

PERTES EN SOL SOUS DIVERS SYSTÈMES DE GESTION D'UN SOL FERRALLITIQUE ROUGE-SOMBRE DE LA RÉGION DU CERRADO, GOIÂNIA - BRÉSIL

M. L. N. Silva¹, P. L. de Freitas², Ph. Blancaneaux⁴, N. Curi¹ et J. C. Ker³

- 1.- Dép^t de Science du Sol. Université Fédérale de Lavras, e-mail: marx@ufla.br, niltcuri@ufla.br. C.P. 37, CEP 37200-000. Lavras (MG) – Brasil.
 - 2.- Centre National de Recherche sur les Sols. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, e-mail: pfreitas@persogo.com.br. Rua Jardim Botânico 1.024, CEP 22460-000. Rio de Janeiro (RJ) – Brasil.
 - 3.- Dép^t de Science du Sol. Université Fédérale de Viçosa, e-mail: jcker@mail.ufv.br. C.P. 231, CEP 36571-000. Viçosa (MG) – Brasil.
 - 4.- Institut de Recherche pour le Développement, 213, Rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10, France, e-mail : blancane@bondy.ird.fr.
- Projet financé par l' EMBRAPA/PROMOAGRO

RÉSUMÉ

Au Brésil, les résultats sur les pertes en sol en fonction des différents systèmes culturaux -préparation du sol et rotation des cultures- sont rares. Il en est ainsi pour la région des cerrados qui occupe approximativement 23% de la surface du pays, avec plus de 200 millions d'hectares. On estime que 65% de la région possède une aptitude pour la production de céréales, pouvant en fournir 150 millions de tonnes ainsi que 9 millions de tonnes de viande. La connaissance des pertes en sol est importante pour la planification de la conservation, et contribue à l'utilisation durable des sols. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer les pertes en sol sous différents systèmes de gestion, d'un sol ferrallitique rouge sombre sous végétation de cerrado, dans la région de Goiânia (GO) - Brésil. L'étude a été réalisée grâce aux données pluviographiques et de pertes en sol, obtenues durant la période 1989/1994 à la station expérimentale F.M. Carneiro à Goiânia (GO). L'unité de recherche est située à 16°41' de latitude sud et 49°23' de longitude ouest. Selon Köppen, le climat de la région est du type Aw, tropical saisonnier de savane. Le sol étudié est un sol ferrallitique rouge sombre dystrique de texture argileuse sous végétation de cerrado tropical subdécidue au relief doucement ondulé. Les pertes en sol ont été obtenues dans des parcelles. Les résultats de cette étude permettent de conclure en l'absence de différence significative entre les systèmes de culture continue, de rotation ou d'association. Seul le sol nu a montré des pertes en sol au-dessus du seuil de tolérance. En ce qui concerne la protection du sol, le pâturage de brachiaria est le plus efficace tandis que le soja offre la plus faible protection.

ABSTRACT

In Brazil, results concerning soil losses according to the different farming systems (soil preparation and crops rotations) are rare. It is so for the cerrados area which occupies approximately 23% of the country surface, with more than 200 millions ha. 65% of the area is estimated suited for cereals production and able to provide 150 millions tons as well as 9 millions tons of meat. The knowledge of soil losses is important for the planning of

conservation and helps a long-lasting soils use. This study target is therefore to evaluate the soil losses -with different managing systems- of a dark red ferrallitic soil under cerrado vegetal cover in Goiânia region (GO), Brazil. The study could be run thanks to rain gauge data and soil losses data, obtained within the 1989-94 period at the experimental center F.M. Carneiro at Goiânia (GO). The research unit is located at latitude 16°41' South and at longitude 49°23' West. Following Köppen, the regional climate is of Aw type, savannah tropical seasonal. The soil analysed is a dystric dark red ferrallitic soil of clay texture under cerrado subdeciduous vegetal cover with a slight undulated relief. Soil losses results have been obtained in parcels. Without significant differences between continue, rotation or association farming systems, this study results allow to conclude. What concerns soil protection, brachiaria pasture is the most efficient whereas soya affords the weakest protection.

Introduction

Au Brésil, les résultats sur les pertes en sol par érosion hydrique en fonction des différents systèmes de gestion sont rares. C'est particulièrement le cas de la région des Cerrados (savanes) qui occupe approximativement 23% de la surface du pays, avec plus de 200 millions d'hectares. On estime que 65% de la surface a une aptitude pour la production d'environ 150 millions de tonnes de céréales et 9 millions de tonnes de viande. La demande croissante en aliments et en matières premières a causée le déplacement de la frontière agricole du Brésil, notamment dans la région des cerrados ; cette région souffre actuellement des conséquences d'une expansion désordonnée, avec l'utilisation de systèmes de gestion non adaptés à ce fragile écosystème, accélérant l'érosion hydrique du sol. L'érosion hydrique dans la région entraîne la désagrégation des particules du sol par l'impact direct des gouttes de pluie et l'écoulement superficiel de l'eau. La connaissance des pertes en sol est importante pour la planification de la conservation, en contribuant à l'utilisation durable des sols. L'objectif de cette étude est d'évaluer les pertes en sol sous différents systèmes de gestion (pratiques culturales et rotation des cultures) sur un sol ferrallitique rouge-sombre de la région du « cerrado » (savanes), à Goiânia (GO), Brésil.

Matériel et Méthodes

L'étude a été réalisée grâce aux données pluviographiques et de pertes en sol, obtenues durant la période 1989 à 1994 à la station expérimentale F.M. Carneiro de Goiânia (GO). L'unité de recherche est située à 16°41' de latitude sud et 49°23' de longitude ouest. La précipitation et l'érosivité moyenne annuelle pour cette période d'étude sont présentés dans la figure 1. Selon Köppen, le climat de la région est du type Aw, tropical saisonnier de savane. Le sol étudié est un sol ferrallitique rouge-sombre fortement désaturé en B (dystrique), de texture argileuse, sous végétation de « cerrado » tropical semi-décidue au relief doucement ondulé. Des analyses physiques, chimiques et minéralogiques ont été réalisées afin de caractériser la toposéquence. Ces résultats sont présentés au tableau 1. Les pertes en sol ont été obtenues dans des parcelles, maintenues préparées, mais sans couverture végétale. La parcelle a une surface égale à 77,35 m², avec 22,1 m de longueur dans le sens de la pente, sur 3,5 m de largeur, et une pente de 0,04 m m⁻¹. Le système collecteur de ruissellement et d'érosion, en aval du seuil de la parcelle est constitué de deux bassins interreliés avec des partiteurs du type Geib, de rapport 1/7.

Tableau 1. Données minéralogiques, chimiques et physiques de l'horizon superficiel du Sol Ferrallitique Rouge-Sombre de texture argileuse de Goiânia (GO)

Caractéristiques minéralogiques et chimiques								
Ct	Gb	Attaque sulfurique			DCB	MO	pH	PESN
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃			
-----g kg ⁻¹ -----								
10	240	95	241	108	59	28	4,7	4,0
Caractéristiques physiques								
Texture				Ds	Dp	VTP	PER	
Argile	Limon	Sable fin	Sable Grossier					
-----g kg ⁻¹ -----				-----kg dm ⁻³ -----	-----m ³ m ⁻³ -----	-----mm h ⁻¹ -----		
540	100	310	50	0,99	2,60	0,62	107,6	

Ct : kaolinite. Gb : Gibbsite. DCB : Ditionite-Citrate-Bicarbonate de soude. Ds : Densité réelle. Dp : Densité apparente. VTP : Volume total de pores. PESN : Point Effet Salin Nul. PER : Perméabilité.

Après chaque pluie ayant provoqué une perte en sol, le matériau déposé a été récolté dans les bassins et échantillonné. On a déterminé également, la tolérance de pertes en sol, en se basant sur la profondeur effective du sol, les rapports texturaux entre les horizons, les teneurs en matière organique et la perméabilité. Les systèmes de gestion étudiés sont : préparation conventionnelle et sol nu (CSD); préparation par charrue lourde à disques et sol nu (GSD), préparation conventionnelle avec culture continue de soja (CCS), préparation par charrue lourde à disques sous culture continue de soja (GCS); préparation conventionnelle et culture continue de maïs (CCM) ; préparation par charrue lourde à disques sous culture continue de maïs (GCM) ; préparation conventionnelle sous rotation maïs-soja (CRMS); préparation par charrue lourde sous rotation maïs-soja (GRMS); préparation conventionnelle avec association maïs et haricot (CCOM+F); préparation par charrue lourde à disques avec association maïs et haricot (GCOM+F) et pâturage de brachiaria « *Brachiaria decumbens* » (PBD). Dans une seconde phase de l'expérimentation, à partir de l'année agricole 1990/91, les systèmes CCOMF et GCOMF ont été substitués par l'association maïs et haricot «bravo do ceará», ces systèmes devenant CCOM+FB et GCOM+FB. A leur tour, lors de l'année agricole 1993/94 ces systèmes furent substitués respectivement par une préparation conventionnelle sous culture continue de maïs (CCM) et préparation par labour profond sous culture continue de maïs (APCM). De la même façon, les systèmes CMM, CRMS et GRMS, lors de l'année agricole 1993/94, furent remplacés par les systèmes semis direct sous culture de rotation maïs-soja (PDRSM); semis direct sous culture continue de maïs (PDCM) et semis direct sous culture continue de maïs (PDCM); respectivement. Le système sous préparation conventionnelle a consisté en un labour par charrue à disques suivi de deux labours de nivellement avec disques; le système de préparation sous charrue lourde a consisté en un labour par charrue lourde à disques crénelés et de deux nivellement légers et le système de labour profond a été réalisé par un labour à charrue lourde à disques suivi d'un labour par charrue à socs et de deux passages de nivellement. La correction de l'acidité du sol ainsi que les amendements ont été réalisés conformément aux recommandations spécifiques pour les cultures étudiées. La préparation du sol ainsi que le semis des cultures ont été effectués dans le sens de la pente de façon à éviter l'effet d'atténuation de l'érosion lors du semis en courbe de niveau.

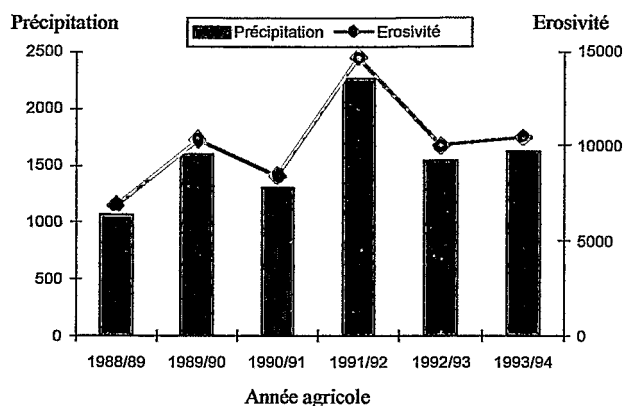


Figure 1. Précipitation et érosivité moyenne de la pluie pour les années agricoles étudiées. (Précipitation en mm. Erosivité en $Mjmmha^{-1} h^{-1}$)

Résultats et discussion

Pour les calculs nous avons utilisé un programme sur ordinateur et les valeurs calculées pour $R (EI30) = 8353 MJ mm/(ha h an)$ à Goiânia (Silva et al, 1997) sont en accord avec les valeurs trouvées dans la littérature brésilienne, pour la région des Cerrados : $R (EI30) = 8319 MJ mm/(ha h an)$, Brasília-DF (Dedecek, 1978) ; $R (EI30) = 7747 MJ mm/(ha h an)$, Mocopa-SP, (Carvalho et al, 1989) ; $R (EI30) = 7830 MJ mm/(ha h an)$, Caceres-MT, (Morais et al, 1991). La valeur calculée de $R (KE > 25)$, très utilisée pour les sols africains, est de $129,8 MJ/ha an$ pour Goiânia, GO d'après Silva et al, 1997.

Dans le tableau 1 on observe que le sol étudié présente une minéralogie gibbsitique prédominante et un pH naturel proche du PESN. Ces facteurs sont responsables de la bonne structure granulaire du sol, induisent une bonne perméabilité et réduisent les écoulements superficiels, contribuant à une faible valeur de l'érodibilité ($0,009 thMJ^{-1}mm^{-1}$). Au Brésil, les valeurs d'érodibilité des sols ferrallitiques montrent une amplitude de $0,002$ à $0,034 t h/MJ mm$ d'après Denardin, 1990 et Silva, 1997. Foster et al (1981) classe les résultats observés pour le facteur d'érodibilité K en $t h/(MJ mm)$, dans le système international, en $0,010$, $0,030$ et $0,60$, respectivement comme : faible, modérée et forte. Parmi les valeurs trouvées au Brésil, nous citerons : Denardin & Wunsche, 1981, sol ferrallitique rouge sombre (LE), kaolinitique à Passo Fundo-RS, $K = 0,021 t h/(MJ mm)$; Dedecek et al, 1986, Planaltina-DF, sol ferrallitique rouge sombre (LE), gibbsitique, $K = 0,013 t h/(MJ mm)$; Martins Filho & Pereira, 1993, Jaboticabal-SP, sol ferrallitique rouge sombre (LE), gibbsitique, $K = 0,009 t h/(MJ mm)$; Silva et al, 1994, Lavras-MG, sol ferrallitique rouge sombre (LE), gibbsitique, $K = 0,004 t h/(MJ mm)$; Silva et al, 1997, Goiânia-GO, sol ferrallitique rouge sombre (LE), gibbsitique, $K = 0,009 t h/(MJ mm)$; Carvalho et al, 1993, Campinas-SP, sol ferrallitique rouge violet (LR), $K = 0,010$. Cette érodibilité très faible est en accord avec les caractères minéralogiques, physiques et chimiques des sols ferrallitiques gibbsitiques des cerrados qui sont très résistants à l'érosion sous leur condition naturelle. Toutefois, lorsqu'ils sont travaillés, cette résistance naturelle du sol ferrallitique à l'érosion peut être altérée, avec élévation de la valeur de l'érodibilité et des pertes en sol. Dans le tableau 2 on observe les pertes en sol et dans la figure 2 la perte accumulée pour les divers systèmes de gestion.

Durant les six années de conduite de l'expérimentation, les pertes les plus importantes ont été observées pour les systèmes où le sol a été découvert (CSD e GSD). D'autre part, les pertes les plus faibles (de 0,07 à 1,1 t ha⁻¹ an⁻¹) ont été enregistrées pour le système de pâturage (PBD). Les pertes en sol observées pour les années agricoles 1988/89 et 1990/91, sont à mettre en rapport, en partie, avec la stabilisation des parcelles et durant l'année agricole 1991/92 il y eut une tendance à l'élévation des pertes provoquées par des pluies de haute érosivité (figure 1). Les pertes en sol observées pour les divers systèmes ne présentent pas de résultats stables le long des années et cet aspect est à rapporter à la complexité des variables impliquées. D'une façon générale, les plus fortes pertes de sol sont observées pour les systèmes de préparation conventionnelle avec charrue lourde à disques (4,1 à 7,1 t ha⁻¹ an⁻¹) et les plus faibles pertes pour le semis direct (0,9 t ha⁻¹ an⁻¹ en moyenne) et le labour profond. On n'observe pas de différence significative de pertes en sol entre les systèmes de culture continue, de rotation ou d'association.

Tableau 2. Pertes en sol pour les systèmes de gestion étudiés

Année Agricole	Systèmes de Gestion										
	CSD	GSD	CCS	GCS	CCM	GCM	CRMS	GRMS	CCOM+F	GCOM+F	PBD
-----t ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----											
	D	D	S	S	M	M	M	M	M+F	M+F	B
1988/89	76,4	79,1	30,6	4,5	2,1	3,3	4,8	5,5	4,9	2,7	0,4
	D	D	S	S	M	M	S	S	M+F	M+F	B
1989/90	56,0	50,3	3,5	4,0	1,4	2,2	5,3	5,0	5,8	3,7	0,07
Moyen.	----	----	----	----	----	----	----	----	5,3	3,2	----
	D	D	S	S	M	M	M	M	M+FBC	M+FBC	B
1990/91	25,1	18,2	0,76	1,2	1,1	3,7	4,2	4,0	3,8	2,9	0,16
	D	D	S	S	M	M	S	S	M+FBC	M+FBC	B
1991/92	33,9	37,0	1,1	8,3	0,8	9,0	11,7	18,3	12,2	7,1	1,0
	D	D	S	S	M	M	M	M	M+FBC	M+FBC	B
1992/93	26,1	36,4	3,0	2,0	1,3	2,6	3,0	4,8	5,0	3,1	1,1
Moyen.	----	----	----	----	1,3	----	5,8	7,5	7,0	4,4	----
	D	D	S	S	PDRSM	M	PDCM	PDCM	CCM	APCM	B
1993/94	22,0	29,2	3,4	4,8	0,90	3,4	2,4	6,1	8,0	3,0	1,1
Moyen.	39,9	41,7	7,1	4,1	0,9	4,0	2,4	6,1	8,0	1,0	0,6

D: sol découvert, S: soja, M: maïs, F: haricot, FBC: haricot « bravo do Ceará », B: Brachiaria (*Brachiaria decumbes*).

Pour ce qui concerne la couverture du sol, les cultures montrent la tendance suivante : brachiaria > maïs > maïs + haricot > maïs + haricot « bravo do Ceará » > soja. Dans l'optique de l'obtention d'un référentiel, la tolérance des pertes admissibles pour le sol étudié a été estimée à 19 tha⁻¹ ano⁻¹.

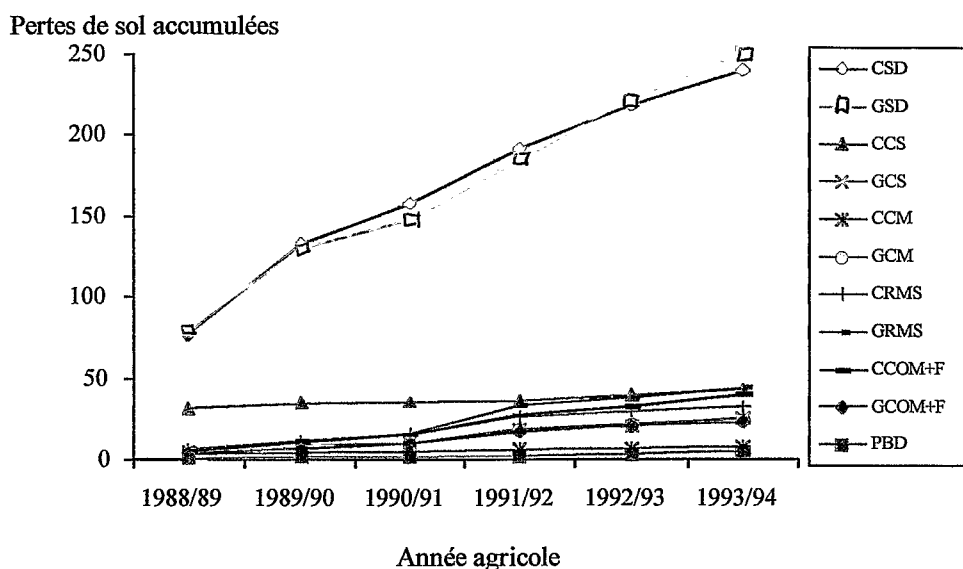


Figure 2. Perte en sol accumulée ($t\ ha^{-1}$) pour la période 1988 à 1994

Les systèmes de sol découvert présentent des pertes bien supérieures à la limite maximum tolérable, démontrant qu'après la préparation du sol, qui coïncide avec la période de pluies de haute érosivité (figure 1), le sol ne peut pas demeurer exposé durant une longue période et nécessite de pratiques de conservation adéquates pour la réduction de ces pertes. Par contre les autres systèmes de gestion n'ont pas atteint la limite maximum tolérable, à l'exception du système CCS lors de la première année. En ce qui concerne la productivité des cultures, le maïs a montré la plus forte productivité pour le système CCM ($8.000\ kg\ ha^{-1}$ - année agricole 1989/90) ; pour la culture du soja, c'est le système GCS ($2.860\ kg\ ha^{-1}$ - année agricole 1988/89) ; le pâturage donne une production de matière sèche de $12.000\ kg\ ha^{-1}$ (année agricole 1988/89) et, dans le cas du haricot la récolte fut perdue à cause de l'excès de pluie lors du mûrissement des grains, ce qui se produit également pour le soja.

Conclusions

Les plus fortes pertes en sol sont observées pour les systèmes de préparation conventionnelle et de gestion par charrue lourde à disques et les plus faibles pour le semis direct. On n'observe pas de différence significative de pertes en sol entre les systèmes de culture continue, de rotation ou d'association. Seuls les systèmes de sol découvert montrent des pertes supérieures au seuil de tolérance. Pour ce qui concerne la protection du sol, le pâturage avec le brachiaria est le plus efficace et le soja l'est relativement moins.

Bibliographie

Carvalho, M.P. ; Lombardi Neto, F. ; Vasques Filho, J. & Cataneo, A. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de solo de um podzólico vermelho amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de mococa (SP) : primeira aproximação do fator erodibilidade do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13 (2) :237-242, 1989 ;

- Carvalho, M.P. ; Cataneo, A. ; Lombardi Neto, F. Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionados com as perdas de solo, e determinação da erodibilidade de um latossolo roxo distrófico de Campinas (SP). R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17(3) : 445-450, 1993.
- Dedececk, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF. IN : ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. Anais... [S.L.] : Embrapa-SNLCS, 1978. P.157-161.
- Dedececk, R. A. ; Resck, D.V.S. & Freitas Junior, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10 :265-272, 1986
- Denardin, J.E. & Wunsche, W.A. Erodibilidade de um latossolo vermelho-escuro. IN : ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais. Recife, UFRPE, 1981. p.219.
- Denardin J.R. Erodibilidade do solo estimado por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba, ESALQ, 1990. 106p ; (Thèse de Doctorat).
- Foster, G.R. ; McCool, D.K. ; Renard, K.G. & Moldenhauer, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metrics units. J. Soil Water Cons., Ankeny, 36(6) :355-359, 1981.
- Martins Filho, M.V. & Pereira, V.P. Influência da compactação do solo nas perdas por erosão e na sua erodibilidade. Ci. Agron., Jaboticabal, 8(1) :39-45, 1993.
- Morais, L.F.B. de.; Mutti, L.S.M. & Eltz, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12(3) :281-284, 1988.
- Silva, M.L.N. ; Curi, N. ; Oliveira, M.S. ; Ferreira, M.M. & Lombardi Neto, F. Comparação entre métodos direto e indireto para determinação da erodibilidade em latossolos sob cerrado. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, 29(11) :1751-1761, 1994.
- Silva, M.L.N. ; Freitas, P.L. ; Blancaneaux, P. ; Curi, N. & Lima, J.M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um latossolo vermelho-escuro em Goiânia (GO). R. bras. Ci. Solo, Campinas, 21 :131-137, 1997.