

UTILISATION DU PAILLAGE LEGER ET DE LA HAIE VIVE DANS LA LUTTE CONTRE L'EROSION EN ZONE SEMI ARIDE DE MONTAGNE (CAP VERT)

SMOLIKOWSKI B.*, LOPEZ J.M*, QUERBES M.*, QUERIDO A.**,
BARRY O.***, PEREZ P.**** ET ROOSE E*****.

- * Assistants Techniques au P.R.O.D.A.P.
- ** Chercheur, I.N.I.D.A/Ministério da Agricultura/Cap Vert.
- *** Directeur du P.R.O.D.A.P/Cap Vert.
- **** Chercheur au CIRAD-CA, Montpellier, France.
- ***** Directeur de recherche au LCSC du Centre ORSTOM de Montpellier, France.

RESUME

Dans la vallée de Godim située en zone semi aride de l'île de Santiago, le PRODAP (projet de développement de l'agriculture et de l'élevage à base communautaire) poursuit, depuis 1994, un programme d'action sur la gestion conservatoire de l'eau et des sols. Les techniques du paillage léger constitué de résidus de maïs, à raison de 1500 kgMS/ha, et de la haie mixte composée de *Leuceana leucocephala*, *Pennisetum purpureum* et *Vetiver* disposée en courbe de niveau sont testées en milieu contrôlé sur sols à forte pente (50%). Dans cet article, les auteurs s'intéressent à l'influence de ces techniques sur l'érosion et la productivité des sols. Concernant la technique du paillage, l'étude est menée à différentes échelles sous pluies naturelles (100m², 4m²) et artificielles (1m²).

Les premiers résultats cumulés obtenus (campagne 1995 et 1996) montrent que le

I- INTRODUCTION

Compte tenu de l'importance de l'érosion hydrique au Cap Vert, la gestion conservatoire des ressources naturelles est une donnée constante des divers plans nationaux de développement. Dans le domaine de l'agriculture pluviale, la hiérarchisation des contraintes du milieu physique a donné la priorité à l'amélioration de la gestion de l'eau à la parcelle pour le développement d'une exploitation agricole viable et durable. C'est pourquoi, depuis 1994, le programme de Recherche du projet PRODAP/FIDA¹, appliqué à la valorisation des précipitations, se développe dans la zone semi-aride de Godim dans l'île de Santiago.

Les résultats obtenus dans ce domaine en appliquant la technique du paillage (LOPEZ, 1991; FOREST et LOPEZ, 1992; LACOSTA, 1993), et la demande importante en fourrage des agriculteurs-éleveurs de la zone, nous ont conduit à tester deux techniques de culture susceptibles d'améliorer la productivité des sols, tout en les protégeant contre le ruissellement et l'érosion : la couverture du sol par un paillis léger constitué de résidus de maïs, à raison de 1500 kg MS/ha, et la haie vive isohypse constituée par l'association de *Leuceana leucocephala*, *Pennisetum purpureum* et *vetiver*.

Ce document présente une partie des résultats des campagnes agricoles de 1995 et 1996 en mettant un accent tout particulier sur l'évaluation de l'impact des techniques expérimentées sur le ruissellement, l'érosion et la disponibilité en eau des sols. L'influence de ces techniques sur la production est exposée par la suite.

II- MATERIEL ET METHODE

2.1- Caractéristiques du milieu physique

L'étude est menée dans un contexte physique difficile (BARRY, SMOLIKOWSKI et ROOSE, 1995). Il convient juste de rappeler que le site expérimental est située dans la partie

2.2- Caractéristiques des essais expérimentaux

Les mesures de ruissellement et d'érosion sont menées à différentes échelles, 100m² et 4m², sous pluies naturelles et sous pluies artificielles à l'échelle du mètre carré.

*Suivi à l'échelle des 100m² sous pluies naturelles

Le dispositif ruissellement/érosion à l'échelle des 100 m² (parcelle agricole) occupe une surface totale d'environ 1500 m². Il est constitué de 8 parcelles dont 7 d'égales dimensions (20x5m) ont été mises en culture et une, la P5, plus petite (20x2.5m), est restée nue tout au long des 2 hivernages pour la détermination du facteur K de sensibilité du sol. Les résultats traités dans ce document sont relatifs aux 5 premières parcelles du dispositif (tableau 1). Exploitée de manière conventionnelle, la parcelle P1 représente le témoin régional.

Tableau 1: Caractéristiques des parcelles d'érosion

N° Parcelle	Surface (m ²)	Couverture végétale	Traitement antiérosif
P1 (témoin)	100 (20x5)	association maïs-haricot	aucun
P2	100 (20x5)	association maïs-haricot	paillage léger sur toute la parcelle
P3	100 (20x5)	association maïs-haricot	paillage léger sur toute la parcelle + 3 haies vives distantes de 10m (*)
P4	100 (20x5)	association maïs-haricot	3 haies mixtes distantes de 10m
P5	50 (20x2,5)	sol nu	aucun

(*) Haie vive sur fossé isohypse constituée de *Leucaena leucocephala*, de *Pennisetum purpureum*, de *Vetiver*.

Les parcelles sont situées sur un versant rectiligne qui présente une pente de l'ordre de 50% correspondant aux pentes cultivées de la zone de Godim. Le sol, relativement riche en matière organique et de faible épaisseur, est également représentatif des sols agricoles sur versants rectilignes de la zone. Un horizon superficiel de texture sablo-argileuse recouvre les matériaux arénisés. Le tableau 2 présente les principaux résultats des analyses physico-chimiques des parcelles.

Tableau 2: Principales caractéristiques analytiques des parcelles du dispositif 100 m²

Horizons (cm) Parcelles	0-10					10-50			
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4
Granulométrie (%)									
- argile	15	17	13	14	13	14	23	23	16
- limons totaux	17	19	20	16	12	15	12	11	11
- sables totaux	68	64	67	70	75	71	65	66	73
Densité apparente	1,03	1,00	0,99	1,00	0,99	1,08	1,11	1,09	1,10
Matière organique (%)	1,10	1,41	1,24	0,99	1,20	0,55	1,15	0,77	0,64
Carbone organique (%)	0,81	0,82	0,72	0,57	0,70	0,32	0,67	0,45	0,37
Azote totale (0/00)	0,95	0,94	0,81	0,67	0,85	0,42	0,81	0,56	0,46
P2O5 (Olsen) (ppm)	14,3	14,6	15,3	15,0	15,0	14,0	12,1	14,8	8,9
CEC (meq/100)	54,2	56,7	56,8	59,9	54,8	44,3	48,2	53,1	61,6
pH eau	7,2	7,2	7,3	7,0	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3

Sources: Laboratoire des sols du CIRAD (France) confirmés par l'INIDA (Cap vert)

La haie mixte sur fossé isohypse est constituée d'une rangée d'arbustes (*Leucaena leucocephala*) plantés tous les 50 cm, et d'une rangée de graminées (*Pennisetum purpureum* et de *Vetiver*) repiquées tous les 15 cm pour stabiliser le talus située en aval du fossé. Chaque culture fait l'objet de deux tailles en moyenne durant la campagne. A chaque taille, les

productions en feuilles et bois sont mesurées (en kg M.S.). Arrivées à maturation les cultures sont récoltées et pesées pour l'estimation de la production (grain, paille).

Les opérations culturales réalisées sur les différentes parcelles (excepté pour la P5) durant les deux campagnes agricoles de 1995 et 96 sont identiques à celles pratiquées par les agriculteurs de la zone. Les semis en sec et les sarclages sont effectués manuellement. Les productions d'adventices sont mesurées. La paille, constituée de résidus de maïs, est répandue de manière uniforme à la surface du sol en début de saison de culture à raison de 1500 kgMS/ha.

Les hauteurs et intensités pluviométriques sont relevées par l'intermédiaire d'un pluviomètre et d'un pluviographe installés sur le dispositif. Après chaque pluie, les transports liquides et solides sont mesurés dans les bassins, les bidons munis de partiteurs et les cuves de réception implantés en aval du dispositif.

Pour les mesures de l'humidité volumique du sol, 2 tubes d'accès de sonde TDR (*Time Domain Reflectometry*) sont implantés dans la partie amont et aval de chaque parcelle. Les humidités volumiques du sol, relevées tous les 10 cm, sont mesurées 2 fois par semaine environ lors des périodes sans pluies et toujours 24 h après l'événement pluvieux selon son importance (>10mm).

Le suivi des états de surface s'avère fondamental pour la compréhension des processus de ruissellement et d'érosion (CASNAVE et VALENTIN, 1989). Il s'agit d'évaluer la répartition entre la surface fermée ne laissant pas s'infiltrer l'eau (pellicules de battance + croûtes de sédimentation + cailloux), la surface ouverte (mottes < 1cm + terre fine) et la surface couverte au sol (litière) et aérienne (végétation). La méthode utilisée est celle des points quadrats préconisée par Roose (1996).

Plusieurs relevés ont été effectués durant la campagne 95 après les événements ayant modifié profondément la surface du sol (sarclages et pluies érosives). En 1996, au vu de l'effet destructeur des passages (creeping important), il a été jugé préférable de ne pas effectuer de relevés d'autant plus que les observations réalisées après le premier événement pluvieux ayant provoqué de l'érosion (22/08) ont confirmé les résultats de l'année précédente.

****Suivi à l'échelle des 4 m² sous pluies naturelles***

Pour une meilleure prise en compte de la variation des facteurs exposition et altitude sur la pluie à l'échelle du bassin, une dizaine de couples de microparcelles cultivées de 4m² (pailles/sans paille) est implantée en divers endroits du sous bassin versant de la zone. La placette de ruissellement est limitée par un cadre métallique dont la partie aval est munie d'un tuyau collecteur des transports liquides et solides. Un pluviomètre est placé à proximité de chacun des couples. Les conditions morphopédologiques et culturales sont identiques à celles du dispositif type 100 m²: versant rectiligne, pente 50%, régosol, opérations culturales.

****Suivi à l'échelle du mètre carré sous pluies artificielles***

La simulation des pluies a été réalisée en 1996 en saison sèche (avril-juin) dans la partie aval du bassin versant de Godim, à moins d'un kilomètre des dispositifs de suivi décrits précédemment. Sur un versant constitué par les deux grands types de sol de formation d'Orgãos nous avons placé 9 couples (paille/sans paille) de microparcelles de 1m². Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de l'expérimentation:

Tableau 3: Caractéristiques des microparcelles

N° microparcelles	Morphpédologie	Couverture végétale	Traitement antiérosif
P1, P4 et P5 P2, P3 et P6	sol isohumique pente 20%	maïs 30 jours , stade 8-10 feuilles	paillage léger aucun
P7, P9 et P11 P8, P10 et P12	sol isohumique pente 20%	maïs 60 jours, préfloraison	paillage léger aucun
P17, P19 et P21 P16, P18 et P20	régosol pente 35%	pas de culture	paillage léger aucun

Le protocole pluviométrique a été standardisé en utilisant 1 seule type d'averse (60 mm pendant une heure) dont la période de retour est de 2 années sur 10. Cela nous place dans les conditions optimales pour la formation des lames ruisselées. Afin de prendre en compte le facteur humidité du sol dans la genèse du ruissellement une deuxième pluie a été simulée 24

L'indice d'érosivité annuel de 1995 sur la zone de Godim ($R=178$) souligne une agressivité élevée comparativement à la médiane calculée sur la série interannuelle de 1974-94 ($R=155$). Suite à la pluviosité de 1996, l'érosivité annuelle représente la moitié de celle de 1995 ($R=85$), soit un indice bien inférieur à la médiane. Pour les deux années, septembre reste le mois le plus agressif.

3.2- Erodibilité du sol

L'indice d'érodibilité du sol (K) déterminé sur la parcelle en jachère laissée nue (P5) caractérise le sol comme très peu érodible: $K_{1995} = 0,03$ et $K_{1996} = 0,01$ ($K \leq 0,05$) ce qui est confirmé par les résultats obtenus sous pluies artificielles à l'échelle du mètre carré (K de 0,03). Les deux années de suivi, l'indice K évolue de la même manière que le taux de ruissellement Kr.

Tableau 5: Ruissellement annuel (Kr) et indice annuel d'érodibilité (K) du sol d'Orgãos (P5)

Année	Erosivité (R)	Pertes en terre sur P5 (T/ha)	Ruissellement (Kr en %)	Erodibilité (K)
1995	306,6	107,2	2,4	0,03
1996	148,4	10,2	1,1	0,01

Les indices d'érodibilité, calculés à titre indicatif, doivent être considérés avec prudence car le modèle utilisé (WISCHMEIER et SMITH, 1958) vise la prévision d'érosion en nappe dans les zones de plaines (pente comprise entre 1 et 20%). En effet, dans notre zone d'étude montagneuse sur pentes souvent supérieures à 40%, l'érosion linéaire prédomine et le ruissellement est pour cela une source d'énergie plus grande que les pluies (ROOSE, 1994).

3.3- Effets des techniques antiérosives sur l'érosion hydrique

**A l'échelle des parcelles de 100 m² sous pluies naturelles*

Les pertes en terre et les coefficients de ruissellement observés figurent dans le tableau suivant.

Tableau 6: Coefficients de ruissellement (Kr) et perte en sol (E) sous pluies érosives

année	P1 (témoin régional) maïs-haricot	P2 maïs-haricot paillis	P3 maïs-haricot paillis + haies	P4 maïs-haricot haies
1995				
E (t/ha)	37,70	0,10	0,05	14,40
Kr (%)	6,20	0,80	0,60	3,30
1996				
E(t/ha)	10,10	0,00	0,00	2,50
Kr (%)	1,00	0,00	0,00	0,20
Cumul 95-96				
E (t/ha)	47,80	0,10	0,02	16,90
Kr (%)	3,60	0,40	0,30	1,80

Sur les deux années d'étude la technique du paillage léger assure une meilleure protection du sol. Les différences de perte en sol entre les parcelles paillées et non paillées sont très importantes. Pour le cumul des 2 années, les charges solides de la parcelle P1 préparée

les coefficients de ruissellement sont moins importantes mais la parcelle conventionnelle présente néanmoins un ruissellement 9 fois supérieur à la parcelle paillée P2.

Le suivi des états de surface montre une dégradation très nette de la structure de surface des parcelles non paillées due à l'importance et à l'agressivité des pluies de septembre 1995. Contrairement aux parcelles P1 et P4, la surface des parcelles paillées apparaît très peu encroutée (1,5% de la surface) et surtout sans rigole, signe du ruissellement concentré. Ces différences sont d'autant plus surprenantes que la quantité de paille de maïs reste très faible.

L'action antiérosive de la haie mixte ne donne pas d'effet aussi spectaculaire que le paillage léger. Certes, elle réduit le ruissellement et l'érosion puisque l'on note sur la parcelle P4 une érosion 4,4 fois moins importante que sur la parcelle P1 (témoin régional) et un taux de ruissellement réduit de moitié. Cependant, les valeurs observées sont supérieures à celles enregistrées sur la parcelle P2. Ceci est dû essentiellement à la pluviosité et l'agressivité importante du mois de septembre 1995 (tableau 4) qui ont provoqué une mise en charge et une rupture des talus entraînant un écoulement concentré érosif et ce, malgré la présence de la bande enherbée dont l'un des rôles est de stabiliser le talus. Le suivi des états de surface et aussi les observations visuelles faites sur l'ensemble des versants aménagés soulignent la présence des

(où la pente est plus forte).

Sur la parcelle P3, l'effet combiné du paillis et de la haie annule quasiment l'érosion.

***A l'échelle des microparcelles de 1 m² sous pluies artificielles**

Le tableau 9 présente, pour différents stades végétatifs du maïs, les coefficients de ruissellement (Kr) et les charges solides (C), enregistrés à l'échelle du mètre carré sous pluies simulées, sur sol avec ou sans paillis léger. Il s'agit de moyennes sur 3 microparcelles.

Tableau 9: Coefficients de ruissellement et charges solides sous pluies simulées

Morphopédologie (stade végétatif du maïs)	Averses	Paillis léger		Conventionnel	
		Kr (%)	C (g.l ⁻¹)	Kr (%)	C (g.l ⁻¹)
sol isohumique, pente de 20% (maïs 30 jours)	A1	9,8	4,5	26,3*	6,2
	A2	53,2	2,7	67,4	4,0
	A3	60,0	-	74,2	-
sol isohumique, pente de 20% (maïs 60 jours)	A1	3,1	1,0	15,4*	7,5
	A2	20,3	3,0	37,8	3,4
	A3	29,3	-	46,4	-
régosol, pente de 35% (sans culture)	A1	0,0	0,0	5,3*	1,8
	A2	6,4	0,9	33,3*	1,4
	A3	24,1	-	57,6*	-

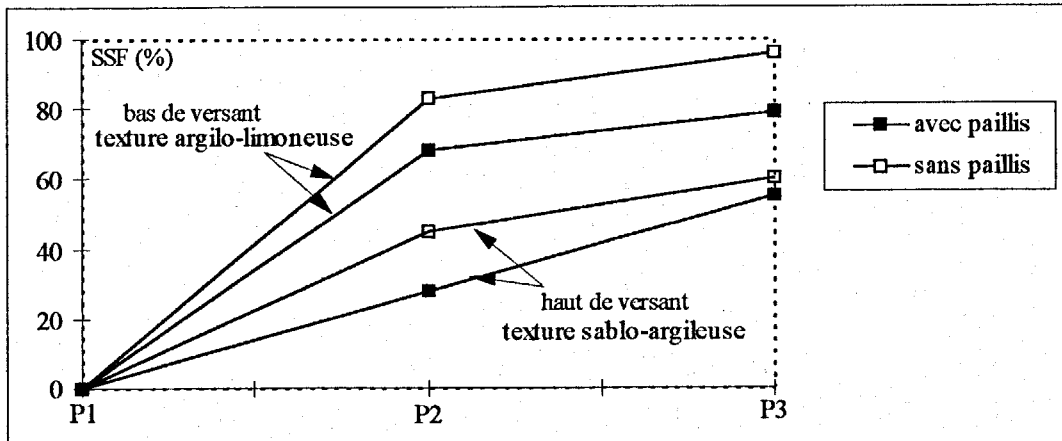
*: différence significative au seuil de 5%.

Sur sols à texture grossière en surface, correspondant en général aux sols rencontrés sur forte pente de milieu et haut de versant, l'effet du paillis sur le ruissellement et l'érosion est permanent. Pour le coefficient de ruissellement, l'effet reste significatif pour les 3 averses simulées, sur sol sec comme sur sol humide. En situation initiale (A1), le coefficient de ruissellement (Kr) sous paillis léger est réduit à 0 % contre 5,3 % sous système conventionnel. En situation humide (A2) la différence est encore plus prononcée avec un Kr de 6,4 % sous paille contre 33,3 % sans paille soit en moyenne 5 fois plus.

Sur sol à texture fine en surface, rencontré le plus souvent sur les parcelles de bas de versant (sol d'atterrissement), l'effet significatif du paillis sur le ruissellement est temporaire et se fait ressentir uniquement pour les premières pluies (A1) c'est à dire pour des conditions initiales à déficit de saturation important : coefficient de ruissellement Kr en moyenne 5 fois plus faible que celui obtenu sur placettes non paillées. Pour les deuxièmes pluies (A2), le sol étant quasiment saturé, la très faible densité de paillis expérimentée n'a plus joué de rôle et bien que l'on note des différences de comportement entre placettes paillées et non paillées, celles-ci ne sont pas significatives. Pour les deux premières pluies (A1 et A2), les différences de charges solides sont importantes entre les deux méthodes.

Pour les sols non protégés par le paillis léger, le suivi des états de surface, à l'échelle du mètre carré, souligne une dégradation de la structure de surface plus importante qui se traduit, essentiellement, par des pourcentages élevés de surface au sol fermée (figure 1). Ceci est d'autant plus marqué que le sol présente une texture fine en surface (bas de versant) et donc, plus sensible à l'impact des gouttes de pluie et à la formation de pellicules de battance.

Figure 1: Evolutions de la surface au sol fermée (SSF) sous pluies simulées (moyenne de 3 microparcelles)

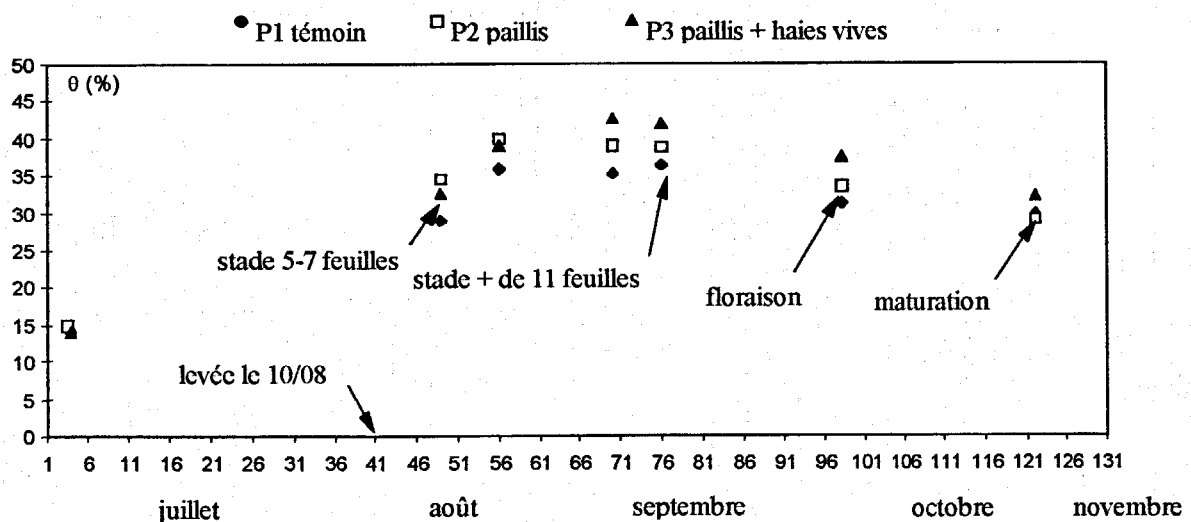


3.4- Teneur en eau du sol

Seules, les données du suivi de 1995 sur P1, P2 et P3 sont, à ce jour, disponibles et présentées dans cet article.

En conséquence de l'amélioration de l'infiltration, les parcelles P2 et P3 présentent, tout au long du cycle cultural de 1995, des humidités volumiques supérieures, de 5 à 10%, à celles enregistrées sur la parcelle témoin P1 et, particulièrement, durant la phase active de croissance et de floraison du maïs (figure 2).

Figure 2: Evolution des teneurs en eau du sol (θ en %) dans l'horizon racinaire



Les parcelles P1, P2 et P3 étant situées au même niveau dans la toposéquence du versant, les différences de teneur en eau observées sont directement imputables au paillis.

3.5- Production de biomasse

Les productions observées sur les parcelles du dispositif sont consignées dans le tableau suivant.

Tableau 10: Rendements (kg M.S.totale/ha) sur 100 m² en 1995-96 (juillet-décembre)

Mais	2252	2207	2103	1925	1729	1594	1245	932
Haricot	666	635	576	702	215	230	206	125
Total cultures	2918	2842	2679	2627	1944	1824	1451	1057
Leuceana (2 tailles)								
- bois	-	-	208	179	-	-	115	315
- fourrage	-	-	570	452	-	-	846	822
Graminées (1 coupe)	-	-	353	320	-	-	391	225
Total haies (6mois)	-	-	1131	951	-	-	1352	1362
Adventice:	135	230	250	160	36	104	153	82
Total biomasse	3053	3072	4060	3738	1980	1928	2956	2501

(*) : 1 ha cultivé dont 88% sont occupés par les cultures annuelles et 12% par la haie vive

La présence de la haie permet une production de biomasse totale, pour les 2 années consécutives, plus importante sur les parcelles P3 et P4 soit, un gain moyen de biomasse de 28% en 1995 et de 38% en 1996 par rapport à la parcelle témoin P1. En particulier, la production de biomasse foliaire en saison des pluies (non prises en compte des productions de grain de maïs, de grain de haricot et du bois de Leuceana) montre une augmentation de 30 % en 1995 et 37 % en 1996. Ce surplus de biomasse réalisé en 1996 est d'autant plus intéressant pour l'agriculteur-éleveur qu'il est obtenu en année sèche dont la période de retour, en zone semi aride, est de 8 années sur 10. De plus, cette augmentation, ramenée à l'année, devient plus importante lorsque l'on considère les deux tailles effectuées en période hors culture (janvier-juin).

Le paillis léger présente une influence bénéfique sur la production de biomasse totale uniquement sur la parcelle aménagée P3 (paillis + haie vive) soit, un gain de 9% en 1995 et de

IV- CONCLUSION

Les résultats de ces 2 années à différentes échelles et sur les 2 grands types de sol d'Orgãos soulignent, en matière d'érosion, l'influence bénéfique du paillis léger : il permet le maintien d'un bon état de surface qui favorise une meilleure infiltration. Cependant, sur le dispositif 100 m², on n'observe pas d'augmentation de la production des cultures annuelles, ce qui peut être expliqué par une très faible teneur du sol en azote et en phosphore assimilable.

La haie vive seule réduit également l'érosion mais dans une moindre proportion que le paillis : le suivi des états de surface soulignent la formation de griffes au niveau des talus enherbés. Son influence sur la production des cultures annuelles (maïs/haricot) est négative en année sèche durant laquelle la compétition vis à vis du facteur hydrique est plus importante. Néanmoins, la production de biomasse totale avec cette technique est largement supérieure (année sèche et humide).

La technique du paillis associée à la haie vive donne les meilleurs résultats, tant sur le plan de l'érosion que sur celui de la production de biomasse totale. De plus il ne semble pas y avoir d'influence négative sur la production des cultures annuelles en année humide.

Ces résultats sont d'autant plus encourageants que certains sont obtenus en année sèche (occurrence de 8 années sur 10). Le surplus de la biomasse totale, dû essentiellement à la production de la haie, soulève le problème de sa gestion afin que l'agriculteur puisse en tirer le maximum d'avantage compte tenu de ses besoins (fourrage et bois de chauffe). De même, appliqué comme paillis léger ou pour la création d'une fascine au pied de la haie, une partie de ce surplus permet de réduire les pertes en sol et en eau et, à terme, d'améliorer la fertilité des sols (SMOLIKOWSKI et BARRY, 1994). Le suivi des propriétés physico-chimiques du sol des parcelles aménagées de haies vives devra le démontrer.

Enfin, si l'objectif prioritaire de l'agriculteur se situe au niveau de la production des cultures annuelles (grain/fourrage), il apparaît important, surtout en année sèche, de limiter la concurrence entre les différentes espèces par 1 à 2 passages supplémentaires (arrachage des adventices et taille des haies) notamment, durant les phases végétatives sensibles telles la montaison et la floraison du maïs. Une étude spécifique portant sur l'influence de la haie sur la production des cultures annuelles et intégrant les données économiques devra être conduite.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRY O., SMOLIKOWSKI B., ROOSE E., (1995). Bilan de la lutte anti-érosive dans les zones d'agriculture pluviale au Cap-Vert; un projet innovant, le PRODAP. Agriculture et Développement, CIRAD-CA, n° 5 : 57-68.
- BERTRAND R. , (1994). Etude des sols dans les paysages du haut Bassin Versant de Ribeira Seca. PRODAP/FIDA, CIRAD-CA. Praia, CAP VERT, 53 p.

BOUDJEMLINE D., (1987). Susceptibilité au ruissellement et aux transports solides de sols à

GACENAVE A. VALENTIN C. (1990) Les états de surface de la zone sub-équatoriale