Cu, Ni, V...) ne peut être expliquée ni par les phases minérales principales, ni par l'environnement bioclimatique.

### ❖ LES FLUIDES

La découverte d'un signal biogéochimique sédimentaire net de paléocouvertures végétales donné par les Terres Rares nous a incité à nous pencher sur la dynamique des fluides et leur minéralisation. Entre les couvertures végétales environnantes et les sédiments il fallait, en effet, un "agent de transmission" qui ne pouvait guère être que les solutions de drainage et ce qu'elles véhiculent. Cette étude, qui déborde le strict cadre "ECOFIT", revêt deux aspects, outre le calcul du bilan (exportations et stockages) du système sédimentaire de Salitre à l'échelle du millier d'années:

✓ Caractérisation globale, multiélémentaire, à différents stades de leur itinéraire (amont et aval du piège constitué par la "Lagoa") et à différentes époques du cycle climatique annuel, des solutions et suspensions actuelles. Deux faits majeurs se dégagent actuellement :

◇ Les nappes véhiculent en solution des quantités non négligeables de Terres Rares;

◇ Un fractionnement des Terres Rares s'opère entre l'amont et l'aval des nappes et entre celles-ci et l'exutoire. Son origine pourrait être multiple: propriétés spécifiques des Terres Rares lourdes ou légères et de certaines Terres Rares, fixation sélective par les tissus végétaux, hétérogénéité des substrats, etc.

✓ Etude détaillée des modalités de transport et de piégeage de certains éléments en traces d'intérêt paléocéologique ou métallogénique (TR en particulier). Cette étude est focalisée sur certaines interfaces (sols / végétation, sols / sédiments, sédiments / fluides) et est autant du ressort de l'écologie (problème de la transmission et fossilisation des signaux géochimiques d'un écosystème) que de celui de la métallogénie (genèse de sites d'enrichissement supergène). Afin de cerner le rôle de l'appareil végétatif de différentes espèces végétales dans le stockage transitoire de certains éléments en traces particulièrement abondants à Salitre (TR, Zr, Nb, Ti,...) et d'intérêt potentiel comme marqueurs des modifications du tapis végétal, une campagne de collecte et analyse (tiges, feuilles, racines) d'espèces représentatives a été lancée en 93 et poursuivie en 94. Les premiers résultats montrent :

◇ L'importance du stockage des Terres Rares et de quelques autres éléments dans les feuilles de certaines espèces;

◇ L'existence d'une modification (fractionnement) du spectre des TR par rapport aux matériaux de départ (sols) et aux solutions qu'ils drainent.

# **D**YNAMIQUE À LONG TERME **DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS INTERTROPICAUX**

Paris, France 20 - 21 - 22 Mars, 1996

**symposium**

