

Efficacité des pratiques culturales antiérosives testées sous différents climats brésiliens

Jean-Claude LEPRUN (1), Clotario Olivier da SILVEIRA (2) et Raymundo Mendes SOBRAL FILHO (2)

(1) Pédologue ORSTOM — (2) Pédologues de l'E.M.B.R.A.P.A.

E.M.B.R.A.P.A./S.N.L.C.S., rua Jardim Botânico, 1024, 22460 Rio de Janeiro, Brésil

RÉSUMÉ

Diverses pratiques culturales antiérosives ont été testées en différentes conditions de climat, sol, pente pour différentes plantes dans trois régions du Brésil, les régions Nord-Est, Centre-Ouest et Sud. Les résultats obtenus mettent en évidence la remarquable efficacité des pratiques culturales et biologiques simples, facilement applicables par les agriculteurs, peu onéreuses et qui ne font pas décroître de manière importante les rendements. Dans les meilleurs cas ces pratiques permettent le contrôle quasi total de l'érosion et la diminution d'une grande partie du ruissellement superficiel. Les pratiques mécaniques antiérosives les plus efficaces concernent le travail minimum, le semis direct et la préparation du sol selon les courbes de niveau en substitution à la préparation qualifiée de « conventionnelle » qui comprend un labour et deux hersages annuels dans le sens de la pente. Les pratiques biologiques qui donnent les meilleurs résultats sont les rotations culturales, l'emploi de « mulch » et d'engrais verts et les cordons isohypses de végétation permanente.

MOTS-CLÉS : Brésil — Perte en terre — Perte en eau — Contrôle — Erosion — Pratiques culturales — Bandes d'arrêt.

ABSTRACT

EFFICIENCY OF SOIL CONSERVATION PRACTICES TESTED UNDER DIFFERENT BRAZILIAN CLIMATES

Several antierosive cultivation practices were tested under different conditions of climate, soil, declivity for different plants in three Brazilian regions, Northeast, central-West and South. The results obtained showed a remarkable efficiency of cultural and simple biological practices, easily employed by farmers, not expensive and not causing any great decrease of yield. In the best situations, those cultural practices control completely erosion and partly runoff. The most efficient management practices concern minimum and no-tillage, and also contouring in place of the conventional tillage that joins one tillage and two harrowing which are very erosive. The vegetative practices which give better results are crop rotation and mulch, green manure and permanent vegetation strips.

KEY WORDS : Brazil — Soil losses — Runoff — Soil management — Soil and water conservation efficiency — Buffer strip cropping.

RESUMO

EFICIENCIA DAS PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS TESTADAS SOB DIFERENTES CLIMAS BRASILEIROS

Diversas práticas culturais anti-erosivas foram testadas em condições diferentes de clima, solo, declividade, para diferentes plantas em três regiões do Brasil, as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul. Os resultados obtidos eviden-

ciam a notável eficácia das práticas mecánicas e vegetativas simples, facilmente aplicáveis pelos agricultores, pouco caras e que não fazem decrescer os rendimentos de maneira apreciável. Nos casos os mais favoráveis, essas práticas permitem controlar quase totalmente a erosão e diminuir uma grande parte do escoamento superficial. As práticas mecánicas conservacionistas mais eficientes concernem o preparo mínimo e o plantio direto e, também, o preparo em contorno em substituição ao preparo convencional que junta uma aração e duas gradagens anuais e que é muito erosivo. As práticas vegetativas que dão os melhores resultados são as rotações e os « mulchs », a adubação verde e as faixas de vegetação permanente em contorno.

PALAVRAS CHAVES : Brasil — Perda em terra — Perda em água — Control — Ero São — Práticas das culturas — Faixas de parada.

INTRODUCTION

Le Brésil, comme de nombreux pays tropicaux, doit faire face à de sérieux problèmes de dégradation des sols dus à l'érosion hydrique et à ses effets sur les pertes en terre et en eau, sur l'exportation de la matière organique et des éléments nutritifs, sur la modification des propriétés physiques du sol et sur la diminution de la productivité agricole. Le Brésil avec ses 8 512 000 kilomètres carrés répartis sur 40 degrés en latitude et autant en longitude, regroupe un grand nombre de types climatiques qui vont du climat équatorial en Amazonie au climat tempéré dans la région frontalière avec l'Argentine et l'Uruguay en passant par le climat semi-aride nordestin et par le climat tropical de la région Centre-Ouest. Ce large éventail climatique lié à la diversité des groupements ethniques, chacun ayant ses habitudes culturelles, complique la recherche et l'application de pratiques antiérosives spécifiques efficaces. Cette note a pour objectif de présenter quelques-unes des techniques antiérosives étudiées dans trois régions du Brésil, le Nord-Est, le Centre-Ouest et le Sud (cf. fig.1).

LA RÉGION NORD-EST

Quelques éléments du cadre physique et humain

La région Nord-Est peut être subdivisée en plusieurs zones physioclimatiques différentes :

La zone humide littorale et étroite ou « Mata » autrefois couverte de forêt, est aujourd'hui largement exploitée pour la monoculture de la canne à sucre ; elle jouit d'un climat tropical chaud et humide avec une pluviométrie annuelle variant de 1200 à 2000 mm sans réelle période sèche ; des « latossols » ou sols ferrallitiques profonds y sont associés à des sols « podzoliques » chimiquement pauvres. La population fortement métissée résulte du croisement de souches d'origines portugaise, indienne et africaine.

La zone intermédiaire ou « Agreste » ourle la précédente ; elle reçoit une pluviométrie moindre qui peut tomber à 700 mm vers l'ouest ; c'est le domaine des

steppes arbustives où l'activité principale est l'élevage bovin. Le modelé est plus accentué, ondulé voire accidenté et porte des sols bien moins profonds, plus riches en bases. La population, comme dans la zone suivante du « Sertão », provient du métissage lusitano-indien mais ne comprend plus la composante africaine précédente.



Fig.1. — Localisation des points d'études : 1 — Gloria de Goitã ; 2 — Alagoinha ; 3 — Pesqueira ; 4 — Caruaru ; 5 — Brasília ; 6 — Guaíba ; 7 — Ijuí ; 8 — Passo Fundo ; 9 — Santa Maria.

La zone sèche intérieure ou « Sertão » qui couvre près des trois-quarts de la région Nord-Est possède une formation végétale xérophylle caractéristique, la « caatinga » qui est une forêt épaisse dense et basse très pauvre en espèces graminéennes. Le climat, semi-aride, est caractérisée par une pluviométrie annuelle inférieure à 800 mm, pouvant tomber à moins de 400 mm, très irrégulière (le coefficient de variation peut atteindre 50 %), par une saison sèche de plus de huit mois et

par une forte évaporation. Les sols, développés sur le socle cristallin, sont très peu épais, bien pourvus chimiquement mais à propriétés physiques souvent déficientes. La population, essentiellement rurale, pratique une agriculture de subsistance non itinérante assez primitive (houe, traction animale) et le petit élevage.

Les données de base et les méthodes utilisées

LA ZONE HUMIDE

Les principales données concernent la zone humide de transition entre les zones de la « Mata » et de l'« Agreste ». Il s'agit de données issues des stations agronomiques expérimentales de Gloria de Goitã et de Alagoinha situées respectivement dans le Pernambouc à 70 km de Recife et dans la Paraíba à une centaine de kilomètres de João Pessoa. Ces données ont donné lieu aux principales publications suivantes : MARGOLIS (1978), MARGOLIS et MELO NETO (1977,1982), MARGOLIS et CAMPOS FILHO (1980) et MARGOLIS *et al.* (1985) en ce qui concerne Gloria de Goitã et da SILVA et de ANDRADE (1984) et SILVA *et al.* (1984) en ce qui concerne Alagoinha (fig.1).

Les paramètres des facteurs de l'érosion (WISCHMEIER et SMITH, 1978) établis en unités décimales et les principales conditions expérimentales sont les suivantes :

— Pour la station de Gloria de Goitã : pluviométrie moyenne annuelle de 1176 mm ; facteur d'érosivité des pluies R moyen annuel de 355 ; sol « podzolique rouge jaune eutrophe » dont l'horizon A1 contient 23,5 % d'argile et 0,82 % de matière organique ; facteur d'érodibilité K de 0,14 ; pente de 12 % et facteur topographique SL de 1,7 ; parcelles de 25 m de longueur sur 4 m de largeur ; début de l'expérimentation en 1975 ; période analysée de mai 1982 à décembre 1983 soit durant deux récoltes ; parcelles cultivées en manioc ; pratiques testées au nombre de six : billonnage, buttage et labour à plat isohypses et travaillées dans le sens de la pente.

— Pour la station de Alagoinha : pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 900 mm ; facteur R moyen annuel de 320 ; sol « terra roxa structurée eutrophe » ; érodibilité K de 0,20 ; pente de 12 % ; parcelles de 20 m de long sur 5 de large et facteur topographique SL de 3,61 ; première installation en 1945 ; période analysée : 3 années de 1981 à 1983 ; plantes et pratiques testées : coton herbacé planté dans le sens de la pente sur sol préparé à la houe dans le même sens et coton planté en courbes de niveau sur sol préparé de la même manière ; association de coton, maïs et haricot plantés en courbes de niveau sur le sol préparé à la houe de manière isohypse et même association plantée et préparée de la même manière (isohypse) mais incluant une bande d'arrêt herbacée permanente isohypse au milieu

de la parcelle ; association de maïs et haricot plantés et sol préparé en courbes de niveau ; haricot planté et sol préparé en courbes de niveau ; maïs planté et sol préparé en courbes de niveau et maïs planté et sol préparé dans le sens de la pente ; plante de couverture pouvant servir de fourrage (*Digitaria decumbens*) et parcelle nue de référence travaillée dans le sens de la pente selon la méthodologie de WISCHMEIER et SMITH (1978).

Les résultats des expérimentations sont consignés dans les tableaux I et II.

LA ZONE SEMI-HUMIDE

L'exemple choisi concerne les essais expérimentaux de culture industrielle de tomate réalisées durant 22 années à Pesqueira, à quelque 220 km de Recife par son propriétaire (FREITAS *et al.*, 1981). Les principaux facteurs de l'érosion et conditions expérimentales sont les suivantes : pluviométrie moyenne annuelle de 680 mm et érosivité R de 260 ; sol de type « régosol » moyennement profond sur granite dont l'érodibilité estimée est de 0,15, c'est-à-dire moyennement élevée ; pente de 12 %, plante testée, la tomate ; parcelles de 25 m sur 4 m et facteur topographique de 1,7. La préparation du sol se fait suivant la méthode dite « conventionnelle », comportant un labour au tracteur et deux hersages. Les objectifs recherchés sont l'influence de la préparation du sol, des rotations culturales, des résidus de cultures et des cordons de végétation permanente. L'engrais vert utilisé est une légumineuse.

Les résultats des essais sont regroupés dans les tableaux III et IV.

LA ZONE DE TRANSITION ENTRE LE SEMI-HUMIDE ET LE SEMI-ARIDE

Les données utilisées (MARGOLIS *et al.*, 1985) sont celles obtenues à la station agronomique de l'IPA (Institut de recherches agro-pastorales du Pernambouc) située à Caruaru à 135 km à l'est de Recife, à la limite entre les zones de l'« Agreste » et du « Sertão » (fig.1).

Les principaux facteurs de l'érosion et conditions expérimentales sont les suivants : La pluviométrie moyenne annuelle de 630 mm détermine un facteur d'érosivité des pluies R de 210 ; le sol est « lithologique » c'est-à-dire peu différencié, caillouteux, bien drainé, de texture sableuse, avec un horizon A1 de 18 cm d'épaisseur contenant près de 2 % de matière organique, et présentant un coefficient d'érodibilité K faible de 0,08 ; la pente est de 12 % et la dimension des parcelles de 50 m sur 20 m détermine un facteur topographique de 1,65 ; les premières mesures datent de 1969 et les résultats présentés ici englobent une période de 9 années ; la plante cultivée est le maïs et les principaux traitements comprennent le semis dans

le sens de la pente et selon les courbes de niveau, les binages en cordons alternés de manière à laisser une bande isohypse sur deux sous végétation de recru, et la pratique des cordons isohypses de végétation permanente (*Panicum maximum*) de 2 m de large tous les 15,3 m ; toutes les parcelles à l'exclusion de celle travaillée dans le sens de la pente ont été labourées et hersées annuellement de manière isohypse avant le semis

et ont reçu un traitement phytosanitaire et une fumure minérale de fond. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau IV.

Principaux résultats obtenus

Les résultats obtenus dans les différentes zones climatiques du Nord-Est sont consignés dans les tableaux I, II, III, IV et V.

TABLEAU I

Pertes en terre et en eau sous culture de manioc pour différentes pratiques antiérosives à Gloria de Goitã (Pernambouc)

Traitements	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)
Billonnage et plantation selon la pente	26,07	15,0
Billonnage et plantation isohypses	0,05	0,5
Buttage et plantation selon la pente	7,65	6,5
Buttage et plantation isohypses	0,52	1,9
Labour à plat et plantation selon la pente	20,30	7,4
Labour à plat et plantation isohypses	0,84	2,7

TABLEAU II

Pertes en terre et en eau pour différentes cultures et pratiques antiérosives dans le Nordeste humide (Alagoinha, Paraíba)

Traitements	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)
Coton dans le sens de la pente	31,89	15,3
Coton isohypse	13,03	10,8
Association coton-mais-haricot isohypse	23,77	12,5
Association coton-mais-haricot isohypse + bande d'arrêt herbaçée	15,44	11,7
Association maïs et haricot isohypse	13,00	11,5
Haricot isohypse	11,86	13,1
Maïs dans le sens de la pente	10,23	8,6
Maïs isohypse	10,89	10,2
Pâturage permanent planté	0,63	2,6
Parcelle nue (Wischmeier)	93,79	26,4

TABLEAU III

Pertes en terre et production de tomates suivant trois pratiques culturales à Pesqueira (Pernambouc)

Traitement	Pertes en terre (T/ha/an)	Production (T/ha/an)
Préparation "conventionnelle" en continu	100,74	15,95
Préparation "conventionnelle" en rotation biennale avec du haricot	56,12	13,35
Sans préparation en rotation biennale avec du haricot	8,19	13,83

TABLEAU IV

Pertes en terre et en eau sous culture de tomate suivant différentes pratiques antiérosives à Pesqueira (Pernambouc)

Traitement	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)
Rotation avec engrais vert enfoui	22,99	8,0
Rotation avec engrais vert en "mulch"	2,53	2,5
Rotation avec jachère enfouie	8,68	5,0
Rotation avec jachère en "mulch"	0,46	0,8
Rotation avec engrais vert en "mulch" et mats	1,56	2,0
Rotation avec jachère en "mulch" durant 2 ans	0,24	0,4
Rotation avec engrais vert et cordons herbeux	0,91	1,2

TABLEAU V

Pertes en terre et en eau sous culture de maïs pour différentes pratiques antiérosives à Caruaru (Pernambouc)

Traitements	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)
Semis dans le sens de la pente	0,61	2,29
Semis isohypse	0,39	1,82
Binages en cordons alternés	0,10	0,85
Cordons de végétation permanente	0,05	0,75

Interprétations et conclusions

L'examen des tableaux I et II permet de constater, que pour la zone humide du Nord-Est :

— La simple modification de l'orientation du travail du sol du sens de la plus grande pente à la perpendiculaire de cette pente, c'est-à-dire isohypse ou selon les courbes de niveau, réduit, pour une culture comme le manioc qui couvre aussi peu le sol, les pertes en terre de 93 à plus de 99 % et les pertes en eau de 63 jusqu'à plus de 96 %. La meilleure pratique antiérosive, dans le cas d'un refus du paysan à adopter la préparation isohypse du sol serait le buttage et semis selon la pente qui diminue de près de trois fois la perte en terre par rapport aux pertes dues au billonnage et au labour à plat.

— L'adoption du travail du sol selon les courbes de niveau permet de faire baisser de près de 50 % l'érosion solide et de 10 à 30 % le ruissellement sous culture de coton, mais n'apporte aucune amélioration sous culture de maïs.

— La remarquable efficacité du pâturage permanent qui ramène à une valeur insignifiante la perte en terre (sur parcelle nue elle atteignait près de 94 t/ha/an) et réduit de dix fois la perte en eau.

Les données des tableaux III, IV et V, qui concernent les régions que l'on peut considérer comme sèches puisque la pluviométrie y est inférieure à 680 mm par an permettent de mettre en évidence :

— Pour la culture de la tomate : une réduction de près de 92 % de l'érosion, obtenue lorsque aucune

préparation du sol n'est effectuée et qu'une rotation biannuelle avec le haricot est pratiquée (la production n'en est pas pour autant fortement diminuée), et les effets hautement bénéfiques sur les pertes en terre et en eau des pratiques simples. Ces pratiques sont : la rotation incluant la coupe de la jachère (qui est normalement brûlée) et son maintien en couverture superficielle et la rotation associant à l'enfouissement de l'engrais vert la présence de cordons herbeux isohypses permanents. Dans les deux cas les pertes en terre sont diminuées de plus de 96 % et les pertes en eau sont réduites de près de dix fois par rapport à la pratique de la rotation avec enfouissement de l'engrais vert seul.

— Pour la culture du maïs : le semis pratiqué selon les courbes de niveau réduit de plus de 30 % l'érosion et de 20 % le ruissellement et les cordons isohypses alternés binés ou revêtus de végétation permanente éliminent pratiquement les pertes en terre et permettent une infiltration quasi totale de la pluie.

LA RÉGION CENTRE-OUEST

Quelques éléments du cadre physique et humain

La région Centre-Ouest avec ses 1 880 000 kilomètres carrés, soit 22 % du territoire national et ses 7,5 millions d'habitants est une région en pleine expansion dont le développement, essentiellement agricole, est récent. Son climat est de type tropical chaud et humide dans les régions préamazoniques et moyennement chaud

et semi-humide dans les parties centrale et méridionale. A Brasilia il y a 4 à 5 mois secs par an, l'altitude adoucit la température qui peut tomber à 6°C, la moyenne annuelle se situant autour de 20°C et l'évaporation n'étant que d'environ 400 mm par an. Le modelé très doux est celui de plateaux étendus où domine la savane arborée ou « cerrado » sur les « latosols » ou sols ferrallitiques acides, désaturés, profonds, riches en alumine libre, à basse fertilité naturelle.

Contrairement au Nordeste, nous avons affaire dans le Centre-Ouest à une région à agriculture industrielle extensive, mécanisée, souvent itinérante. La mobilité des hommes et des cultures est grande. La région a reçu en 10 ans 17 millions d'immigrants issus des autres régions et en particulier du sud. Il s'agit d'une sorte de Far West où les conflits pour la possession de la terre sont aigus et violents. C'est le Brésil pionnier, le Brésil rural de demain. En 1980, suivant les statistiques de l'Institut brésilien de géographie et statistiques, les propriétés agricoles permanentes ne comptaient que 52 388 établissements contre 211 969 pour les exploitations temporaires. La moyenne des exploitations est de 977 ha et 70 % de ces exploitations ont plus de 1000 ha. Il y a 62 133 tracteurs ou près de 6,5 millions d'hectares cultivés et le nombre d'hectares cultivés par personne vivant de la terre est de 4,88. La région Centre-Ouest produit déjà 34 % de la production nationale de riz et les récoltes de soja, de blé et de manioc sont en progression constante. Avec 33,2 millions de bovins c'est, avec la région Sud, la principale région d'élevage du pays.

Les données de base et les méthodes employées

Les seules données disponibles concernent les essais sur parcelles du Centre de recherches agro-pastorales du cerrado de l'EMBRAPA (CPAC) situé à 18 km de Brasilia dans le District fédéral (DEDECEK *et al.*, 1986).

Les principaux facteurs de l'érosion et les conditions expérimentales sont les suivantes : la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 1600 mm et le facteur d'érosivité des pluies R égale 805 ; le sol est un « latosol rouge foncé alique » c'est-à-dire un sol ferrallitique très désaturé riche en alumine libre (haplustox). Sa texture est argileuse, son pH de 4,3, sa teneur en matière organique de 2,3 % et son complexe absorbant contient 1,22 mé de A1 et seulement 0,34 mé de Ca + Mg ; la valeur de l'érodibilité K est de 0,13 ; les parcelles, de 22 sur 3,5 m, ont une pente de 5,5 %. Les différents traitements concernent les pertes en terre et en eau : sous maïs, riz et soja en préparation dite « conventionnelle » du sol, sous soja sans travail du sol, comparées à celles d'un pâturage cultivé (*Bracharia decumbens*) et d'un sol nu travaillé dans le sens de la pente (standard de WISCHMEIER). La préparation « conventionnelle » du sol est faite manuellement dans le sens de la pente. Le semis du soja sans préparation du sol est réalisé directement dans un fin sillon qui est ensuite refermé et traité à l'herbicide de contact. Tous les traitements ont reçu un amendement minéral de fond (N, P, K). Les premières mesures remontent à 1977 et les données citées regroupent six années d'essais.

Les résultats obtenus

Ils sont consignés dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Pertes en terre et en eau sous différentes cultures et suivant différentes pratiques antiérosives à proximité de Brasilia (District fédéral)

Traitements	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)
Maïs en préparation "conventionnelle"	29,4	21,3
Riz en préparation "conventionnelle"	7,1	20,6
Soja en préparation "conventionnelle"	8,1	14,5
Soja sans préparation du sol	5,4	13,5
Pâturage graminéen	0,15	1,3
Sol nu (parcelle de Wischmeier)	52,6	23,6

Interprétations et conclusions

Il ressort de l'examen des valeurs du tableau VI que :
— dans la région Centre-Ouest, en pratique « conventionnelle », c'est sous maïs que les pertes en terre et en eau sont les plus importantes ;
— la plantation de soja sans préparation du sol permet une réduction de 33 % de la perte en terre et de 7 % de la perte en eau par rapport à la pratique « conventionnelle » ;

— le couvert graminéen planté est particulièrement efficace puisqu'il fait passer l'érosion du sol nu de 52,6 à 0,15 t/ha/an et diminue de dix fois les pertes en eau.

LA RÉGION SUD

Quelques éléments du cadre physique et humain

La région Sud qui regroupe les États du Parana, de la Santa Catharina et du Rio Grande do Sul, s'étend

sur 580 074 km² et compte une population rurale qui représente 38 % de la population totale. Le climat dit subtropical humide sans saison sèche, ou tempéré, qui permet l'obtention de deux récoltes par an, est le seul du Brésil qui possède des pluies d'hiver et des saisons bien marquées. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 1250 à 2000 mm et la température moyenne annuelle de 12 à 20° C en fonction de l'altitude. Le modelé est constitué, sur près des deux tiers de la région, de plateaux basaltiques dont l'altitude est souvent supérieure à 1000 m. Ces plateaux portent des sols variés mais largement dominés par les « terras roxas », les « brunizans » et les « cambisols », sols chimiquement riches et parmi les plus fertiles du pays. La forêt primitive d'*Araucaria* qui couvrait 167 800 km² a pratiquement disparu. La végétation actuelle est constituée de steppes graminéennes sans arbres, les « campos ».

Cette région méridionale constitue le Brésil tempéré, riche, européen. Il a été peuplé par des immigrants allemands et italiens au XIX^e siècle et au début du XX^e. Véritables paysans pour la plupart, ils y ont installé des propriétés foncières de taille moyenne (10 ha), qu'ils ont exploitées de façon intensive et fortement mécanisée (1 traicteur pour 63 ha cultivés). L'importance des dégâts dus à l'érosion les a progressivement incité à adopter, pour sauver leurs terres arables, des techniques conservatoires, tout particulièrement la pratique du « no-tillage » actuellement largement répandue dans cette région.

Les données de base et les méthodes employées

Dans ce qui suit, il faut entendre par :

- Préparation « conventionnelle » : un labour suivi de deux hersages exécutés dans le sens de la pente.
- Pratique sans préparation : un semis effectué dans un fin sillon sans autre travail du sol.
- Succession : deux cultures pratiquées la même année, l'une en été, l'autre en hiver.

La station agronomique expérimentale de Guaíba qui dépend de l'Université fédérale du Rio Grande do Sul est située à 50 km à l'ouest de Porto Alegre (fig.1). Les données de pertes en terre et en eau sont dues à ELTZ *et al.* (1981 et 1984) et concernent la période de 1975 à 1980. Le climat est subtropical humide sans saison sèche avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1250 mm qui fournit une érosivité R de 648. Le sol testé est une « terra roxa similar » profond et bien drainé, assez bien pourvu en cations, dont le taux de matière organique n'atteint pas 2 % et d'une susceptibilité à l'érosion assez élevée ($K = 0,33$). Les parcelles ont 22 m sur 3,5 m et une pente de 12 %. Les divers traitements sont les suivants : sol nu (parcelle de référence de WISCHMEIER) préparé de manière « conventionnelle » ; succession blé-soja préparée de manière « convention-

nelle » avec brûlis des résidus culturaux de blé et incorporation des résidus de soja ; succession blé-soja en préparation minimum (un labour léger sur les résidus de la culture antérieure) ; blé-soja sans préparation du sol ; succession blé-mais en préparation « conventionnelle » avec incorporation des résidus culturaux ; succession blé-mais sans préparation du sol ; pâturage naturel.

Les données des parcelles de Ijuí ont été collectées au centre de formation agronomique de la coopérative de blé de Ijuí située dans le nord-est du Rio Grande do Sul (fig.1) et publiées par GASSOL *et al.* (1980). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1800 mm, le sol est un « latosol roxo distrophe » et la pente de 7,5 %. Les traitements sont les mêmes que ceux décrits pour Guaíba.

Les données concernant Passo Fundo proviennent du centre national d'étude du blé de l'EMBRAPA situé au nord du Rio Grande do Sul (fig.1). La pluviométrie moyenne annuelle est de 1658 mm et provoque une érosivité moyenne annuelle de 748. Le sol est un « latosol rouge foncé » profond dont le facteur d'érodibilité varie entre 0,20 et 0,25. La pente est de 9 %. Les traitements, au nombre de trois, comprennent la succession blé-soja en préparation « conventionnelle » alors que les résidus de cultures sont brûlés, la même pratique mais les résidus sont enfouis et la pratique sans préparation, les résidus étant laissés en surface. Ces données ont été obtenues et publiées par WUNSHE et DENARDIN (1978 et 1980).

Enfin, les pratiques antiérosives du tableau X ont été testées à la station expérimentale de sylviculture de Santa Maria situé dans le centre-ouest de l'Etat. La pluviométrie moyenne annuelle atteint 1650 mm et le facteur d'érosivité R approche 800. Le sol est un sol « podzologique rouge-jaune » profond, bien drainé, à texture sableuse de surface, dont la susceptibilité à l'érosion est moyenne, et la pente de 9 %. Les parcelles ont 22 m de long pour 3,5 m de large. Les données traitées concernent la période de 1978 à 1981 et ont été publiées par ELTZ *et al.* en 1984. Les traitements sont les suivants : succession avoine/lupin (*Lupinus albus*) — maïs en préparation « conventionnelle » et sans préparation (les deux premières années la succession est celle de l'avoine et du maïs puis le lupin remplace l'avoine comme culture d'hiver) ; succession orge/avoine-soja en préparation « conventionnelle » et sans préparation (après deux ans l'avoine a remplacé l'orge comme culture d'hiver).

Les principaux résultats obtenus

Les résultats de pertes en terre et en eau concernant la région Sud ont été regroupés dans les tableaux VII, VIII, IX et X.

TABLEAU VII

Pertes en terre et en eau pour différentes cultures et pratiques antiérosives à Guaíba (Rio Grande do Sul)

Traitements	Pertes en terre (T/ha/an)	perdes en eau (% de la pluie)
Succession blé-soja dans l'année		
Préparation "conventionnelle"	25,97	6,3
Préparation minima	11,81	3,4
Sans préparation	9,30	3,6
Succession blé-maïs dans l'année		
Préparation "conventionnelle"	23,15	6,2
Sans préparation	3,25	2,3
Pâturage naturel	0,24	3,2
Sol nu (parcelle de Wischmeier)	229,95	19,7

TABLEAU VIII

Pertes en terre et en eau pour différentes cultures et pratiques antiérosives à Ijuí (Rio Grande do sul)

Traitement	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)
Succession blé-soja dans l'année		
Préparation "conventionnelle"	7,84	3,1
Préparation minima	2,32	2,26
Sans préparation	0,49	0,44
Succession avoine-maïs dans l'année		
Préparation "conventionnelle"	8,47	3,93
Sans préparation	0,73	0,78

TABLEAU IX

Pertes en terre sous succession de cultures blé-soja pour différentes pratiques antiérosives à Passo-Fundo (Rio Grande do Sul)

Traitement	Pertes en terre
Succession blé-soja dans l'année	
Préparation "conventionnelle" et brulis des restes	12,8
Préparation "conventionnelle" et enfouissement des restes	3,7
Sans préparation et restes en "mulch" superficiel	1,1

TABLEAU X

Pertes en terre et en eau et rendement pour différentes cultures et pratiques antiérosives à Santa-Maria (Rio Grande do Sul)

Traitement	Pertes en terre (T/ha/an)	Pertes en eau (% de la pluie)	Rendements (Kg/ha/an)
Succession avoine/lupin-maïs			
Préparation "conventionnelle"	39,78	18,5	4771
Sans préparation	12,20	12,9	4825
Succession orge/avoine-soja			
Préparation "conventionnelle"	31,97	17,2	3497
Sans préparation	14,82	14,7	3988

Interprétations et conclusions

Que ce soit à Guaíba ou à Ijuí, c'est-à-dire sur des sols et des pentes différentes, la succession blé-soja en préparation minimum du sol a à peu près la même efficacité et réduit les pertes en terre de 60 à 70 % et les pertes en eau de près de 50 % par rapport aux pertes de la pratique dite « conventionnelle ». En revanche, l'efficacité du semis sans préparation du sol est différente dans les deux cas (réduction de l'érosion de 75 % et 94 %) tout en restant très efficace. L'enfouissement des résidus de culture ou leur épandage superficiel ont également des effets bénéfiques et peuvent donc être employés en complément des précédentes. La pratique du semis sans travail du sol dans le cas des successions avoine-maïs et orge-soja sur sol « podzolique » (tabl.X) ne contrôle qu'entre 70 et 54 % des pertes en terre et entre 15 et 30 % des pertes en eau par rapport aux pertes mesurées en préparation « conventionnelle ». Toutefois, comme cette technique permet d'obtenir de

meilleurs rendements elle est donc, une fois encore, un précieux moyen pour préserver le sol et son potentiel agricole.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Avant de conclure, il paraît opportun de faire un bilan de l'efficacité des différentes pratiques testées en fonction des principales cultures. Pour cela, il est nécessaire de calculer les rapports entre les pertes subies par la parcelle témoin travaillée dans le sens de la pente (préparation « conventionnelle ») et celles des parcelles où une ou plusieurs techniques antiérosives associées ont été testées. Ce rapport qui varie de 0,00 pour une pratique totalement efficace à 1,00 pour la parcelle témoin la plus érodée correspond aux facteurs P ou C des pratiques antiérosives de WISCHMEIER et SMITH (1978). Les différentes valeurs issues de ce travail sont regroupées dans le tableau XI.

TABLEAU XI
Différentes valeurs des facteurs P et C évaluant l'efficacité des pratiques culturales antiérosives étudiées

Plante cultivée et pratique antiérosive utilisée	P	C
Coton isohypse	0,41	
+ maïs + haricot isohypse	0,75	
+ maïs + haricot isohypse + bande d'arrêt	0,48	
Maïs isohypse	0,87*	
isohypse + binage alterné	0,16	
isohypse + cordons de végétation permanente	0,08	
Tomate + rotation biennale avec haricot		0,56
idem préparation du sol		0,08
+ rotation avec engrais vert en "mulch"		0,11
+ rotation avec jachère enfouie		0,38
+ rotation avec jachère en "mulch" de 2 ans		0,01
+ rotation avec engrais vert en "mulch" + maïs		0,07
+ rotation avec engrais vert et cordons herbeux	0,04	
Soja sans préparation du sol		0,67
Blé-soja préparation minimum		0,37*
sans préparation du sol		0,17*
sans préparation + mulch		0,09
Blé-maïs sans préparation du sol		0,14
Avoine-maïs sans préparation du sol		0,09
idem + lupin		0,31
Orge-soja + avoine dans préparation du sol		0,46

* moyenne de plusieurs valeurs.

L'examen de ce tableau met en lumière la remarquable efficacité de la pratique du semis sans préparation préalable du sol, le « no-tillage » des Américains, dont le coefficient C varie de 0,08 pour la tomate et la succession blé-soja et avoine-maïs, à 0,67 pour le cas le plus défavorable, celui du soja, mais dont la plupart des valeurs sont inférieures à 0,20. Cette méthode, en plus du contrôle efficace de l'érosion, permet l'obtention de rendements comparables ou supérieurs à ceux

de la préparation traditionnelle très dégradante et beaucoup moins économique. Tout ce qui précède montre à l'évidence que plus on travaille et perturbe le sol, plus il est sensible à l'érosion.

Dans tous les cas, excepté dans celui du maïs, la pratique de la préparation du sol selon les courbes de niveau permet également la réduction des pertes en terre d'au moins 50 % et un appréciable accroissement de l'infiltration, ce qui, dans les régions sèches et semi-

humides, représente un réel ajout au facteur de rendement de la culture, voire la condition de sa réussite. Toutes les pratiques biologiques utilisées ont permis de limiter dans de notables proportions l'érosion et le ruissellement. Ces pratiques sont facilement exécutables par le petit agriculteur et sont peu onéreuses.

De nombreux paysans du sud du pays, propriétaires de leur exploitation familiale ont pris conscience du risque et de la nécessité de défendre leurs terres contre l'érosion. Dans bien des cas, ce sont eux qui sont à l'origine du choix et de l'adaptation de la pratique spécifique à adopter. Et cette pratique est le plus souvent « douce », biologique, car l'agriculteur sait qu'elle est efficace et que les techniques mécaniques des terrasses et banquettes sont chères et dangereuses ; elles ont été appliquées dans le passé et ont conduit à des échecs.

La région centrale du pays avec ses cultures industrielles extensives, sa mécanisation lourde et la grande fragilité de ses sols, n'a pas encore pris vraiment

conscience du problème de la dégradation de ses terres et de leur fertilité naturelle. C'est seulement par le biais de la considérable sédimentation fluviale annuelle dans la cuvette du Pantanal et dans le bassin du Parana que l'érosion agricole des sols amont, aujourd'hui intensément cultivés en soja, est appréhendée.

Dans le Nordeste brésilien, actuellement protégé de l'érosion par suite, à la fois, d'une emprise limitée des aires de cultures, d'un mode d'exploitation non mécanisée et d'une relative conservation des formations végétales naturelles, il semble de première importance de modifier les pratiques traditionnelles erronées (conduites dans le sens de la plus grande pente), en ayant recours à un encadrement rural structuré et efficient, avant que ne se fassent sentir les méfaits de la mécanisation.

Dans tous les cas, cette étude prouve que des solutions techniques au problème de l'érosion existent, et qu'il importerait donc d'en divulguer leur intérêt et de les mettre en application le plus rapidement possible.

BIBLIOGRAPHIE

- CASSOL (E.A.), ELTZ (F.L.F.), GUERRA (M.), VIAU (L.V.M.), 1980. — Perdas por erosão sob chuva natural ne solo « Santo Angelo » (Latosolo Roxo Distrofico), em diferentes sistemas de manejo do solo. Resultados anuais de pesquisa, IPRNR secretária da Agricultura, RS. Relatório mimeogr.
- DEDECEK (R.A.), RESCK (D.V.S.), FREITAS de (E.), 1986. — Perdas de solo, agua e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. 28 p. A paraître dans la *Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, sous-presse*.
- ELTZ (F.L.F.), CASSOL (E.A.), SCOPEL (I.), GUERRA (M.), 1981. — Perdas de solo e agua por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais sm solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrofico (São Jerônimo), sob chuva natural. Resultados dos primeiros cinco anos. *PBRRev. Bras. Ci. Solo ; Campinas*, 8 : 117-125.
- ELTZ (F.L.F.), CASSOL (E.A.), ABRAO (P.U.R.), GUERRA (M.), 1984. — Uso e manejo do solo e as perdas por erosão no solo Podzólico Vermelho Amarelado (São Pedro) sob chuva natural. Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do IV, Campinas, 24 a 29 de julho de 1982. Resumos. SBCS, CATI, IAC. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 8 : 245-249.
- FREITAS de (M.B.), CHOUDHURY (E.N.), FARIA (C.M.B.), 1981. — Manejo e conservação de solo Nordeste pernambucano. EMBRAPA/CPATSA, Petrolina, Boletim de pesquisa, 6, 44 p.
- LEPRUN (J.C.), 1983. — Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro (1982-1983). Rapport SUDENE-ORSTOM, Recife, 290 p., 5 cartes annexes.
- LEPRUN (J.C.), 1985. — La conservation et la gestion des sols dans le Nordeste brésilien. Particularités, bilan et perspectives. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XXI, n° 4, 1984-1985.
- MARGOLIS (E.), 1978. — Efeito de práticas conservacionistas sobre as perdas por erosão no Podzólico Vermelho Amarelo de Gloria de Goitã. *Pesq. Agropec. pernamb.* Recife, 2 : 1-12.
- MARGOLIS (E.) et MELO NELO de (A.V.), 1977. — Observações gerais sobre as perdas por erosão na zona do Agreste de Pernambuco. IPA, Recife, *Boletim técnico*, 74, 19 p.
- MARGOLIS (E.) et CAMPOS FILHO (O.R.), 1980. — Determinação dos fatores de equação universal de perdas de solo num Podzólico Vermelho Amarelo de Gloria de Goitã. Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do solo, 3, Recife, resumo, p.29.
- MARGOLIS (E.) et MELO NETO de (A.V.), 1982. — Perdas por erosão em diferentes sistemas de plantio de mandioco. Resultados preliminares. Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do solo, 4, Campinas, resumo 34, p.18.
- MARGOLIS (E.), SILVA de (A.B.), REIS dos (O.V.), 1985. — Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num solo Litólico de Caruaru (PE). *Rev. bras. Ci. Solo*, 9 : 161-164.
- SILVA da (I.F.) et ANDRADE de (A.P.), 1984. — Relatório de pesquisa sobre conservação do solo, 1977-1984. Relatório SUDENE-DRN/UFPB-CCA, Areia, 59 p.

- SILVA da (I.F.), ANDRADE de (A.P.), CAMPOS FILHO (O.R.), 1984. — Comportamento de diferentes coberturas vegetais e de pr ticas conservacionistas simples sobre perdas por eros o. Congresso brasileiro de Conserva o do solo, V, Porto Alegre, 15   20 de Julho de 1984, resumo 13, p.46.
- WISCHMEIER (W.H.) et SMITH (D.D.), 1978. — Predicting rainfall erosion losses ; a guide to conservation planning. Washington, US Depart. of Agric., Agric. Handbook, 537, 58 p.
- WUNSCH (W.A.) et DENARDIN (J.E.), 1978. — Perdas de solo e escoamento de  gua sob chuva natural em Latossolo Vermelho-Escuro nas culturas de trigo e soja. II Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conserva o do solo, Passo Fundo, 24 a 28 de abril de 1978 ; Anais : 289-296.
- WUNSCH (W.H.) et DENARDIN (J.E.), 1980. — Conserva o e manejo dos solos. I. Planalto Rio-Grandense ; Considera es Gerais. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPTrigo, 20 p. (Circular t cnica n  2).