

# Mesure du ruissellement sur un sol gravillonnaire de Côte-d'Ivoire après six ans de culture continue avec ou sans labour

P. CASTA (1), J.-L. CHOPART (1),  
J.-L. JANEAU (2), C. VALENTIN (2)

**RÉSUMÉ** — Une étude de la sensibilité à l'encroûtement superficiel du sol et de sa propension au ruissellement a été entreprise sur un essai de travail du sol de longue durée mené à Bouaké (Côte-d'Ivoire). Celui-ci met en comparaison trois techniques de préparation du sol d'une succession de deux cultures par an (maïs, puis coton) : semis direct avec paillage du sol, labour une fois par an et labour deux fois par an. Ces traitements ont été appliqués pendant six années consécutives. Réalisées sous pluies simulées, les mesures de ruissellement ont porté, d'une part sur des parcelles nues non retravaillées pour tester les effets résiduels et cumulés des trois techniques, d'autre part sur des parcelles nues travaillées immédiatement avant les averses. Le sol venant d'être retravaillé a nettement moins ruisselé que celui qui ne l'a pas été. Il semble que la sensibilité du sol à l'encroûtement augmente avec la fréquence des labours au cours des années précédentes mais cet effet est en partie masqué par la présence des gravillons. Finalement, sept mois après le dernier travail du sol, la susceptibilité au ruissellement des trois traitements étudiés est tout à fait similaire, malgré des techniques de gestion du sol très différentes appliquées pendant 6 années consécutives.

**Mots clés** : Ruissellement, infiltrabilité, sol ferrallitique, simulation de pluie, encroûtement, semis direct, labour, Côte-d'Ivoire.

Dans la région centrale de Côte-d'Ivoire, zone de savane et de contact entre la forêt et la savane, les pluies présentent une distribution annuelle bimodale qui permet deux cycles culturaux. Malgré un total annuel de l'ordre de 1 100 mm, les précipitations constituent un facteur limitant majeur pour la production du fait de leur irrégularité et de leur érosivité, appréciée par l'indice R de l'équation de WISCHMEIER et SMITH (1965). Cet indice peut être considéré comme fort ( $R = 520$ , d'après ROOSE, 1977), bien supérieur à celui mesuré en zone tempérée. Lors de la mise en culture, ces fortes intensités favorisent le ruissellement et l'érosion, avec des

conséquences immédiates sur l'alimentation hydrique des cultures et, à plus long terme, sur la fertilité des sols.

Il est clair que le choix d'itinéraires techniques, à commencer par la préparation du sol, doit prendre en compte les contraintes liées au risque de ruissellement et d'érosion. L'action du travail du sol dans ce domaine est controversée ; certains auteurs considèrent que le travail du sol accroît considérablement les risques de ruissellement et doit donc être évité (LAL, 1976).

D'autres études montrent, au contraire, que le labour à la charrue réduit ces risques par rapport à des techniques de travail superficiel ou d'absence de travail sans protection du sol par paillage (KALMS, 1977), et améliore, de façon sensible, l'alimentation hydrique des cultures et donc la couverture végétale (CHOPART et KONE, 1985 ; CHOPART, 1989).

Afin d'apporter de nouveaux éléments dans ce débat, une étude a été entreprise en vue d'évaluer la susceptibilité au ruissellement et la sensibilité à l'encroûtement superficiel d'un sol soumis depuis six ans à trois traitements : 0,1 ou 2 labours par an. L'objectif principal consiste à mettre en évidence d'éventuelles différences de comportement du sol qui puissent être imputées à des effets cumulés, sur une période relativement longue, de techniques de gestion de sol différentes.

## Matériel et méthodes

**Caractéristiques du milieu et des traitements étudiés.** L'essai agronomique, support de l'étude, est situé à Bouaké (Côte-d'Ivoire) ; il est implanté sur un sol ferrallitique, issu d'un granite, contenant de 20 à 40 % d'éléments grossiers dès la surface. Ces éléments grossiers ont un diamètre généralement inférieur à 2 centimètres. Les principales caractéristiques physiques du sol, au niveau des sites étudiés, figurent dans le tableau I.

Le dispositif est constitué par trois répétitions de quatre traitements disposés en blocs de Fischer. Chaque

(1) Institut des Savanes. BP 635. Bouaké 01 Côte-d'Ivoire.

(2) IIRSDA Côte-d'Ivoire : ad-act. : ORSTOM, 70-74 route d'Aulnay, 93143 Bondy cedex, France.

TABLEAU I Principales caractéristiques physiques du sol des cases infiltrométriques, avant les pluies et avant le travail du sol sur P4\*.

Traitement	N° case	Densité apparente		Granulométrie		Indice d'instabilité (0-5 cm) Log 10IS
		(0-10 cm)		(0-5 cm) %		
		Total	Terre fine	Eléments grossiers > 2 mm	Argile + Limon < 0,02 mm	
T1	P1	1,4	1,3	14	31	1,20
	P2	1,4	1,3	17	22	1,02
	P3	1,4	1,3	20	21	0,98
	P4*	1,3	1,2	20	26	0,99
	x	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>1,05</b>
T2	P1	1,5	1,4	20	32	1,44
	P2	1,5	1,3	24	30	1,35
	P3	1,5	1,2	38	36	1,36
	P4*	1,5	1,2	34	22	1,16
	x	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>1,33</b>
T3	P1	1,5	1,3	36	26	1,38
	P2	1,7	1,4	34	24	1,30
	P3	1,5	1,3	27	32	1,34
	P4*	1,5	1,3	31	29	1,38
	x	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>1,35</b>

\* Case avec travail du sol manuel sur 10 cm.

parcelle élémentaire a une surface de 480 m<sup>2</sup> (9,6 × 50 m). Le dispositif et chacun des traitements sont déjà décrits (CHOPART et KONE, 1985). On n'a retenu pour la présente étude que trois des quatre traitements.

On y compare trois itinéraires techniques dans un système comprenant deux cultures par an : maïs, puis coton. Ces itinéraires sont différenciés essentiellement par le travail du sol, le mode de semis et la gestion des tiges de maïs et de cotonnier :

- **T1.** Semis direct manuel. Les tiges et feuilles de maïs (1 à 2 tonnes/ha en absence de labour) et de cotonnier (environ 2 tonnes/ha) sont couchées sur le sol et laissées en surface. Les tiges de cotonnier couvrent très peu le sol, contrairement à celles du maïs, mais la dégradation de celles-ci est rapide, et la couverture du sol par le paillage n'est plus que de 20 %, un mois et demi après sa mise en place, immédiatement après la récolte de maïs (CHOPART, 1987).
- **T2.** Avant la culture de maïs, on opère un labour avec une charrue à soc sur une profondeur de 25 à 30 cm. Les tiges de cotonnier sont enfouies par ce labour. Le cotonnier est traité en semis direct, comme T1 ; les tiges de maïs sont donc laissées à la surface du sol.
- **T3.** Labour avant chaque culture, enfouissement des tiges de maïs et de cotonnier.

Sur les parcelles labourées, on applique un herbicide de pré-levée aussitôt après le semis. En absence de labour, on traite l'interligne en cours de culture avec un herbicide de contact non sélectif (paraquat) ; ce traitement est réalisé avec un cache, pour protéger la culture, et doit être répété deux à trois fois au cours du cycle. Ces

dés herbages chimiques sont complétés par des sarclages manuels.

La figure 1 permet de suivre la succession des principales opérations culturales au cours de l'année 1986, et de situer ce calendrier par rapport à la répartition des pluies.

L'essai est en place depuis 1981, les traitements 1 et 3 sont appliqués sans modification depuis 6 ans. Le traitement 2 était travaillé au *chisel* les deux premières années avant de suivre l'itinéraire décrit, à partir de 1983.

L'aptitude au ruissellement de ces traitements, après 6 ans de culture continue, est testée sous pluies contrôlées, à l'aide d'un simulateur de pluies, appliquées sur des dispositifs permettant de recueillir les eaux de ruissellement d'une surface de 1 m<sup>2</sup> de sol, appelés cases infiltrométriques (ASSELIN et VALENTIN, 1978). Cette étude a été menée à la fin de la saison sèche 1986-1987, en janvier et février 1987.

Juste avant le début de l'expérimentation, on délimite quatre placeaux de 12 m<sup>2</sup>, implantés aléatoirement à l'intérieur des parcelles des blocs 1 et 2 (2 placeaux par parcelle). Le sol y est soigneusement débarrassé de tous les débris végétaux, en respectant son état de surface pour permettre l'étude de ses seules caractéristiques, sans interaction avec sa couverture. L'un des quatre placeaux, tiré au hasard, est ensuite travaillé manuellement sur une profondeur de 10 cm, puis ratissé, pour mettre en évidence d'éventuelles différences de stabilité structurale, mesurées sur le terrain lors des averses.

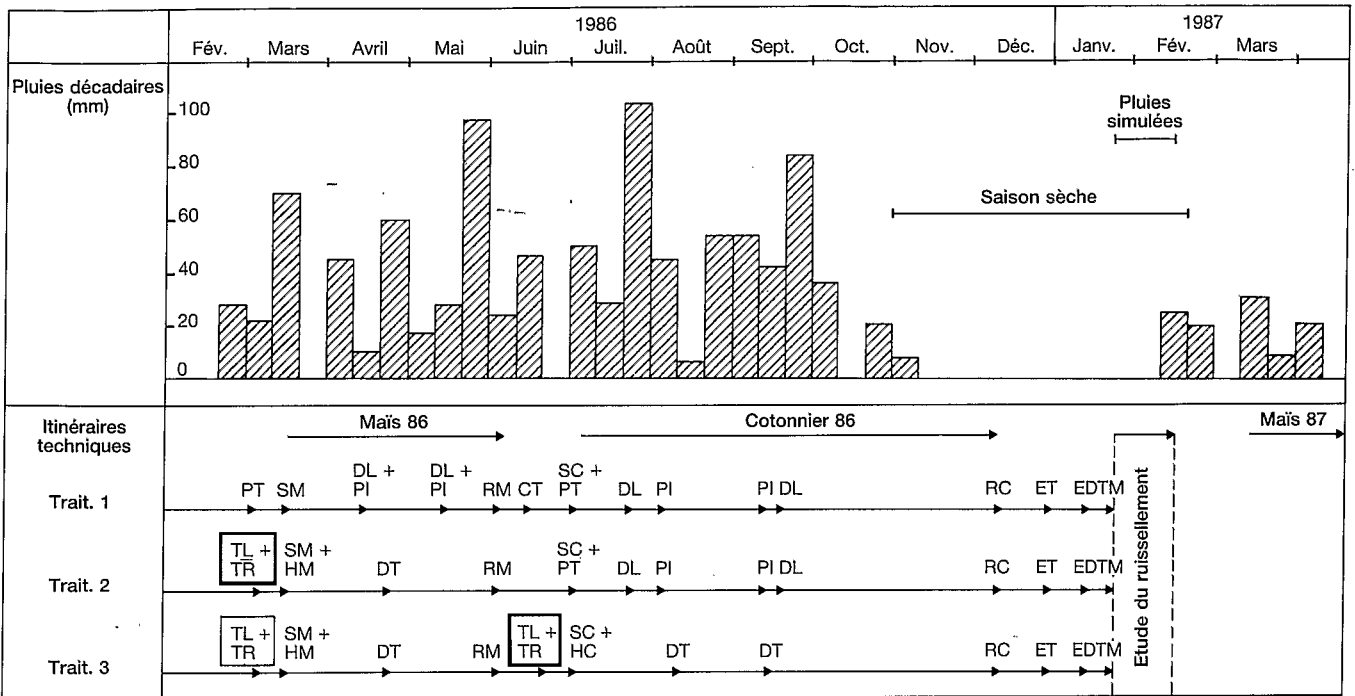


FIGURE 1 : Pluviométrie décadaire et itinéraires techniques au cours de l'année précédant l'étude du ruissellement sous pluie simulée.

Au début de l'étude de ruissellement sous pluies simulées, le sol est uniformément asséché, car on se situe alors en fin de saison sèche, plusieurs mois après la dernière pluie (figure 1). L'humidité pondérale dans l'horizon superficiel (0,10 cm) est comprise entre 3 et 5 % au moment des premiers apports d'eau.

**Observations et mesures relatives à la surface du sol.** Différents paramètres d'état de surface ont été relevés sur chaque case de ruissellement, non retravaillée, avant les simulations de pluie :

- la pente en % ;
- le microrelief (MR) évalué par sa hauteur moyenne (cm) et par la rugosité de la case mesurée à l'aide d'un aspérimètre (adapté de KUIPERS, 1957) en cm ;
- la présence de gravillons en surface, estimée visuellement en pourcentage de la surface (les gravillons libres ont été distingués des gravillons enchâssés dans la croûte superficielle) ;

- l'activité faunique évaluée à partir du pourcentage de la surface occupée par des constructions : turricules de vers, placages de termites ou de fourmis ;
- l'encroûtement, noté en fonction du pourcentage (estimé visuellement) de la surface occupée par une croûte :

- 0 : < 30 %
- 1 : 30 - 70 %
- 2 : 70 - 95 %
- 3 : > 95 %

Dans le cas des cases retravaillées manuellement, deux types de mesures ont été entreprises :

- la caractérisation des états de surface avant la première pluie (I), après la première pluie (II) et après la seconde pluie (III) en utilisant la technique des points quadrats : pour cent points répartis régulièrement sur la case d'1 m<sup>2</sup>, on note le type de surface : agrégat libre, agrégat inclus dans la croûte, croûte, élément

TABLEAU II Principales caractéristiques des pluies simulées.

Case	Type de pluies	Durée de ressuyage entre 2 pluies (h)	Durée (mn)	Pluie		
				Hauteur (mm)	Hauteur cumulée (mm)	Energie cinétique cumulée (joules)
Non retravaillée (P1, P2, P3)	A	∞	30	30	30	570
	B1	24	50	58,3	88,3	1 762
	B2	38	50	58,3	146,6	2 953
	B3	24	50	58,3	204,9	4 145
	B4	1	50	58,3	263,2	5 336
Retravaillée manuellement (P4)	C	∞	45	45	45	855
	D	1	45	75	120	2 520

grossier. Pour les agrégats et les éléments grossiers, on mesure le diamètre ;

– l'évolution dans le temps du diamètre du plus petit agrégat libre, pas encore incorporé dans la croûte ( $D_{min}$ ), paramètre pertinent pour la caractérisation de la sensibilité du sol à l'encroûtement (BOIFFIN, 1984).

**Caractéristiques des pluies simulées et dispositif de mesure du ruissellement.** Les averses appliquées ont des caractéristiques différentes, définies par la durée de ressuyage entre deux pluies, la durée, la hauteur, l'intensité variable ou fixe. Les types d'averse seront identifiés par les lettres A, B, C, D (tableau II).

Sur les cases non retravaillées, trois par traitement (tableau II), la première pluie (de type A) doit permettre la détermination de la hauteur de pluie nécessaire à l'apparition du ruissellement sur sol sec (pluie d'imbibition). Il importe que son intensité reste constante (60 mm/h), afin de comparer aisément les résultats d'une case à l'autre. Les quatre pluies suivantes (de type B) cherchent à reproduire des pluies naturelles : augmentation rapide de l'intensité en début d'averse, suivie d'une diminution plus lente.

Chacune est ainsi constituée de cinq séquences continues de 10 minutes de 40, 120, 90, 60 et 40 mm/h. Une telle pluie n'est exceptionnelle ni par sa hauteur ni par son intensité, si on se réfère aux données de la région (BRUNET-MORET, 1967 ; LAFFORGUE, 1982).

Sur les cases retravaillées, une par traitement (P4), la simulation de pluie s'éloigne davantage des conditions naturelles et cherche avant tout à tester la sensibilité à l'encroûtement. A cette fin, deux types de pluie ont été choisies. La première (de type C) est identique à celle de type A par l'intensité mais en diffère par la durée qui a été portée à 45 minutes. La seconde pluie (de type D) est constituée de deux séquences continues : 60 mm/h pendant 15 minutes, puis passage à 120 mm/h pendant 30 minutes.

Pour chaque case, les hauteurs de pluie cumulées ont été calculées, ainsi que les énergies cinétiques cumulées

(tableau II). Pour une intensité donnée, l'énergie cinétique des pluies simulées est voisine de celle des pluies naturelles.

Les eaux de ruissellement sont recueillies à l'aval de chaque case dans une cuve enterrée équipée d'un limniographe de précision à rotation rapide qui permet d'apprécier les temps à 10 secondes près et les lames ruisselées à 0,1 mm près.

Le dépouillement des limnigrammes permet de déterminer pour chaque séquence de pluie la hauteur de la lame ruisselée en fonction de la hauteur de pluie. A la fin de chaque séquence ( $k$ ), l'intensité de ruissellement atteint un palier ( $Rx_k$  en mm/h) auquel correspond un palier d'intensité d'infiltration ( $Fn_k$  en mm/h). Celle-ci est égale à la différence entre l'intensité de pluie ( $i_k$  en mm/h) et le palier de ruissellement ( $Rx$ ) (figure 2).

La droite  $Rx = f(i)$  a été tracée afin de déterminer graphiquement les intensités limites de ruissellement ( $il$ , en mm/h). L'indice ( $il$ ) est l'intensité de pluie au-dessus de laquelle apparaît le ruissellement pour un sol proche de la saturation ; c'est donc l'abscisse à l'origine de la droite  $Rx = f(i)$  pour la dernière pluie, c'est-à-dire pour les conditions les plus humides.

## Résultats et discussion

**Caractéristiques de surface avant la simulation de pluie.** Il convient de comparer les principaux caractères de l'horizon travaillé et de la surface du sol avant les essais de simulation de pluie. Remarquons d'emblée (tableaux II et III), que bon nombre de variables sont voisines pour les trois traitements, sept mois après la dernière intervention culturale ; c'est en particulier le cas de la densité apparente de la terre fine. L'augmentation de la porosité consécutive au labour, mise en évidence par ailleurs (CHOPART, 1989), s'avère donc limitée dans le

TABLEAU III Caractères d'état de surface des cases non retravaillées avant la simulation de pluie.

Traitement	Cases	Niveau encroûtement	Const. fauniques (%)	Micro relief (cm)	Rugosité (cm)	Éléments grossiers (%)			Pente (%)
						Ench.	Libres	Total	
0 labour (T1)	P1	2	5	2	1,9	20	50	70	1,9
	P2	1	10	3	2,9	10	50	60	2,3
	P3	1	15	2	1,5	10	25	35	6,0
	<b>Moyenne</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2,1</b>	<b>13</b>	<b>42</b>	<b>55</b>	<b>3,4</b>
1 labour par an (T2)	P1	2	5	5	4,5	40	30	70	5,0
	P2	1	15	7	4,6	40	25	65	2,3
	P3	1	2	4	2,5	40	40	80	5,0
	<b>Moyenne</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3,9</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>72</b>	<b>4,1</b>
2 labour par an (T3)	P1	1	1	6	5,1	25	70	95	4,1
	P2	2	3	5	3,1	30	60	90	3,6
	P3	1	1	5	3,1	10	45	55	3,0
	<b>Moyenne</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3,8</b>	<b>22</b>	<b>58</b>	<b>80</b>	<b>3,6</b>

temps. En dépit de variations sensibles de l'instabilité structurale de l'horizon de surface, les trois traitements présentent un niveau d'encroûtement uniformément moyen.

En revanche, d'autres caractères, et non des moindres quant à leur influence sur l'infiltrabilité, diffèrent de façon assez nette. Les constructions fauniques, reflets d'une activité favorable à l'augmentation de la porosité ouverte en surface, passent de 10 % pour un sol non travaillé à 2 % pour le traitement du sol avec deux labours. Le microrelief et la rugosité permettent également de différencier le sol non travaillé des deux sols labourés. Quant au taux d'éléments grossiers, trois enseignements peuvent être tirés de ces mesures.

Que ce soit dans l'horizon travaillé (tableau I) ou en surface (tableau II), on observe une augmentation nette du taux de gravillons en fonction de l'intensité du travail du sol. Il faut voir ici l'action mécanique du labour sur la remontée de ces éléments dont le taux est plus élevé en dessous de 20 cm (CHOPART et KONE, 1985).

Cette augmentation du taux d'éléments grossiers est particulièrement marquée en surface où le pourcentage dépasse la moitié et atteint même 80 %, dans le cas du sol labouré deux fois par an. Cette différence traduit, très probablement, la formation d'un pavage résiduel dû à l'entraînement sélectif par l'eau de ruissellement.

Pour les cases retravaillées, la distribution de la taille des agrégats, mesurée avant les pluies, est sensiblement la même pour les trois parcelles (figure 3).

**Aptitude au ruissellement.** Le tableau IV présente deux paramètres importants du ruissellement : le coefficient de ruissellement,  $kr$  c'est-à-dire le rapport entre la somme des lames ruisselées au cours des cinq pluies et la somme des hauteurs de pluie et l'intensité limite de ruissellement en conditions proches de la saturation  $il$  qui peut être considérée comme une évaluation du coefficient de conductivité hydraulique en milieu saturé :  $ks$  (VALENTIN, 1981).

Ces deux paramètres indiquent une aptitude au ruissellement légèrement plus marquée pour le traitement avec deux labours, réalisés chaque année que pour le traitement à un labour, le traitement sans travail du sol se situant entre les deux. Toutefois, les valeurs sont du même ordre et ne permettent pas de différencier nettement les traitements. La preuve en est qu'aucun descripteur de la surface n'influence statistiquement les valeurs. Le sol semble donc réagir en fonction de ses caractéristiques internes, indépendamment des traitements, et même de la pente. On retrouve ici l'absence d'influence de l'inclinaison de la pente sur le ruissellement dans les petites parcelles (CASNAVE, 1982).

Le dépouillement pluie par pluie des résultats obtenus sur les cases non retravaillées permet une analyse plus fine.

La pluie d'imbibition ( $P_i$ ), qui décroît de pluie en pluie de 20 mm à 1,5 mm en moyenne pour les 9 cases, ne dépend que de la somme des lames infiltrées ( $\sum li$ ) précédant la pluie :

TABLEAU IV Coefficients de ruissellement ( $kr$ ) et intensités limites de ruissellement ( $il$ ) mesurés sur les cases non retravaillées.

Traitement	Cases	Kr (%)	il (mm/h)
Pas de labour (T1)	P1	56	10
	P2	55	3
	P3	65	9
	<b>Moyenne</b>	<b>59</b>	<b>7</b>
1 labour par an (T2)	P1	53	0
	P2	65	5
	P3	43	7
	<b>Moyenne</b>	<b>54</b>	<b>4</b>
2 labours par an (T3)	P1	71	1
	P2	63	11
	P3	66	19
	<b>Moyenne</b>	<b>67</b>	<b>10</b>

$$P_i = 12,95 e^{-0,02 li} \quad n = 43 \quad r^2 = 0,73$$

Le nombre d'observations est de 43 car deux cases n'ont pas produit de ruissellement au cours de la première pluie.

Pour la première pluie, donc pour un état initial sec, aucun paramètre de surface, pas même les constructions fauniques, n'influence statistiquement la pluie d'imbibition.

Toutefois, orienté dans le sens de la pente, le microrelief a tendance à canaliser le ruissellement et à diminuer la durée d'imbibition.

Avec la somme des lames infiltrées avant la pluie, il est le seul paramètre à influencer les coefficients de ruissellement mesurés pluie par pluie ( $Kri$ ) :

$$Kri = 6,79 + 3,10 MR + 0,66 \frac{\sum li}{n} \quad n = 45 \quad r^2 = 0,68$$

Au vu de ces différents résultats, les seules variables qui semblent intervenir sur le ruissellement ne sont pas directement liées aux traitements proprement dits. C'est surtout la direction du microrelief (labour orienté dans le sens de la pente), qui joue un rôle. En définitive, au moment des essais, les états de surface qui résultent des trois traitements n'induisent pas de comportements différenciés quant au ruissellement.

En revanche, les résultats acquis sur les parcelles retravaillées juste avant la simulation de pluie montrent qu'un travail, même superficiel, favorise considérablement l'infiltration (tableau V) ; en effet, après 120 mm de pluie sous des intensités très élevées, les coefficients de ruissellement demeurent très limités, alors que sur les parcelles non retravaillées, le ruissellement apparaît dès la première pluie de 30 mm.

**Sensibilité à l'encroûtement des parcelles retravaillées manuellement.** Partant d'un même état structural initial (figure 3), les différences de comportement

TABLEAU V Ruissellement observé sur les cases retravaillées manuellement. Effet des itinéraires techniques appliqués les années précédentes.

Traitement	Pluie		Pluie d'imbibition	Lame ruissellée	
	Type	Hauteur (mm)	Hauteur (mm)	Hauteur (mm)	Coefficient de ruissellement (%)
1 Semis direct	C	45	> 45	0	0
	D	75	68	0,5	0,7
2 1 labour/an	C	45	> 45	0	0
	D	75	58	0,8	1,0
3 2 labours/an	C	45	> 45	0	0
	D	75	26	2,6	3,5

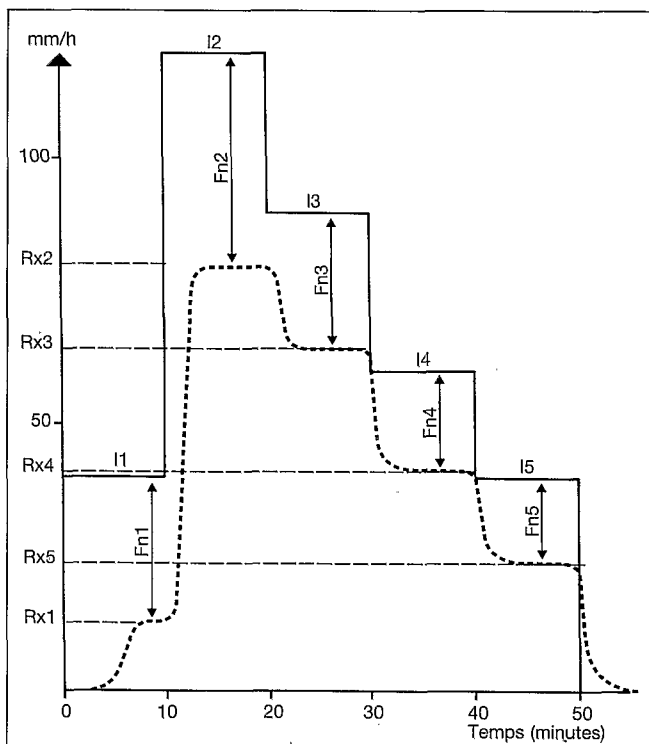


FIGURE 2 : Intensités de pluie (i), de ruissellement (Rx) et d'infiltration (Fn) pour une pluie de type B. (exemple traitement 1, pluie B1).

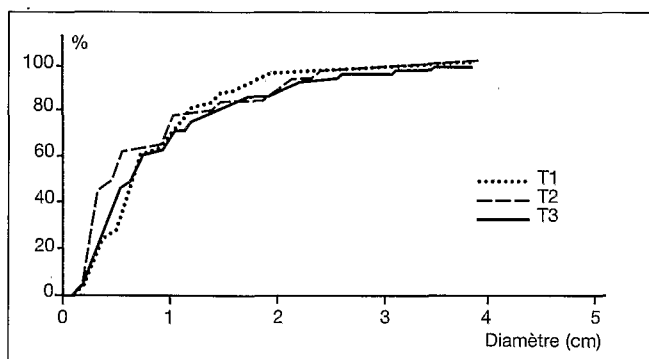


FIGURE 3 : Distribution relative cumulée des agrégats selon leur taille avant les pluies.

enregistrées lors des averses peuvent être imputées aux caractères acquis les années précédentes. Sous l'action de la pluie, définie par sa hauteur cumulée ( $\Sigma P_u$ ) ou par son énergie cinétique cumulée ( $\Sigma Ec$ ), les agrégats les plus fins disparaissent les premiers ; le diamètre minimum des agrégats observés en surface a donc tendance à augmenter. Si l'on considère, avec MONNIER *et al.* (1986), que la pente des droites  $D_{min} = f(\Sigma P_u)$  et  $D_{min} = f(\Sigma Ec)$  est un indicateur fiable de la sensibilité d'un sol à l'encroûtement, les données du tableau VI montrent que cette sensibilité augmente en fonction de l'intensité du travail du sol.

Notons que ce classement est conforme à ceux fournis par les indices d'instabilité structurale (tableau I) et par les coefficients de ruissellement (tableau V).

La figure 4 et le tableau VII traduisent l'évolution des états de surface au cours des deux pluies.

Les agrégats libres qui occupaient la plus grande partie de la surface du sol des 3 traitements avant la pluie, ont presque complètement disparu sous l'effet de la première pluie. Ils ont été en partie transformés en agrégats inclus ; mais plus de 80 % de la surface est maintenant occupée par la croûte ou des gravillons en proportions variables suivant les traitements. La croûte domine sur le traitement 1 tandis que les gravillons occupent plus de 60 % des traitements 2 et 3.

Lors de la seconde pluie, très intense (15 mm en 15 minutes, puis 60 mm en 30 minutes), la dégradation de l'état de surface s'est poursuivie (tableau VII). On observe toutefois une stabilisation de la teneur en agrégats inclus sur le traitement 1, ce qui aboutit à un taux d'agrégats finalement supérieur sur ce traitement. En revanche, la croûte y est plus étendue que sur les traitements 2 et 3, ceux-ci étant principalement recouverts de gravillons. Ce comportement du traitement 1 peut s'expliquer par une meilleure stabilité structurale du sol (tableaux I et VI), liée apparemment à une activité faunique plus marquée (tableau III) et à l'accumulation de résidus de culture en surface.

Cette différenciation progressive des états de surface au cours de deux pluies n'a pas eu d'incidence marquée sur la capacité d'infiltration du sol, puisque, dans les conditions expérimentales, l'infiltration reste complète, malgré la forte intensité de l'averse appliquée.

TABLEAU VI Relations entre l'indicateur diamètre minimum des agrégats  $D_{min}$  (cm) et les sommes de pluies ( $\Sigma P_u$ ) et les énergies cinétiques cumulées ( $\Sigma Ec$ ).

Traitement	Prédicteur	Ordonnée à l'origine	Pente ( $10^{-3}$ )	$r^2$	Nb. Obs.
0 labour	$\Sigma P_u$ (mm)	0,65	40,7	0,85	43
	$\Sigma Ec$ (joules)	0,77	1,9	0,80	43
1 labour	$\Sigma P_u$ (mm)	-0,07	121,1	0,96	17
	$\Sigma Ec$ (joules)	-0,07	6,5	0,96	17
2 labours	$\Sigma P_u$ (mm)	0,13	130,1	0,95	16
	$\Sigma Ec$ (joules)	0,13	6,9	0,95	16

TABLEAU VII Evolution de l'état de surface du sol sur les parcelles retravaillées manuellement sous l'effet des pluies appliquées (type C et D).

Etats de surface répartition en %	Avant la pluie			Après la première pluie (c)			Après la seconde pluie (d)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Agrégats libres	79	74	60	3	0	0	0	0	0
Agrégats inclus	0	0	0	13	13	19	13	4	5
Croûte	0	0	0	51	20	14	59	22	27
Gravillons	21	26	40	33	67	66	28	74	69

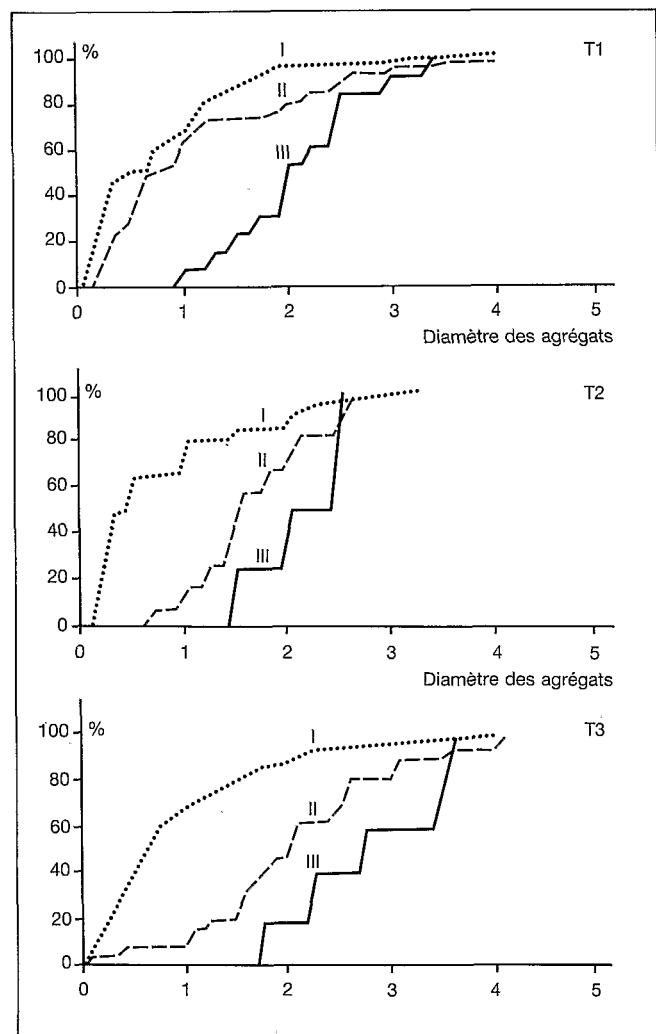


FIGURE 4 : Evolution du diamètre des agrégats libres et inclus sur les parcelles retravaillées (en centimètres).

I : avant la pluie C (agrégats libres)  
 II : après la pluie C (agrégats inclus)  
 III : après la pluie D (agrégats inclus)

## Conclusion

Le travail du sol, même superficiel, comme dans le cas de l'expérimentation sur les parcelles retravaillées, a pour effet immédiat de permettre une diminution marquée de l'aptitude au ruissellement, par rapport à un terrain non labouré.

La pratique intensive du labour, deux fois par an pendant 6 ans, entraîne une diminution de la stabilité structurale du sol, par rapport à un itinéraire technique faisant appel au semis direct avec paillage des résidus de récolte. En revanche, le labour, grâce au retournement du sol, conduit à une plus grande concentration de gravillons en surface, qui a ralenti la formation et l'évolution de la croûte. Finalement, sept mois après le dernier travail du sol, les états de surface des traitements étudiés sont comparables, malgré des antécédents culturels contrastés pendant six ans.

Les averses appliquées mettent en évidence des susceptibilités au ruissellement très voisines des milieux étudiés. La pratique du labour, même intensive (deux labours par an), n'a donc entraîné après six ans aucune réduction notable de l'infiltrabilité du sol ; ce qui aurait pu remettre en cause l'intérêt de cette pratique dans le milieu étudié, malgré les autres effets bénéfiques de cette technique sur la productivité des cultures (CHOPART et KONE, 1985 ; CHOPART, 1989).

Reçu le 16 décembre 1988.  
 Accepté le 18 décembre 1989.

## Signification des sigles utilisés dans les illustrations

### Travail du sol

TL Labour (25-30 cm) avec une charrue à sec.  
 TR Reprise du labour avec un pulvérisateur léger à disques.  
 TM Travail du sol manuel sur 10 cm de profondeur. Travail réalisé juste avant le début de la simulation de pluie sur une partie de la parcelle.

### Semis

SM Semis du maïs (mécanique : T2 et T3, ou manuel : T1).  
 SC Semis du coton (mécanique : T2 et T3, ou manuel : T1).

### Herbicides

HM Herbicide sélectif de prélevée du maïs.  
 HC Herbicide sélectif de prélevée du cotonnier.  
 PT Herbicide de contact non sélectif (paraquat) appliqué sur toute la surface de la parcelle.  
 PI Même herbicide que PT, mais appliqué uniquement dans l'interligne de la culture, avec un cache, pour protéger celle-ci.

### Dés herbages manuels

DT Sarclage manuel sur toute la surface de la surface.  
 DL Sarclage manuel uniquement près de la ligne de semis.

### Récolte

RM Récolte de maïs  
 RC Récolte du coton

### Divers

CT Couchage des tiges de maïs  
 ET Enlèvement des tiges de cotonnier  
 ED Enlèvement des débris végétaux

## Références bibliographiques

ASSELIN J., VALENTIN C., 1978. Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. *Cah. Orstom*, Sér. hydrol., 15 (4) : 321-349.

BOIFFIN J., 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de docteur-ingénieur, INA-PE, Paris, 320 p.

BRUNET-MORET Y., 1967. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. Rapport ORSTOM. Service hydrologique, 17 p. + cartes.

CASENAVE A., 1982. Le mini-simulateur de pluie : conditions d'utilisation et principes d'interprétation des mesures. *Cah. ORSTOM*, Sér. Hydrol., 19 (4) : 207-227.

CASENAVE A., VALENTIN C., 1988. Les états de surface de la zone sahélienne, influence sur l'infiltration. ORSTOM/CEE, 202 p.

CHOPART J.-L., KONE D., 1985. Influence de différentes techniques de travail du sol sur l'alimentation hydrique du maïs et du cotonnier en Côte-d'Ivoire. *L'Agron. Trop.*, 40 (3) : 223-229.

CHOPART J.-L., 1987. Effects of tillage on a corn-cotton sequence in Côte-d'Ivoire. In « soil water and crops management systems for rainfed agriculture in the Sudano-Saharan zone ». ICRISAT edit. Patancheru, India, p. 325-331

KALMS J. M., 1977. Studies of cultivation techniques at Bouaké, Ivory Coast. In : « Soil conservation and management in the humid tropics ». D.J. Greenland and R. Lal, Edit., New York., John Wiley and Sons, p. 195-200.

KUIPERS H., 1957. A reliefmeter for soil cultivation studies. *Neth. J. Agric.*, 5 : 255-262.

LAFFORGUE A., 1982. *Etude hydrologique des bassins versants de Sakassou, Côte-d'Ivoire, 1972-1977*. Travaux et documents de l'ORSTOM, n° 149, Paris, ORSTOM, 67 p.

LAL R., 1976. Soil erosion on alfisols in Western Nigeria. II - Effects of mulch rates. *Geoderma*, 16 : 377-387.

MONNIER G., BOIFFIN J., PAPY F., 1986. Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées. Cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest. *Cah. ORSTOM*, Sér. *Pédol.*, 22 (2) : 123-131.

ROOSE E., 1977. *Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales*. Travaux et documents de l'ORSTOM, n° 78, Paris, ORSTOM, 108 p.

VALENTIN C., 1981. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région subdésertique (Agadez, Niger) : dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, université de Paris-VII, 213 p.

WISCHMEIER W.H., SMITH D.D., 1965. *Rainfall. Erosion losses from cropland east of Rocky Mountains. Guide selection of practices for soil and water conservation*. Agricultural, Handbook, n° 282. Washington, ARS-USDA, 47 p.

## Summary

CASTA P., CHOPART J.-L., JANEAU J.-L., VALENTIN C. - **Run-off measurement on a gravelly soil after six years of continuous cultivation with or without ploughing in Côte-d'Ivoire.**

A study of the susceptibility of soil to surface crusting and run-off was carried out on a long term soil cultivation trial at Bouaké (Côte-d'Ivoire) which compared three soil preparation techniques using two crops a year (maize, followed by cotton) : direct sowing with mulch, ploughing once a year and ploughing twice a year. These treatments were continued for six successive years. The run-off measurements under simulated rainfall were partly on bare plots, without further cultivation, to test residual and cumulative effects of the three techniques, and partly on bare plots tilled immediately before the rain was applied. The soil which had just been tilled had less run-off than the soil which had not been reworked. It seems as though the susceptibility of the soil to crusting augments with the frequency of ploughing in the preceding years. Finally, seven months after the last cultivation, the run-off susceptibility of the three treatments tested was very similar, despite the very different management techniques applied during six consecutive years.

## Resumen

CASTA P., CHOPART J.-L., JANEAU J.-L., VALENTIN C. - **Medición de la escorrentía en un suelo guijoso de la Côte-d'Ivoire después de seis años de cultivo continuo con o sin labor.**

A partir de un ensayo de laboreo del suelo de larga duración realizado en Bouaké (Côte-d'Ivoire) se estudió la sensibilidad del suelo a la incrustación superficial y su propensión a la escorrentía. El ensayo compara tres técnicas de preparación del suelo de una sucesión de dos cultivos anuales (maíz, seguido de algodón) : siembra directa con empajado del suelo, labor una vez al año y labor dos veces al año. Estos tratamientos se aplicaron durante seis años consecutivos. Las mediciones de escorrentía, realizadas con lluvias simuladas, se llevaron a cabo, por un lado, en parcelas sin cultivo y sin volver a ser trabajadas para comprobar los efectos residuales y acumulados de las tres técnicas y, por otro lado, en parcelas sin cultivo trabajadas justo antes de las lluvias. En el suelo recién trabajado se observó mucha menos escorrentía que en el suelo sin trabajar. Aparentemente, la sensibilidad del suelo a la incrustación aumenta con la frecuencia de los laboreos durante los años anteriores pero la presencia de guijos oculta en parte este efecto. Finalmente, siete meses después del último laboreo del suelo, la susceptibilidad a la escorrentía de los tres tratamientos estudiados es totalmente similar, pese a técnicas de manejo del suelo muy distintas aplicadas durante seis años consecutivos.

**Palabras-clave** : Escorrentía, infiltrabilidad, suelo ferráltico, simulación de lluvia, incrustación, siembra directa, laboreo, Côte-d'Ivoire.