

JLC/AD
REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1981/75
SECRETARIAT D'ETAT A LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET
TECHNIQUE

SN 0700705
F071
CH0

EFFETS DU LABOUR ET DU TRAVAIL MIN I MUM
DANS LES SOLS SABLEUX DU SENEGAL
COMPARA I SON AVEC DES RESULTATS OBTENUS
EN COTE D'IVOIRE ET AU TOGO

Par
J.L. CHOPART

Agronome - physicien du sol à l'IRAT*
mis à la disposition de l'ISRA**

Communication préparée pour le symposium : "No-tillage crop production
in the tropics" organisé par la Société Ouest Africaine de Malherbologie
(SOAM/WAWSS)
à Monrovia - Libéria. G-7 Août 1981

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

Juin 1981

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES
ET DES CULTURES VIVRIERES
(I.R.A.T.)

* IRAT : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
110, rue de l'Université 75340 PARIS CEDEX 07 - FRANCE

R E S U M E

Au Sénégal, la plus grande partie des terrains cultivés est constituée de sols sableux ou sablo-argileux, profonds ; il n'y a qu'une seule saison des pluies de courte durée.

Le "non travail" correspond à la pratique traditionnelle des paysans. Depuis 30 ans, de très nombreuses expériences ont permis de comparer les effets du "non travail" traditionnel et du labour à la charrue en traction bovine. On montre que le labour conduit à des rendements supérieurs, grâce à des effets favorables sur le sol (propriétés physiques et activité biologique), sur l'économie de l'eau, et les systèmes racinaires.

Une technique plus élaborée de travail minimum du sol avec paillage a aussi été testée. Malgré certains effets favorables, en particulier sur l'économie de l'eau, les rendements sont en moyenne inférieurs à ceux obtenus avec labour. D'autre part, la mise en oeuvre de cette technique pose des problèmes pratiques importants, notamment de disponibilité en pailles et d'exécution des opérations culturales sur sol paillé.

Le labour à la charrue, de préférence avec enfouissement de pailles ou de fumier, paraît être, actuellement, la technique de travail du sol la plus efficace et la plus adaptée aux conditions de sols sableux du Sénégal. Cependant, dans d'autres zones écologiques de l'Afrique de l'Ouest, les travaux de l'IRAT montrent que certaines formes de travail minimum du sol peuvent aussi être intéressantes. Il n'existe pas de solution généralisable à de vastes régions.

1 - INTRODUCTION

Dans les zones tempérées, le labour est une technique de préparation du sol ancienne et encore très répandue. Ce n'est que depuis quelques années que sa nécessité a été remise en question dans un certain nombre de situations à cause, entre autre, de l'augmentation du coût des produits pétroliers, et de la mise au point de techniques efficaces de désherbage chimique.

Au contraire, en Afrique, et en particulier au Sénégal, le travail du sol se limite généralement à un simple grattage très superficiel avant le semis et à des sarco-binages pendant la culture. Dans cette région, le "non travail", ou le "travail minimum" est donc la technique traditionnelle.

A partir de 1950, des premiers essais de labour réalisés au Sénégal avaient montré l'intérêt de cette technique pour améliorer la productivité de la culture (16). Mais la pratique du labour en milieu tropical a fait l'objet d'un certain nombre de critiques. C'est pourquoi, de nombreuses expérimentations, dont certaines de longue durée, ont été menées dans ce pays pour déterminer les différents effets favorables ou défavorables du labour.

Dans un premier temps, on a comparé le "non-travail" traditionnel à des travaux du sol superficiels à la dent sur 7-10 cm et à différentes formes de labour à la charrue.

Plus récemment, une nouvelle technique de travail du sol a été testée : il s'agit d'un travail minimum du sol localisé sur les lignes de semis, associé à un paillage plus ou moins important de la surface du terrain.

2 - CADRE DE L'ETUDE ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

21 - Conditions de l'agriculture au Sénégal

Le climat est caractérisé par une opposition tranchée entre une longue saison sèche, pendant laquelle la pluviométrie est nulle, et une saison des pluies qui commence fin juin ou début juillet et dure de trois à quatre mois. La pluviométrie totale est comprise entre 300 mm au nord du pays et 1500 mm au sud. La variabilité annuelle est forte ; de plus, la distribution des pluies est irrégulière surtout dans la moitié nord du pays. L'ETP, pendant la saison des pluies passe en moyenne de 3,5 mm/j au sud à 5,0 mm/j au nord.

Dans la plus grande partie des surfaces cultivées, les sols peuvent être classés, d'après la classification française, parmi les sols ferrugineux tropicaux plus ou moins lessivés et les sols peu évolués sur matériau sableux. Plus rarement, et uniquement dans le sud du pays, on trouve aussi des sols ferrallitiques. Ils ont en commun un certain nombre de caractéristiques physiques :

- la texture est sableuse ou sablo-argileuse dans les horizons superficiels ;

- la structure est très peu développée et la porosité de 38 à 42 % ;

- le sol est sensible à l'érosion éolienne pendant la saison sèche, dans la moitié nord du pays, et à l'érosion par ruissellement pendant la saison des pluies, dans la moitié sud ;

- la profondeur du sol est généralement importante, ce qui permet de compenser la faiblesse des réserves hydriques et minérales par unité de volume du sol, au moins lorsque le système racinaire est profond et colonise bien le profil.

22 - Les expérimentations

Les essais de comparaison entre les effets du travail du sol traditionnel et du labour à la charrue ou d'un travail à la dent ont été nombreux : près de 500 résultats annuels depuis trente ans. Les expérimentations ont eu lieu dans les différentes zones écologiques du Sénégal. Il s'agit, soit d'expérimentations classiques avec 4 à 6 répétitions en parcelles d'une centaine de mètres carrés, soit de dispositifs sans répétition mais en grandes parcelles. La plupart des essais sont pluriannuels ; le plus ancien encore en place date de 20 ans. Mis à part le travail du sol, toutes les autres conditions de culture sont identiques.

La comparaison entre le labour et le travail minimum du sol avec paillage est plus récente ; elle a commencé en 1977. On dispose de 5 résultats annuels (avec 2 séries) à Bambey dans le centre du pays et d'un seul résultat à Séfa, dans le sud.

LES INSTRUMENTS DE TRAVAIL DU SOL UTILISES DANS LES EXPERIMENTATIONS

L'instrument de travail du sol traditionnel du paysan est l'iler, constitué d'une lame en forme de coeur située à l'extrémité d'un long manche, ou la daba, sorte de houe à manche très court. Ces deux outils servent aussi aux sarclages.

La charrue-araire utilisée est à versoir cylindre-hélicoïdal ; elle est tirée par une paire de boeufs et permet de réaliser des labours à plat de 13 à 20 cm de profondeur suivant les conditions. Du fait de la faible vitesse d'avancement des boeufs, les labours sont en général de bonne qualité.

Les instruments de travail superficiel peuvent être des dents ou des lames semi-rigides. La profondeur de travail est de 6 à 10 cm.

Le travail minimum localisé sur la ligne a été réalisé avec une dent rigide (petite sous-soleuse), sur 10 cm de profondeur.

3 - RESULTATS

31 - Comparaison du labour à la charrue au "non-travail"

Les effets comparés du labour et du travail traditionnel sur le sol et la plante ont fait l'objet de nombreux travaux au Sénégal. Pour des informations détaillées sur les différents aspects étudiés, on pourra se reporter aux références citées et à des synthèses précédentes (2, 14).

Effet du labour sur le sol et les racines

Le travail du sol traditionnel sur 3 à 4 centimètres en fin de saison sèche permet de débarrasser le sol des quelques herbes qui ont pu croître après les récoltes précédentes, mais n'a qu'une action très faible sur le profil, le sol étant à cette époque à l'état plus ou moins particulaire dans les 3 à 5 premiers centimètres. Par contre, le retournement du sol par la charrue a pour effet immédiat d'augmenter la porosité dans la couche travaillée ; celle-ci passe en moyenne de 40 à 48 % (13).

Le labour favorise l'infiltration de l'eau au moment des premières pluies et diminue donc les risques de ruissellement et d'érosion, au moins lorsque les pentes sont faibles (1). Par ailleurs, quand il est réalisé peu de temps après

la récolte, il permet de préserver de l'évaporation pendant la saison sèche une partie non négligeable des stocks hydriques présents dans le sol à la récolte. Les stocks d'eau supplémentaires mis à la disposition de la culture suivante peuvent atteindre 50 à 80 mm d'eau utile sur deux mètres par rapport à un traitement non travaillé et non désherbé (3, 6, 15).

L'amélioration de la porosité du sol et de ses caractéristiques mécaniques, par le labour, entraîne une augmentation de la colonisation du sol par les systèmes racinaires dans la couche labourée, mais aussi en profondeur (4, 5). Les effets du labour sur quelques caractéristiques du système racinaire des principales cultures pluviales au Sénégal figurent dans le tableau n° 1.

Tableau n° 1 : Effets du labour sur le poids et la longueur totale des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal, par mètre carré de surface cultivée.

	Profondeur du front racinaire (cm)		Poids total des racines (g)		Longueur total des racines (m)	
	non-travail	Labour	non-travail	Labour	non-travail	Labour
Mil stade épiaison (50-60 j)	145	145	23,6	38,4	1030	1497
Sorgho demi-nain épiaison (75 j)	75	90	60,6	94,3	-	-
Riz pluvial épiaison (65 j)	25	40	30,0	80,0	-	-
Arachide - début floraison (35 j)	35	105	9,2	9,7	311	456

Grâce à un système racinaire mieux développé, les possibilités d'utilisation des réserves hydriques et minérales sont accrues par rapport à un traitement de non-travail. En conséquence, on note généralement une plus grande capacité à traverser sans dommage des périodes de sécheresse (3).

Le retournement du sol par la charrue permet de procéder à des enfouissements de matière organique et d'engrais, ce qui entraîne une réduction des pertes d'azote, une meilleure répartition des racines dans le sol et une meilleure efficacité de l'engrais en cas de sécheresse (3, 9).

La rugosité du labour réalisé en fin de cycle ou en sec a pour conséquence, lorsqu'il est bien fait, de diminuer la sensibilité du sol à l'érosion éolienne, par rapport à un terrain non travaillé dont la surface est lisse et la structure particulière.

Enfin, le labour permet une certaine limitation du nombre de mauvaises herbes en début de culture. Le labour de début de cycle est la technique la plus efficace à cet égard. Toutefois, dans les conditions du Sénégal, l'effet du labour sur les mauvaises herbes ne paraît pas être un facteur prédominant de l'action de celui-ci sur les cultures.

L'effet du labour sur les rendements

Les effets moyens du labour avec ou sans enfouissement de matière organique (pailles ou fumier) sur l'ensemble des points d'essai réalisés au Sénégal entre 1960 et 1966, figurent dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Comparaison entre les rendements obtenus sans travail du sol et avec labour à la charrue en traction bovine (en kg/ha et %)

	Labour seul			Labour d'enfouissement		
	Nombre de résultats	Témoin 0 travail	Effet du labour (en %)	Nombre de résultats	Témoin 0 travail	Effet du labour (en %)
Mil	50	1514	+ 17 %	21	1263	+ 24 %
Sorgho	67	1925	+ 24 %	4	1849	+ 24 %
Maïs	51	2042	+ 54 %	29	1880	+ 75 %
Riz	29	1360	+ 71 %	10	1364	+ 104 %
Arachide	79	1033	+ 20 %	132	1658	+ 9 %
Cotonnier	19	1454	+ 16 %	72	1168	+ 33 %

On observe que les différences entre le non-travail du sol et le labour sont plus importantes avec des espèces plus sensibles aux conditions physiques du sol, comme le maïs et le riz pluvial. Toutefois, toutes les cultures ont des rendements plus élevés en présence d'un labour à la charrue. L'effet du labour est en général plus net lorsque l'on procède à un enfouissement de matière organique.

Facteurs de variation des effets du labour

Les différences de rendement entre le labour et le non-travail variables en fonction des conditions pédo-climatiques et des itinéraires techniques ; parmi les principaux facteurs de variation, on peut citer :

- la pluviométrie : des conditions d'alimentation hydrique légèrement déficitaires au cours de la culture ont tendance à entraîner une augmentation de l'effet du labour, particulièrement du labour de fin de cycle, mais cette action est quand même limitée. En conditions de sécheresse très sévère, les rendements sont partout très bas, aussi bien sur témoin que sur labour.

- le milieu : sur un terrain remis en culture après une longue période de jachère, ou après défrichs, ou encore lorsque le sol a déjà été labouré l'année précédente, la porosité initiale est bonne et l'effet du labour nettement moins marqué. A l'inverse, dans un terrain de vieille culture, avec apports insuffisants d'engrais et de matière organique, l'effet du labour est souvent faible car il existe d'autres facteurs limitants plus importants que la porosité et l'enracinement (disponibilité en éléments assimilables, pH etc.). Il faut d'abord résoudre ces problèmes, en particulier par des apports d'engrais et de matière organique, par le chaulage, avant de mettre en évidence un effet du travail du sol.

- les techniques culturales : des semis et des démarrages trop tardifs, un mauvais contrôle des adventices et du parasitisme sont autant de facteurs qui contribuent à réduire l'effet du labour. Ceux-ci doivent être maîtrisés aussi bien que possible, préalablement ou parallèlement à la réalisation d'un travail du sol semi-profond.

32 - Comparaison entre un travail du sol superficiel avec des dents et un labour à la charrue

La comparaison des effets du labour et de travaux plus superficiels avec des dents a fait l'objet d'un certain nombre d'expérimentations au Sénégal. Le travail à la dent est réalisé en saison sèche (travail sur 5 à 7 cm) ou en début de saison des pluies (travail sur 8 à 10 cm). Les résultats figurent dans le tableau n° 3.

Tableau n° 3 : Effets comparés du labour à la charrue et des travaux aux dents sur les rendements en grains ou gousses, en kg/ha et % (d'après NICOU 1977)

	Dent en sec		Dent en humide	
	Effet du travail à la dent (en %)	Effet du labour (en %)	Effet du travail à la dent (en %)	Effet du labour (en %)
Arachide	+ 5	+ 12	+ 4	+ 12
Sorgho	+ 0	+ 17	+ 5	+ 27
Maïs	- 6	+ 36	+ 16	+ 36
Cotonnier	+ 17	+ 30	+ 23	+ 39

L'effet du travail à la dent est plus irrégulier que celui du labour et toujours inférieur à celui-ci. Avec un travail en sol humide en début de cycle, on peut toutefois obtenir des augmentations non négligeables avec maïs et cotonnier et cette technique constitue un bon moyen de contrôler les adventices. Le grattage du sol plus ou moins superficiel avec des dents peut donc être considéré comme une solution de remplacement du labour lorsque celui-ci n'a pu être réalisé avant une culture de maïs, de cotonnier et aussi de riz pluvial.

33 - Comparaison entre "non-travail" - travail minimum du sol avec paillage et labour à la charrue

Dans certaines régions d'Afrique tropicale humide, le paillage plus ou moins complet du sol, associé à un travail minimum ou à un non-travail, a donné des résultats intéressants (10, 11, 12).

L'intérêt potentiel de cette technique est certain ; c'est pourquoi, des expérimentations ont été mises en place à Bambey (zone centre nord) et à Séfélé (zone sud) pour comparer trois systèmes de travail du sol. Pour Bambey, la rotation est arachide-mil et les traitements sont les suivants :

- T1 : "non travail", c'est-à-dire la technique traditionnelle de préparation du sol, sans paillage.

- T2 T3 : système de travail minimum du sol (à 10 cm de profondeur uniquement sur la ligne de semis) avec paillage plus ou moins complet du sol suivant les traitements : 4 à 5 tonnes/ha apportées tous les deux ans (T2) ou 8 à 10 t/ha apportées tous les ans (T3).

- T4 T5 : labour de fin de cycle cultural en traction bovine (15 à 18 cm de profondeur) avec enfouissement des pailles (4 à 5 t/ha tous les deux ans, après céréales: T4) ou de fumier (2 t/ha tous les deux ans après arachides: T5).

L'essai de Séfa dont les traitements sont comparables a dû être abandonné après un an, mais les premiers résultats ont été spectaculaires (tableau n° 4).

L'essai de Bamboey doit se terminer en 1981. On peut déjà tenter de faire un premier bilan :

Economie de l'eau :

- Le paillage du sol a un effet intéressant, comparable à celui du labour de fin de cycle sur la réduction des pertes par évaporation pendant la saison sèche, à condition que le sol soit complètement désherbé et que les pailles couvrent bien le sol (8 à 10 tonnes/ha de paille). D'autre part, cette technique permet aussi une certaine réduction de la part de l'évaporation sol ou dans l'évapotranspiration pendant la période des cultures (5).

- L'effet du travail minimum associé au paillage sur le ruissellement et l'érosion n'apparaît pas nettement, dans les conditions de l'expérimentation et avec la quantité de pailles utilisées.

- Les systèmes racinaires des cultures sont mieux développés sur les traitements labourés qu'avec le système de travail-minimum. Or, dans les sols sableux profonds du Sénégal, un système racinaire bien développé, notamment en profondeur, est un atout particulièrement important pour une bonne utilisation des réserves hydriques du sol (5, 6).

Activité biologique du sol :

L'effet du paillage sur l'activité biologique du sol et sa structure n'est pas visible après trois ans de paillage continu. Le paillage favorise plutôt la prolifération des insectes phytophages. On ne trouve aucune trace de vers de terre.

Lutte contre les mauvaises herbes :

Pour l'arachide et le mil, il n'existe pas d'herbicide de post-levée, seule catégorie d'herbicide utilisable sur le sol paillé. En ce qui concerne le riz pluvial et le maïs, l'efficacité des herbicides utilisés paraît moins bonne sur le sol non labouré et paillé.

D'autre part, le paillage du sol empêche la réalisation de sarclages mécaniques aux bœufs ou au cheval ; il faut sarcler manuellement, ce qui augmente singulièrement les charges de main-d'œuvre et rend plus difficile, même en expérimentation, le contrôle des mauvaises herbes. Le labour a au contraire tendance à retarder l'apparition des mauvaises herbes et à en diminuer l'importance.

Effet sur les rendements

Les rendements obtenus à Séfa figurent sur le tableau n° 4.

Tableau n° 4 : Comparaison entre deux systèmes de travail du sol à Séfa (isohyète 130Cmm) en 1978 - Effets des techniques sur le rendement en grains (kg/ha)

	Travail minimum + paillage (1)	Labour (2)
Riz pluvial	1715 ^a (3)	3417 ^b
Maïs	1446 ^a	3014 ^b

- (1) - Le travail minimum consiste en un travail à la dent sur les lignes de semis plus un paillage du sol en surface.
- (2) - Le labour est réalisé à la charrue (15-18 cm de profondeur) en fin de cycle cultural.
- (3) - Les résultats surmontés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 0,01 suivant le test de Keuls.

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer par le fait que le maïs et le riz pluvial sont parmi les espèces qui répondent le mieux au travail du sol. D'autre part, sur le terrain non labouré et paillé, il n'a pas été possible de lutter aussi efficacement que sur labour contre l'envahissement par les mauvaises herbes (moins bonne efficacité de l'herbicide, végétation plus clairsemée, impossibilité de sarcler avec des moyens mécaniques).

Les résultats obtenus à Bamboey figurent sur le tableau n° 5.

Tableau n° 5 : Comparaison entre trois systèmes de travail du sol à Bamboey (isohyète 650 mm) - Effets des techniques sur le rendement en grains ou gousses en kg/ha.

		Témoin	Travail minimum + paillage		Labour	
	Année	T1	T2	T3	T4	T5
Arachide						
	1977	1666 ^a (1)	1598 ^a	2107 ^b	2478 ^b	2498 ^b
	1978	1274 ^a	1242 ^a	1195 ^a	1667 ^b	1472 ^b
	Moyenne 1978		1420	1651	2073	1985
Mil						
	1978	1417 ^a	1646 ^a	1446 ^a	1571 ^a	1700 ^a
	1979	1506 ^a	1731 ^a	1422 ^a	1986 ^a	1861 ^a
	Moyenne 1979		1689	1434	1779	1781

- (1) - Les résultats surmontés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 0,05 suivant le test de Keuls.

Les rendements sont assez variables en fonction principalement des conditions pluviométriques. En 1977, année à pluviométrie déficitaire, on observe un effet favorable d'un paillage important du sol + désherbage post-récolte (T3), mais le rendement reste inférieur au labour. Le travail minimum avec un paillage simple sans désherbage post-récolte (T2) n'a aucun effet. En 1978, la pluviométrie a été bien répartie et il n'y a plus d'effet des techniques de travail minimum du sol avec paillage.

En ce qui concerne le mil, les traitements 1 et 2 sont pratiquement identiques du point de vue de la restitution de matière organique : en effet, après arachide, il ne reste presque plus de résidus sur le sol et il n'en est pas remis avant la culture de mil. Dans ces conditions, le travail minimum à la dent paraît avoir une action légèrement favorable. Par contre, lorsqu'un paillage apporté chaque année couvre assez bien le sol (T3), il n'y a plus aucun effet du traitement de travail minimum + paillage. Ceci paraît dû à un parasitisme plus important en début de cycle sur sol paillé, et aussi à la libération par les pailles de produits phytotoxiques hydrosolubles (acides phénols) au moment des premières pluies et de la germination du mil semé en sec (8).

Sur les deux cultures, le labour (T4-T5) donne en moyenne des résultats supérieurs au travail minimum du sol + paillage (T2-T3). De plus, la réalisation des techniques culturales (semis, sarclages, récolte de l'arachide) s'avère beaucoup plus difficile sur terrain paillé que sur sol nu, lorsque les opérations sont réalisées en traction animale.

34 - Comparaison avec les résultats obtenus par l'IRAT en Côte-d'Ivoire et au Togo

Plusieurs expérimentations comparant différentes techniques de travail du sol ont été menées par des chercheurs de l'IRAT en Côte-d'Ivoire (région centre: Bouaké) et au Togo (région maritime), dans des conditions pédo-climatiques différentes de celles du Sénégal. Une synthèse des résultats obtenus au Sénégal, en Côte-d'Ivoire et au Togo a été rédigée récemment (6). On reprendra ici quelques unes des principales conclusions de ce travail, afin de situer les résultats du Sénégal par rapport à d'autres zones écologiques de l'Afrique de l'Ouest. Pour des informations plus détaillées, on pourra se référer au document cité (6).

- Les conditions pédo-climatiques

Les principales caractéristiques de sol et de climat dans les différentes situations où les expérimentations ont été réalisées figurent sous forme simplifiée dans les tableaux n° 5 et 6.

On peut distinguer deux grandes catégories de sols :

- des sols sableux ou sablo-argileux, mal structurés, pauvres en matière organique, mais profonds et qui peuvent se différencier par leur réserve en eau (Sénégal, Togo).

- des sols argilo-sableux gravillonnaires, mieux structurés, plus riches en matière organique mais moins profonds et à réserve en eau très variable (Côte-d'Ivoire).

Tableau n° 5 : tableau simplifié des caractéristiques des sols

	SENEGAL		TOGO	COTE-D'IVOIRE	
	Bambey	Séfa		Sols classe 1	Sols classe 2/3
Texture	sableuse	sablo-argileuse	sablo-argileuse	argilo-sableuse	limon-argilo-sableuse
Argile %	4	12	7	33	35
Gravillons %	0	0	0	12	25
Structure	Massive	Massive	Massive	Polyédrique grossière	polyédrique fine à moyenne
Porosité %	39-40	40-42	42-45	48-50	45-48
Profondeur	Profond	Profond	Profond	Assez profond	Peu profond
Réserve en eau utile cm/mètre	60-80 assez bonne	100 Bonne	30-40 Faible	120 Très bonne	40-60 Faible
Taux matière organique %	0,4 Faible	0,9 Assez faible	0,8 Assez faible	2,7 Bon	2,9 Bon

Tableau n° 6 : Caractéristiques du climat et importance de la végétation adventice

	SENEGAL		TOGO	COTE-D'IVOIRE	
	Bambey	Séfa		Sols classe 1	Sols classe 2/3
Faiblesse du total pluviométrique	+++	+	1er cycle ++ 2e cycle +++	++	++
Risque de sécheresse	+++	++	1er cycle ++ 2e cycle +++	+++	+++
Importance des adventices	+	+++	+++	++	+++

Le nombre de croix indique l'intensité du caractère considéré

Dans les risques de sécheresse, il faudrait distinguer plusieurs cas :

- périodes de sécheresse situées le plus souvent en début ou en fin de cycle (cas du Sénégal) ;
- périodes de sécheresse surtout fréquentes en cours de cycle. C'est le cas du cycle unique dans les zones à 2 saisons des pluies (Côte-d'Ivoire) ;
- deuxième cycle très aléatoire (zone maritime au Togo).

Résultats

- Effet du travail du sol

Les résultats obtenus dans les trois pays sont nombreux et divers. On trouvera dans le tableau n° 7 une récapitulation des effets du labour par rapport au non-travail en faisant abstraction, dans un premier temps, de l'effet du paillage. Pour simplifier, les conventions suivantes ont été utilisées :

- : Effet du labour négatif: $\searrow$ - 10 % témoin
- 0 : Effet du labour compris entre - 10 et + 10 % du témoin
- +: Effet du labour compris entre + 10 et + 30 % du témoin
- ++: Effet du labour compris entre + 30 et + 70 % du témoin
- +++: Effet du labour supérieur à + 70 % du témoin.

Tableau n° 7 : Effets du labour par rapport au non-travail sur les rendements des cultures dans les différentes situations.

		SENEGAL		TOGO	COTE-D'IVOIRE	
		Bambey	Séfa		Sols 1	Sols 2/3
Arachide		++		++		
Mil		+				
Sorgho				+++		
Maïs	Variété traditionnelle			++	0	0
	Hybride		+++		0	+
Riz	Var. traditionnelle				0	-
pluvial	Var. améliorée		+++		0	+
Cotonnier						+

Le tableau n° 7 fait nettement apparaître deux types de situations

- le Sénégal et le Togo, où les sols sont sableux ou sablo-argileux, mal structurés et pauvres en matière organique. Le rendement sur sol labouré est toujours supérieur à un traitement de non travail; l'effet du labour est néanmoins variable en fonction des espèces. Les dispositifs expérimentaux ne permettent pas d'étudier l'effet du labour sur les adventices car les mauvaises herbes ont été contrôlées efficacement sur tous les traitements, par voie chimique ou mécanique. Les résultats positifs du labour ne comprennent donc pas l'effet sur les adventices.

- la Côte-d'Ivoire, où au contraire les sols sont plus argileux, naturellement mieux structurés et plus riches en matière organique. L'effet du labour sur le rendement est alors faible, parfois même nul ou négatif.

Dans les sols de classe 1, où la réserve hydrique est très bonne, le système racinaire s'implante bien même en absence de travail du sol, et la réserve hydrique étant importante, le labour n'apparaît pas nécessaire.

Dans les sols de classe 2/3, à faibles réserves hydriques, le labour peut augmenter la densité racinaire. Lorsque les conditions d'alimentation hydrique sont satisfaisantes, un labour a un effet positif. Par contre, en cas de sécheresse pendant le cycle, la plante cultivée sur labour, mieux développée, épuise plus vite les réserves et peut ensuite être défavorisée par rapport à un traitement de non travail.

Le problème des adventices est très important en Côte-d'Ivoire. Sur les sols de classe 1, on constate qu'il n'y a pas de différence entre ténier et labour si l'on utilise les herbicides. Par contre, sur les sols de classe 2/3, malgré l'utilisation d'herbicides (Stam 34 sur riz et fluometuron sur cotonnier), le labour permet de réduire les temps de sarclage sur riz pluvial et à un degré moindre sur cotonnier (tableau n° 8). Sur maïs, le traitement aux atrazines est très efficace et il n'y a pas de différence.

Tableau n° 8 : Effet du travail du sol sur les temps de sarclage en culture de riz pluvial et de cotonnier à Bouaké en Côte-d'Ivoire (en journées de travail/ha).

	Riz pluvial	Coton- nier
Non travail	132	86
Travail super- ficiel	94	70
Labour	32	49

- Effet de la matière organique (paillage-enfouissement).

Au Togo, en sol dégradé pauvre en matière organique, celle-ci a un effet positif mais, comme au Sénégal, un simple paillage en surface ne permet pas d'améliorer la structure.

En Côte-d'Ivoire, en sol assez riche en matière organique (2,8 %) l'effet d'un apport de pailles, enfouies ou non, est nul. Dans les cas où le labour a un effet positif, il ne saurait être remplacé par un paillage.

Dans les conditions pédo-climatiques du Centre de la Côte-d'Ivoire, les effets du travail du sol varient en fonction du type de sol et de la culture envisagée.

En sols bien structurés et à bonne réserve hydrique, il y a peu de différence, pour le riz et le maïs, entre un labour et un travail minimum, aussi bien sur le rendement que sur le contrôle des mauvaises herbes (avec herbicide). Il semble donc que l'on puisse réduire les façons de préparation du sol, au moins pendant un certain temps.

Dans les sols à faibles réserves hydriques, la situation est plus complexe, les résultats de rendement varient en fonction des conditions d'alimentation hydrique de l'espèce et même des variétés (traditionnelle ou améliorée). Sur riz et cotonnier, le labour conserve un intérêt, en particulier pour la lutte contre les mauvaises herbes.

Dans les "terres de barre" de la zone maritime du Togo, la pratique du non-travail avec paillage ne peut se concevoir que sur des sols de défriche récente. Très rapidement après la mise en culture et dès que l'or passe en rotation intensive, le travail du sol avec restitution de matière organique devient indispensable. Le labour permet par ailleurs de contrôler les mauvaises herbes, alors que le désherbage chimique n'est pas encore très au point.

Bien que le Togo soit situé dans une zone climatique différente de celle du Sénégal, il apparaît que les résultats obtenus dans ce pays rejoignent sensiblement ceux du Sénégal. Par contre, à Bouaké dans le centre Côte-d'Ivoire, les problèmes de travail du sol s'y posent de façon différente.

4 - DISCUSSION - CONCLUSION

Au Sénégal, le travail minimum du sol correspond à la technique traditionnelle de préparation du sol, elle est adaptée à des systèmes agricoles dont le niveau de productivité est très bas mais qui ne nécessitent que peu d'investissements en main-d'oeuvre, en matériel et en produits. L'équilibre de ce type d'agriculture, sans engrais, sans travail du sol et sans enfouissement de matière organique était dû à une faible productivité (400 à 700 kg/ha) et à des jachères de plus ou moins longue durée qui faisaient partie de la rotation. Or, dans la plupart des grandes régions de production agricole du Sénégal, la jachère tend à disparaître du fait de la pression démographique et, parallèlement, la productivité des cultures doit être augmentée.

Pour augmenter les rendements tout en préservant le patrimoine foncier, un labour à la charrue et des enfouissements de matière organique apparaissent actuellement comme des facteurs de production indispensables en agriculture pluviale semi-intensive au même titre que la fertilisation, le contrôle des adventices et des parasites etc...

Un système de travail minimum du sol plus moderne a été testé au Sénégal. Il s'agit du travail minimum sous les lignes de semis, avec paillage plus ou moins complet de la surface du terrain et utilisation d'herbicides quand cela est possible.

Cette technique ne paraît pas adaptée aux conditions du Sénégal caractérisées en particulier par :

- une courte saison des pluies obligeant à semer dès les premières pluies, sauf dans la partie la plus méridionale, donc sans possibilité d'utiliser des herbicides de contact (paraquat) entre les premières pluies et les semis ;

- des sols mal structurés, pauvres en matière organique, qui répondent bien à un travail du sol semi-profond ;

- une mécanisation de l'agriculture déjà bien avancée, surtout en ce qui concerne les semis et les sarclages ; or, ces opérations culturales posent de gros problèmes lorsqu'elles sont réalisées mécaniquement en traction animale sur sol paillé ;
- de très faibles disponibilités en pailles qui sont utilisées prioritairement pour l'alimentation du bétail et pour les constructions d'habitations ;
- des cultures (mil, arachide) pour lesquelles on ne dispose pas encore d'herbicides sélectifs de post-levée, les seuls vraiment efficaces sur sol paillé.

Dans ces conditions, le système de travail minimum du sol avec paillage, même s'il offre un certain intérêt sur le plan technique, pose donc en pratique des difficultés de réalisation nettement plus importantes que le labour à la charrue, pour des résultats finalement inférieurs.

Toutefois, le concept de "minimum tillage" recouvre en fait des techniques variées qui vont du "no-tillage" comme cela est actuellement pratiqué par les paysans du Sénégal, et peuvent aller jusqu'au labour à la charrue sur 15 à 20 cm de profondeur. Entre ces extrêmes, il peut exister certaines formes de travail minimum du sol qui pourraient être avantageuses. Des techniques de travail du sol à la dent sans paillage sont d'ailleurs expérimentées actuellement.

Il faut souligner que la pratique du labour et ^{celle} du désherbage chimique, loin de s'opposer, sont au contraire complémentaires :

On observe en effet que certains herbicides sont plus efficaces sur un terrain préalablement travaillé. Par ailleurs, le labour qui, comme la fertilisation, entraîne une augmentation de la productivité, permet de mieux rentabiliser le coût des herbicides.

Ces différentes conclusions ne s'appliquent bien sûr qu'aux sols sableux et sablo-argileux étendus du Sénégal.

L'IFAT, en collaboration avec les structures nationales de recherche, a aussi procédé à des comparaisons entre labour et minimum-tillage avec mulch dans d'autres pays d'Afrique, Côte-d'Ivoire et Togo en particulier (6). Il ressort des résultats obtenus que les effets des différentes techniques de travail du sol (non travail, travail minimum avec ou sans paillage, chisel, labour) sont sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs principaux tels que le sol, le climat, les espèces cultivées, le passé cultural de la parcelle et son système de culture. Ces facteurs sont, bien entendu, très variables d'une région à une autre. Il existe ainsi des zones écologiques où un travail minimum du sol peut être intéressant : c'est le cas de certains sols assez riches en argile et en matière organique de Côte-d'Ivoire (6) et du Nigéria (10, 11). Par contre au Togo, sur des sols dégradés et en Côte-d'Ivoire sur des sols peu profonds, le labour reste souvent la meilleure technique (6).

Le choix d'une technique de travail du sol doit donc tenir compte des conditions locales, et aussi des impératifs socio-économiques. Il n'y a pas de solution généralisable à de vastes régions. Pour les sols sableux du Sénégal, le labour, si possible avec enfouissement de pailles ou de fumier, paraît être actuellement la technique la plus efficace et la plus adaptée.

- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -

- 1 - CHARREAU C., 1969 - Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance. Agron. trop., 24-9, 836-852.
- 2 - CHAPPEAU C. et NICOU R., 1971 - L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest Africaine et ses incidences agronomiques. Agron. trop., 26, 209-225, 531-565, 903-978, 1183-1247.
- 3 - CHOPART J.L., 1975 - Influence du labour et de la localisation de l'engrais en profondeur sur l'adaptation à la sécheresse de différentes cultures pluviales au Sénégal. Doc. mult. ISSA CNRA BAMBEY, 172 p.
- 4 - CHOPART J.L., 1980 - Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (Arachide-mil-sorgho-riz pluvial). Thèse de doctorat INP Toulouse 162 p.
- 5 - CHOPART J.L. et NICOU R., 1976 - Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal - Conséquence sur leur alimentation hydrique. Agron. trop., 20, 7-28.
- 6 - CHOPART J.L., NICOU R., VACHEAUD G., 1979 - Le travail du sol et le mulch pailleux. Influences comparées sur l'économie de l'eau dans le système arachide-mil au Sénégal. In "Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships". I.A.E.A. ed. Vienne 199-211.
- 7 - CHOPART J.L., KALMS J.M., MARQUETTE J. et NICOU R., 1981 - Comparaison de différentes techniques de travail du sol en trois zones écologiques de l'Afrique de l'Ouest. Doc. mult. IRAT. Montpellier BP 5035 France. 65 p.
- 8 - GANNY F., ROGER F.A., DOMMERQUES Y., 1978 - A propos de l'enfouissement des pailles dans les sols sableux tropicaux du Sénégal. C.R. acad. agric. France, 6, 445-454.
- 9 - GANNY F., GUIRAUD G., 1979 - Mode d'application du fureur et bilan azoté dans un système mil-sol sableux du Sénégal. Etude au moyen de l'azote-15. In "Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships". I.A.E.A. Vienne, 318-331.
- 10 - LAL R., 1974 - No-tillage effects on soil properties and maize (zea mays) production in western Nigeria. Plant and soil, 40 2, 321-331.
- 11 - LAL R., 1976 - No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 40, 762-768.
- 12 - MAURYA P.R. et LAL R., 1979 - No-tillage system for crop production on an ultisol in Eastern Nigeria. In "Soil tillage and crop production" R. LAL edit. IITA Ibadan proc. Series N°2, 207-219.

- 13 - NICOU R., 1974 - Contribution à l'étude et à l'amélioration de la porosité des sols sableux et sablo-argileux dans la zone tropicale sèche. Conséquences agronomiques. Agron. trop., 29, 1100-1127.
- 14 - NICOU R., 1977 - Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal. Motivations contraintes. Doc. mult. ISRA CNRA BAMBEY Sénégal, 51 p.
- 15 - NICOU R. et CHOPART J.-L., 1979 - Les techniques d'économie de l'eau dans les sols sableux du Sénégal. In "soil tillage and crop production" R. LAL edit IITA Ibadan Nigeria, proc. Ser. N°2. 249-257.
- 16 - TOURTE R., 1951 - Préparation du sol et enfouissement de la végétation naturelle comme engrais vert - leur influence sur les rendements du mil au Sénégal. Ann. Cent. Nat. rech. agron. de Bambey, Sénégal, 120-125.