



Bondy 20 - 22 mars 1996

FEUX, CLIMATS ET VÉGÉTATIONS AU BRÉSIL CENTRAL
DURANT L'Holocène : LES DONNÉES D'UN PROFIL DE SOL
À CHARBONS DE BOIS (SALITRE, MINAS GERAIS)

J.-L. VERNET*, L. WENGLER*, M.E. SOLARI*, G. CECCANTINI**,
M. FOURNIER***, M.P. LEDRU***, F. SOUBIÈS***

La Serra de Salitre est située à 30 km au sud-est de la ville de Patrocínio et à environ 350 km à l'ouest de Belo Horizonte). Culminant à 1150 m d'altitude, elle est formée par un dôme de roches sédimentaires primaires, dont des quartzites provoqués par une intrusion magmatique et percés par une cheminée de roches ultrabasiques dont l'altération rapide par rapport aux quartzites a formé une dépression interne actuellement occupée par une tourbière en cours d'atterrissement. Le sommet et les flancs de cette montagne au relief adouci sont recouverts par un épais manteau d'altérites rougeâtres.

Ce sont les travaux de géochimie conduit par F. Soubiès, suite à une prospection minière ayant révélé un très riche gisement de titane et de terres rares dans la dépression interne, qui ont entraîné des travaux de pédologie (F. Soubiès et R. Boulet) et la découverte de charbons de bois dans les fosses de reconnaissance pédologique. Dans l'une d'elle ouverte à quelques mètres d'une fosse déjà étudiée et prélevée par L. Pessenda et E. de Carvalho C. Telles (CENA, Piracicaba), placée à mi-pente vers la dépression interne, dans une parcelle de forêt actuellement exploitée par les charbonniers, nous avons procédé à des prélèvements de charbon de bois. Initialement, dans cette fosse, trois niveaux de concentration de charbon de bois ont été reconnus par F. Soubiès aux cotes 0-20 cm, 80-90 cm et 100-120 cm : ils ont fourni respectivement trois dates C14 : 300 ans AC, 4000 ans BP et 10 000 ans BP.

❖ VÉGÉTATION ACTUELLE

Il s'agit de forêts mésophytiques semi-décidues, de savanes (*cerrado*), végétations communes au Brésil central, appartenant plus exactement au sous-groupe des *savanna florestada* ou *cerradão* (Veloso et al., 1991), forme arborée dense du *cerrado*. Aujourd'hui, les formes ouvertes de ces végétations sont souvent le résultat des feux (Eiten, 1978). Les *cerradão* sont des forêts basses avec arbres de 10-15m, assez denses. Les Légumineuses et les Myrtacées occupent une place importante dans les strates arborées et arbustives. La flore des *cerradão* comporte, en général, des essences forestières telles que *Bowdichia sp.*, *Hymenaea sp.*, *Piptadenia incurialis* etc. (UNESCO, 1981).

Un relevé effectué entre la forêt et la tourbière de Salitre s'est montré riche en arbustes :

* Laboratoire de Paléobotanique, Environnement et Archéologie, URA 1477 CNRS, Université de Montpellier II, Institut de Botanique, case 052, 34095 Montpellier cedex

** Departamento de Botanica, Instituto de Biociencias, Universidade de São Paulo, CP 11461, 01000 São Paulo

*** ORSTOM, 32 avenue Henri Varagnat, 93140 Bondy

Clitoria sp., *Leandra* sp., *Miconia* sp., *Bauhinia* sp., *Copaifera langsdorfii*, *Xylopia aromatica*, *Erythroxylon* sp., *Byrsonima* sp., *Rudgea viburnoides*, *Dalbergia mischobium*, *Angira* sp., *Stryphnodendron* sp., *Cassia* sp., *Ocotea* sp., *Eugenia aurata*, *Cybastax antisiphilitica*, *Jacaranda* sp.. Enfin, dans le *campo cerrado* (savane arborée) à proximité de la tourbière, on rencontre *Caryocar brasiliensis* et des palmiers tel *Anthococum* sp., *Solanum leucocarpon*, etc.

❖ OBSERVATIONS GÉO-PÉDOLOGIQUES

L'examen de la coupe stratigraphique dans la fosse profonde de 2.6 m révèle un matériel très fin et argileux devenant encore plus argileux vers la base. On n'y observe aucune stratification apparente, et pas d'éléments détritiques grossiers. En fait, après tamisage à l'eau, seuls quelques grains de quartz millimétriques subsistent avec quelques nodules ferrugineux de même taille provenant, peut-être, du démantèlement partiel d'une cuirasse ferrugineuse enfouie dont quelques éléments ont pu être remontés par les animaux fouisseurs qui ont laissé de multiples empreintes dans ces altérites.

Les seules coupures visibles sur la coupe sont des limites diffuses d'horizons pédologiques discernables grâce à des changements de structure ou de couleur. La structure micro-agrégée domine dans les deux premiers mètres de la coupe et devient moins évidente ensuite à cause de la plus forte humidité du sédiment.

En fait, la fosse ne traverse que les horizons supérieurs d'un latosol où seuls sont visibles les horizons organiques et deux horizons B2 structuraux brun à brun rouge.

❖ LES CHARBONS DE BOIS

Sur la coupe, les charbons de bois apparaissent dispersés ; seule une très forte concentration occupant une grande surface, dont les limites nous sont inconnues, est présente entre 3 et 5 cm sous la litière. La présence de brindilles et de graines carbonisées, sans compter les autres fragments, indique visiblement les restes d'un incendie de forêt. Le niveau en question ne semble pas cendreuse et ne présente pas de rubéfaction ; il est fortement colonisé par les racines. Au dessous, la quantité de charbon diminue rapidement, et dès lors, il n'est plus possible de parler véritablement de concentration au sens où on l'emploie pour indiquer les restes provenant d'un niveau d'incendie, d'un feu localisé, d'un foyer ou d'une accumulation secondaire sous l'action des agents de transport. Seuls quelques charbons distants les uns des autres d'environ 10 cm ou plus peuvent faire penser à une concentration, qui, ne dépend en fait que de la maille d'observation et ne caractérise pas réellement une structure de combustion ou d'accumulation telle que nous en connaissons actuellement ; toutefois, il n'est nullement impossible que de telles concentrations existent en dehors de la fosse que nous avons ouverte.

Ces observations préliminaires faites, compte tenu de la tranche de temps actuellement cernée par les datations, il convenait de prélever systématiquement les charbons en décapant le sédiment par tranches de 10 cm sur une surface suffisante pour obtenir un échantillon *a priori* représentatif et étudiable sur le plan anatomique et floristique. La mesure du volume de sédiment prélevé a permis d'obtenir une courbe de fréquence de la teneur en charbon de bois dans ce sondage.

Pour réaliser cela, une surface de 1 m² fut décapée pour les 80 premiers centimètres et ensuite portée à environ 2,5 m², compte tenu de la rareté des charbons et de la difficulté pour travailler au fond. Le sédiment fut dans un premier temps tamisé à sec et les charbons prélevés manuellement dans le refus des tamis. En profondeur, l'humidité gênant cette manipulation, le sédiment fut transporté au bord du rio Salitre, à environ 15 km du sondage, tamisé à l'eau et les charbons récupérés par flottation et entraînement à l'eau. En tout, plus d'une tonne (810 l) de sédiment a été traitée.

Les travaux ont été arrêtés à 2,3 m de profondeur faute de temps, alors que les charbons sont encore visibles dans le bas de la coupe.

Cette séquence présente une répartition plus complexe qu'il n'était envisagé lors des prélèvements. En particulier, on peut noter un maximum important sur les 10 premiers centimètres, valeur qui ne sera plus jamais retrouvée dans les décapages plus profonds. Ceci est certainement à mettre en rapport avec des incendies récents dont on voit encore les traces sur la végétation. Les fréquences chutent ensuite pour atteindre un minimum vers 50-60 cm. A partir de là, les fréquences remontent pour atteindre un maximum plus ou moins dédoublé entre 120 et 150 cm et décroissent pour devenir très basses à 230 cm où le sondage a été arrêté.

❖ CHARBONS, FEUX ET POLLEN

Les nouvelles datations obtenues situent les charbons de bois dans l'Holocène moyen et récent :

Niveau 20-30 cm : 600 ± 40 BP (OBDY 1254)
Niveau 70-80 cm : 3160 ± 40 BP (OBDY 1255)
Niveau 100 cm : 3660 ± 90 BP (OBDY 1029)
Niveau 140-150 cm : 5840 ± 50 BP (OBDY 1252)
Niveau 180-190 cm : 6330 ± 60 BP (OBDY1250)

Ces dates présentent une bonne cohérence et sont de plus en plus anciennes avec la profondeur :

$y = 0,026x + 2,448$ avec $r = 0,982$ où y représente la profondeur en centimètres et x l'âge.

La courbe de variation des âges avec la profondeur que l'on peut tracer à partir des dates C14 est donc une droite. Elle suggère un enfouissement régulier des charbons à la vitesse de 0,26 mm par an. Comme des résultats très analogues ont été obtenus sur deux autres profils échelonnés en amont sur le même versant (Boulet, 1994), il ne semble pas que des phénomènes de colluvionnement puissent être à l'origine de cet enfouissement. C'est plus probablement l'activité de la faune du sol (termites) remontant des matériaux (phénomène de *turn over*) qui en serait responsable.

Par ailleurs, faute de charbons nombreux, l'extrême base atteinte par le sondage n'a pu être datée. Toutefois, compte tenu de la bonne régularité des dates, il est possible de calculer pour 230 cm, à partir de l'équation de la droite, une valeur de 8752 BP, ce qui place la base de la coupe très près du début de l'Holocène.

Les travaux palynologiques sur la tourbière de Salitre (LC3 : Ledru, 1993) ont mis en évidence pour l'Holocène, entre 9200 et 8000 BP au moins, un assemblage à *Araucaria*, *Ilex*, *Myroxylon*-type, parmi les pollens les plus significatifs. *Araucaria* notamment, atteint un peu plus de 10%. Ces taxons ainsi que *Symplocos*, *Podocarpus* et *Drimys* sont dominants, signant le développement de la forêt d'*Araucaria* que l'on associe à un climat frais et humide, sans saison sèche, et, des températures moyennes hivernales inférieures à 10°C. Puis, une forêt semi-décidue avec 2 mois de saison sèche se met en place entre 8500 et 6500 BP (zone pollinique IIIb, Ledru, 1993).

La séquence anthracologique de Salitre se place dans cette perspective. En effet, entre 6510 et 5560 BP (zone pollinique IIIa), les pollens d'arbres chutent pour atteindre des valeurs de l'ordre de 10%, fréquences qui se maintiendront pour remonter ensuite vers la fin du diagramme datée à 3000 BP. Le sol enregistre en même temps et *in situ*, comme les observations pédologiques l'ont montré, un fort accroissement de sa teneur en charbons de bois qui culmine à 5840 BP. Ces valeurs - qui passent de 0,06 g/l à 220 cm à 2,06 g/l à 140 cm - déclinèrent ensuite pour atteindre 0,1 g/l dans le niveau 20-30 cm antérieur à 600 BP. L'accroissement de la teneur en charbons coïncide avec la disparition d'*Araucaria* et *Drimys*, la forte décroissance de *Myroxylon*-type et de *Symplocos*.

L'arrivée d'une forte sécheresse d'au moins deux mois, démontrée par la disparition des *Araucaria*, la recrudescence des feux, sont corrélables avec l'extension de la forêt méso-phile semi-décidue comprenant des Mélastomatacées-Combrétacées, *Miconia*-type ainsi que d'abondantes Poacées. Le phénomène climatique a été enregistré ailleurs au Brésil (Servant *et al.*, 1989; Sifeddine *et al.*, 1994). En outre, une étude fine de la coupe pédologique de Salitre n'a pas révélé de traces d'artefacts anthropiques, ce qui renforce notre interprétation de feux vraisemblablement "naturels" indépendants de l'action de l'homme.

Jusque vers 3000 BP, les fréquences de pollens de Poacées resteront élevées et les Mélastomatacées-Combrétacées, quoique représentées en plus faibles proportions, demeureront notables. Ces résultats sont cohérents avec les données anthracologiques qui témoignent d'un ralentissement de la fréquence des feux jusque vers 3000 BP. Après

3000 BP et jusqu'à une époque toute récente - antérieure à 600 BP - les incendies atteignent leurs valeurs les plus basses. Des données polliniques nouvelles sur une autre carotte (lagoa campestre, LC 91/1, Ledru *et al.*, 1994) vérifient bien l'hypothèse que la période postérieure à 3000 BP a vu se reconstituer une végétation forestière. Les feux reprendront ensuite, vers 600 BP, pour s'intensifier au cours de notre époque pour les besoins de l'industrie du charbon de bois.

❖ APPORTS DE L'ANTHRACOLOGIE

Une étude a été réalisée sur près de 300 charbons de bois provenant des niveaux 90-100 cm, 140-150 cm et 180-190 cm. Ces niveaux ont été choisis pour essayer de mieux cerner la période d'incendies correspondant à une diminution importante des fréquences polliniques arboréennes.

Niveau 90-100 cm : 6 taxons ont été identifiés, l'essence principale est *Machaerium* de la famille des Légumineuses, caractéristique actuelle de la forêt semi caducifoliée à Salitre. Egalement une *Combrétacée* ou *Légumineuse*, un *Aspidosperma* (*Apocynacées*), *Qualea*, *Copaifera* et des *Euphorbiacées*.

Niveau 140-150 cm : Un taxon est majoritaire, une *Combrétacée* ou *Légumineuse* avec *Machaerium* et une *Lauracée*.

Niveau 180-190 cm : *Combrétacée* ou *Légumineuse*.

La faible richesse taxinomique montre que l'information nous donne une image ponctuelle, peut-être quelques arbres seulement. Néanmoins, malgré ces réserves, la confrontation des données anthracologiques et palynologiques permet d'isoler la séquence en deux ensembles.

Le premier concerne les prélèvements des niveaux 140-150 cm et 180-190 cm. L'abondance des *Combrétacées-Légumineuses* et la pauvreté taxinomique, récurrente sur deux niveaux, suggérerait une végétation de type relativement ouvert. Pour la période correspondant aux niveaux concernés, la palynologie enregistre des phases de sécheresse.

L'ensemble 2 concerne le niveau 90-100 cm. La plus grande abondance de *Machaerium* évoque la forêt mésophytique semi-caducifoliée présente actuellement à Salitre. On peut penser que la plus grande variété taxinomique de ce niveau est en faveur de cette formation semi-caducifoliée plus qu'à une savane. Mais on ne peut exclure une origine colluviale bien que la pédologie n'enregistre pas une phase de ce type.

❖ CONCLUSIONS

Il paraît maintenant très probable - mais il faudrait renouveler des travaux de ce type - que la sécheresse et le feu sont largement responsables de la mise en place des forêts semi-caducifoliées à Salitre, dans le centre du Brésil. L'action intense du feu, depuis l'Holocène moyen, aurait largement contribué à faire naître le paysage de savane. Même si l'action de l'homme était démontrée, elle ne pourrait être que secondaire, au contraire de ce que l'on a proposé (Lund, 1835; Loefgren, 1898). Les latosols sur lesquels se développent ces végétations représentent également un élément fondamental. D'une manière générale, la forêt intertropicale a bien été très largement affectée par la sécheresse et les incendies concomitants de l'Holocène moyen comme les travaux récents le montrent bien (Servant *et al.*, 1989; Sifeddine *et al.*, 1994). C'est la première fois que l'on peut aller plus loin dans cette démonstration grâce aux recherches conjointes en anthracologie et palynologie.

❖ RÉFÉRENCE

VERNET J.-L., WENGLER L., SOLARI M.-E., CECCANTINI G., FOURNIER M., LEDRU M.-P. ET SOUBIÈS F. : Feux, climats et végétations au Brésil central durant l'Holocène, les données d'un profil de sol à charbons de bois, Salitre, Minas Gerais. - *C.R. Acad. Sci. Paris*, 319, II : 1391-1397, 1994)

DYNAMIQUE À LONG TERME **DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS INTERTROPICAUX**

Paris, France 20 - 21 - 22 Mars, 1996

symposium

