

Relations entre la distribution des sols, les formes et l'évolution géomorphologique du relief dans la haute vallée du Rio do Peixe (Etat de São-Paulo, Brésil)*

Joël PELLERIN (1)

José P. de QUEIROZ-NETO (2)

RÉSUMÉ

L'analyse structurale détaillée à grande échelle (1/5000) d'un bassin élémentaire sur le plateau de Marília avait montré que le système latosol-sol à fort gradient vertical (sol "podzolique" variation Marília de la classification brésilienne) constitue un système de couverture en déséquilibre dynamique. En vue d'une généralisation, ce système de référence a été replacé dans son environnement immédiat (carte en courbes d'isodifférenciation à 1/25000 sur environ 15 km²). On a ainsi décrit des formes d'organisation nouvelles situées dans des positions géomorphologiques différentes dans le paysage.

Afin de transposer ces systèmes au niveau régional, il a été nécessaire de passer à des échelles de travail différentes. Les documents dont nous disposions montraient en effet que le système latosol-sol "podzolisé" représentait de vastes superficies sur les plateaux crétacés du Bassin du Parana et que les latosols existaient à l'ouest, au niveau des basses collines, tandis que disparaissaient les reliefs très contrastés de la région de Marília. Sur les images Radam et satellitaires, nous avons donc recherché vers l'ouest des sites possibles d'apparition des couvertures sans différenciation latérale. Les inventaires de terrain ont montré que lorsque le système de basses collines prend de l'ampleur (plus de 10 km de part et d'autre de la vallée du Rio do Peixe) et que le relief est moins disséqué, seules les couvertures latosoliques se développent, caractérisées uniquement par une transition latérale à des sols hydromorphes de fond de vallée. Il existe ainsi une bonne relation entre l'organisation des couvertures pédologiques et la forme et l'ampleur du relief sur lequel elles reposent. A partir d'une interprétation géomorphologique à petite échelle du Planalto central à substratum de grès, on dispose ainsi d'un modèle prévisionnel des types de séquences qui pourront être rencontrées ; la cartographie pédologique s'en trouve facilitée puisque, dans un secteur donné, et tant que la lithologie ne change pas, on peut prévoir le type de distribution des sols.

Des rapports ont aussi été mis en évidence quant aux vitesses et âges relatifs de développement des types de sols :

- les couvertures pédologiques micro-agrégées qui se trouvent aux divers niveaux du paysage dérivent d'une altération directe du grès ; elles sont relativement anciennes puisque recoupées par la dernière séquence d'érosion-accumulation, elle-même antérieure aux érosions-accumulations actuelles ;

(1) Centre de Géomorphologie du CNRS, rue des Tilleuls, 14000 Caen - France.

(2) Dep. Geografia FFLCH, Universidade de São-Paulo, CP 8105, 05508 São-Paulo - Brésil.

* Etude financée par CAPES/COFECUB (Projet 35/87), CNRS/CNPq, CCIInt-USP. Traitements images satellitaires : Inst. Oceanografico, USP, São-Paulo. Analyses minéralogiques : M.N. Le Coustumer, Centre de Géomorphologie, Caen.

– les sols "podzolisés", témoins du déséquilibre des couvertures pédologiques, peuvent, par contre, évoluer plus rapidement ; en effet, partout concordant avec la topographie actuelle, le système à fort gradient vertical a même pu se développer latéralement à partir des dépôts de la dernière phase de remblaiement.

MOTS-CLÉS : Brésil - analyse structurale - cartographie - relations morphogénèse-pédogénèse.

*RELATIONSHIPS BETWEEN SOIL DISTRIBUTION,
FORM AND GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF RELIEF
IN THE HIGH VALLEY OF THE RIO DO PEIXE (STATE OF SÃO-PAULO, BRAZIL)*

The results obtained using large scale detailed structural analysis on the Marília plateau showed that the system of latosols-soils with a high vertical gradient (podzolic soils of the Marília variety) is a pedological cover system in dynamic disequilibrium (Fig. 3).

First, with generalization in mind, the reference system has been replaced in the immediate environment ; an isodifferentiation map covering approximately 15 sq km and including the elementary basins of reference was drawn to the scale of 1 : 25000 (Fig. 4). The new forms of organization located in different geomorphological positions in the landscape were thus described.

Second, the use of different scales was necessary to find out to what extent, the overall knowledge derived from the systems studied was applicable to the rest of the landscape (Fig. 2). In fact, the documents used showed that the latosol-podzolized soil system represents vast areas on the Cretaceous plateaus of Parana Basin and that the latosols exist in the low hills to the West whereas the contrasting relief in the region of Marília is disappearing. Using Radam and satellite images, we therefore looked further West to find sites where soil cover without any lateral differentiation might be visible ; the field inventories have shown that it is only where the system of low hills widens out (more than 10 km on either side of the Rio do Peixe Valley) and where the relief is less dissected that the latosolic cover develops exclusively without any lateral transformation other than a hydromorphy at the bottom of the valley. A strong link can thus be noticed between the organization of pedological cover and the form and extent of the relief on which the soil cover are based. A small scale geomorphological interpretation then provides us with a forward-looking scheme of the sequence types that can be found for the Central Planalto region with a sandstone substratum ; the soil mapping is therefore facilitated since in any given sector and for a given lithology, potential soil distribution and types can be forecast.

Links were also established as regards speed and relative development ages of the different soil cover types (Fig. 5 and 6) :

– if the micro-aggregated soils that can be found at different levels of the landscape derive from a direct weathering of sandstone, they are relatively ancient since they were cut by the last erosion-accumulation sequence, which occurred prior to the present erosion-accumulation process ;

– the "podzolized" soils showing a disequilibrium of the soil cover may on the other hand evolve much more rapidly ; indeed, since the high vertical gradient system matches the present topography everywhere, it may even have developed laterally from the deposits resulting from the last stage of aggradation.

KEY-WORDS : Brazil - structural analysis - soil mapping - morphogenic relationship - pedogenesis.

INTRODUCTION

Les analyses structurales à grande échelle (1/5000) entreprises depuis une dizaine d'années dans la haute vallée du Rio do Peixe à Marília (État de São-Paulo, Brésil) avaient d'abord permis d'approfondir les mécanismes de transformation pédogénétique d'une couverture en déséquilibre (CASTRO, 1990). A des échelles différentes (du 1/25 000 au 1/250 000), les résultats présentés ici montrent qu'il existe de bonnes relations entre évolution des formes du relief et distribution des types de couvertures pédologiques. Les études fines permettent en effet d'établir des vitesses et âges relatifs de développement des sols confortant en les précisant les rapports entre morphogenèse et pédogenèse (TRICART et MICHEL, 1965).

La région de Marília se situe à 22°S, dans le Bassin du Paranã, sur le Planalto occidental de l'État de São-Paulo (Fig. 1). Le climat est de type tropical humide (Cwa de Köppen). Le haut bassin du Rio do Peixe recoupe la série crétacée des grès Bauru dont le faciès supérieur (Formation Marília) est à ciment carbonaté ; il s'encaisse ensuite dans la série immédiatement inférieure non carbonatée à passées silteuses (Formation

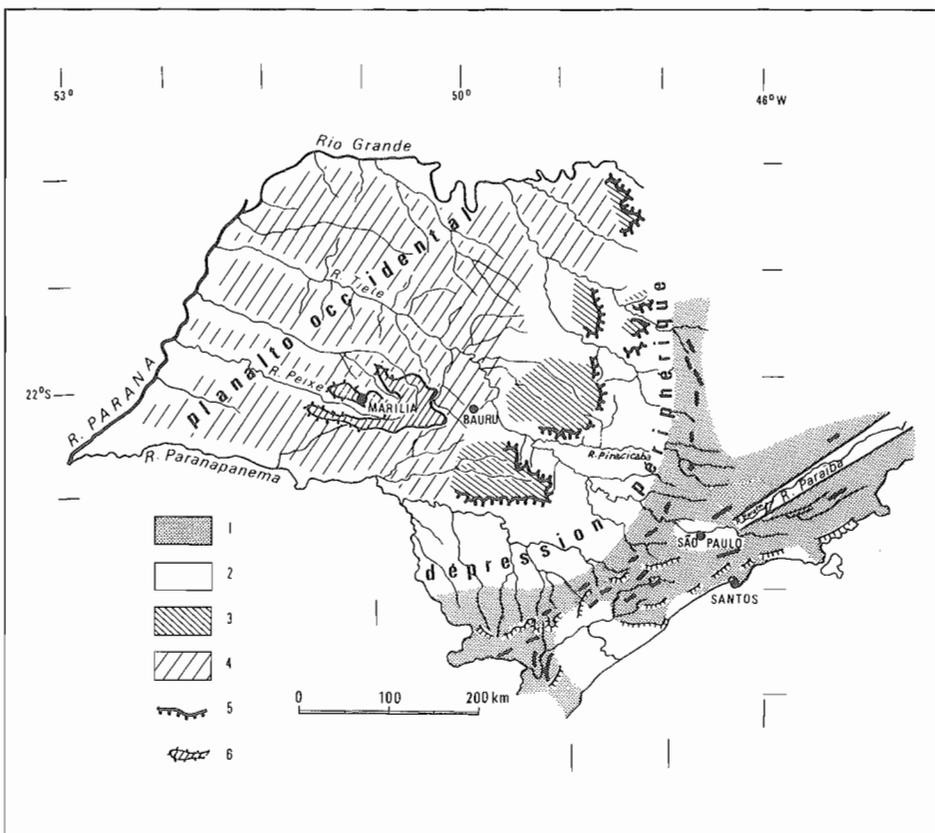


Figure 1 : Situation du Planalto de Marília dans l'État de São-Paulo

Location of Planalto of Marília in the State of São-Paulo

1. Massif ancien - 2. Zones déprimées - 3. Plateaux basaltiques - 4. Plateaux gréseux crétacés - 5. Cuesta - 6. Planalto de Marília.

Adamantina). Le relief se caractérise par l'existence d'un plateau culminant à 700 mètres d'altitude, dit Planalto de Marília, divisé en deux niveaux topographiques (I : 650-700 m : II : 600-620 m) et séparé d'un ensemble de basses collines (niveau III) par un escarpement de grès haut de 100 à 120 mètres ; son rebord très digité est découpé en amphithéâtres à parois verticales. Le réseau hydrographique actuel est lui-même encaissé de 20 à 30 mètres en contrebas des basses collines (JOURNAUX *et al.*, 1977).

Jusqu'à la fin des années 1970, les auteurs qui étudiaient la genèse du Planalto ont recherché des relations qui pourraient exister entre la nature des substrats géologiques et les types de sols. Ainsi, la carte des sols à 1/500 000 de l'État de São-Paulo (Comissão de Solos, 1960) affirmait que les sols à horizon B textural ("solos podzolizados Lins e Marília" (*)) se rencontrent essentiellement sur les grès à ciment carbonaté, tandis que les latosols rouge foncé se trouveraient sur grès non calcaires et matériaux d'épandage.

Les parties sommitales du Plateau de Marília, selon CARVALHO (1976) représenteraient les témoins d'une surface d'érosion mi-Tertiaire, recouverte par un matériel détritico à partir duquel se sont développés les latosols (niveau I). En pourtour (niveau II), les sols à horizon B textural recouvriraient un second niveau d'érosion considéré comme fini-Tertiaire et dont les horizons représenteraient une succession de matériaux remaniés. Enfin, les sols à horizon B textural des basses collines du Rio do Peixe (niveau III) seraient sur un niveau considéré comme Quaternaire moyen.

Les cartes géomorphologiques et des formations superficielles effectuées à la même époque (QUEIROZ-NETO et JOURNAUX, 1978) ont repris cette chrono-séquence relative basée aussi sur le degré d'altération des matériaux qui, cependant, étaient tous considérés comme liés à des remaniements : les stone-lines des altérations profondes et les "bandes ondulées" des horizons sableux de surface étant alors interprétées comme preuves de ces remaniements.

Il a fallu, à partir des années 1980, effectuer des cartographies à grande échelle et des études fines sur le plateau (Fig. 3) pour découvrir la filiation entre les sols et les substrats géologiques (Formation Marília) et démontrer que la couverture pédologique représente aussi un "continuum" latéral du sommet à la base des versants, formant un ensemble dynamique en relation avec l'évolution globale du paysage (FERNANDES-BARROS, 1985 ; CASTRO, 1990).

CASTRO (1990) a pu vérifier que l'altération de la roche produit directement un matériel micro-agrégé qui constitue la base du profil latosolique. Par ailleurs, cet auteur estime que la séquence latosol-sol "podzolisé" (ferrallitique lessivé) peut être considérée comme représentative d'une couverture en déséquilibre fonctionnel. Ce déséquilibre, sous la dépendance de l'enfoncement du réseau hydrographique, de la baisse concomitante de la nappe d'eau dans la masse du matériel micro-agrégé et de la soustraction des carbonates par altération, serait responsable de l'abaissement du relief de la périphérie du plateau : le niveau II situé à 600-620 mètres, soit 50 à 80 mètres en contrebas des points les plus hauts du plateau, serait ainsi en partie d'origine géochimique.

(*) La légende de la carte des sols à 1/500 000 de l'État de São-Paulo reconnaît la présence de 4 grands groupes : celle des sols à horizon B latosolique (oxisols, sols ferrallitiques typiques), celle des sols à horizon B textural (ultisols/alfisols, sols ferrallitiques lessivés), celle des sols peu évolués et celle des sols hydromorphes. Les B latosoliques regroupent différents types de latosols, dont les latosols rouge foncé phase sableuse (LEa) et les latosols rouge-jaune phase sableuse (LVa). Les sols à B textural regroupent quant à eux différents types de sols podzolisés rouge et jaune (Classification américaine de 1949), dont les sols "podzolisés" (ferrallitiques lessivés) de Lins et Marília ; la variété Marília est largement représentée dans la région (Pml).

Une séquence effectuée à la Fazenda União (voir situation sur Fig. 4), qui a permis d'étudier la base des altérations au contact du substrat gréseux, confirme l'existence de perte de matériau par voie géochimique. Dans cette séquence représentative des grands bassins suspendus au-dessus de l'escarpement majeur du paysage, le passage des horizons latosoliques au grès à ciment calcaire du substrat se fait par l'intermédiaire d'un contact régulier en poches d'altération profondes de quelques mètres, remplies par un matériau d'altération à structure micro-agrégée. Cette appréciation karstique semble être systématique sur le grès à ciment calcaire (Formation Marília) puisqu'on la retrouve dans toutes les tranchées de routes.

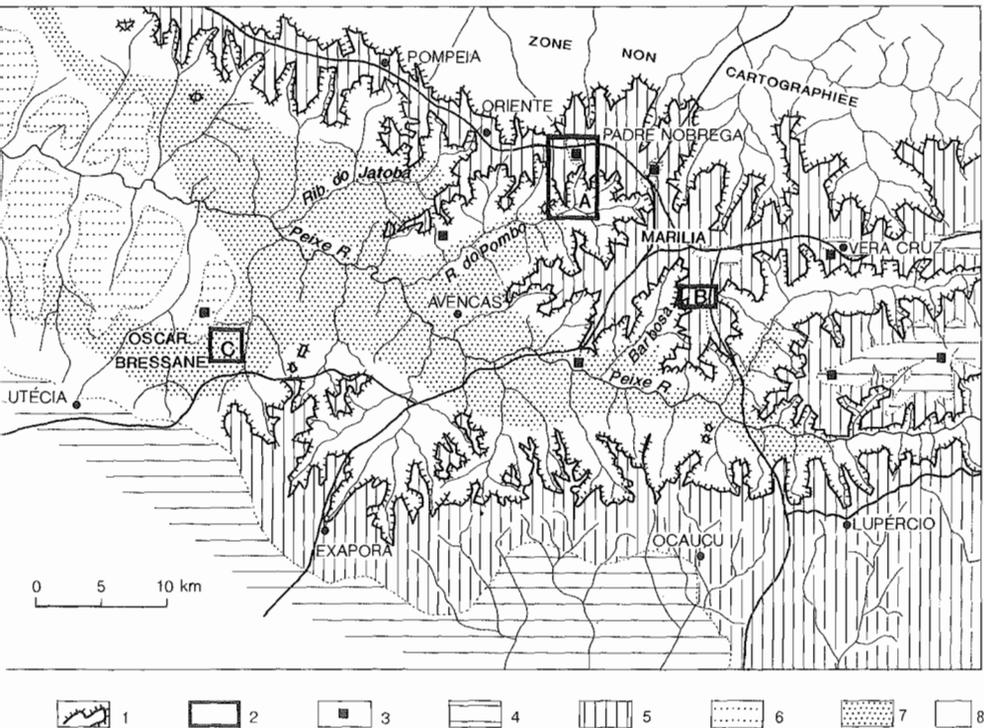


Figure 2 : Carte synthétique de l'extension des couvertures pédologiques en relation avec le relief dans la vallée du Rio do Peixe.

Map synthesizing the pedological cover extension in relationship with the relief of the upper Rio do Peixe valley.

1. Escarpements principaux - 2. Localisation des surfaces de référence (A : Padre-Nobrega ; B : Fazenda Santa-Ondina ; C : Oscar Bressane) - 3. Localisation des séquences de vérification - 4 et 6. Zones à couverture latosolique en équilibre sur collines amples (4 : plateau supérieur - 6 : niveau III) - 5 et 6. Zones à dissection moyenne à couverture en déséquilibre (5 : plateau - 7 : basses collines de pied d'escarpement) - 8. Zones à reliefs très différenciés avec affleurements rocheux et sols de type brunizem.

Restaient à prendre en compte les autres éléments du paysage ; escarpement, basses collines (niveau III) et passage aux latosols décrits plus à l'ouest sur ce dernier niveau, afin de voir s'il existait d'autres types de séquences et quelle était leur répartition dans le paysage. Pour cela, des séquences détaillées et une carte à 1/25 000 ont d'abord été effectuées ; un modèle prévisonnel des types de séquences établi à partir des éléments de base a été ensuite fait par photo-interprétation à petite échelle sur imagerie Radar (Documents du "Projeto Radabrasil" : Couverture du territoire brésilien par images Radar à 1/250 000) et satellitaire landsat Thematic Mapper (TM) ; il a été vérifié par sondages sur le terrain et a abouti à la zonation proposée sur la carte au 1/250 000 (Fig. 2).

A) ANALYSE STRUCTURALE DU BASSIN DE L'INVERNADA A 1/25 000 :

Formes diverses d'organisation en fonction du modelé.

1. Les organisations du plateau

Les séquences de référence du plateau de Padre Nobrega (FERNANDES-BARROS, 1985 ; CASTRO, 1990) et les cartes levées à 1/5 000 (Fig. 3) ont été replacées dans un ensemble plus vaste. On a ainsi suivi la répétition et l'ordre d'apparition et de disparition des caractéristiques principales des organisations pédologiques de référence.

A partir des points sommitaux, en direction des fonds de vallées secondaires et de l'escarpement gréseux, la couverture pédologique présente (Fig. 3 et 4) :

- sur le sommet et la partie haute des versants, des latosols (Fk) profonds à structure micro-agrégée (courbe d'isodifférenciation n° 1, Fig. 4) ;

- en haut de versant (voir coupe sur Fig. 3), un horizon BT argilo-sableux à structure polyédrique se développe progressivement à partir de la transformation de l'horizon micro-agrégé de la couverture sommitale (courbe 2, Fig. 4) ; s'individualise ensuite en surface un horizon E sableux de plus en plus appauvri en argile vers l'aval (courbe 3, Fig. 4). Verticalement, cette succession d'horizons représente le profil-type des sols à B textural, dits "podzolisés", variation Marilia. L'horizon sableux comporte des bandes ondulées plus argileuses, reliques du BT, ce dernier étant en voie de destruction permanente (CASTRO, 1990). A partir de mi-versant, une hydromorphie apparaît au contact E/BT ; c'est à ce niveau que, sous culture, apparaissent et se développent de très nombreuses ravines d'érosion ;

- à l'aval, la perte d'argile est quasi totale et l'hydromorphie liée à l'appartition d'une nappe d'eau située au contact de la roche altérée envahit tout le profil (courbe 4, Fig. 4) ; tous les caractères précédemment acquis disparaissent et le sol n'est alors plus constitué que par une masse sableuse hydromorphe reposant directement au contact de la roche altérée. La présence de la roche se manifeste par une rupture de pente ; à son aval, le modelé du versant inférieur est irrégulier et de nombreuses zones humides apparaissent dans le paysage, séparées par des affleurements de grès en petites corniches rocheuses. Une végétation hétérogène souligne ces contrastes locaux, ce qui permet d'identifier et de cartographier directement sur imagerie satellitaire la limite entre le système plus homogène de l'amont et le système localement hétérogène de l'aval (PELLERIN et HELLUIN, 1988).

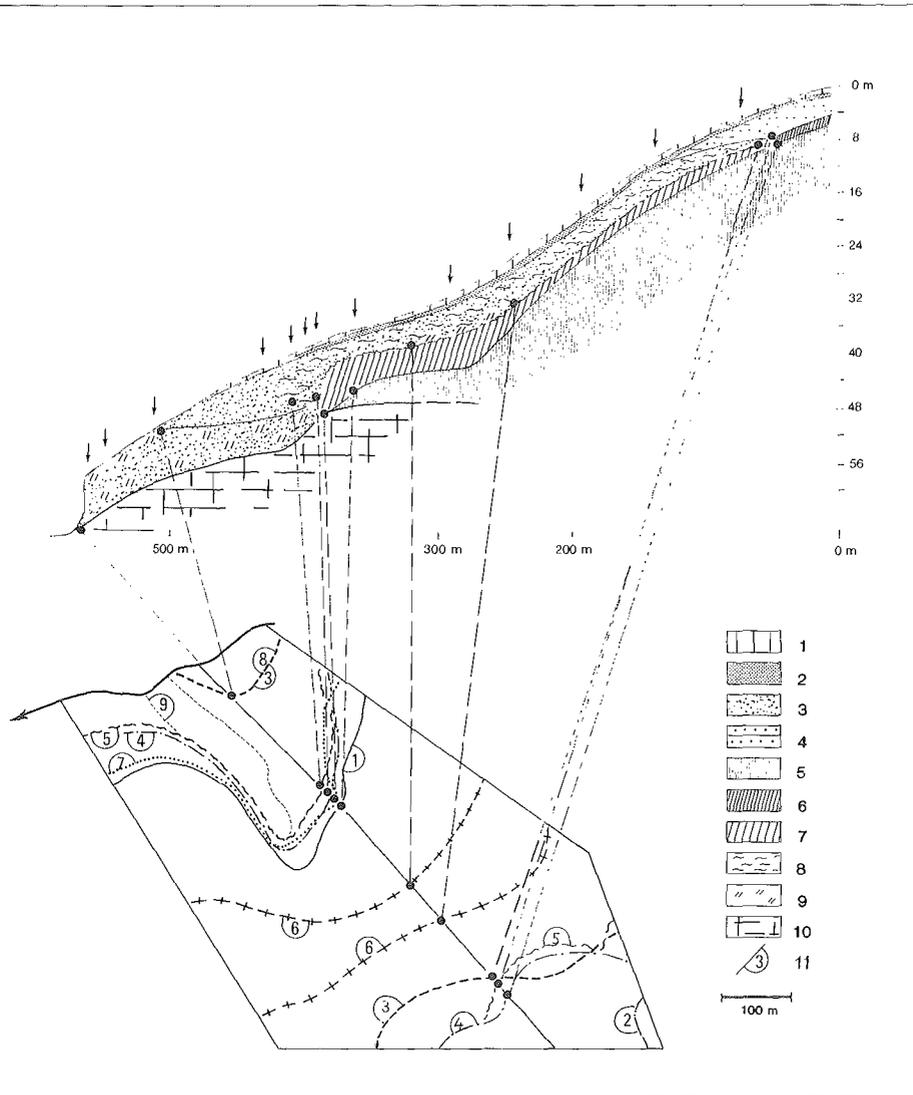


Figure 3 : Séquence-type et carte en courbes d'isodifférenciation d'un bassin-versant élémentaire de référence du plateau de Padre Nobrega.

Soil catena and isodifferentiation map of an elementary drainage basin of reference on the Padre Nobrega Plateau.

1. Horizon superficiel remanié - 2. Horizon E1 - 3. Horizon sableux à bandes ondulées (E2) - 4. Horizon de transition sablo-argileux - 5. Formation latosolique micro-agrégée (Fk) - 6. Horizon de transition (Fk-BT) - 7. Horizon argilo-sableux (BT) bien défini - 8. Bandes ondulées - 9. Hydromorphie - 10. Grès altéré à structure conservée - 11. Courbes d'isodifférenciation : le demi-cercle est dirigé dans le sens où existe l'horizon (1 : disparition aval de la formation latosolique Fk ; 2 : transition Fk-BT ; 3 : horizon E sableux ; 4 : horizon BT ; 5 : bandes ondulées ; 6 : hydromorphie du sommet du BT ; 7 : hydromorphie de profondeur ; 8 : hydromorphie dans tout le profil ; 9 : colluvions actuelles).

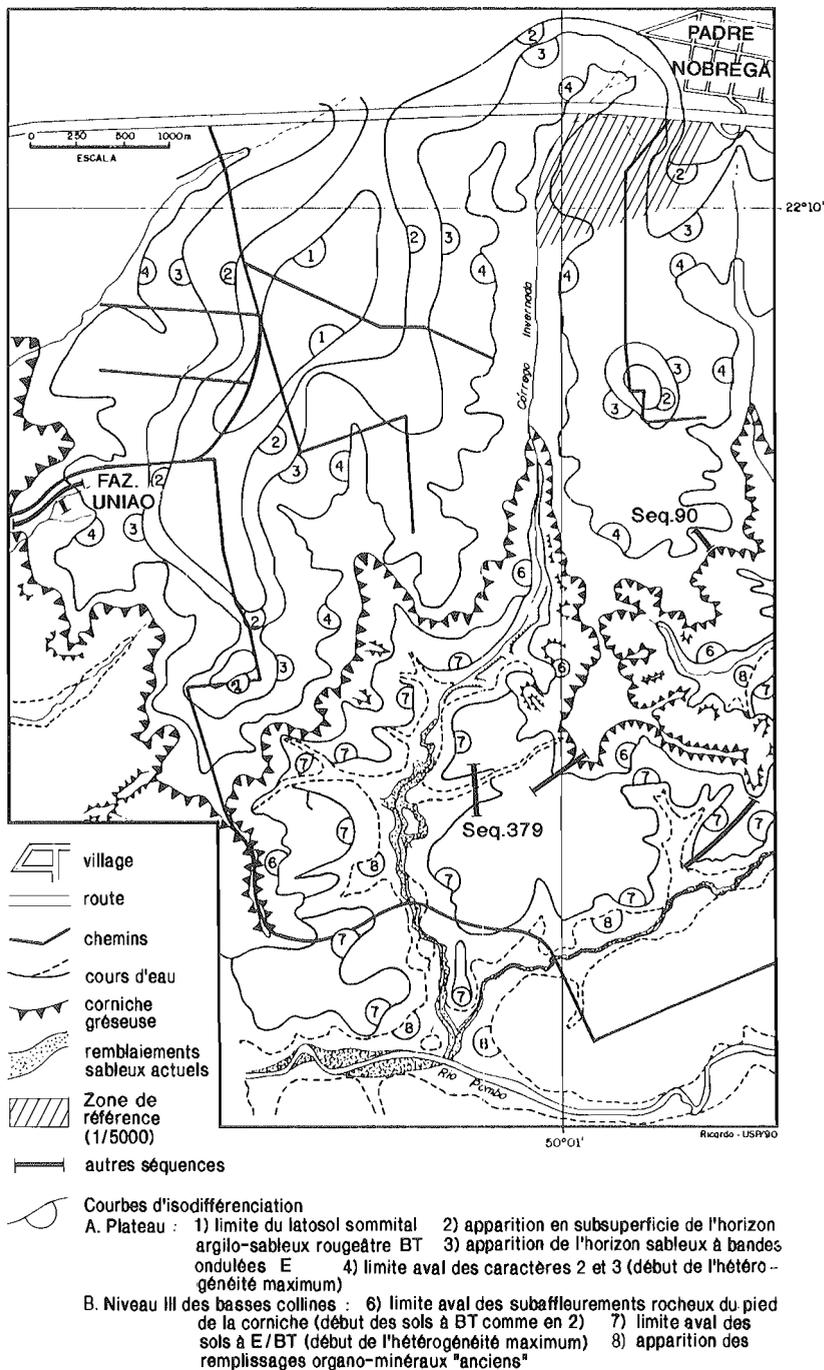


Figure 4 : Carte des courbes d'isodifférenciation de bassin de l'Invernada à Padre Nobrega.
Isodifferentiation map of the basin of Invernada at Padre Nobrega.

2. L'escarpement et les bas niveaux

a) L'escarpement

Entre les corniches verticales de grès qui ferment les amphithéâtres, les versants un peu moins raides sont recouverts d'un sol isohumique de type brunizem (QUEIROZ-NETO *et al.*, 1973) constitué d'un horizon d'épaisseur irrégulière de 0,20 à 0,60 m, sablo-argileux à structure grumeleuse, de couleur sombre 5YR 2,5/1 à 3/1), devenant parfois plus brun quand l'épaisseur dépasse un mètre au pied des ressauts rocheux.

La fraction argileuse est constituée de smectite quasi-exclusive, probablement héritée du grès à ciment calcaire, celui-ci contenant un mélange smectite-palygorskite.

b) Les séquences de pied d'escarpement (Fig. 4 et 5)

On y a étudié des séquences d'interfluves développées sur les basses collines (niveau III) et leur raccord avec des remplissages organo-minéraux de fond de vallée.

Au pied des escarpements ou des derniers affleurements rocheux, dès l'amont des séquences, les sols podzolisés (horizon sableux sur horizon argileux polyédrique) apparaissent en quelques mètres en aval des brunizems.

Les *interfluves* larges sont ainsi occupés entièrement par des sols à forte différenciation verticale (sols "podzolisés" variation Marilia) développés à partir de l'altération de la roche en couverture micro-agrégée ; les caractéristiques micromorphologiques et l'organisation du système ne sont pas très différents de celui du plateau.

Cependant, les horizons micro-agrégés n'apparaissent jamais en surface dans les amonts de séquence ; ils sont toujours en profondeur, à la base des sols podzolisés, au contact du grès altéré et leur épaisseur ne dépasse pas 3 à 5 mètres.

L'horizon sableux à bandes ondulées a une épaisseur moyenne supérieure à celle du plateau ; il atteint presque toujours 0,8 à 1,0 mètre d'épaisseur. L'horizon B textural est continu jusqu'à la rupture de pente où la présence de la roche altérée et de la nappe d'eau entraîne une hydromorphie responsable de la disparition des horizons précédemment acquis (courbe d'isodifférenciation n° 7, Fig. 4).

Par ailleurs, minéralogiquement, si l'ensemble de tous les horizons reste à kaolinite dominante (80 à 95%), cette kaolinite est mal cristallisée : les analyses effectuées dans le Bassin de l'Invernada confirment les résultats obtenus précédemment dans d'autres secteurs du niveau III du sud de Marilia (QUEIROZ-NETO *et al.*, 1973).

Les *remplissages organo-minéraux de fond* d'amphithéâtres et de vallées ont pu être étudiés en coupe et cartographiés (courbe 8, Fig. 4) dans le bassin inférieur de l'Invernada et dans plusieurs bassins voisins.

Ils font partout l'objet d'une intense érosion. Epais de 8 à 10 mètres en amont au pied des escarpements, de moins de 5 mètres en aval au confluent des vallées plus importantes (Rio Pombo, Fig. 4), ils reposent en discontinuité sur les grès plus ou moins altérés, ce qui implique une phase d'érosion importante antérieure à leur dépôt.

La stratification entrecroisée de ces remplissages essentiellement sableux atteste de leur origine fluviale. Ils incluent parfois des bancs de galets de grès roulés. Deux ou trois niveaux argileux noirâtres (10YR 3/1) sont intercalés dans ces sédiments. Ces niveaux à tendance hydromorphe contiennent 1 à 5% de matière organique et renfer-

ment toujours des pollens ; ils sont constitués de smectites (60 à 95%) héritées d'une part du grès de Bauru, d'autre part de l'érosion des brunizems des escarpements voisins dont ils ont gardé toutes les caractéristiques minéralogiques.

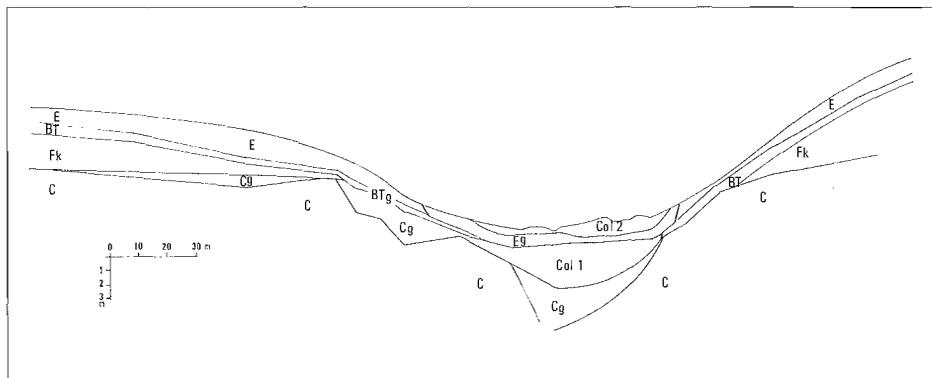


Figure 5 : Séquence transversale à un vallon de 1^{er} ordre, affluent du Corrego da Invernada, montrant les relations entre les horizons des sols et le remplissage organo-minéral des fonds de vallée (Padre Nóbrega, séquence 379).

Transverse sequence across a first order valley, tributary of the Corrego da Invernada, showing the relationship between the soil horizons and the valley bottom organo-mineral infilling (Padre Nóbrega, sequence 379).

E : Horizon sableux - 1. BT : Horizon BT sablo-argileux rouge - BTg : Horizon BT sablo-argileux hydromorphe - Fk : Horizon latosolique sablo-argileux - C : Roche altérée à structure conservée - Cg : Roche altérée sous hydromorphie - Col 1 : Remplissage organo-minéral - Col 2 : Dépôts sableux actuels.

La séquence 379 (Fig. 5), transversale à un petit affluent de l'Invernada, a été effectuée pour étudier les rapports entre les différents horizons de la couverture pédologique des basses collines et ses remplissages ; elle a montré (PELLERIN et QUEIROZ-NETO, 1991) que la couverture latosolique des basses collines (horizon Fk, Fig. 5) était recoupée par l'enfoncement du réseau hydrographique et donc en grande partie antérieure aux phases de creusement et de remblaiement organo-minéral des fonds de vallées.

La pédogenèse à tendance "podzolisée" s'est développée et continue probablement à se développer postérieurement au dernier grand creusement des vallées. Elle doit donc être considérée comme un processus actuellement en déséquilibre. En effet, les horizons sableux (E, Fig. 5) et sablo-argileux (BT et BTg, Fig. 5) sont continus jusqu'à proximité du remblaiement alluvial de fond ; toutefois, l'hydromorphie très importante dans la zone de transition avec ce dernier ne permet pas de dire si, sur les basses collines, cette pédogenèse est déjà antérieure au remblaiement lui-même.

3. Conclusion :

Les organisations pédologiques à l'échelle de l'ensemble du bassin-versant

Si on retrace l'ensemble des données apportées par l'étude des séquences précédemment décrites dans le paysage (Fig. 4), trois grands ensembles se dessinent nettement, caractérisés chacun par une distribution des systèmes de sols dont l'extension des unités est en relation directe avec le relief :

- Les surfaces sommitales du plateau caractérisées par une couverture latosolique micro-agrégée passant latéralement aux sols à B textural puis à un sol entièrement sableux hydromorphe (perte totale d'argile) ; les variations sont d'autant plus rapides que le relief est marqué.
- La surface du niveau inférieur découpé en une multitude de basses collines d'ampleur kilométrique caractérisée par des sols à horizon B textural recouvrant la totalité des interfluves. Cette couverture pédologique est également développée à partir de l'altération de la roche en matériau latosolique à structure micro-agrégée mais moins épaisse que sur le plateau (3 à 5 mètres). Celle-ci est antérieure aux épisodes de remblaiements organo-minéraux qui occupent les fonds de vallées.

Dans ces deux unités, les sols à forte différenciation verticale ont une extension dominante ; le remarquable parallélisme des courbes d'isodifférenciation avec la forme des versants montre bien que le déséquilibre est actuel et fonctionnel ; par contre, la couverture latosolique micro-agrégée est recoupée par l'enfoncement des vallées.

- Les zones à relief très contrasté (amont des vallées déjà encaissées sur le plateau avant le franchissement de l'escarpement par des cascades, escarpement à corniches gréseuses, vallées de pied d'escarpement encaissées dans le niveau de basses collines) présentent des sols litho-dépendants peu ou pas différenciés : séquences sableuses hydromorphes sur roche altérée, brunizens sur substrat gréseux carbonaté, remblaiements organo-minéraux.

A l'échelle du paysage, ces ensembles sont identifiés par leur texture (au sens des photo-interprètes) ; celle-ci est en effet visible sur images satellitaires et Radam. Il a été ainsi possible de passer à une phase de généralisation qui a abouti à préciser les limites spatiales des ensembles étudiés et le passage à d'autres unités morpho-pédologiques.

B) DISTRIBUTION DES SOLS ET ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE DANS LA HAUTE VALLÉE DU RIO DO PEIXE :

Généralisation à 1/250 000

A l'ouest de Marília au nord et de Ocaçu au sud, le Planalto est de plus en plus disséqué, jusqu'à se résoudre à une crête étroite. A une quarantaine de kilomètres de Marília, la surface des basses collines devient alors l'élément dominant du paysage, juste incisée par le réseau hydrographique actuel. Cet ensemble à modelé de collines amples (I.P.T., 1981 a) est, selon la carte des sols de l'État de São-Paulo (1960), recouvert par une couverture latosolique.

Afin de comprendre comment se faisait le passage entre les sols à forte différenciation verticale et cette couverture latosolique, nous avons prospecté une région d'environ 2 500 km² incluant les amonts et les avals des zones de référence étudiées précédemment et couvrant la haute vallée du Rio do Peixe de Garça à Lutécia (Fig. 2). Deux zones différenciées par leur relief ont fait l'objet de cartographies détaillées, le reste n'étant qu'échantillonné.

1. Le Planalto et la haute vallée du Rio do Peixe en amont de Marília

Entre Vera Cruz et Lupércio, l'élément morphologique dominant est constitué par l'amont du plateau supérieur de Marília ; il est entaillé par la double tête du Rio do Peixe, mais les vallées sont encore trop étroites pour qu'il y ait développement de relief

en basse collines. La couverture latosolique micro-agrégée occupe l'essentiel de la surface supérieure et il n'y a qu'en périphérie et sur une bande relativement étroite qu'elle passe, comme à Padre Nóbrega, à la couverture podzolisée en déséquilibre. des versants raides à corniches de grès carbonaté dominant directement les fonds de vallées à remblaiements sableux hydromorphes.

2. La région d'Oscar Bressane - Lutécia

On retrouve ici les principaux ensembles morphologiques décrits à Padre Nóbrega, mais l'ampleur des formes est différente :

- le plateau supérieur situé au sud de Lutécia est en continuité avec le plateau d'amont ; il présente les mêmes formes de relief et d'organisation de la couverture pédologique ;

- en contrebas, par contre, il y a modification progressive de la morphologie du paysage ; la surface qui est en continuité avec le niveau des basses collines (niveau III) atteint dix kilomètres de large de part et d'autre de la vallée du Peixe ; on passe alors, selon les critères de classification de l'I.P.T. (1981), d'un relief de "collines de taille moyenne" (surfaces de 1 à 4 km²) à un système de "collines amples" (surfaces supérieures à 4 km²). Dans ce dernier système, la densité de drainage est plus faible et les interfluves sont plus larges, avec des convexités plus accentuées et une dénivellation plus petite que dans le premier système. La forme des vallées est par ailleurs différente entre les deux systèmes : dans le cas des collines de taille moyenne, les vallées sont en U à fond plat, les versants présentent souvent des ressauts rocheux, ce qui donne un aspect contrasté au relief ; dans le système à collines amples, les vallées sont en V très ouvert, les versants sont réguliers et à faible pente (Fig. 6). cette distribution du relief et cette texture spatiale apparaissent clairement sur les compositions colorées faites à partir des images Landsat TM ; elles ont permis d'effectuer un zonage des grandes unités représentées sur la figure 2 et de choisir des sites-tests de vérification.

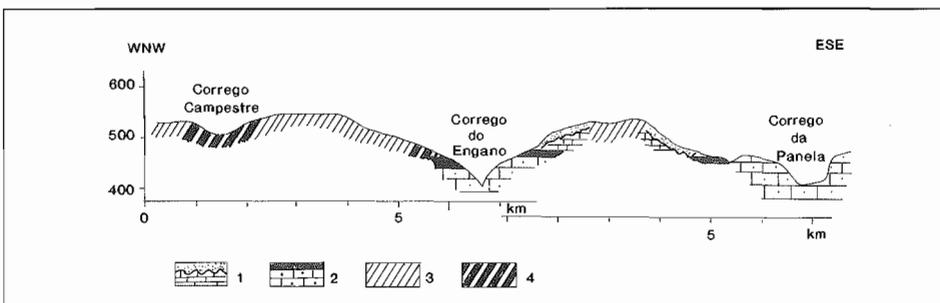


Figure 6 : Coupe montrant les relations entre les couvertures pédologiques et les formes du relief entre Oscar Bressane et Lutécia

Section showing the relationship between soil cover and relief forms between Oscar Bressane and Lutécia.

- 1 - Sols à horizon BT sur karst enterré
- 2 - Nappe d'eau au sommet des grès (Formation Adamantina)
- 3 - Latosols sur Formation Marilia (grès carbonaté) et Adamantina
- 4 - Sols hydromorphes.

Les levés effectués alors près d'Oscar Bressane (QUEIROZ-NETO et PELLERIN, 1991) ont montré que dans un paysage à relief contrasté de collines moyennes, le système d'organisation est celui d'une couverture en déséquilibre avec passage latosol-sol à horizon BT-sol sableux hydromorphe (séquence du Corrego da Panela au Corrego do Engano : Fig. 6).

Plus à l'ouest, entre les correjos do Engano et Campestre, la couverture latosolique micro-agrégée occupe la quasi-totalité du relief dans un paysage de collines amples, à réseau hydrographique lâche en vallons peu encaissés souvent secs en amont. Il n'y a que dans les vallons les plus importants qu'apparaissent des sols sableux gleyifiés liés à une hydromorphie de nappe (Fig. 6).

CONCLUSION SUR LES RELATIONS ENTRE SOLS ET MODELÉ

A l'échelle de 1/250 000, la haute vallée du Rio do Peixe, telle qu'elle apparaît sur la figure 2, est une zone déblayée par l'érosion remontante du Peixe, ouverte au milieu d'une région au relief peu accentué à couverture latosolique en équilibre. Au contraire des zones amont et aval, le bord et le fond de cette zone évidée sont plus disséqués et couverts de formations pédogénétiques en déséquilibre.

Si on fait abstraction des escarpements gréseux avec sols superficiels ou litho-dépendants pour ne s'intéresser qu'aux grands ensembles, l'analyse de la figure 2 fait en effet ressortir l'existence de trois domaines :

- une zone de plateau (parties est et sud) où la couverture latosolique occupe les superficies peu ou pas disséquées et passe à une couverture "podzolisée" en déséquilibre dès que le relief devient plus contrasté ;
- une zone de collines de taille moyenne où cette seule couverture en déséquilibre occupe la totalité des interfluves ;
- une zone située en aval de cette dernière où, sur un relief de collines plus amples que sur le plateau, réapparaît la couverture latosolique généralisée.

Il existe donc une bonne concordance entre les types de couverture pédologique et les différents modelés du paysage. Sur les reliefs les plus disséqués, comme le système de collines moyennes (I.P.T., 1981), apparaissent des couvertures avec transformation latérale B latosolique en B textural, puis hydromorphie : ces couvertures sont des formes de déséquilibre. Sur les reliefs moins disséqués, système de collines amples (I.P.T., 1981), les organisations latosoliques micro-agrégées recouvrent la totalité des paysages, avec seulement un passage sableux hydromorphe de bas de versant.

Nous avons donc pu mettre en évidence des âges relatifs pour l'évolution des couvertures pédologiques, mais nous n'avons pas encore de données suffisantes pour établir une chronologie absolue. L'élaboration du niveau III des basses collines est considérée dans la littérature comme tertiaire ; son âge ne pourra être établi qu'en relation avec l'évolution globale du Bassin du Parana. Les épisodes "récents" d'érosion-accumulation organo-minéraux sont encaissés dans ce niveau, mais les premières datations effectuées sur ces sédiments n'ont donné que des âges actuels qu'il convient de contrôler.

Deux faits importants sont maintenant établis grâce aux études fines :

- la couverture d'altération micro-agrégée est recoupée par les épisodes récents d'enfoncement du réseau hydrographique ;

- l'évolution de la couverture "podzolisée" qui a pu commencer avant les épisodes les plus récents est aujourd'hui continue et en déséquilibre dynamique. Reste à estimer sa vitesse d'évolution en fonction du contexte morphoclimatique.

Reçu pour publication : Mars 1992

Accepté pour publication : Septembre 1992

BIBLIOGRAPHIE

- CARVALHO A., 1976 - *Solos da região de Marília. Relações entre a pedogênese e a evolução do relevo*. Tese Doutorado, Univ. São-Paulo, FFLCH, Dep. de Geografia, 163 p.
- CASTRO S.S., 1990 - *Sistemas de transformação pedológica em Marília, SP : B latossolicos e B texturais*. Tese Doutorado, Univ. São-Paulo, FFLCH, Dep. de Geografia, 274 p.
- COMISSAO DOS SOLOS, 1960 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São-Paulo. Serviço Nacional de Pesquisas Agronomicas, Min. da Agricultura, 634 p.
- FERNANDES-BARROS O.N., 1985 - *Análise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília, SP : ensaio metodológico*. Dissertação Mestrado, Univ. São-Paulo, FFLCH, Dep. de Geografia, 146 p.
- I.P.T., 1981a - *Mapa geomorfológico do Estado de São-Paulo (Escala 1/1 000 000)*. Monografia 5. Instituto de Pesquisas tecnológicas, Est. São-Paulo, Div. Minas Geol. Aplic., 94 p., 5 tabelas, 1 mapa.
- I.P.T., 1981b - *Mapa geológico do Estado de São-Paulo (Escala 1/500 000)*. Monografia 6. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Est São-Paulo, Div. Minas Geol. Aplic., 126 p., 1 mapa.
- JOURNAUX A., PELLERIN J., COUTARD J.P., QUEIROZ-NETO J.P. et OZOUF J.C., 1977 - Recherches géomorphologiques sur le Quaternaire brésilien. Morphogénèse et pédogénèse dans l'État de São-Paulo. In : *Recherches Françaises sur le Quaternaire*, INQUA, 1977, Suppl. Bull. Ass. FR. Et. Quat., 1977-1, n° 50, 295-301.
- PELLERIN J. e HELLUIN M., 1988 - Análise estrutural e organização das paisagens : as pesquisas visando a generalização cartográfica. In : Act. XXI^e Cong. Brasil. Ciência do Solo, Campinas, 1987. "A responsabilidade social da Ciência do Solo", Simposio sobre a "A importância do conhecimento do organização da cobertura pedológica : a análise estrutural", 455-463.
- PELLERIN J. e QUIEROZ-NETO J.P., 1991 - Morfogênese e pedogênese no Corrego de Invernada (Marília, SP). 3° Cong. Ass. Brasil. Estudo Quaternario (Abequa), Belo-Horizonte, julho 1991 (sous presse).

- QUEIROZ-NETO J.P. and PELLERIN J., 1991 - Soils and relief on the high "Rio do Peixe" valley ; Oscar Bressane (São-Paulo State, Brazil). Communication au 13^e Congrès Inqua, Pékin, 1990.
- QUEIROZ-NETO J.P. et JOURNAUX A. (coord.), 1978a - Carta geomorfológica do vale do rio do Peixe em Marília, SP (escala 1/100 000) *Sedimentologia e Pedologia*. N° 11, Dep. Geografia, Univ. São-Paulo, Carte et commentaire bilingues.
- QUEIROZ-NETO J.P. et JOURNAUX A., (coord.) 1978b - Carta das formações superficiais do vale do Rio do Peixe em Marília, SP (escala 1/100 000) *Sedimentologia e Pedologia*, n° 10, Dep. Geografia, Univ. São-Paulo, Carte et commentaire bilingues.
- QUEIROZ-NETO J.P., CARVALHO A., JOURNAUX A. e PELLERIN J., 1973 - Cronologia de alteração dos solos da região de Marília, SP. *Sedimentologia e Pedologia* N° 5, Dep. Geografia, Univ. São-Paulo, 52 p.
- QUEIROZ-NETO J.P., 1969 - *Interpretação dos solos da Serra de Santana para fins de classificação*. Tese Doutorado, Esc. Sup. Agricultura "Luiz de Queiroz", Univ. São-Paulo, 136 p.
- TRICART J. et MICHEL P., Morphogenèse et pédogenèse. 1. Application méthodologique : géomorphologie et pédologie. *Science du Sol*, 2, 149-171.

