

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
PRI MATURE

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET  
TECHNIQUE

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

CN010284

LES TECHNIQUES D'ECONOMIE DE L'EAU  
DANS LES SOLS SABLEUX DU SENEGAL

R. NICOU  
IRAT/MONTPELLIER

J. L. CHOPART  
IRAT/ISRA  
CNRA BAMBEY

Communication préparée pour la Conférence  
internationale sur "le rôle des propriétés physiques  
des sols dans l'entretien de la fertilité des sols tropicaux"  
IBADAN (Nigéria) 6-10 Décembre 1977

Novembre 1977

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

LES TECHNIQUES D'ECONOMIE DE L'EAU

DANS LES SOLS SABLEUX DU SENEGAL

R. NICOU  
IRAT Montpellier

J.L. CHOPART  
1 RAT/ISRA Sénégal

Les récentes sécheresses qui sévissent dans toute la zone sahéenne ont gravement perturbé la production agricole et mis l'accent sur la nécessité de promouvoir des techniques assurant une utilisation maximale de l'eau de pluie. Car s'il est difficile d'intervenir sur les conditions climatiques elles-mêmes, il est possible par contre de conditionner le sol de manière à mieux répondre aux trois objectifs suivants :

- emmagasiner l'eau de pluie en facilitant son infiltration au détriment du ruissellement,
- conserver l'eau stockée en réduisant l'évaporation,
- faciliter l'utilisation de cette eau stockée en favorisant la croissance racinaire en profondeur.

Les conditions qui prévalent dans la zone sahéenne Ouest-Africaine ne sont pas favorables à la réalisation de ces trois objectifs :

- forte intensité et agressivité des pluies qui dégradent la structure facilitant ruissellement et érosion,
- forte évaporation,
- faible porosité de sols peu structurés et corrélativement systèmes racinaires des plantes annuelles insuffisamment développés.

Les études conduites depuis de nombreuses années dans les sols sableux du Sénégal ont mis en évidence l'intérêt du labour en tant que technique d'économie de l'eau :

- il facilite l'infiltration et diminue le ruissellement,
- réalisé en fin de saison des pluies, il détruit la végétation adventice et constitue un mulch superficiel très efficace contre l'évaporation,

- en agissant sur tous les paramètres du système racinaire des cultures (vitesse de croissance, longueur, profondeur, etc... ) il favorise l'exploitation d'un plus grand réservoir hydrique.

Les résultats obtenus en ce domaine ont déjà fait l'objet de plusieurs communications et publications.

La vulgarisation du labour se heurte cependant à un certain nombre d'obstacles socio-économiques. Par ailleurs, d'autres techniques d'économie de l'eau peuvent présenter certains avantages non négligeables. Ces techniques, qui s'appellent dry farming, mulch pailleux, minimum tillage, n'avaient pas fait l'objet, jusqu'à présent, d'études systématiques. Des comparaisons partielles avaient déjà permis de se faire une première opinion :

- les sols étant en général auto-mulchant, les pertes sur sol nu pendant la saison sèche, élevées en surface au début, s'atténuent rapidement. Un sol débarrassé de toute végétation est capable de conserver un stock d'eau utile important sur 2 mètres,

- le paillage ne semble rien ajouter au sol nu, tout au moins pendant la saison sèche. Il pourrait être utile au début des pluies,

- le labour cumulerait les avantages du sol nu et du paillage.

Compte tenu de l'importance de ce problème, il nous a paru nécessaire de comparer ces différentes techniques dans une même expérimentation. Cette dernière a débuté en 1976 au Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey (Sénégal). L'objet de cette communication est de présenter les résultats des deux campagnes 1976-1977 pour en tirer les premiers enseignements.

#### 1. - DISPOSITIF D'ETUDE - TRAITEMENTS

L'expérimentation est conduite sur la succession culturale Mil - Arachide couramment pratiquée dans la zone. Deux séries décalées dans le temps permettent d'avoir chaque année les deux plantes de la rotation. Chaque série comporte 6 répétitions.

L'essai est réalisé entièrement en culture attelée bovine, option prise par le Gouvernement Sénégalais pour la mécanisation de l'agriculture dans le centre du pays.

Chaque série débute par une culture uniforme de mil sans travail du sol, ce qui permet d'avoir un test sur l'homogénéité du terrain. Les traitements ne se différencient qu'après la récolte de cette première culture.

Dans le tableau n° 1 sont présentés les différents traitements tels qu'ils sont pratiqués pendant les trois premières années.

Le travail à la dent en sec est réalisé au mois de mai à l'aide de dents rigides, équipées d'un soc de petit modèle. Une paire de boeufs tire 2 dents espacées de 40 cm pour l'arachide. La profondeur du travail varie autour de 10 cm.

Tableau n° 1 : Traitements de l'essai Mulch - Labour, Minimum tillage mis en place à Bambev en Mai 1976

N° du traitement	MIL 1 <sup>ère</sup> Année		ARACHIDE 2 <sup>e</sup> Année		MIL 3 <sup>e</sup> Année	
	Avant semis	Après récolte	Avant semis	Après récolte	Avant semis	Après récolte
1		Pailles brûlées sur place	Pas de travail du sol	Pailles exportées	Pas de travail du sol	Pailles brûlées sur place
2	Traitement uniforme Pas de travail du sol Terra in nettoyé à la main	Pailles laissées sur place pour former un mulch continu	Travail à la dent en sec sur la ligne de semis	Pailles exportées	Travail à la dent sur la ligne de semis	Pailles laissées sur place pour former un mulch continu
3		Pailles laissées sur place avec apport extérieur pour doubler la quantité	Travail à la dent en sec sur la ligne de semis	Pailles exportées Apport extérieur de pailles de jachère pour couvrir complètement le sol	Travail à la dent sur la ligne de mil	Pailles laissées sur place avec apport extérieur pour doubler la quantité
4		Enfouissement des pailles par un labour de fin de cycle	Reprise du labour	Pailles exportées Labour de fin de cycle	Reprise du labour	Enfouissement des pailles par un labour de fin de cycle
5		Pailles exportées pour fabriquer du fumier. Labour de fin de cycle sans enfouissement	Reprise du labour	Pailles exportées Labour de fin de cycle avec enfouissement du fumier	Reprise du labour	Pailles exportées pour fabriquer du fumier - Labour de fin de cycle sans enfouissement
6		Labour sans enfouissement une fois pour toute Paillage maximum après labour avec tiges de mil et herbe de jachère	Pas de travail semis direct	Pailles d'arachide exportées. Paillage maximum avec apport extérieur de jachère	Travail à la dent sur la ligne	Paillage maximum avec paille de mil + apport extérieur de jachère. Pas de labour

Le semis du mil (variété Souma III) est effectuée à la main en poquets à  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ .

L'arachide (variété 55-437) est semée au semoir, à 40 cm d'écartement entre les lignes comme cela est pratiqué dans tout le Sénégal. Dans le cas des parcelles mulchées, cela pose beaucoup de problèmes.

## 2. - LE MILIEU

### 2.1. - Le sol

L'essai est mis en place sur un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé (Cambic arénosol) appelé localement Dior, dont les caractéristiques principales sont rappelées dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Principales caractéristiques du sol de l'essai

Profondeur	0-20 cm	20-40 cm
<u>Texture</u> % Argile		
< 2 $\mu$	4,4	6,0
2-20 $\mu$	1,8	2,6
20-50 $\mu$	4,1	4,4
50-200 $\mu$	65,5	64,2
200-2000 $\mu$	23,8	22,5
Matière organique %	0,5	0,3
Porosité %	40,5	40,0
pF 4,2	1,9	2,4
C.E.C. méq/100 g sol	3,0	4,0

Il faut y ajouter certaines informations complémentaires :

- la fraction argileuse est essentiellement à base de kaolinite et de sesquioxides de fer. Les possibilités de gonflement et de retrait sont faibles,
- la perméabilité est fonction de l'humidité et peut diminuer très fortement au cours d'une pluie,
- les sols sont auto-mulchant. En 1972 sur 208 mm stockés sur 2,5 m en fin de saison des pluies, 159 mm étaient encore présents en fin de saison sèche.

## 2.2. - Le climat

Le climat se caractérise :

- par l'alternance entre une saison des pluies de 3 mois et demi et une saison sèche,
- par sa très grande irrégularité : les périodes de sécheresse de 15 jours à 3 semaines en cours de cycle sont fréquentes.

La pluviométrie moyenne sur 40 ans est de 650 mm mais elle a été rarement supérieure à 500 mm depuis 1972.

En 1976, le total a été de 424 mm avec un déficit marqué fin août, début septembre au moment de la floraison des mils. Des pluies tardives ont permis de constituer des réserves non négligeables.

En 1977, la pluviométrie atteint 418 mm. Cependant, une sécheresse complète a sévi entre le 28 juillet et le 13 août. Au 31 août, le déficit était de 228 mm. En septembre, une répartition plus satisfaisante a permis un certain rattrapage par les cultures.

### 3. RESULTATS - DISCUSSION

#### 3.1. Influence des traitements sur le bilan hydrique

##### 3.1.1. Conservation de l'humidité du sol au cours de la saison sèche

Au cours de la **saison sèche 1976-1977**, on a suivi, par des prélèvements à la tarière, l'évolution des profils hydriques jusqu'à 2 m de profondeur sur les traitements n° **I-2-4-5** de la série 1.

Tableau n° 3 : Evolution du stock d'eau en mm sur 2 m de profondeur au cours de la saison sèche 1976-77

Traitements	1	2	4	5
<b>Stock total au 9/10/76</b> aussitôt après la récolte	176,5	183,5	181,0	181,0
<b>Stock résiduel</b> au 7/5/77	74,5	105,4	105,9	126,1
<b>Pertes totales en</b> 7 mois	102	78,1	75,1	54,9

- Le traitement 1 n'étant pas desherbé (témoin traditionnel) la différence I-2 traduit la consommation en eau des repousses d'adventices.

- Il y a équivalence de comportement entre mulch simple (2) et labour d'enfouissement (4).

- L'écart entre 4 et 5 peut être interprété comme la conséquence d'un enfouissement insuffisant de certaines pailles pouvant provoquer un effet mèche, et d'un labour mal fermé.

Sur la série II; les mesures viennent de commencer et les dernières données ont été enregistrées 35 jours après la récolte.

**Tableau n° 4** : Pertes totales sur 2 m (en mm) 35 jours après la mise en place des traitements

Traitements	1	2	3	4	5	6
Pertes entre le 3/10 et le 8/11/77	53,7	61,5	45,4	46,6	38,9	43,8

➤ **Les traitements 1 et 2 ne sont plus desherbés**, ce qui explique les pertes plus élevées que sur les autres traitements.

➤ **Les tendances** précédentes se confirment.

On peut signaler en complément les premiers résultats obtenus dans un essai proche.

**Tableau n° 5** : Pertes en mm sur 2 mètres entre le 4 octobre et le 4 novembre 1977 sur l'essai "labour retardé"

Traitements	Mulch pailleux non desherbé	Mulch pailleux desherbé	Labour de fin de cycle	Sol nu desherbé
Pertes en mm un mois	56,5	38	36	48

Ces chiffres **sont comparables aux précédents et confirment** :

➤ **Le rôle essentiel joué** par les repousses d'adventices dans les pertes,

- L'effet **auto-mulchant** du sol desherbé,
- Le comportement assez **comparable** d'un bon mulch et d'un labour d'enfouissement,
- La protection **plus complète** assurée par un labour sans enfouissement mieux fermé.

### 3.1.2. - Effets des traitements en début de saison des pluies

En 1977, on a pu suivre l'évolution du stock hydrique sur un mètre en tout début de campagne au moment de la mise en place d'une culture d'arachide.

Tableau n° 6 : Evolution du stock total d'eau en mm sur 1 mètre en début de saison des pluies

Traitements	1	2	3	4	5	6
Stock total <b>juste avant la pluie de semis (7/7)</b>	16,9	44,8	50,1	53,8	40,2	<b>38,0</b>
Pluviométrie jusqu'au 20/7	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5
Stock théori- que total au 20/7	84,4	112,3	117,6	121,3	107,7	105,5
<b>Stock réel au 20/7</b>	49,4	80,7	91,7	95,8	86,0	103,7
Pertes	35,0	<b>31,6</b>	25,9	25,5	21,7	1,8

Que représentent les pertes ?

↳ Les percolations au dessous de 1 m. On peut estimer qu'elles sont faibles, le réservoir n'étant pas entièrement rempli,

↳ L'évapotranspiration qui se réduit essentiellement à une évaporation "sol nu" car la levée de l'arachide n'est générale qu'à partir du 15/7,

↳ Le ruissellement qui a pu être important au moment de la première pluie de 63 mm tombée avec une forte intensité,

La protection contre ces pertes est déjà partielle avec un simple mulch (2) (diminution du ruissellement). Elle est plus efficace lorsque la couverture du sol est plus complète (3) mais il y a équivalence avec le labour d'enfouissement (4). Le labour sans enfouissement permet certainement une meilleure infiltration de l'eau.

La combinaison labour sans enfouissement + mulch (6) est d'une efficacité remarquable puisque les pertes peuvent être considérées comme nulles aux erreurs de mesure près. La comparaison 3-6 permet de confirmer que la pénétration de l'eau est améliorée par le labour.

### 3.2. - Influence des traitements sur le développement racinaire

Les mesures ont concerné la culture d'arachide de la série 1. Les deux modes de prélèvement correspondent à des stades différents.

Tableau n° 7 : Poids total de racines sèches en mg par pied. Prélèvements globaux du 12/8/77 (35 jours)

Traitements	1	3	5	6
Pivot	66	81	95	95
0-30 cm	226	263	322	289
30-60 cm	72	92	97	148

Tableau n° 8 : Densités racinaires en g/dm<sup>3</sup> au 24/8/77 (47 jours) - Prélèvements par sondages verticaux dans l'interligne

Traitements	1	2	3	4	5	6
0-10 cm	0,007	0,009	0,018	0,015	0,011	0,008
10-20 cm	0,022	0,028	0,026	0,054	0,037	0,029
20-30 cm	0,038	0,049	0,042	0,067	0,047	0,039
Moyenne 0-30 cm	0,022	0,029	0,029	0,045	0,032	0,025

Les différences ne sont pas très accentuées, ce qui n'est guère étonnant :

- Le 12/8 l'arachide a 35 jours et nous sommes en pleine période de sécheresse,

- Le 24/8, les pluies ont repris, la végétation repart, l'arachide a 47 jours.

Le léger écart systématique entre 1 et 2-3 peut traduire l'effet du travail à la dent.

Le labour augmente la densité racinaire en profondeur, ce qui est une confirmation de résultats antérieurs.

La seule anomalie apparente provient du traitement 6. Par rapport à 4-5, on observe une diminution de densité dans les horizons supérieurs 0-30 cm et une augmentation en profondeur (30-60 cm). On s'interroge sur les raisons de cette différence. Parmi les hypothèses envisagées, on peut penser à la libération par le mulch de produits plus ou moins inhibiteurs de croissance racinaire. L'influence pourrait s'en faire sentir à la récolte. Il faut, toutefois, attendre confirmation du phénomène.

### 3.3, Les caractéristiques du rendement

On ne dispose pour l'instant que des résultats obtenus sur l'arachide de la série 1 en 1977.

Tableau n° 9 : Densités et rendements de l'arachide à la récolte

Traitements	1	2	3	4	5	6
Densités récoltées	182000	156000	153000	173300	185600	166500
Rendement + paille kg/ha	2 104	2 201	2 433	2 614	2 388	2 975
Rendements gousses kg/ha	1 664	1 598	2 107	2 478	2 498	2 569

Ce tableau attire un certain nombre de commentaires :

Densités :

Il y a des différences non négligeables entre traitements, mais il ne semble pas qu'elles soient à l'origine des écarts de rendement. Le meilleur traitement (n° 6) a, en effet, une densité nettement inférieure au plus mauvais (1).

La comparaison des comptages par sondage effectués 3 semaines après le semis et à la récolte, met en évidence une diminution de la densité et donc une certaine mortalité uniquement sur les parcelles mulchées. Le mulch pourrait constituer un milieu favorable au développement de maladies ou de parasites.

Rendements en pailles :

Les différences ne sont pas très accusées. Seul le traitement n° 6 est significativement supérieur aux autres (à l'exception du 4). Ce résultat reflète l'allure de la végétation et traduit bien une meilleure alimentation hydrique en particulier au moment de la sécheresse.

Rendements en gousses

Malgré un coefficient de variation relativement élevé (15,6 %), on a pu mettre en évidence un certain nombre de différences significatives :

- Les traitements 1 et 2 étant équivalents, il n'y a aucun effet du travail à la dent et du mulch simple,
- Le fait de doubler la quantité de paille pour assurer une couverture continue du sol, donne une certaine efficacité au mulch (différence 3-2 significative),

- Les traitements labours (4-5) non différents entre eux sont significativement supérieurs aux traitements mulch. Il faut y voir les effets propres du labour concernant, en particulier, la porosité et l'aération du sol, essentiels dans ce type de sol,

- La supiriorité du traitement 6 est moins évidente que sur les pailles comme si au moment de la fructification un facteur limitant avait joué. Comme il ne s'agit pas de stress hydrique, on peut se demander si la présence d'un important mulch pailleux ne gêne pas le développement des gynophores, à moins que l'hypothèse de substances inhibitrices évoquée à propos de l'enracinement ne puisse trouver ici sa justification. Le problème devra Qtre suivi avec soin dans les prochaines années.

#### 3.4. - Consommation hydrique - Efficience de l'eau

Le suivi des profils hydriques a permis de déterminer avec précision les consommations moyennes pour les différents traitements. A partir des données du rendement mesurées en chaque situation il est possible de calculer l'efficience de l'eau consommée.

Tableau n° 10 : Consommation et efficience de l'eau

Traitements	1	2	3	4	5	6
Consommation totale mm	337	321	339	345	346	309
Matière sèche totale						
<u>Consommation totale en mm</u>	12,7	13,4	15,5	14,7	14,7	19,2
Poids de gousses						
<u>Consommation totale</u>	6,0	6,0	6,6	6,8	6,8	8,6

Le traitement 6 labour + mulch assure la meilleure économie de l'eau : bonne conservation et utilisation rationnelle. Mulch double (3) et labour sont à peu près équivalents et ont une efficacité comparable, le labour assurant cependant une production très supérieure. Le mulch "réaliste" ne se différencie pratiquement pas du traitement traditionnel.

#### 4. - CONCLUSION

S'il est trop tôt pour conclure, on voit cependant se dessiner assez nettement certaines tendances.

- Pour être efficace, le mulch pailleux doit être présent en quantité suffisante, couvrir complètement la surface, afin de jouer pleinement son rôle protecteur vis à vis de l'évaporation et du ruissellement. Dans le contexte actuel de la zone Centre du Sénégal, le mil est la seule culture qui puisse produire la paille nécessaire à la confection du mulch. Or, avec les variétés et les densités vulgarisées pour l'instant, les quantités de pailles produites sont insuffisantes. Il faudrait donc avoir recours à des apports venant de l'extérieur, ce qui revient à effectuer un transfert de fertilité.

Or le Centre Sénégal est déjà surpeuplé et les jachères sont rares. Par ailleurs, la paille tend de plus en plus à être utilisée pour la nourriture du bétail. Enfin, il est exclu d'utiliser les fanes d'arachide, aliment du bétail par excellence et dont le paysan sénégalais a compris toute la valeur ; il n'est qu'à observer les prix de vente pratiqués en milieu paysan surtout en période de sécheresse.

Si théoriquement le mulch peut paraître une technique intermédiaire intéressante, d'un point de vue pratique, on voit mal comment le réaliser dans les conditions actuelles de l'agriculture Sénégalaise.

« La comparaison mulch efficace » labour tourne franchement à l'avantage de ce dernier. Si, sur le plan hydrique, la supériorité n'est pas toujours évidente et si elle dépend en particulier de la qualité du labour, sur le plan des rendements, elle n'est pas contestable. Les mesures sur l'enracinement, sans être spectaculaires, confirment aussi la tendance généralement observée. Or, les quelques bilans effectués en cours de culture, ne l'ont été que jusqu'à 1 mètre de profondeur. Il est probable qu'en période de sécheresse intense et lorsque la plante a besoin de quantités d'eau importantes pour assurer floraison et fructification, l'eau puisée en profondeur joue un rôle essentiel. La plante consomme plus, mais le réservoir disponible est plus grand, grâce à l'extension du système racinaire.

Enfin, il ne faut pas négliger les effets propres du labour sur l'activité fixatrice de l'arachide et sur la minéralisation de l'azote du sol.

« Le traitement 6 qui cumule les effets du labour et d'un bon mulch est normalement le meilleur. Il s'agit pour l'instant d'un traitement théorique. Mais il est intéressant de voir si le mulch permettra de conserver pendant plusieurs années les effets du labour ce qui permettrait en combinant les deux, de ne réaliser le travail du sol que tous les 4 ou 5 ans.

Le labour reste donc pour l'instant la meilleure technique d'économie de l'eau, celle qui malgré les difficultés de vulgarisation reste la plus facilement réalisable. Les résultats des prochaines années diront si cette tendance se confirme.

B I B L I O G R A P H I E

1. CHARREAU C., NICOU R. - 1971  
 L'amélioration du profil culturel dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques.  
 Agron. Trop. 1971, n° 2, 5, 9, 11
2. CHOPART J-L., NICOU A. - 1974  
 Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquences sur leur alimentation hydrique.  
 Agron. Trop. XXXI, 1 - Janv. Mars 1976
3. DANCETTE C. - 1977  
 Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau en zone soudano-sahélienne.  
 Doc. mult. I.S.R.A.
4. DANCETTE C., NICOU R. - 1974  
 Economie de l'eau dans les sols sableux du Sénégal.  
 Doc. mult. IRAT/Sénégal
5. NICOU R. - 1975  
 Le labour, technique d'économie de l'eau pour la zone sahélo-soudanienne Ouest-Africaine.  
 Doc. mult. I.S.R.A. - Réunion A.I.E.A. Groupe consultatif sur l'efficience de l'eau et l'utilisation des engrais en régions semi-arides. Bambey Nov. 1975
6. NICOU R. - 1977  
 Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal.  
 Motivations - Contraintes. Doc. Mult. I.S.R.A.