

# EFFETS DES SYSTEMES DE CULTURE BANANIERE SUR LA STABILITE STRUCTURALE ET L'EROSION D'UN SOL BRUN-ROUILLE A HALLOYSITE EN MARTINIQUE

KHAMSOUK<sup>1</sup> B., E. ROOSE<sup>2</sup>, M. DOREL<sup>1</sup>, E. BLANCHART<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CIRAD – FLHOR – BP 53 – 97200 Fort-de-France, France.

<sup>2</sup> IRD, Laboratoire Comportement Sols Cultivés – BP 5045 – 34032 Montpellier, France

<sup>3</sup> IRD, Laboratoire Biologie et Organisation des Sols Tropicaux – BP 8006 –  
97200 Fort-de-France, France

## RÉSUMÉ

Un test de stabilité structurale (Le Bissonais, 1996) a été appliqué sur des échantillons de sol brun-rouille à halloysite de la Martinique provenant de dix parcelles de ruissellement (100 ou 200 m<sup>2</sup>) du CIRAD-FLHOR, à l'état initial (t<sub>0</sub>) et après un an de culture (t<sub>1</sub>). Ces 10 parcelles, composées de sept essais cultivés et de trois sols nus, testent le comportement des systèmes de culture bananière au ruissellement et à l'érosion. L'objectif est double : estimer l'évolution de la stabilité structurale du sol et rechercher les facteurs déterminants.

Ce test sur agrégats secs et tamisés (2-5 mm) comprend trois traitements à l'eau distillée :

T1, humectation brutale par immersion, T2, humectation lente par capillarité et T3, agitation mécanique standardisée. Il montre que, quel que soit l'échantillon testé, (i) la désagrégation est plus intense avec T1 que T2, indiquant que les pluies intenses et isolées en période sèche provoquent plus d'éclatement des agrégats que les averses modérées en période humide, (ii) - les agrégats résistent bien à la désagrégation mécanique standardisée (T3), confirmée par un diamètre moyen pondéral élevé (MWD = 1,5 à 2,7 mm). Le paramètre MWD (T1) montre qu'il y a une évolution de la stabilité structurale du sol en un an sur toutes les parcelles. Sur les essais cultivés, il s'agit d'un effet cultural regroupant à la fois une agrégation du sol par une hausse de la stabilité structurale dans les rangs sous l'influence biologique des racines (cas des rangs des parcelles d'ananas P5 et P6) et une dégradation du sol dans les inter-rangs par l'agressivité de la pluie et par le piétinement lors des travaux agricoles (cas des parcelles de bananiers P3 et P4 qui subissent 16 passages d'ouvriers/mois). Cette dégradation structurale du sol pourrait être due aussi à la préparation du sol, notamment la mécanisation lourde qui tasse le sol (cas de la parcelle d'ananas P6 où les sillons ont été tassés lors du billonnage). Donc, sur ces parcelles cultivées, les zones sensibles à la désagrégation structurale (et aussi à l'érosion hydrique) sont localisées dans les inter-rangs. Sur les trois parcelles « sol nu » (P1, P7 et P9), la stabilité structurale du sol augmente avec la pente et cette relation s'expliquerait par la constitution sur forts reliefs de matériaux reliquats les plus résistants, les constituants fragiles ayant été décapés les premiers. Pourtant, la dégradation structurale est aussi constatée au bout d'un an (baisse significative des MWD (T1) de t<sub>0</sub> à t<sub>1</sub>) et s'amplifie même avec la pente. Elle serait due non seulement à l'agressivité de la pluie, mais aussi et surtout à l'énergie cinétique du ruissellement (liée directement à la pente) et à sa capacité de transport de solides. D'ailleurs, la relation positive entre l'érosion et la dégradation structurale sur les « sols nus » souligne cette hypothèse alors qu'aucun lien entre évolution structurale et perte en terre n'est établi sur les parcelles cultivées.

**Mots-clés :** Martinique, Parcelles d'érosion, Stabilité structurale du sol, Dégradation, Pente, Energie cinétique du ruissellement.

## ABSTRACT

A laboratory structural stability test (Le Bissonais, 1996) is applied on Martinique brown-reddish topsoil samples which come from 10 experimental plots (100 or 200 m<sup>2</sup>) in the CIRAD-

FLHOR banana's farm, at two different dates: the initial condition (t0) and after one cultural year (t1). These 10 plots – testing the behaviour of banana crop systems concerning runoff and erosion – are made up of 7 crop plots and 3 bare soil ones. The aims of this study are (i) – the assessment of soil stability evolution; (ii) – the research of their explanatory factors.

This stability test, applied on dry sieved (2-5 mm) aggregates includes 3 different distilled water treatments: T1, a fast wetting treatment by immersion, T2, a slow wetting by capillarity, T3, a standard mechanical breakdown by shaking after pre-wetting. For any samples, the results show: (i) – the breakdown is stronger in T1 treatment than in T2 one, showing that more aggregate breakdown occurs under lonely heavy rain storms in drought period than under moderate rains in rainy season; (ii) – the aggregates of this topsoil resist well to the mechanical breakdown (T3) and this great stability is approved by a high Mean Weight Diameter (MWD=1,6 – 2,7 mm). MWD (T1) results show for all runoff plots, there is a stability structural evolution after one year. On the crop plots, there is a cultural effect which produces at the same time, an improved soil stability aggregation in the cropped rows because of roots (for example, the both pineapple plots P5 and P6) and a soil stability degradation in the inter-rows due to rain aggressiveness and soil packing down under farming tasks (for example, the banana plots P3 and P4 where there are at least 16 human stampings in a month). This structural degradation can also be due to soil tillage, especially the hard mechanisation tillage that packs soil down (for example, the pineapple P6 where furrows were packed down during balk making). On the 3 bare soil plots (P1, P7 and P9), the soil structural stability increases with the slope and this relationship should be explained by the composition of most stable remained material on high relief, because of the departure of the weaker soil constituents in the previous time. But soil structural degradation is also noticed after only one year (significant decrease of MWD (T1) from t0 to t1) and its intensity becomes stronger when slope increases. It should be due not only by rain aggressiveness but especially by runoff kinetic energy (which has got direct relationship with slope) and its shearing stress for carrying all aggregates. However, the relationship between soil loss and structural degradation on the 3 bare soils approved this theory when no link between soil loss and stability evolution appears in the crop plots.

**Key-words:** Runoff plots, Soil structural stability, Aggregate breakdown, Degradation, Slope steepness, Runoff kinetic energy.

## INTRODUCTION

Dans les Antilles françaises, les systèmes de cultures bananières intensives emploient beaucoup d'intrants et requièrent des replantations fréquentes en raison de la dégradation rapide du système racinaire liée aux parasitismes telluriques. Face à ce problème, l'interruption de la monoculture bananière ou sa rotation culturelle avec des cultures appropriées (ananas, maraîchage, cultures fourragères...) s'avère être un moyen de lutte efficace contre les parasites du sol (Dorel, 1991). C'est pourquoi, le CIRAD-FLHOR de Martinique a proposé des systèmes de culture bananière en rotation avec l'ananas et avec la canne à sucre. La rotation avec l'ananas est une pratique courante dans le Nord de l'île tandis que celle avec canne a été choisie en raison des effets bénéfiques de la canne (plante « conservatrice de la fertilité du sol » (Fauconnier et Bassereau, 1970)). Parallèlement, le CIRAD-FLHOR s'est intéressé à étudier l'impact de ces systèmes de culture bananière sur l'environnement, et notamment sur l'érosion, les pertes en nutriments et le bilan hydrique sur un sol brun rouille à halloysite. Cette étude repose essentiellement sur 10 parcelles de ruissellement et d'érosion (100 ou 200 m<sup>2</sup>) testant le comportement des différents systèmes de culture sur différentes pentes, aux risques de ruissellement et de perte en terre.

Dans cet article, on s'est intéressé à mesurer l'évolution de la stabilité structurale du sol puisque celle-ci intervient étroitement dans les processus d'érosion. Pour cela, la détermination de la

stabilité des agrégats du sol a reposé sur un test de laboratoire (Le Bissonnais et Le Souder, 1995 ; Le Bissonnais, 1996) appliqué sur des échantillons de sol superficiel prélevés à deux dates différentes sur les 10 parcelles d'essai : en mars 1999, lors de la mise en culture des parcelles d'essai (t0) et en mars 2000, après une année de culture (t1).

L'objectif est double : (i) mesurer l'évolution de la stabilité structurale du sol sous différents systèmes de culture bananière ; (ii) rechercher les facteurs déterminants de l'évolution de cette stabilité liée d'une part aux pratiques agronomiques, d'autre part à la pente.

## 1 – MATERIELS ET METHODES

### 11 - Site d'étude et caractéristiques des sols

Située dans la région centrale de l'île, l'exploitation bananière du CIRAD-FLHOR (110 ha) présente un relief accidenté de collines (mornes) séparées par des ravines (dénivelée moyenne de 7 % sur un km) et connaît un climat tropical insulaire (pluviométrie annuelle : 2000-2500 mm ; deux saisons contrastées : le « carême » sec de janvier à juin et l'hivernage humide et cyclonique de juillet à décembre).

Le site d'étude est composé de 10 parcelles de ruissellement et d'érosion (100 ou 200 m<sup>2</sup>) installées sur trois blocs dans l'exploitation. Mises en place en 1999 sur un sol brun rouille à halloysite, ces parcelles supportent des systèmes cultureux différents :

- « sol nu » (P1, P7, P9) permettant de mesurer le comportement du sol et sa résistance à la pluie
- \* rotation « canne à sucre/banancier », avec paillage des résidus en ligne (P2, P8, P10) proposée par le CIRAD-FLHOR comme système réducteur des risques d'érosion ;
- \* bananeraie « établie » (P3), témoin régional d'un système dit durable ;
- \* rotation bananeraie « établie »/bananeraie mécanisée (P4), système mécanisé intensif à replantation fréquente, pratiqué en Martinique et considéré comme peu durable ;
- \* rotation « ananas à plat avec paillage des résidus de la culture antérieure/banancier » (P5), système intensif original, pratiqué quand la précédente bananeraie est envahie de nématodes ;
- \* rotation « ananas mécanisé et billonné avec enfouissement des résidus antérieurs/banancier » (P6), système alternatif au précédent, pratiqué chez les planteurs du Nord de l'île.

Les parcelles sont de pente presque rectiligne, mais d'inclinaisons différentes : 10% (P1 à P6), 25% (P7 et P8) et 40% (P9 et P10).

Les caractéristiques du sol 0-10 cm sont présentées Tableau 1 : la couche superficielle du sol semble comparable dans l'ensemble, avec une texture argileuse (64 à 68% d'argile), un taux de matière organique MO de 3% et un indice d'érodibilité K faible, indiquant un sol très résistant (K=0,04).

### 12 - Echantillonnage

Le long d'une diagonale de chaque parcelle, en inter-rangs (bananiers et canne : espaces dominants et plus exposés à l'érosion) et sur rangs ou billons pour P5 et P6 (ananas), les échantillons de sol sont prélevés au transplantoir sur 0-10 cm, et à deux dates différentes : au cours de la mise en place des cultures (t0) et après une année (t1). Les échantillons sont séchés à l'air au laboratoire.

**Tableau 1 – Caractéristiques des sols 0-10 cm (pente, texture, taux de matière organique et indice K) des 10 parcelles d'essai de la station CIRAD.**

Parcelles		P1 à P6	P7 et P8	P9 et P10
Pente		10%	25%	40%
T	Arg% (<2 µm)	68,2	64,1	67,7
	écart-type	2,6	8,1	4,2
E	LF% (2-20 µm)	11,6	15,8	12,9
	écart-type	0,4	4,9	2,4
X	LG% (20-50 µm)	5,2	4,9	4,5
	écart-type	0,7	1,0	0,6
U	SF% (50-200 µm)	7,9	5,6	7,6
	écart-type	1,2	1,4	1,3
R	SM% (200-500 µm)	6,3	6,7	5,8
	écart-type	1,9	1,6	1,0
E	SG% (500-2000 µm)	0,9	2,9	1,6
	écart-type	0,1	0,5	0,2
MO %		3,1	3,1	2,9
Indice K*		0,04	0,04	0,04

\* indice d'érodibilité K établi d'après le nomogramme (Wischmeier *et al.*, 1971)

### 13 - Test de stabilité structurale

Le test de stabilité structurale choisi est celui proposé par Le Bissonnais (Le Bissonnais et Le Souder, 1995 ; Le Bissonnais, 1996), qui a été préféré aux autres tests en raison de sa simplicité et de ses meilleurs liens avec la perte en terre décrits par Amezketa *et al.*, (1996).

Les échantillons sont tamisés à sec pour obtenir des agrégats 2-5 mm qui sont ensuite séchés à l'étuve à 105°C pendant une heure.

Les différents traitements appliqués ensuite aux agrégats sont :

- T1 : *humectation rapide par immersion*, reproduisant l'effet de mouillabilité brutale et de désagrégation du sol sous pluie intense, après une période sèche. Environ 5 g d'agrégats mis dans un bécher sont brutalement immergés dans l'eau distillée pendant 10 minutes ;
- T2 : *humectation lente par capillarité*, imitant le comportement du sol sous pluie modérée en période humide. Environ 5 g d'agrégats sont placés sur un support couvert d'un papier absorbant puis réhumectés par capillarité par de l'eau permutée pendant au moins 30 minutes ;
- T3 : *désagrégation mécanique par agitation après réhumectation*, permettant de tester la cohésion du sol à l'état humide indépendamment de l'éclatement. Environ 5 g d'agrégats sont immergés dans l'alcool (solvant non polaire et miscible à l'eau) pendant 30 minutes, puis transférés dans un flacon d'eau distillée ; l'ensemble est alors soumis à 20 retournements sur un agitateur rotatif, puis laissé à décanter pendant 10 minutes.

Après chaque traitement, les agrégats sont transférés et tamisés à 50 µm dans l'éthanol : après 5 cycles immersion/émersion, les agrégats restants (>50 µm) sont transférés dans un bécher à l'aide d'une pissette d'éthanol pour être séchés à l'étuve ventilée (105°C) pendant 48 heures.

La détermination de la distribution des différentes classes d'agrégats est réalisée par un tamisage à sec sur une colonne de 6 tamis (de 0,05 à 2 mm) : après 20 basculements latéraux de cette colonne, apparaissent 7 classes d'agrégats ou refus de diamètres Ø : >2 mm, 1-2 mm, 0,5-1 mm, 0,2-0,5 mm, 0,1-0,2 mm, 0,05-0,1 mm et <0,05 mm. Les refus des différents tamis sont pesés, le poids de la fraction <50 µm est calculé par différence ; les classes d'agrégats sont exprimées en pourcentage pondéral du poids sec initial de l'échantillon.

Pour chaque échantillon et pour chaque traitement, 4 à 5 répétitions ont été effectuées.

Les données obtenues peuvent s'exprimer : (i) – soit sous forme d'une distribution des classes dimensionnelles des agrégats (tableau ou histogramme), (ii) – soit sous forme du paramètre diamètre

moyen pondéral MWD (ou "Mean Weight Diameter", calculé d'après le pourcentage des 7 classes d'agrégats) pour chaque traitement. En général, plus la stabilité structurale d'un sol est forte, plus la distribution des agrégats tend vers le pôle fraction grossière et plus son MWD est élevé.

## 2 – RESULTATS

### 21 – Erosion hydrique mesurée en 1999

Le bilan du ruissellement LR (mm) et de l'érosion E (t/ha) est rappelé dans le Tableau 2 (Khamsouk, 1999). Il sera développé plus précisément dans un autre article (en préparation).

**Tableau 2 – Bilan du ruissellement et de l'érosion hydrique mesurés sur les 10 parcelles d'essai, à Rivière Lézarde (Campagne 1999).**

(LR : lame ruisselée (mm) et E : perte en terre (t/ha))

Traitements	Parcelle	Pente (%)	Pluie total mm (mm)	LRuiss (mm)	E T/ha (t/ha)
Sol nu	P1	11%	1412,4	129,2	90,5
	P7	25%	1412,4	109,4	156,2
	P9	40%	1412,4	54,2	175,4
Canne + paillage en bande des résidus / Banane	P2	11%	1412,4	22,4	0,1
	P8	25%	1412,4	(22 à 30)*	0,1
	P10	40%	1412,4	30,4	0,1
Banane établie	P3	11%	1412,4	82,6	0,4
	P4	9%	1412,4	69,7	0,4
Ananas à plat + paillage	P5	9%	1412,4	22,6	0,0
Ananas mécanisé+ billonné	P6	7%	1412,4	137,3	28,5

\*LR non déterminée sur P8 et supposée comprise entre 22 et 30

Il montre que :

- sur « sol nu » la perte en terre augmente considérablement avec l'inclinaison de la pente (E varie de 90 à 775 t/ha pour des pentes de 10 à 40%), mais pas le ruissellement (LR baisse de 129 à 54 mm) ;
- sur les traitements cultivés, l'érosion reste négligeable (E = 0,4 t/ha sous « banane établie » et E=0,1 t/ha sous « canne paillée/banane ») voire nulle (E=0 t/ha sous « ananas paillé ») ;
- sous « ananas billonné », le ruissellement et la perte en terre sont plus élevés (LR = 137 mm et E = 28 t/ha) que la tolérance classique (1 à 12 t/ha/an).

### 22 – Stabilité structurale

#### 221 - Distribution des classes d'agrégats

Le tableau en Annexe 1 récapitule la répartition des fractions d'agrégats pour tous les échantillons. On observe qu'elle est semblable pour tous les échantillons, illustrée par exemple, par l'histogramme pour P4 (figure 1). Cette distribution est du type normal et unimodal, plus ou moins asymétrique selon les traitements : de T1 à T2 puis T3, la classe modale des agrégats (ou classe à effectif maximal) se déplace vers la fraction grossière >2 mm.

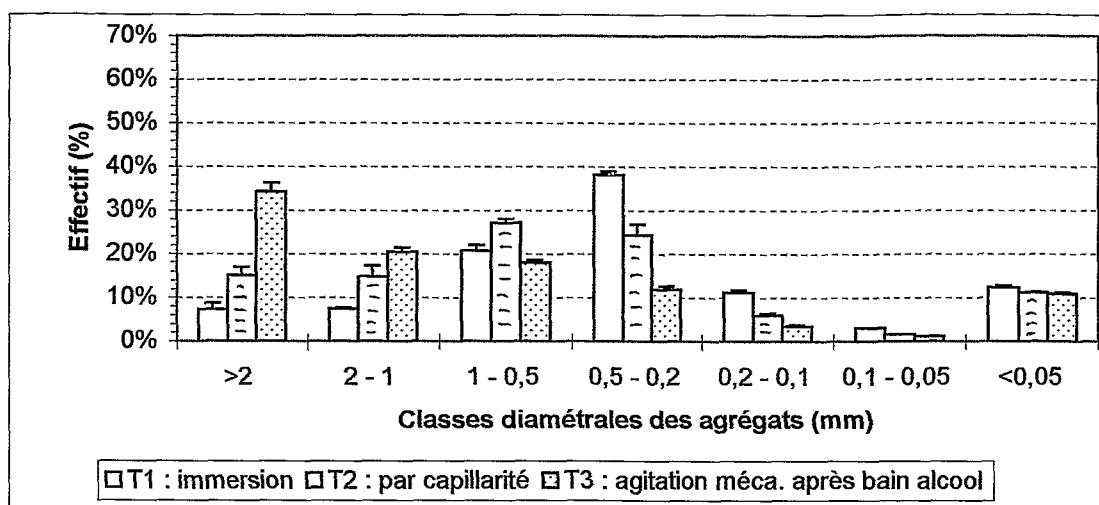


Figure 1 – Répartition des fractions d'agrégats après les 3 traitements T1, T2 et T3 du test de stabilité structurale (échantillon P4 (« banane établie »), mars 2000).

### 222 – Diamètre moyen pondéral MWD

Les diamètres moyens pondéraux des échantillons pour t0 et t1 sont présentés dans les Tableaux 3 et 4. Quel que soit l'échantillon testé, on observe une même gradation des MWD depuis le traitement T1 jusqu'au T3 comme précédemment constaté. De t0 à t1, la majorité des MWD baissent sauf pour les rangs ou billons des deux parcelles d'ananas P5 et P6 et pour la parcelle de canne P10.

Tableau 3 – Diamètre moyen pondéral MWD (mm) des 10 échantillons testés à t0.

Mars 1999	Sol Nu			Banane		Ananas		Canne		
Parcelle	P1	P7	P9	P3	P4	P5	P6	P2	P8	P10
Pente	11%	25%	40%	10%	9%	9%	7%	11%	25%	40%
MWD-T1 (mm)	0,79	1,11	1,45	1,08	0,99	0,83	0,88	1,08	1,07	1,34
Ecart – type (mm)	0,02	0,07	0,10	0,09	0,10	0,06	0,04	0,09	0,07	0,03
MWD-T2 (mm)	0,99	1,25	1,69	1,71	1,44	1,22	1,31	1,83	1,64	1,91
Ecart – type (mm)	0,07	0,06	0,12	0,12	0,11	0,13	0,21	0,22	0,15	0,15
MWD-T3 (mm)	2,09	2,04	2,74	1,57	1,77	2,13	1,93	2,38	1,95	2,54
Ecart – type (mm)	0,13	0,15	0,07	0,09	0,11	0,15	0,14	0,13	0,12	0,19

Tableau 4 – Diamètre moyen pondéral MWD (mm) des 12 échantillons testés à t1.

Mars 2000	Sol Nu			Banane		Ananas				Canne		
Parcelle	P1	P7	P9	P3	P4	P5 R	P5 I-R	P6 Bi	P6 Si	P2	P8	P10
Pente	11%	25%	40%	10%	9%	9%		7%		11%	25%	40%
MWD-T1 (mm)	0,65	0,78	1,11	0,83	0,67	0,87	0,77	0,95	0,73	0,93	1,14	1,62
écart – type (mm)	0,03	0,04	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,12	0,06
MWD-T2 (mm)	1,03	1,15	1,70	1,03	1,05	1,82	1,02	1,31	0,97	1,58	1,49	1,93
écart – type (mm)	0,14	0,13	0,16	0,08	0,11	0,22	0,09	0,10	0,06	0,23	0,13	0,18
MWD-T3 (mm)	1,61	1,62	2,08	2,45	1,69	2,07	1,79	2,14	1,66	1,78	1,83	2,61
écart – type (mm)	0,15	0,08	0,12	0,16	0,09	0,07	0,16	0,18	0,07	0,17	0,04	0,19

### 23 – Comparaison de l'érosion avec l'évolution de la stabilité structurale

Si l'on compare la perte en terre de 1999 à l'évolution de la stabilité structurale entre t0 et t1, il n'y a aucune relation qui se dégage pour les parcelles cultivées. En revanche, sur les « sols nus », l'érosion et l'évolution de stabilité du sol de t0 à t1 sont bien corrélées (tableau 5).

**TABEAU 5 – Relations entre érosion 1999 et évolution de la stabilité structurale de t0 à t1.**

	Coefficient de corrélation $r^2$ entre érosion et évolution de la stabilité structurale de t0 à t1
Sols nus (x3)	$r^2=0,921$
Traitements cultivés (x7)	$r^2=0,016$

### 3 – DISCUSSION

#### 31 – Erosion hydrique

Sur les parcelles cultivées (sauf pour P6), la perte en terre est négligeable, voire nulle. Le paillage ou l'organisation des résidus en bande pourrait expliquer cette faible érosion. Probablement la densité culturale (et son couvert végétal) joue également un rôle protecteur du sol contre l'érosion : les cannes couchées par le vent en août 1999, présentaient une bonne couverture au raz du sol. En revanche, la forte érosion observée sur l'ananas billonné P6 résulterait de la préparation du sol (affinage par mécanisation lourde) et de la technique culturale (sillon dans le sens de la pente).

Sur les « sols nus », l'érosion  $E$  croît avec la pente  $p$  ( $r^2=0,97$  pour  $E=67,3*\ln(p)+241,9$ ), mais cette relation diffère des résultats auparavant mis en évidence ailleurs où elle est exponentielle comme l'ont souligné Zingg (1940) aux Etats-Unis, Roose (1973) sur un sol ferrallitique sableux de Côte d'Ivoire et Lal (1976) sur un sol ferrallitique au Nigeria.

#### 32 – Stabilité structurale

##### 321 – Distribution des classes d'agrégats

La gradation de la classe modale de T1 vers T2 vers la fraction grossière  $>2$  mm montre que l'éclatement des agrégats est plus forte par humectation rapide : le sol est donc plus sensible aux pluies isolées en période sèche qu'aux averses modérées en période humide, quelle que soit la culture installée. Le détachement des particules ou « *Splash* » semble donc prépondérant sur sol sec comparé au sol humide. Mais la terre érodée mesurée en saison humide de 1999 est composée plus d'agrégats grossiers que de fines particules provenant de leur éclatement. Par ailleurs, la distribution asymétrique des agrégats T3 montre que le sol superficiel est très stable à la désagrégation mécanique (plus de 27% d'agrégats  $>2$  mm, classe modale) et cette grande stabilité confirmerait d'une part la résistance du sol trouvé avec l'indice d'érodibilité  $K$ , d'autre part la proportion d'agrégats grossiers constituant les sédiments érodés. Les grands risques d'érosion sur ce sol brun tropical ne se situeraient donc par vraiment au niveau de l'éclatement des agrégats en fines particules alimentant la perte en terre, mais plutôt à la capacité du ruissellement d'évacuer la terre non-sélectivement, sans dispersion préalable.

##### 322 – Diamètre moyen pondéral MWD

La gradation de T1 à T2 se répète aussi avec le diamètre moyen pondéral MWD. Ce paramètre MWD qui reflète la distribution des fractions d'agrégats conserve bien ses caractéristiques et présente l'avantage d'être facile d'utilisation par son unicité. A t0 et en comparant les MWD de T3 avec la classification de Le Bissonnais et Le Souder (1995 ; tableau 6), les échantillons ont une bonne (voire très bonne) stabilité structurale, avec des MWD (T3) variant de 1,6 jusqu'à 2,7 mm. Pour des sols stables, ces mêmes auteurs préconisent d'utiliser le MWD (T1), plus discriminant pour faire des comparaisons entre échantillons ou pour dégager l'évolution de la stabilité. On se limitera donc à traiter les résultats des MWD de T1 pour comparer les essais entre eux d'une part, entre t0 et t1 d'autre part.

Tableau 6 – Classes de stabilité, battance et érosion en fonction du diamètre moyen pondéral MWD après désagrégation (d'après Le Bissonnais et Le Souder, 1995).

MWD	Stabilité structurale	Battance	Ruissellement et érosion diffuse
<0,4 mm	Très instable	Systématique	Risque important et permanent en toutes conditions topographiques
0,4 – 0,8 mm	Instable	Très fréquente	Risque fréquent en toutes situations
0,8 – 1,3 mm	Moyennement stable	Fréquente	Risque variable en fonction des paramètres climatiques et topographiques
1,3 – 2 mm	Stable	Occasionnelle	Risque limité
>2 mm	Très stable	Très rare	Risque très faible

### 323 – Effet cultural sur les parcelles cultivées

Sur les essais cultivés, l'évolution de la stabilité structurale de t0 à t1 pourrait s'expliquer par l'effet cultural qui diffère que l'on se situe dans l'inter-rang ou dans le rang ou billon.

Dans les inter-rangs (sauf pour la parcelle de canne sur la pente de 40% (P10)), la baisse du diamètre moyen pondéral MWD (T1) entre t0 et t1 sur la majorité des traitements montre que le sol issu des inter-rangs a subi une dégradation de structure. Cette dégradation pourrait être due au tassement du sol soit par l'agressivité des gouttes de pluie bien démontrée ailleurs (Ellison, 1944), soit par le piétinement humain lors de fréquents passages pour l'entretien des cultures (applications d'herbicides et d'engrais) ou pour le suivi agronomique des plantations. A titre d'exemple, la fréquentation sur les deux parcelles de « bananiers établis » P3 et P4 se chiffrent environ à 16 passages par an. Par ailleurs, dans les inter-rangs ou plutôt les sillons de la parcelle d'ananas billonné P6, la baisse de la stabilité structurale pourrait être liée au travail du sol à t0 (notamment au passage des dents de la sillonneuse) en plus de l'agressivité des pluies et du piétinement humain.

Par contre, dans les rangs ou billons d'ananas (P5-R et P6-Bi) et pour la canne (P10), le MWD (T1) augmente traduisant une amélioration de la stabilité structurale du sol. Cette amélioration pourrait s'expliquer par la restructuration biologique du sol par les racines des plants qui, comme toutes racines et hyphes de champignons, ont par leur sécrétion mucilagineuse, un effet agrégeant bien connu et décrit antérieurement (Tisdall et Oades, 1982). Cet effet se manifeste aussi dans les inter-rangs de la canne sur la pente à 40% où la chevelure racinaire s'y est développée abondamment.

### 324 – Dégradation de la structure du sol sur les parcelles « sol nu »

Sur les trois parcelles « sols nus », le MWD (T1) à t0 et à t1 augmente avec la pente. Il y a donc une relation directe entre stabilité du sol et pente : plus la pente est forte, plus le sol semble stable (figure 2). D'ailleurs, elle s'observe également sur les trois parcelles de canne situées sur les mêmes pentes.

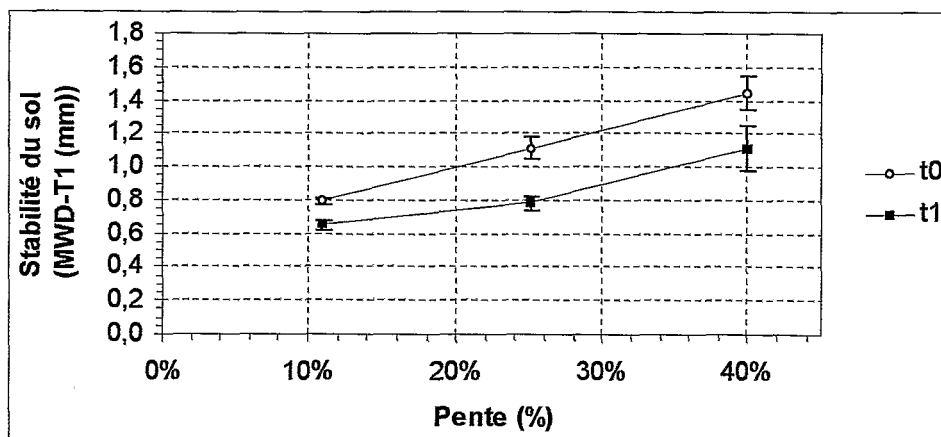


Figure 2 – Relation entre la stabilité structurale du sol et la pente sur les trois parcelles « sols nus » à t0 et t1.



Cette relation entre stabilité structurale et pente est cohérente : en effet, la relation croissante entre perte en terre et pente dégagée précédemment tend à montrer qu'il ne subsiste plus que les reliquats (ou squelette) de sol les plus résistants en surface – les matériaux fragiles ayant été décapé du versant les premiers.

Mais, si le sol est plus résistant plus la pente augmente, sa dégradation s'amplifie aussi : la baisse des MWD (T1) de t0 à t1 s'accroît avec l'augmentation de la pente (figure 2).

### 33 – Comparaison de l'érosion avec l'évolution de la stabilité structurale du sol de t0 à t1

Sur les parcelles cultivées, l'absence de lien entre perte en terre et évolution de la stabilité structurale de t0 à t1 pourrait s'expliquer par la diversité des techniques culturales (paillage du sol, billonnage dans le sens de la pente...) et/ou par la différence de densité de plantation : malgré la dégradation du sol des inter-rangs, l'érosion s'est avérée négligeable en raison de la protection du sol par les résidus et/ou par la densité du couvert végétal.

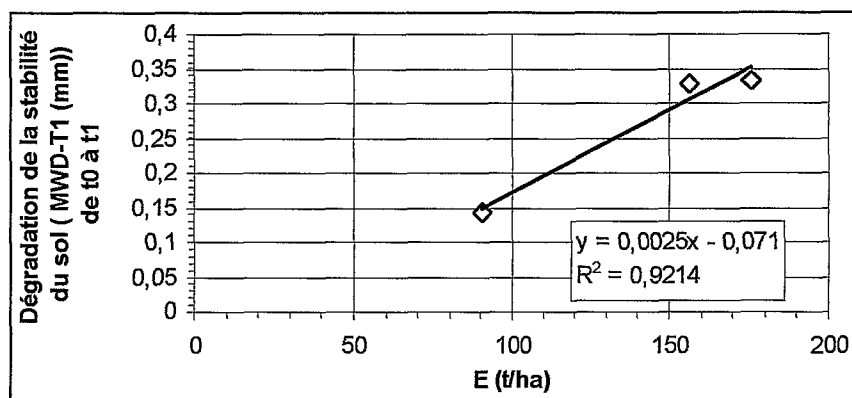


Figure 3 – Relation entre perte en terre E et dégradation de la structure du sol de t0 à t1.

Par contre, sur les « sols nus », il y a une relation positive entre perte en terre et dégradation du sol : plus la pente est forte, plus le sol est érodé et plus sa structure se dégrade entre t0 et t1 (figure 3). Cette relation est due non seulement à l'agressivité des gouttes de pluies (détachement des particules et tassement du sol) (Ellison, 1944), mais surtout à l'énergie cinétique du ruissellement (capacité de transport). Celle-ci est liée à l'inclinaison de la pente (ou à son énergie potentielle) et elle acquiert une plus grande capacité de transport, plus la pente augmente : l'entraînement des agrégats entiers par le ruissellement se produit d'autant plus facilement que la pente est forte. A titre d'exemple, sur deux parcelles « sol nu » similaires (pente linéaire droite, même rugosité et même longueur de 21 m) la vitesse du ruissellement croît de 6.3 à 12.6 m/seconde de la pente de 10% à 40%. D'où l'augmentation de la perte en terre sur les fortes pentes. Donc, l'énergie cinétique du ruissellement semble être un facteur déterminant de l'érosion sur forte pente, malgré la résistance des agrégats à la désagrégation.

## 4 – CONCLUSION

D'après les résultats sur l'érosion hydrique, il en ressort que sur les cultures paillées, la perte en terre reste négligeable : les traitements « bananiers établis » et les rotations « canne/banane » paillées et « ananas à plat/banane » paillée érodent peu. Par contre, sur l'« ananas mécanisé et billonné », l'érosion est élevée et elle serait liée au travail du sol et à la technique culturale. Sur « sol nu », la perte en terre augmente considérablement avec la pente.

Le test de stabilité montre que le sol est stable quels que soient les échantillons testés. L'évolution de la stabilité du sol de t0 à t1 distingue deux cas. Sous culture, il y a un effet cultural comprenant d'une part, une dégradation de la structure du sol dans les inter-rangs, due à plusieurs

facteurs (entretien des cultures, agressivité des gouttes de pluies et préparation du sol), d'autre part une amélioration de la stabilité du sol par les racines des plants. Sur « sol nu », il y a une dégradation de la stabilité du sol qui s'amplifie d'ailleurs avec la pente, malgré la résistance du sol sur fort relief. En comparant la perte en terre et l'évolution de stabilité du sol de t0 à t1, aucun lien n'apparaît sur les parcelles cultivées en raison de la diversité des techniques culturales employées et/ou de la différence de densité de plantation. Par contre, sur les « sols nus », il y a une relation positive entre érosion et dégradation structurale du sol, provoquée non seulement par l'agressivité des gouttes de pluies, mais aussi et surtout par l'énergie cinétique du ruissellement.

Finalement, cette étude apporte quelques conséquences applicables dans la protection du sol contre l'érosion. Les résultats montrent que sous « bananeraie établie », il y a peu d'érosion. La faible perte en terre sur les cultures paillées met en évidence l'effet protecteur des résidus en surface malgré que la stabilité structurale du sol des inter-rangs se dégrade après seulement une année de culture. Sur de forte pente, le ruissellement est un facteur déterminant de l'érosion et de la dégradation du sol. Faire alors de la lutte antiérosive consisterait donc à pailler la surface du sol dénudé afin de le protéger de l'agressivité des pluies et surtout de disperser l'énergie cinétique du ruissellement.

## REMERCIEMENTS

*Je remercie MM. J-J. Banidol, technicien au CIRAD-FLHOR et R. Totila, technicien à l'IRD, qui m'ont aidé à réaliser le test de stabilité structurale. Merci également à M<sup>me</sup> Nadine Barry et à M. Georges-Henri Sala, délégué de l'IRD Martinique – Caraïbes, d'avoir relu et corrigé cet article.*

## BIBLIOGRAPHIE

- AMEZKETA E., SINGER M.J. & LE BISSONNAIS Y., (1996) – Testing a new procedure for measuring Water-Stable Aggregation. – Soil Sci. Soc. of America Journal, 60 : 888-894.
- DOREL M., (1991) – Problèmes de préparation des sols en bananeraie. Cas des sols à halloysite. – Fruits, 46, 4 : 419-427.
- ELLISON W.D., (1944) – Studies of raindrop erosion. – Agric. Eng., 25 : 131-181.
- FAUCONNIER R. et BASSEREAU D., (1970) – La canne à sucre. –  
Collection Techniques Agricoles et Productions Tropicales : 468 p.
- KHAMSOUK B., (1999) – Impact de la culture bananière sur l'environnement : influence des systèmes de cultures sur l'érosion, le bilan hydrique et les pertes en nutriments dans les eaux de surfaces en Martinique. – premier bilan de l'année 1999,  
Document interne CIRAD-FLHOR : 80 p.
- LAL R., (1976) – Soil erosion problems on an alfisol in Western Nigeria and their control. – IITA, *Monograph 1* : 208 p.
- LE BISSONNAIS Y. & LE SOUDER C., (1995) – Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. –  
Etude et Gestion des Sols, 2, 1 : 43-56.
- LE BISSONNAIS Y., (1996) – Aggregates stability and assessment of soil crustability and erodibility : I. Theory and methodology. – European Journal of Soil Sci., 47 : 425-437.
- ROOSE E., (1977). Vingt années de mesure de l'érosion en petites parcelles .  
Travaux et doc ORSTOM, Paris, n°78, 105 p.
- TISDALL J.M. et OADES J.M., (1982) – Organic matter and water-stable aggregates in soils. – Journal of Soil Science, 33 : 141-163.
- WISCHMEIER W. H., JOHNSON C.B., CROSS B. V., (1971) – A Soil erodibility Nomograph for farmland and construction sites. – in J. Soil and Water Conservation 31, 1: 5-9.
- ZINGG A.W., 1940 – Degree and length of land slope as it affects soil loss and runoff. – Agric. Eng. 21 : 59-64.