

**UTILISATION DE L'ANALYSE MORPHOSTRUCTURALE DANS LES
RECHERCHES AGROPEDOLOGIQUES DEVELOPPEES DANS LES
CERRADOS DU BRESIL CENTRAL
UN EXEMPLE D'APPLICATION: LE SEMIS-DIRECT SUR LA PAILLE
COMME SYSTEME CULTURAL ALTERNATIF VIABLE**

BLANCANEUX PHILIPPE* et FREITAS PEDRO LUIZ DE**

**ORSTOM, MAA/UR3D. EMBRAPA/CNPS, BRESIL.*

***EMBRAPA/CNPS, Rua Jardim Botânico, 1024, 22460-000 Rio de Janeiro, BRASIL*

RESUME

Le programme de recherche mené par le Centre National de Recherche du Sol (CNPS/EMBRAPA), en coopération avec l'ORSTOM, vise à une production agricole soutenue dans les Cerrados du Centre-Ouest du Brésil. L'objectif principal est de fournir des recommandations techniques de pratiques culturales alternatives permettant de maintenir ou d'accroître la productivité du sol, basées sur l'étude détaillée de sa structure sous conditions naturelle et anthropique, de façon à comprendre les relations existant entre les conditions structurales du sol, la croissance des racines, les rendements des cultures et le retour économique de ces dernières aux fermiers et à la société.

L'analyse morphostructurale du sol sous différents systèmes (conventionnel par pulvérisateur à disques, lourd, autoporté, et de systèmes alternatifs récemment introduits, avec des charrues à disques ou à socs permettant un labour profond, ainsi que du Semis-Direct), nous permet de montrer, qu'après correction de la fertilité chimique des sols ferrallitiques, l'utilisation du Semis-Direct présente de nombreux avantages par rapport aux autres systèmes culturaux dans les conditions actuelles du "Cerrado".

MOTS-CLES: Analyse morphostructurale - Cerrados - Bresil - Semis-Direct.

SUMMARY

The research program developed by the National Soil Research Center (EMBRAPA/CNPS), conducted in cooperation with the ORSTOM is diverted towards with the sustainability of agricultural production in the "Cerrados" of Center-West Brazil. The main objective is to produce technical recommendations of alternative practices to maintain and increase soil productivity, supported by the detailed study of its structure under natural and antropic conditions, in order to understand the relationship between soil structural conditions, root growth, crop yield and return to farmers and society.

Morphological analysis of the soil structure, after applying different systems (conventional with heavy disk harrow, and recently introduced alternative, with deep molboard or disk plows, scarification and no-tillage), allowed us to show that, with the chemical deficiencies of oxisols amended, the utilization of the No-Tillage system generates many advantages under the conditions present in the "Cerrado" area.

KEYWORDS: Morphostructural analysis - Cerrados - Brazil - No-Tillage.

INTRODUCTION

La description de l'approche méthodologique utilisée pour les recherches agropédologiques dans les Cerrados du Brésil Central a fait l'objet d'une publication lors de la première Réunion du groupe thématique "*Structure et Fertilité des Sols Tropicaux*", du 06 septembre 1993 (Blancaneux, Ph. et al, 1994).

Nous rappelons que l'évaluation des modifications de l'**ETAT STRUCTURAL** du sol rend nécessaire le développement et l'adaptation de méthodologies qui permettent la caractérisation des différents facteurs limitants la croissance des racines et la production des cultures, de manière intégrée, multidisciplinaire et "holistique", avec une vision agroécologique.

Cela est rendu possible par l'analyse morphostructurale du sol, qui consiste en l'association de différentes méthodologies compartimentées dans les diverses spécialités de la pédologie, de forme systémique (Blancaneaux Ph. et al, 1991, 1993).

L'étude des systèmes alternatifs, y compris celui du Semis-Direct sur la paille, s'inclue dans un vaste programme de recherche sur les modifications structurales et de comportement physico-chimique des sols des Cerrados. Il est conduit en plusieurs sites représentatifs de l'Etat du Goiás, qui sont localisés à Goiânia (Station Expérimentale de l'EMBRAPA/CNPS-EMGOPA), à Rio Verde, Jataí, Morrinhos (Stat. Exp. EMGOPA et Microbassin versant pilote). Les observations sont également faites, directement dans des propriétés privées avec l'aide des propres producteurs ruraux. Ces études visent à l'observation et à la comparaison de différents systèmes de préparation du sol et de gestion des cultures (succession, rotation, association), conventionnels ou alternatifs, sous irrigation ou non.

Nous présentons ici un exemple d'application de notre méthodologie pour l'étude du Semis-Direct sur la paille de la culture antérieure. Les résultats obtenus montrent que cette technique peut être une pratique culturale alternative viable pour la mise en valeur des Cerrados, permettant une production agricole soutenue, économiquement rentable et surtout conservatrice d'un environnement fragile et facilement dégradable.

MATERIEL ET METHODE

Dans le travail présenté ici, l'application de notre méthodologie est réalisée dans l'étude de systèmes de préparation de sol sous irrigation par aspersion (Pivot Central).

Les différents systèmes de préparation du sol testés sont: a) "Grade Pesada" ou système conventionnel (GP) qui consiste en une préparation du sol par Pulvérisateur à disques, lourd, autoporteur, suivi de deux pulvérisations légères; b) labour profond par préparation avec charrue à disques, puis passage de charrue à socs, suivis de nivellement (AP); c) Semis-Direct (PD) sur la paille de la culture précédente, après correction de la fertilité chimique du sol; d) succession de préparation Labour Profond (AP), Semis-Direct (PD), ou (AP/PD).

La succession des cultures testée est le maïs (*Zea mays* L.) en été et le haricot (*Phaseolus vulgaris*) en hiver. L'expérience est menée dans des parcelles de 40 x 15 m, avec trois répétitions, sur les sols ferrallitiques rouges, fortement désaturés en B ("Latosolo Vermelho-Escuro"), argileux, de la station expérimentale de Goiânia, sols très représentatifs des Cerrados de la région Centre-Ouest du Brésil (Blancaneaux Ph. et al, 1993).

Notre méthodologie se base sur les techniques du **Profil Cultural** (Henin S. et al, 1969; Gautronneau Y. et Manichon H., 1987), complétées par des déterminations analytiques diverses de la qualification et de la quantification de la structure du sol. Aux observations qualitatives de l'organisation structurale du sol, réalisées durant la description du profil, sont associées un certain nombre de déterminations physiques tant sur le terrain qu'au laboratoire, permettant l'analyse et la discussion des modifications qui se produisent dans le sol. De la même manière, sont évalués les constituants et les propriétés chimiques et biologiques du sol.

Les résultats sont rapportés à la productivité des cultures pour chaque traitement, ainsi qu'aux rendements économiques de ces dernières.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la **productivité** et du **rendement économique** pour les cultures de maïs et de haricot, réalisée pour les quatre traitements sélectionnés (Figures 1 et 2), montre que le système continu par Semis-Direct et la succession Labour Profond (été) et Semis-Direct (hiver) sont viables pour les zones irriguées par aspersion.

Les **rendements** en maïs (Figure 1) sous les différents traitements appliqués durant les quatre années montre une réponse irrégulière, due à des raisons climatiques (saison sèche durant différents stades de croissance de la culture). Pour le haricot (Figure 2), sous l'effet de la régularité du régime

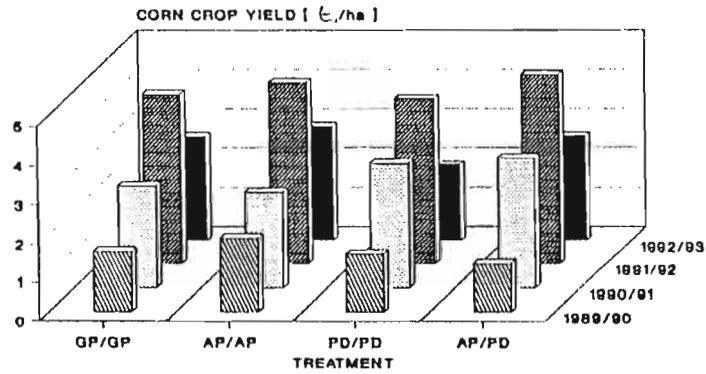


Figure 1. Crop yields, in t/ha, for summer corn (*Zea mays* L.)

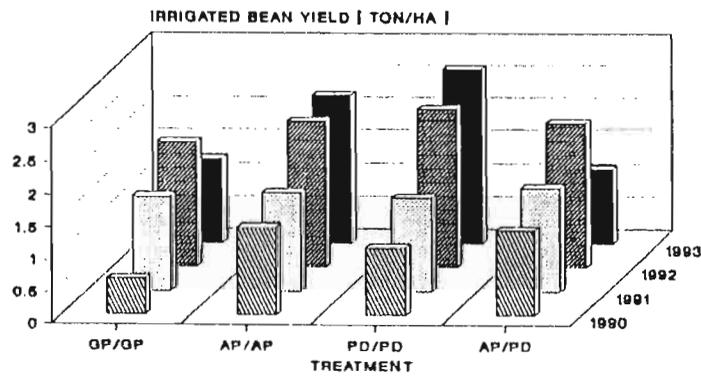


Figure 2. Crop yields, in t/ha, for irrigated beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

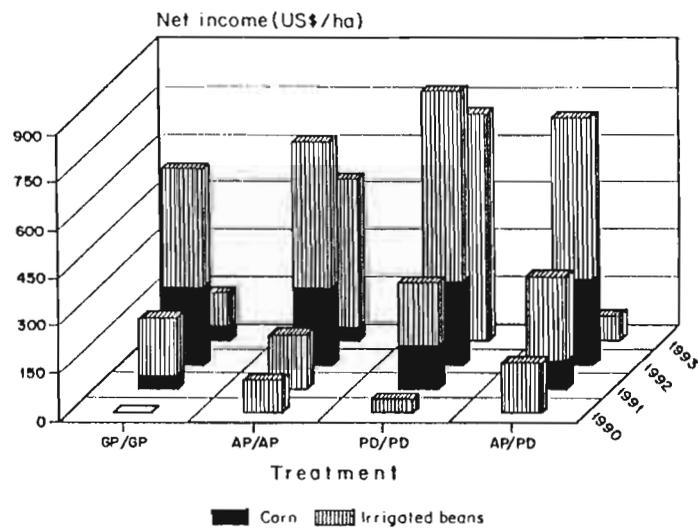


Figure 3. Annual basis net income (In US\$) for corn and irrigated bean crops.

Figure 4 . Morphological analysis of soil structure in a Clayey Dark-Red Latosol under 4 different continuous tillage systems for irrigated bean crop (winter, 1992).

TREATMENT:	HEAVY DISK HARROW [GP/GP]	DEEP MOLDBOARD PLOW [AP/ AP]	NO TILLAGE SYSTEM [PD/PD]	MOLDBOARD PLOW / NO-TILL SEQUENCE [AP/PD]
Horizon Sequence:	Ap ₁ /Ap ₂ /ARp/BA/Bw ₁	Ap ₁ /ARp/BA/Bw ₁	Ap ₁ /Ap ₂ /ARp/BA/Bw ₁	Ap ₁ /ARp/BA/Bw ₁
Plow Layer Depth:	28 cm	25 cm	24 cm	25 cm
Depth of Organic Matter Influence:	28 cm	47 cm	24 cm	75 cm
Surface Crop Residues abundance:	a few	very few	many	many
Org. Residues in Plow Layer:	common/few	few	many, to common in Ap ₃	many, to common in Ap ₃
Soil Structure:				
- Plow Layer:	rounded crumbs and sub-angular blocky	rounded crumbs and sub-angular blocky	rounded crumbs and sub-angular blocky	rounded crumbs and sub-angular blocks
- Deep Layers:	subangular blocky (sub-angular blocky)	subangular blocky (fine granular)	subangular blocky (fine granular)	subangular blocks (fine granular)
Porosity				
- Plow Layer	very porous	very porous, fine/medium	very porous, macropores	very porous
- Deep Layers:	very porous (macropores)	very porous	very porous, inter/intra-aggregates	very porous
Consistency				
- Plow Layer:	slightly hard, friable	soft, friable/firm	soft, friable	soft, friable
- Deep Layers:	slightly hard, friable	slightly hard, friable	soft, very friable	slightly hard, friable
Roots:	concentrated in plow layer, vertical, fines	concentrated in plow layer, vertical, deep tap roots	high abundance in plow layer, very common in depth	many in plow layer, common in depth
Biological Activity:	very frequent in the profile (earthworms/termite)	very frequent in plow layer, few/common in depth (termites)	very frequent in plow layer and in depth	very frequent in plow layer and common in depth
Observations:	compacted layer, without restriction to root growth	compacted layer, without root growth resistance	vestiges of tillage (moldboard plow), previous to the experimentation	superficial layer pulverized (exposing and/or machines); org. matter to 75 cm
Root Growth:	more than 80 % of bean root system in Ap ₁	tap rooted, weakly fasciculated, few nodules	extremely abundant in Ap ₁ , with abundant nodulation	concentrated in the top of ARp layer, tap rooted, horizontal bellow in and bellow AR.

hydrique en condition d'irrigation, une augmentation constante des rendements est observée pour le Semis-Direct.

Considérant les quatre traitements, les meilleures performances pour le maïs et le haricot ont été toutefois observées pour le système (AP/AP), suivis du système mixte (AP/PD), puis du Semis-Direct (PD/PD). En ce qui concerne le **profit net** (Figure 3), calculé à partir des coûts en main d'oeuvre, préparation du sol, irrigation, herbicides, pesticides, fertilisants etc., le Semis-Direct montre la meilleure performance pour le haricot, suivi de la séquence (AP/PD), avec des profits nets de 860 US\$ et 714 US\$ par hectare respectivement, pour l'année agricole 1991/92.

L'**analyse morphostructurale** du sol dans les traitements sélectionnés (Figure 4) permet de déduire que le Semis-Direct présente plusieurs avantages par rapport aux autres systèmes culturaux, parmi lesquels: le maintien d'une bonne condition structurale du sol et le contrôle de l'érosion; une forte macroporosité et une bonne distribution de la taille des pores; un bon drainage interne et une faible susceptibilité à l'érosion et à l'encroûtement superficiel; une forte activité biologique et une grande variété de la faune du sol qui favorisent une incorporation profonde de la matière organique et une bonne pénétration des racines.

Les déterminations physiques, chimiques, biologiques et morphologiques réalisées sont aussi détaillées que possible et considèrent entre autres, la structure (macro et micro), la matière organique, l'activité biologique, le développement et l'orientation du système racinaire et la porosité (macro et micro). Elles sont réalisées par différentes techniques (micromorphologie, rétractométrie, porosimétrie au mercure...). Une partie de ces résultats sont présentés ici.

La Figure 5 montre la **distribution des volumes de solides et de vides** pour les différents intervalles de taille équivalente des pores sous les différents traitements appliqués (GP/GP, AP/AP, PD/PD, AP/PD). Le principal réflexe du tassement des couches superficielles observé et de l'augmentation de la densité, réside dans la diminution significative du volume de macropores ($> 50\mu$) et de micropores dans l'intervalle 3 à 50μ , responsables respectivement, du mouvement et de la disponibilité en eau.

La figure 6 montre le **spectre de porosité** obtenu à partir de l'intrusion de mercure sous traitement conventionnel (GP/GP) et Semis-Direct (PD/PD); on constate une diminution globale du volume des pores des horizons supérieurs des deux traitements par rapport à l'horizon de profondeur microagrégé Bw; toutefois, cette diminution est nettement moindre dans le cas du Semis-Direct.

La Figure 7 montre la **stabilité des agrégats** (cinétique de dégradation sous eau). Une forte stabilité structurale des agrégats de diamètre supérieur à 2mm est observée pour tous les traitements. Le système conventionnel (GP/GP) montre néanmoins une stabilité moindre dans l'horizon Ap2, tassé. En général, le système du Semis-Direct (PD/PD) et la séquence (AP/PD) offrent une meilleure stabilité. Ces résultats sont à rapporter aux conditions structurales, aux plus fortes teneurs en matières organiques, et, à la très forte activité biologique observée dans le traitement par Semis-Direct.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATION

Les résultats obtenus dans cette expérience sont régulièrement présentés à la communauté scientifique et aux différents responsables brésiliens pour la mise en valeur rationnelle des sols des Cerrados (Blancaneaux Ph. et al, 1993b, 1993c; Freitas P.L.de et al, 1994). Ils servent même de référence aux différentes Associations chargées de promouvoir l'implantation du Semis-Direct sous irrigation pour la gestion des sols dans la région Centre-Ouest du Brésil.

Considérant les facteurs limitants du Biotope Cerrado du Centre-Ouest du Brésil, une production agricole soutenue à long terme des sols ferrallitiques tropicaux dépend de pratiques culturales alternées et de rotation des principales cultures économiques telles le maïs, le haricot, le soja, le riz, en visant à l'augmentation ou au maintien du stock organique et à l'amélioration des conditions structurales et du régime hydrique des sols.

Les résultats obtenus par l'analyse morphostructurale du sol permettent la recommandation du Semis-Direct comme système alternatif, associé à d'autres pratiques agroécologiques. Il apparaît comme un moyen de limiter l'utilisation de pesticide, de combustible et de fertilisants, tout en restant économiquement très performant. L'utilisation de cette technique est par ailleurs un moyen extrêmement efficace de contrôle de l'érosion (maintien d'une couverture morte sur le sol, meilleure infiltration de l'eau dans le sol etc.), et de protection globale de l'environnement.

Une liste non exhaustive des principaux travaux consultés pour cette étude est présentée dans la bibliographie.

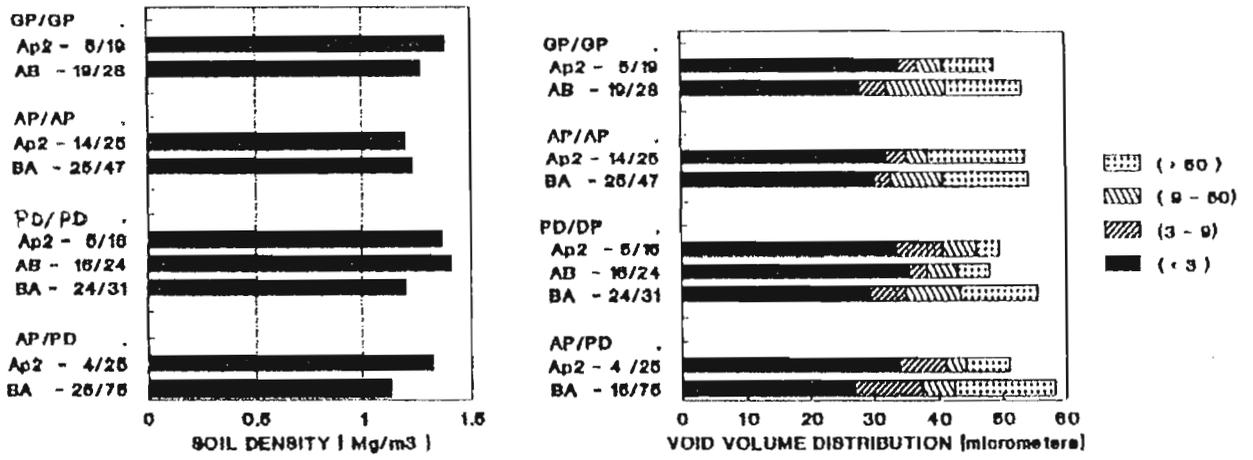


Figure 5. Soil solid and void volume distribution under different tillage systems

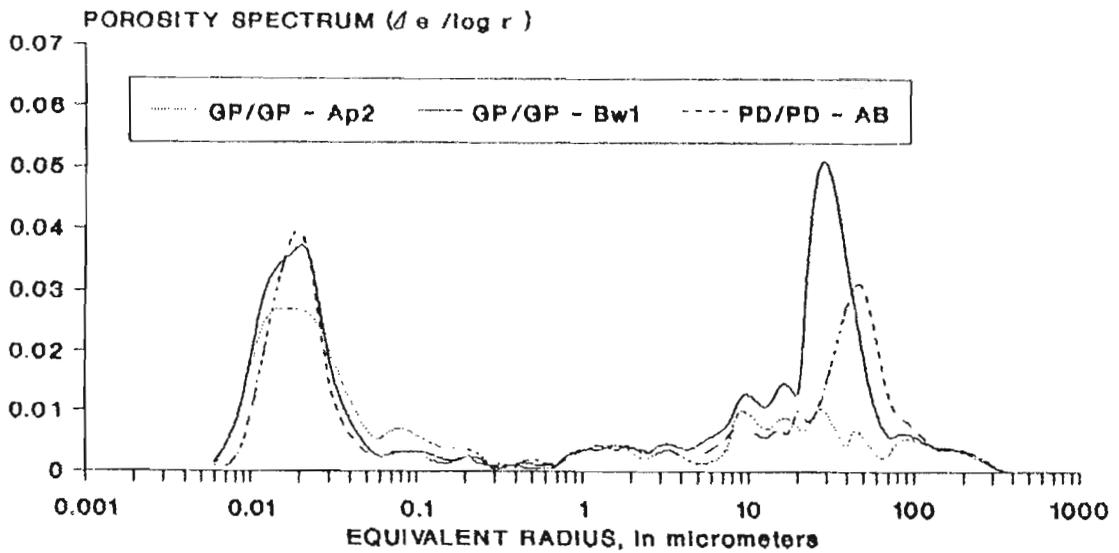


Figure 6. Porosity spectrum obtained by Mercury Intrusion under conventional tillage (GP/GP) and no-tillage (PD/PD)

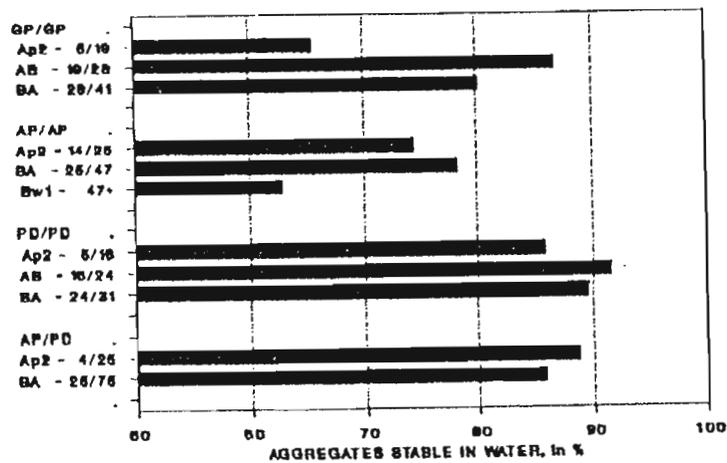


Figure 7. Wet stability of aggregates in the range of 2 to 8 mm

BIBLIOGRAPHIE

- Blancaneaux (Ph.), Freitas (P.L.de), Amabile (R.F.), 1991.** Sistematização e adaptação da metodologia para caracterização do Perfil Cultural. Reuniao de trabalho para corelação dos estudos do Perfil Cultural, Londrina, PR.
- Blancaneaux (Ph.), Freitas (P.L.de), Carvalho (A.M.de), Amabile (R.F.), Couret (S.), 1993a.** Plantio Direto como pratica de conservação dos solos sob vegetação de Cerrados do Centro-Oeste Brasileiro. **In:** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24., Goiânia, GO, 1993. (Resumos..., 463).
- Blancaneaux (Ph.), Freitas (P.L.de), Amabile (R.F.), Carvalho (A.M.de), Couret (S.), 1993b.** Le Semis-Direct et les méthodes alternatives comme pratique de conservation des sols sous végétation de Cerrados du Goiás, Brésil. **In:** Journées du Réseau EROSION, 10., Montpellier, ORSTOM, 1993. (Résumés).
- Blancaneaux (Ph.), Freitas (P.L.de), Amabile (R.F.), Carvalho (A.M.de), 1993c.** Le Semis-Direct comme pratique de conservation des Cerrados du Brésil Central. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., vol.XXVIII, n°2, 1993., Spécial EROSION (Sous Presse).
- Blancaneaux (Ph.), Freitas (P.L.de), Carvalho (A.M.de), Correia (J.R.), 1994.** Approche méthodologique utilisée pour les recherches agropédologiques dans les Cerrados du Brésil central et premiers résultats. **In:** 1ère Réunion du groupe thématique "Structure et Fertilité des Sols Tropicaux", ORSTOM, Montpellier, 6 Septembre 1993.
- Braudeau (E.), 1988.** Méthode de caractérisation pédo-hydrigue des sols basée sur l'analyse de la courbe de retrait. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol.XXIV, n°3, 1988: 179-89.
- Bruand (A.), 1986.** Contribution à l'étude de la dynamique de l'espace poral. Utilisation des courbes de retrait et des courbes de rétention d'eau. Sci. Sol., 24 (4): 351-362.
- Fies (J.C), Bruand (A.), 1990.** Textural porosity of a silty clay using pore volume balance estimation, mercure porosity and quantified backscattered electron image (BESI), Geoderma.
- Freitas (P.L.de), Blancaneaux (Ph.), Silva (L.T.da.C.), Amabile (R.F.), Silveira (P.M.), 1991.** Metodologia para o estudo do efeito de sistemas de manejo sobre a condição estrutural de solos. **In:** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 23., Porto Alegre, RS, 1991. Anais., (Resumo...,154).
- Freitas (P.L.de), Blancaneaux (Ph.), Carvalho (A.M.de), Correia (J.R.), 1994.** No-Tillage System as a Means to Sustainability of Tropical Oxisols of "Cerrados" in Center-West Brazil. 15th. Internat. Congr. of Soil Science. ISSC-AISS-IBG-SICS., Acapulco, Mexico, July 10th. to 16th., 1994. Transactions., Comm.VI., vol.7b., pp: 43-44.
- Gautronneau (Y.), Manichon (H.), 1987.** Guide méthodique du Profil Cultural. Paris, Gera et Ceref., 71p.
- Henin (S.), Gras (R.), Monnier (G.), 1969.** Le Profil Cultural (2ème édition). Masson Ed. Paris.
- Kertzman (F.F), 1989.** Modification de la structure et des propriétés des couches superficielles d'un "Latossolo Roxo" (Guaira, Sao Paulo, Brésil) soumis à une irrigation par aspersion. Univ. P. & M. Curie., Univ. Nancy I., Univ. Franche Conté., ENSAR. D.E.A. Pédol., 48p.
- Sala (G.H.), Tessier (D.), 1993.** Importance de l'état énergétique de l'eau sur l'aptitude au tassement de matériaux argileux non saturés. C.R. Acad. Sci. Paris, t.316, sér. II, p: 231-236, 1993.

Stengel (P.), 1979. Utilisation de l'analyse des systèmes de porosité pour la caractérisation de l'état physique du sol in situ. *Ann. Agron.*, 30 (1), 27-51.

Tessier (D.), 1984. Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. Thèse, Univ. Paris VII, INRA, Versailles Ed., 361p.