

Bilan comparé de pratiques culturales (maïs, engrais verts sur semis direct) dans la lutte contre l'érosion hydrique au sud du Brésil.

par

BERNARDES M¹., DE PURY P¹., ELTZ F²., VEDY J-C¹.

¹ IATE/ Pédologie - EPFL, CH 1015 Lausanne - VD, Suisse.

² CCR/ Departamento de Ciência do Solo - UFSM, 97105-900 Santa Maria - RS, Brasil.

RESUME

L'Etat du Rio Grande do Sul (RS) est le plus cultivé des Etats du Brésil. 6 millions ha y sont semés en culture d'été et 2 millions ha en culture d'hiver. La plus grande partie des sols de cet Etat est touchée par l'érosion hydrique. L'érosion des sols dépend de la combinaison de différents paramètres climatiques et agronomiques, touche essentiellement la fraction la plus fertile du sol, matière organique et argiles. Les instituts de recherche ont calculé à 240 millions de tonnes les pertes en sol de l'année 1989. Leur estimation pour l'année 1999 dépasse les 300 millions de tonnes.

Cette étude porte sur l'évaluation de systèmes de production du maïs associé à différents engrais verts avec semis direct pour contrôler l'érosion hydrique, ainsi que le maintien de la fertilité du sol. Pendant la période d'étude, d'avril à décembre 1998, pour chaque averse les pertes en terre, en eau et en matière organique ont été mesurés selon chaque type de système adopté.

Les systèmes de production sur semis direct limitent fortement les pertes en terre et en eau. L'essai montre de pertes en terre réduite de 92 tonnes/ha (sol nu) à 0,4 tonnes/ha (engrais verts). Une amélioration des rendements du maïs de 3,2 tonnes/ha (jachère hivernale + labour traditionnel) à 9 tonnes/ha (maïs avec le *Stylobium sp* - engrais vert d'été). Les pertes en eau diminuent de 370 mm (sol nu), à 35 mm (moyenne des systèmes de production).

MOTS CLES

Rio Grande do Sul, érosion hydrique, perte en terre et en eau, perte de fertilité, semis direct, systèmes de production (maïs, engrais verts).

ABSTRACT

The soil water erosion results by combining different parameter. The state of Rio Grande do Sul (RS) is the most agricultural region in Brazil. Six millions ha are planted for summer production while two millions ha are planted for winter crops. The research center assess that 240 millions of tones of soil were lost though erosion. It was the worst case presented concerning all the Brazilian states in 1989. The prevision for the year 1999 deals with 300 millions of tones concerning mainly the most fertile part of the soil.

This papers evaluated the efficiency of a no till corn system with green manure canopy to control water erosion and maintain the soil productivity. For each system, soil, water and organic matter losses were measured from April to December 1998.

Some experiments, with crops systems, show the reduction of lost material from 0,4 tones/ha (green manure) to 92 tones/ha (bare soil). In addition, some improvement of corn productions from 3,2 tones/ha (fallow land + traditional ploughing) to 9 tones/ha (green manure + no till).

The lost water were reduced of 370mm (bare soil) and from 35 mm (in the production systems).

KEYS WORDS

Rio Grande do Sul state, water erosion, soil and water losses, fertility losses, no till, productions systems (corn, green manure).

PROBLEMATIQUE

Les problèmes de dégradation de l'environnement sont intimement liés au développement des populations et des civilisations, ils concernent autant les agronomes, les forestiers, les géographes, les hydrologues, les sédimentologues, que les socio-économistes (Roose, 1994). La croissance exponentielle de la population impose une intensification de la production agricole et la mise en culture de nouvelles terre. Les pratiques culturales sont synonymes d'une forte emprise humaine dans les systèmes naturels (Baril, 1991). La couverture pédologique subit les phénomènes érosifs du climat en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques, topographiques et des pratiques culturales qui lui sont appliquées. Lorsque arrive la modification ou la destruction de la couverture végétale naturelle, l'homme réduit l'agent conservateur du sol le plus important.

L'érosion hydrique est le facteur mondial, qui contribue à la plus grande dégradation des sols. Elle touche sévèrement 2 milliards d'hectares de terres agricoles. L'érosion entraîne une diminution de la qualité du sol par pertes de la fraction la plus fertile du sol (matière organique, et argile), une réduction des rendements, et une augmentation des coûts de production.

Selon l'IBGE¹, la surface cultivée en maïs au Brésil est d'environ 13 millions d'hectares. L'Etat du Rio Grande do Sul (RS), est le plus cultivé des Etats du Brésil. 6 millions ha y sont semés en culture d'été et 2 millions ha en culture d'hiver. Une grande partie de ces sols *ferrugineux* et *ferrallitiques* (souvent limono-sableux, acides, profonds, friables, fortement désaturés pauvres en matière organique et nutriments) est soumise à l'action érosive des pluies. Les labours répétés (mécanisation lourde), la monoculture intensive, et une couverture déficiente (faible quantité de résidus - paille) sous *jachère hivernale* (pratique culturale traditionnelle au sud du Brésil) contribuent à aggraver les processus érosifs.

Selon la SARGS² dans l'année 1989, 240 millions de tonnes de sols ont été perdues, et les estimations des pertes pour l'année 1999 dépassent 300 millions de tonnes. Ces chiffres de pertes en sol, place le RS en tête de tous les Etats brésiliens. Ces pertes diminuent le potentiel productif des sols et risquent de provoquer de graves problèmes économiques, sociaux et environnementaux à l'Etat.

Dans la région appelée *depressão central* – "dépression centrale", les sols sont, depuis une trentaine d'années, mis en valeur selon un système de grandes cultures (soja, maïs, céréales...). La fragilité de sols, un défrichement assez anarchique, une mécanisation lourde, un découpage foncier hérité d'une colonisation récente, un système économique chaotique, ainsi qu'un système agro- économique privilégiant le grand producteur, amène le petit agriculteur à abandonner sa terre. Ce travail concerne un axe de recherche à long terme du Département de sols (Faculté d'Agronomie- l'Université Fédérale de Santa Maria), sur les systèmes de production. Les systèmes proposés – association maïs et engrais verts –

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Institut Brésilien de Géographie et Statistique)

² Sociedade de Agronomia do Rio Grande do Sul (Société d'Agronomie de Rio Grande do Sul)

augmentent la couverture du sol pour lutter contre l'érosion hydrique. Ils doivent permettre une amélioration durable de la fertilité des sols cultivés.

L'objectif du projet est l'étude des effets du semis direct (comme modèle anti-érosif) et la vulgarisation de sa mise en application divers types d'engrais verts sont essayés, les pertes en terre et en eau sont mesurées (y compris matière organique), les rendements du maïs sont comparés selon un modèle de production adoptable par les petits paysans.

MATERIEL ET METHODES

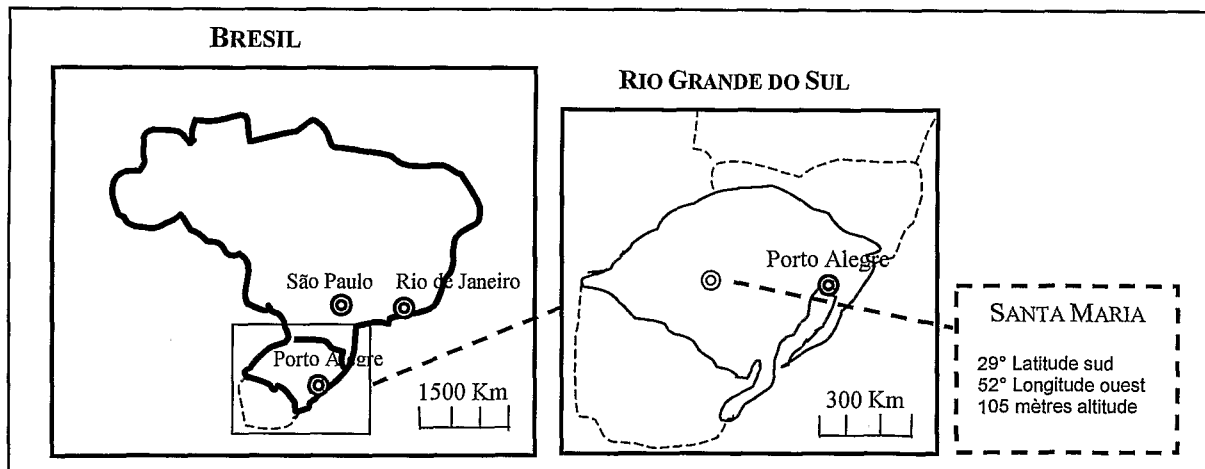
MILIEU

L'étude s'appuie sur le dispositif mis en place depuis 1991, qui met en jeu l'utilisation des systèmes de production (maïs et engrais verts), apte à protéger le sol contre l'érosion hydrique (Debarba, 1993). Seganfredo (1995) a répété le même essai d'avril 1993 à mars 1995.

Le site des essais était occupé, jusqu'en 1990, par une végétation naturelle (campo nativo) avec une prédominance de graminées et d'autres types de mauvaises herbes. Y sont appliqués, la chaux (dolomie) et des engrais minéraux (azotés, phosphatés et potassiques), pour corriger l'acidité et uniformiser la fertilité du sol.

Le site d'étude est localisé dans la ville de Santa Maria au cœur de l'état du Rio Grande do Sul (environ 300 km de Porto Alegre- capitale de l'Etat), dans la région de la dépression centrale (Figure 1). La ville possède encore une vocation essentiellement agricole avec un peu d'industrie. L'agriculture est intensive et de type mixte avec l'exploitation du bétail. La mécanisation est très développée avec l'utilisation des outils lourds.

Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude.



Le climat est classé comme subtropical humide sans saison sèche "Cfa" selon Köppen. Les précipitations annuelles sont de 1560 mm, bien réparties. Normalement, les mois de mai, juin et octobre sont les plus pluvieux et les mois de novembre, décembre et mars sont les moins pluvieux. La température moyenne annuelle est de 19,3 °C, juillet est le mois le plus froid (moyenne de 9 °C) et janvier le plus le chaud (moyenne de 31 °C).

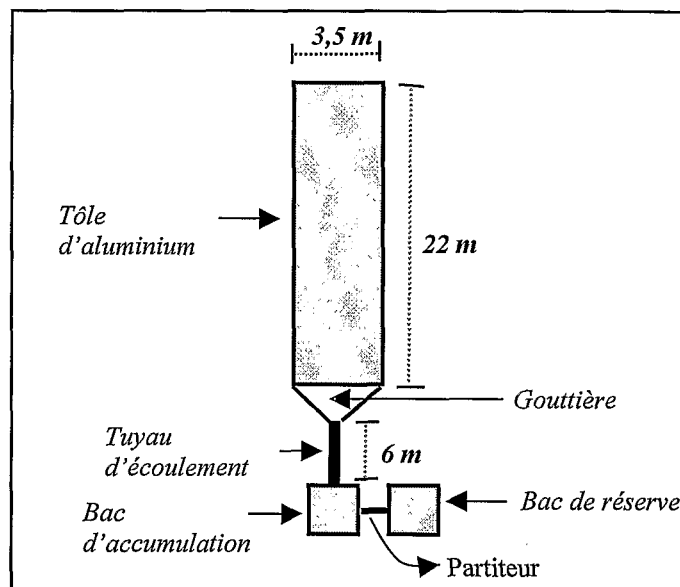
L'essai est mis en place sur un sol *podzólico vermelho-amarelo* (classification brésilienne), ferrallitique désaturé de la classification française. Ces sols sont bien représentatifs de la dépression centrale. Ils sont acides (pH < 5), couleur "7,5 YR 4/3" (horizon A- rose pâle, et horizon Bt- rougeâtre), faible taux de saturation en bases, structure de surface grumeleuse, fine et grossière, peu développée, friable, sensible aux passages répétés des machines

agricoles, texture (A : limono-sableux, et Bt : sable limono-argileux), bien drainés, poreux et profonds (> 1m).

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai comprend 14 parcelles, sur une pente moyenne de 6%. Les parcelles possèdent chacune une surface totale de 77 m² (22 m de long x 3,5 m de large) (Figure 2). Elles sont isolées et protégées par tôles d'aluminium enfoncées de 20 cm, qui empêchent tout échange de ruissellement avec les parcelles ou champs voisins. Ces parcelles sont installées selon une orientation est-ouest. En aval, chaque parcelle est munie d'une gouttière qui collecte les flux liquides et solides. L'eau chargée passe ensuite dans un tuyau en PVC de 75 mm de diamètre et 6 mètres de long pour arriver à un premier bac d'accumulation (1000 l) et ensuite à un deuxième bac de même volume. Entre les deux bacs il y a un partiteur qui fractionne la lame d'eau en 10 parties équivalentes. Les deux bacs portent un couvercle pour empêcher l'apport direct des eaux de pluies.

Figure 2 : Schème d'une parcelle.



L'essai a été mené sous pluies naturelles du 7 avril au 23 décembre 1998. Les 14 parcelles selon une distribution aléatoire comprennent sept traitements avec deux répétitions. Les traitements sont:

| | | |
|--------------|-----------|---|
| | T1 | parcelle témoin "sol nu" |
| SEMIS DIRECT | T2 | Vicia sativa ^{1A} + Lolium multiflorum ^{1B} + maïs ² |
| | T3 | Raphanus sativus ^{1C} + maïs |
| | T4 | jachère hivernale + maïs |
| | T5 | Stylobium sp ³ + maïs |
| | T6 | Canavalia ensiformis ³ + maïs |
| | T7 | jachère permanente |

¹ engrais verts d'hiver (^A légumineuse, ^B graminées, ^C crucifère).

² culture principale.

³ engrais vert d'été (légumineuses).

Les engrais verts d'hiver ont été semés dans la 1^{er} semaine de mai. *Vicia sativa* associé à part égale avec *Lolium multiflorum* avec un espacement de 35 cm, et *Raphanus sativus* avec un

espacement de 50 cm. Le maïs (culture principale) a été semé le 23 septembre avec "matraca" (semoir manuel brésilien) sur les résidus des engrais verts, avec une densité des semis de 6 à 7 grains/m² en utilisant un espacement de 0,8 m. La variété est la *braskalb 22*. Cette variété précoce, avec un cycle de 120 jours, environ, est largement utilisée dans la région à cause d'une bonne adaptation aux conditions pédo-climatiques. La fertilisation utilisée suit les recommandations de la SBCS³. Chaque parcelle a reçu 350 Kg/ha de fertilisants de base: N5; P20; et K30). Les engrais verts d'été ont été semés le 13 janvier 1998, avec un espacement de 50 cm. La jachère hivernale est une pratique régionale, qui laisse pousser librement quelques espèces végétales, avec semis lors du printemps suivant. La jachère permanente est un traitement qui laisse pousser la végétation naturelle sans utilisation d'une culture principale.

La collecte et les mesures du ruissellement ont suivi la méthodologie utilisée par Cogo (1978). A la fin de chaque pluie, le volume d'eau ruisselé est mesuré. Après homogénéisation de la suspension on prélève 3 échantillons (3 verres de 100 ml chacun). Ces verres subissent un premier pesée (précision +/- 0.01 g). Après décantation, l'eau surnageant est siphonnée et puis séchée à une température de 50 °C afin de récupérer les sédiments en suspension. Pour obtenir le calcul des pertes en terre et eau, on procède à l'utilisation du programme logistique lotus 123 (Veiga, 1992). Le rendement en grain du maïs a été mesuré dans une sous-parcelle de 10 m² (répétée trois fois), les valeurs étant corrigées à un taux d'humidité de 13 %.

RESULTATS ET DISCUSSION

CARACTERISATION DES SOLS

Les propriétés physico-chimiques du sol étudié apparaissent au Tableau 1. Si l'analyse chimique porte sur un échantillon de terre mélangée issu de nombreux points de sondage effectué à une profondeur de 10 cm, l'analyse physique est exécutée sur des échantillons non perturbés prélevés à l'aide de cylindre métalliques (100 cm³).

Tableau 1. Quelques propriétés physico- chimiques du sol étudié.

| Traitement | pH ¹ (Eau) | CEC ² (Meq/g) | C _{ORG.} ³ (%) | Granulométrie ⁴ | | | D. A. ⁵ (g/cm ³) | P.T. ⁶ (%) |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|--|--------------------------|
| | | | | Sable (%) | Limon (%) | Argile (%) | | |
| T1 | 4,8 | 4,3 | 0,6 | 70 | 21 | 9 | 1,6 | 40 |
| T2 | 5 | 4,4 | 0,9 | 66 | 21 | 13 | 1,4 | 49 |
| T3 | 5 | 4,3 | 0,8 | 65 | 23 | 12 | 1,4 | 48 |
| T4 | 5 | 4,7 | 1,0 | 66 | 21 | 13 | 1,4 | 47 |
| T5 | 5 | 4,7 | 1,0 | 65 | 22 | 13 | 1,4 | 48 |
| T6 | 5,3 | 4,9 | 0,9 | 69 | 19 | 12 | 1,4 | 47 |
| T7 | 5,6 | 5 | 1,1 | 65 | 22 | 13 | 1,6 | 42 |
| Moyenne | 5 | 4,7 | 0,9 | 67 | 21 | 12 | 1,4 | 47 |
| Ecart type | 0,26 | 0,29 | 0,16 | 2,1 | 1,3 | 1,5 | 0,1 | 3,4 |

¹ détermination par potentiomètre

² version par échange au BaCl₂ et par centrifugation

³ combustion à 1000 °C sous courant d'oxygène - CASUMAT

⁴ analyse par sédimentation (méthode PIPETTE DE ROBINSON)

⁵ densité apparente: masse volumique apparente sèche

⁶ porosité totale : par différence de D.R/ D.A.

Les analyses chimiques, révèlent une teneur faible en Carbone organique (C_{ORG.}). Ce sol présente un pH acide, oscillant autour de 5,0 et une capacité d'échange cationique (CEC) très

³ Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Société Brésilienne de Sciences du Sol)

liée à la matière organique d'environ 5 méq/100 g de terre avec un taux de saturation faible de 47 %. En s'agissant d'un sol chimiquement pauvre. Debarba (1993) et Seganfredo (1995) révélaient déjà les mêmes limitations chimiques.

Les analyses de la granulométrie révèlent une faible proportion d'argile surtout dans le traitement sol nu (T1). L'appauvrissement en argile par érosion sélective et par ruissellement en nappe entraîne la création d'un horizon superficiel de plus en plus sableux, et propice à la formation de croûtes, ce qui augmente le ruissellement. Le sol cultivé de notre site possède, en moyenne, une densité réelle de 2,75 (275 g de terre sèche dans 100 cm³ de sol non perturbés - mesuré avec le pycnomètre). La compaction se manifeste très clairement en T1 par une augmentation de la masse volumique des échantillons au détriment de leur porosité. On observe aussi, dans le traitement jachère permanente (T7) une certaine compaction. On peut induire que le système racinaire (en permanence) occasionne une perte de porosité.

On observe que les traitements avec le semis direct offrent une densité apparente plus faible et une porosité plus élevée. Dans ces traitements on n'a pas noté la formation de battance. Il paraît évident que la protection, des engrais verts, empêche le contact direct de gouttes de pluie et ensuite la formation de croûtes.

PLUVIOSITE

L'intensité de la pluie est l'un des paramètres principaux influençant l'érosion. Roose et al, montre que les pluies tropicales peuvent être, en moyenne, 20 à 100 fois plus agressives que celles des régions tempérées. Les principales caractéristiques de la pluviosité sont données au Tableau 2 où sont indiqués: les précipitations totales; le nombre de pluies érosives et non érosives; et l'indice EI₃₀. Cette étude est basée sur 52 averses (35 érosives et 17 non érosives). Nous avons utilisé le seuil de 10 mm de pluie, modèle transformé et proposé par Cabeda (1976), en fonction de la situation climatologique du RS.

Tableau 2 : Principales caractéristiques de la pluviosité pendant le cycle d'étude.

| MOIS | Hauteur totale de pluie (mm) | P.E. ¹ | P.N.E. ² | EI ₃₀ (MJ.mm/ha .H) |
|------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Avril | 340 (155)* | 5 | 4 | 1880 |
| Mai | 125 | 3 | 2 | 282 |
| Juin | 79 | 4 | 2 | 226 |
| Juillet | 228 | 5 | 2 | 544 |
| Août | 168 | 2 | 3 | 983 |
| Septembre | 219 | 7 | 0 | 1055 |
| Octobre | 124 (144)* | 2 | 3 | 295 |
| Novembre | 99 (140)* | 3 | 1 | 481 |
| Décembre | 48 (129)* | 3 | 0 | 179 |
| Total | 1430 | 35 | 17 | 5925 |

¹ Pluies érosives

² Pluies non érosives

*moyenne mensuelle des 30 dernières années

Le mois le plus humide (avril) est globalement le plus agressif. On note en 1998 des précipitations exceptionnelles de 340 mm (environ 120 % de la moyenne mensuelle des 30 dernières années), et un EI₃₀ de 1882 MJ.mm/ha⁻¹.H. Ces exceptionnelles sont dues au phénomène *el niño* (actif d'octobre 1997 à avril 1998). Le plus grand nombre de pluies érosives (7 P.E) avec un événement pluvieux individuel très agressif (EI₃₀ 1055 MJ.mm/ha .H) est enregistré au mois de septembre.

On remarque également que les mois d'octobre, novembre et décembre sont moins humides que la moyenne mensuelle des dernières années. Contrairement au 1^{er} semestre, cette période est caractérisée par une des plus basses quantités de pluies depuis 1995 (Bernardes, 1999). Ces pluviométries particulièrement basses sont dûs au phénomène *la ninã* (caractérisée par une grande sécheresse dans l'hémisphère sud).

ENGRAIS VERTS

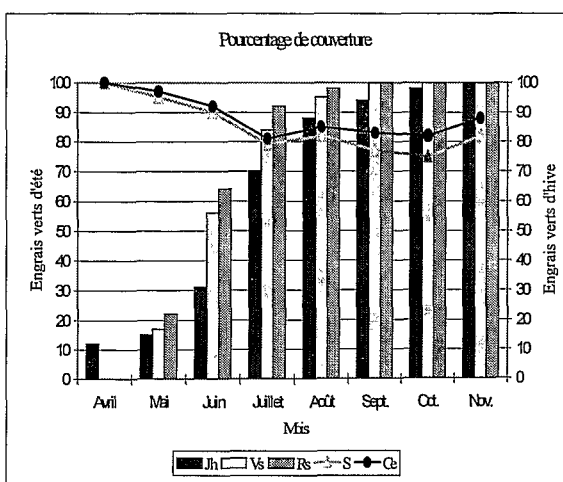
La couverture des sols, mesurée par la méthode de Spedding et Large (1957) et la production de biomasse des engrais verts apparaissent aux Graphiques 2 et 3, respectivement. Pour la détermination de la biomasse on a utilisé un prélèvement aléatoire de trois échantillons dans une surface 0,5 x 0,5 m, puis séché à 60 °C pour atteindre un poids uniforme.

Les engrais verts d'été, *Stizolobium cinereum* (T5) et *Canavalia ensiformis* (T6) présentent des réponses significatives et similaires. Ils atteignent 100 % de couverture du sol dans les mois d'avril et mai, grâce à un bon développement de leur partie végétative de juillet à novembre, T6 est un peu plus efficace que T5. Ces mêmes résultats sont confirmés par Ros (1991) et Debarba (1995). Dès juin, ils se montrent moins efficaces. En effet, dans cette période la protection est assurée par leurs résidus. Les engrais verts d'hiver, *Raphanus sativus* (T3) et la combinaison *Vicia sativa* + *Lolium multiflorum* (T2), montrent un comportement presque identique pendant cette étude. Ils démarrent moins vite que les engrais verts d'été. Dans les vingt premiers jours, après le semis, on note qu'ils assurent environ 30% de couverture du sol, dans une période de forte pluviosité. A partir de 80% de couverture du sol par les résidus, les pertes en terre sont devenues insignifiantes (Lopes, 1984).

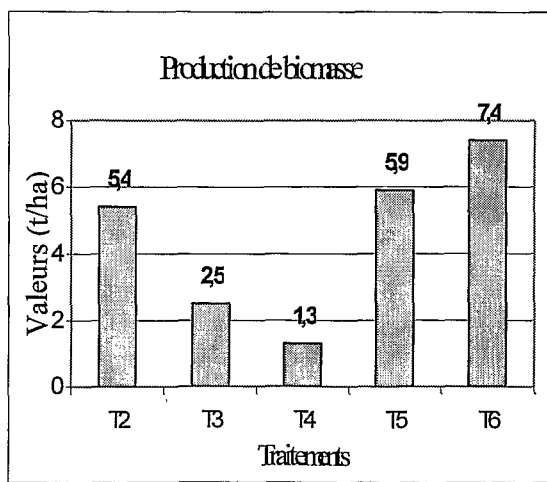
La jachère hivernale (T4) présente des valeurs de couverture du sol toujours plus faibles que les engrais verts. Ceci confirme qu'il s'agit d'une mauvaise technique de conservation du sol utilisée par une bonne partie des paysans locaux.

Les engrais verts d'été assurent une meilleure production de biomasse (Graphique 3). Ces légumineuses sont "assez agressives", possédant un démarrage rapide, et sont bien adaptées aux conditions pédo-climatiques de la région. Monegat (1991) trouve des valeurs supérieures à 7 tonnes/ha de masse sèche pour ces deux légumineuses. Debarba (1993), constate que la formation d'une grande masse végétale peut assurer une addition de C_{ORG} au sol.

Graphique 2: Pourcentage de la couverture occasionné par les engrais



Graphique 3: Résultats de la production de biomasse des engrais verts



QUANTIFICATION DES PERTES

Les pertes en terre enregistrées en T1, traitement témoin, sont de 92 tonnes/ha /an sous conditions de pluies naturelles durant le cycle d'étude (Tableau 3). Dans ce traitement la surface du sol est exposée directement à l'impact des gouttes des pluies. La perte est d'environ 0,6 cm d'épaisseur de sol (à une densité apparente de 1,6 g/cm³). Dans ce traitement, les pertes en eau atteignant 370 mm. On a constaté la formation des croûtes de battances et des rigoles qui diminue la capacité d'infiltration du sol et favorise le ruissellement.

De l'autre extrême, le traitement sous jachère permanente présente la plus faible perte en terre (0,1 tonnes/ha⁻¹/an). Ces résultats sont justifiés par une protection totale de la surface du sol. Le traitement sous jachère hivernale (basse couverture du sol - Graphique 2) est moins efficace (1,0 tonnes/ha⁻¹/an) que les autres systèmes de production. Curieusement, la jachère permanente et la jachère hivernale ne sont pas efficaces contre les pertes en eau: 145 mm et 130 mm (respectivement). Ces résultats indiquent que les propriétés physiques (densité apparente élevée, et basse porosité) dans les couches superficielles joue un effet supérieur à celui de la couverture limitant ainsi la capacité d'infiltration.

Tableau 3 : Pertes en terre et en d'eau dans les traitements

| Traitement | Pertes en terre (tonnes/ha /an) | Pertes en eau (mm) |
|------------|------------------------------------|-----------------------|
| T1 | 92,0 (1240)* | 370 |
| T2 | 0,4 (38)* | 33 |
| T3 | 0,6 (36)* | 43 |
| T4 | 1,0 | 130 |
| T5 | 0,4 (35)* | 35 |
| T6 | 0,3 (32)* | 31 |
| T7 | 0,1 | 145 |

* pertes en matière organique (Kg/ha⁻¹/an)

Les systèmes de production (maïs + engrais verts) se montrent très efficace dans le contrôle de l'érosion. Cette efficacité peut être expliquée pour une couverture du sol grâce au développement des engrais verts. Jusqu'au semis du maïs, mi- septembre, la protection du sol est dictée principalement par la partie végétative des engrais verts. Après septembre, la protection est assuré par les résidus des engrais verts, ainsi que le développement du maïs. Même si on n'obtient pas de différence significative dans les pertes en terre et en eau, selon les systèmes de production, on observe cependant des pertes inférieures avec les traitements qui possèdent une meilleure couverture du sol.

Avec les engrais verts d'été, les pertes en terre et en eau sont encore plus faibles qu'avec les engrais verts d'hiver. En effet, ils assurent une excellente couverture du sol pendant la période la plus pluvieuse. Dans les systèmes avec les engrais verts d'hiver, on note que les pertes les plus importantes ont lieu justement au mois d'avril: *Vicia sativa* + *Lolium multiflorum* (0,16 tonnes/ha /an) et *Raphanus sativus* (0,18 tonnes/ha /an). Des résultats similaires ont été obtenus par Amado (1992). Le semis de ces espèces au mois d'avril n'offre pas une couverture efficace au sol.

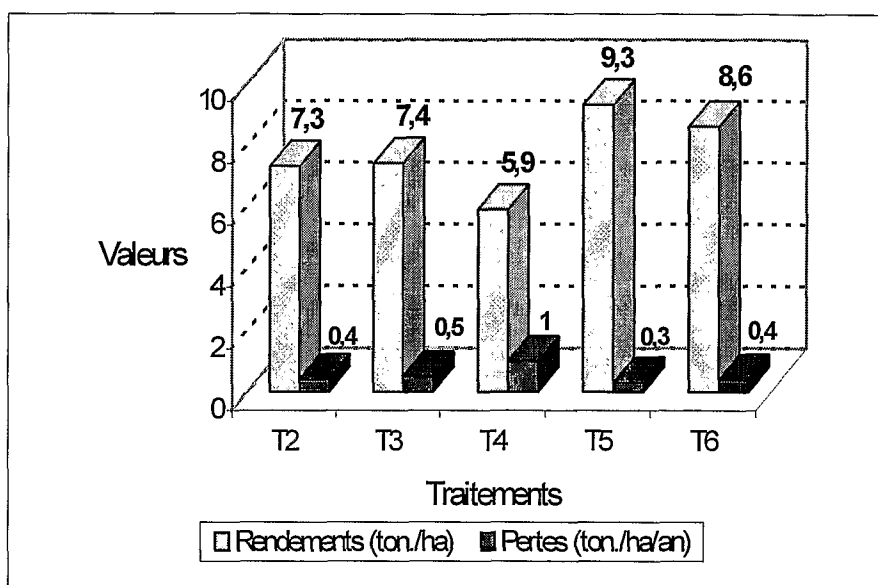
Les résultats des pertes en matière organique figurent au Tableau 3. Ces pertes sont maximum avec le traitement sol nu. Elles sont 35 fois plus grande que les pertes moyennes avec les systèmes proposés. Ces résultats sont dus à une excellente protection exercée par les engrais verts, qui contribue en outre au maintient de la fertilité du sol.

RENDEMENT DU MAÏS

Les rendements du maïs en liaison avec les pertes en terre sont présentés au Graphique 4. La différence insignifiante des pertes en terre entre les différents systèmes de production ne joue pas, dès qu'il s'agit du rendement en grains du maïs.

Le maïs a été semé le 23 septembre et récolté le 20 janvier. On observe que l'emploi des engrais verts a eu un effet significatif sur le rendement du maïs. Les engrais verts d'été ont un rendement du maïs supérieur à celui des engrais verts d'hiver. Un essai, en semis direct du maïs, montre que les légumineuses ont un rendement additionnel significatif comparé aux graminées et à la jachère hivernale (Frey, 1988). Les rendements du maïs avec les engrais verts d'été dépassent de 20 % les rendements avec les engrais verts d'hiver, et de 40 % les rendements avec la jachère hivernale.

Graphique 4: Rendement du maïs en fonction des pertes en terre.



Les résultats avec jachère hivernale sont dus à une couverture déficiente du sol, entraînant plus de pertes en terre et en eau, et un apport azoté déficient en comparaison avec les légumineuses. Même si l'on tient en compte de l'effet d'échelle (cf rendement moyen régional de 3,2 tonnes/ha en jachère hivernale + labour traditionnel) cette technique se révèle efficace sur le rendement du maïs. On observe donc, le lien direct entre le meilleur rendement en maïs et les pertes en terre minimum (surtout sur les engrais verts d'été).

CONCLUSION

Dans une région sensible aux risques érosifs l'homme avec des pratiques agricoles inappropriées devient un important agent d'érosion. L'intensification significative d'exploitation des terres conduit à une modification profonde de la végétation naturelle et accroît les processus érosifs.

Dans un pays tel que le Brésil où zones tropicales et tempérées ont des régimes pluviométriques irréguliers (soit d'intenses averses, soit de sécheresse), le semis direct permet garder le sol couvert et protégé de l'agressivité des pluies. Un autre facteur positif de ces systèmes est une augmentation de la matière organique avec une augmentation de la fertilité du sol (par paillage et production de matière sèche). Les systèmes de production (engrais verts + maïs) sur semis direct, limitent fortement les processus érosifs.

La meilleure conclusion de cette étude sera d'utiliser les résultats obtenus, pour élaborer des conseils (d'exploitation agricole) qui soient utilisables par les petits paysans. Le petit paysan pourra bénéficier aisément de la technique utilisée, semoir "matraca" et traction animale. En remarquant que les frais de labours sont supprimés.

BIBLIOGRAPHIE

Amado J.T., 1992: Adubação verde. In : Santa Catarina. Secretaria de estado da Agricultura e do Abastecimento. Manual Uso, Manejo e Conservação do Solo e da Água. Florianópolis, Brasil. 292 p.

Baril P., 1991: Erodabilité des sols et érodabilité des terres, application au Plateau Vaudois. Thèse présentée au Département de Génie Rural. EPFL. Lausanne, Suisse. 242 p.

Bernardes M., 1999: L'étude de différentes pratiques culturales (maïs & engrais verts, sur semis direct) comme moyen de protection des sols agricoles aux pluies naturelles au Brésil. Postgrade en Sciences de l'Environnement (CPSE). EPFL- DGR/ Pédologie. Lausanne, Suisse. 103p.

Cabeda M.S.V., 1976: Computation of storms EI values. West Lafayette, Purdue University, USA. P6. (não publicado).

Cogo N.P., 1978: Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição de volume, amostragem e quantificação do solo e água da enxurrada. In: Encontro Nacional de pesquisa sobre conservação do solo 2. Passo Fundo. Anais...Passo Fundo: Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. 481 p.

Debarba L., 1993: Sistemas de produção de milho adaptados à conservação do solo. Dissertação de Mestrado. UFSM, Santa Maria, RS - Brasil.150p.

Eltz F., Lovato T., 1996: Sistemas de produção de grãos adaptados a produtividade e a conservação do sol. UFSM, Agronomia, Santa Maria - Brasil.

Frey, W.W., Smith W.G., Willians R.J., 1988: Economics of winter cover crops as a source of nitrogen for no- till corn. J. Soil Wat. Conserv., Ankeny, v. 40, p. 246-249.

Monegat C., 1991: Plantas de cobertura do solo. Características e manejo em Pequenas propriedades. 2º edição. Chapeco, SC, Brasil.336 p.

Roose E., 1994: Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. FAO. Rome - Italie. 456p.

Roose E., De Noni G., Lamachère J.-M., 1998: L'érosion à l'ORSTOM: 40 ans de recherches multidisciplinaires. Cah. ORSTOM Pédol. 54-55.

Ros C.O., 1993 : Plantas de inverno para cobertura de solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Dissertação de mestrado em Agronomia. Santa Maria. UFSM, Brasil.85 p.

Seganfredo M.L.,1995: Sistemas de culturas adaptados à produtividade do milho e a conservação do sol. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS, Brasil. 100p.

Spedding C.R.W., Large R.V., 1957 : A point quadrad method for the description of pasture in terms of height and density. Journal of British Grassland Society, Aberystwyth, v.12, n°4, 229-234 p.

Vallée G., M'Biandoun M., Forest F., 1996: Semis direct dans l'aménagement de Sanguéré-Djaling (Cameroun). Cahiers Agriculture, vol. 5, numéro 3, pages 161-9.

Veiga M., Wildner L.P., Baldissera I.T., 1992: Erosão e degradação de um LRd em diferentes graus de cobertura do solo, sob chuva natural. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 9. Resumos ... Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 208 p.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Bernardes, M.; De Pury, P.; Eltz, F.; Vedy, J. C. - Bilan comparé de pratiques culturales (maïs, engrais verts sur semis direct) dans la lutte contre l'érosion hydrique au sud du Brésil, pp. 353-362, Bulletin du RESEAU EROSION n° 19, 1999.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr