

CC/BN

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES
VIVRIERES

NOTE SYNTHETIQUE

sur le travail du sol et son incidence agronomique
dans la zone tropicale sèche Ouest africain

(d'après les travaux des chercheurs de l'IRAT en Afrique de l'Ouest)

Avant - propos

Cette note à caractère provisoire a été élaborée à l'occasion de la Réunion de Programmation des Recherches sur la Fertilité des Sols, réunion organisée par l'IRAT à Bouaké du 3 au 6 Juin 1969. La Direction de l'IRAT n'avait en effet demandé d'établir un rapport faisant le point des travaux réalisés par les chercheurs et concernant le point II de l'ordre du jour : problèmes de physique du sol en relation avec les techniques culturales. Ce rapport a servi de base de discussion pour la définition de nouvelles orientations et la programmation des recherches dans ce domaine.

Les éléments pour l'élaboration de ce rapport ont été d'une part ceux de l'IRAT/Sénégal qui n'étaient facilement accessibles, d'autre part des compte-rendus, parfois très succincts, fournis par les autres Agences de l'IRAT en Afrique et à Madagascar. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner, dans ces conditions, du caractère assez inégal du document présenté, qui réserve une large part aux travaux réalisés au Sénégal, les résultats acquis ailleurs étant mentionnés assez brièvement. L'importance de cette disparité est atténuée, semble-t-il, par deux considérations : d'une part, par le fait que la masse de travaux réalisés au Sénégal dans ce domaine est effectivement, pour des raisons historiques et géographiques, nettement plus importante que dans les autres pays d'Afrique francophone; d'autre part par la constatation que le Sénégal, avec sa variété de sols et surtout de climats, constitue une zone échantillon représentative d'un ensemble beaucoup plus vaste : la zone tropicale sèche de l'Ouest africain. Beaucoup de résultats acquis au Sénégal peuvent être aisément extrapolés à cette zone.

Ce document doit être considéré comme une mise au point provisoire; tous les résultats provenant de la zone tropicale sèche Ouest africaine doivent être repris, complétés et intégrés dans une étude plus vaste, concernant l'amélioration du profil cultural des sols sableux ou sablo-argileux et son incidence agronomique dans la zone en question.

Bien qu'aucun nom ne soit mentionné, ce travail est, en fait, un travail collégial auquel ont participé bon nombre de chercheurs de l'IRAT, anciens ou actuels, et en particulier :

Sénégal : D. BLONDEL, P. BONFILS, A. BONLIEU, S. BOUYER, C. CHARREAU, J. FAUCHE, J. FAURE, P. GAUDEFROY-DEMOMBYNES, R. HAMON, M. LE MOIGNE, M. MARA, J. MONNIER, R. NICOU, G. POCHTIER, J.F. POULAIN, L. SEGUY, H. THIROUIN, R. TOURTE

M a l i : M. BONO, C. PIERI.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
1 - Introduction.....	1
2 - Principales caractéristiques pédoclimatiques de la zone tropicale Ouest-Africaines - Incidences sur la réalisation des travaux de préparation des sols et les rendements des cultures.....	2
21 - Caractéristiques et contraintes pédoclimatiques....	2
22 - Propriétés physiques du sol influant sur la croissance et la production des cultures.....	4
3 - Essai d'analyse des mécanismes d'action du travail du sol sur le sol et les cultures.....	5
31 - Lutte contre les adventices.....	5
32 - Modification des propriétés physico-chimiques du sol	6
321 - Ameublissement.....	6
322 - Régime hydrique.....	6
323 - Instabilité structurale et susceptibilité à l'érosion.....	8
324 - Granulométrie.....	9
325 - Matière organique et vie microbienne.....	9
326 - Structure et porosité.....	10
33 - Influence du travail du sol sur l'enracinement.....	11
4 - Effets des labours sur les cultures.....	13
41 - Résultats obtenus sur arachide.....	13
411 - Labour sans enfouissement.....	13
412 - Labours avec enfouissement de matière végétale	16
42 - Résultats obtenus sur mil.....	19
421 - Labours ordinaires.....	19
422 - Labours d'enfouissement.....	20
43 - Résultats obtenus sur sorgho.....	21
431 - Labours ordinaires.....	21
432 - Labours d'enfouissement.....	22

44 - Résultats obtenus sur maïs.....	24
441 - Labours ordinaires.....	24
442 - Labours d'enfouissement.....	24
45 - Résultats obtenus sur riz.....	25
451 - Labours ordinaires.....	25
452 - Labours d'enfouissement.....	25
46 - Résultats obtenus sur Cotonnier.....	26
47 - Conclusion sur l'effet des labours sur les différentes cultures.....	26
5 - Intéractions "Labours x Engrais minéral".....	27
51 - Cas des labours ordinaires de préparation.....	27
52 - Cas des labours d'enfouissement.....	28
521 - Intéraction enfouissement x engrais minéral.....	28
522 - Autres types d'intéractions.....	30
6 - Modalités de réalisation des labours.....	30
61 - Facteurs communs aux deux types de labours	30
611 - Instruments utilisés ; forces de traction.....	31
612 - Profondeur de travail.....	33
613 - L'humidité du sol.....	34
614 - Époque de travail et interaction Époque de travail x date de semis.....	35
6141 - Labours de préparation et Labours d'enfouissement de pailles.....	35
6142 - Labour d'enfouissement de matière verte.....	39
615 - Préparation des terres et modelé du terrain.....	42
62 - Facteurs propres au labour d'enfouissement	44
621 - Nature du matériel végétal enfoui.....	44
6211 - Comparaison de l'enfouissement de pailles et de matière verte.....	44
6212 - Nature de la plante dans le cas de la fumure verte.....	47

62121 - Comparaison légumineuses/Céréales.....	48
62122 - Comparaison engrais vert céréales/jachère enfouie.....	49
6122 -Durée de la sole de régénération.....	52
6223 -Quantité de matière enfouie.....	53
624 -Conditionnement de la fumure verte avant enfouissement	54
6241 -Conditions pratiques de réalisation.....	56
6242- Effets de la fauche sur l'enracinement.....	56
6243- Effets sur le sol.....	57
6244- Effets sur les rendements des cultures.....	57
63 - Reprise des labours pour la préparation du lit de semences	57
631-Cas des labours sans enfouissement.....	58
632-Cas des labours d'enfouissement.....	59
7 - Rémanence d'Action des Labours.....	59
71 - Evolution pendant la première année.....	60
72 - Evolution pendant la deuxième année et les années suivantes.....	63
721 - Cas des labours ordinaires.....	63
722 - Cas des labours d'enfouissement.....	63
7221 - Cas où la culture test est une arachide.....	63
7222 - Cas où la culture test est une céréale.....	65
73 - Conclusion sur la rémanence d'action des labours.....	67
8 - La place des labours dans la rotation - Le rôle de la sole de régénération.....	68
81 - Comparaison : Culture continue/Rotation avec la sole de régénération.....	
82 - Rôle de la fumure verte dans le système cultural.....	72
821 - La fumure verte en tant que modalité de travail du sol.....	73

822 - La jachère ou l'engrais vert en tant que sole fourragère.....	74
9 - Les travaux de préparation du sol autres que le labour.....	76
91 - Les "pseudo-labours".....	76
92 - Le sous-solage profond.....	79
921 - L'action sur le sol.....	79
922 - Action sur l'enracinement et les rendements...	80
10- Les autres travaux du sol.....	81
101- Les façons d'entretien.....	81
102- Les travaux de récolte.....	81
11--Conclusion.....	82

1.- INTRODUCTION

En pays tempéré les agronomes s'accordent à reconnaître un rôle essentiel au travail du sol dans la création et la conservation du profil cultural. Il en est de même à Madagascar où la culture ne se conçoit pas sans labour de préparation ou sans travail profond du sol préalable.

Dans la zone tropicale africaine, au contraire, le travail du sol est à peu près inconnu dans les systèmes de culture traditionnels. Cette affirmation demanderait bien sûr à être nuancée en fonction des variétés de climat, de sols et d'ethnies. Mais, d'une manière générale, on peut considérer qu'au Sénégal par exemple, la préparation du sol avant le semis va rarement plus loin qu'un simple grattage superficiel à la houe "iler" ou "daba" (suivant les régions) sur 4 à 5 cm d'épaisseur de sol.

Partant de cet état de fait, un certain nombre d'agronomes en ont conclu que, dans ces pays, le travail du sol ne représentait pas une nécessité absolue, que son efficacité était contestable et que son introduction en milieu traditionnel entraînerait, pour la collectivité paysanne, des charges supplémentaires en équipement et une perte de temps inutiles.

Par ailleurs, les mises en garde ne manquent pas, dans la littérature agronomique, contre les dangers que font courir aux sols tropicaux réputés éminemment fragiles, les traitements brutaux inspirés des techniques culturales des pays tempérés. Le labour à la charrue, entre autres, est souvent l'objet d'une forte suspicion. Il est certain que de telles craintes ne sont pas sans fondement et qu'un travail du sol défectueux ou réalisé à une période défavorable peut entraîner des conséquences désastreuses pour le sol, étant donné l'agressivité des facteurs climatiques.

Mais en sens inverse, il est possible d'opposer à ces arguments de nombreux résultats expérimentaux démontrant, parfois de façon spectaculaire, l'intérêt du travail du sol, en général, et du labour, en particulier.

Une mise au point s'impose donc pour tenter de départager des opinions apparemment contradictoires, et essayer d'appréhender au mieux l'incidence réelle du travail du sol sur le sol même et les cultures. Cette mise au point s'appuiera à la fois sur les faits expérimentaux et sur une tentative d'analyse théorique des mécanismes. Cette analyse fera largement appel à la méthode d'observation du profil cultural et des mesures annexes portant sur l'enracinement la densité apparente, l'humidité et la résistance à la pénétration.

Dans cette étude, il sera principalement état des résultats obtenus dans la zone tropicale d'Afrique de l'Ouest.

2.- PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PEDOClimATIQUES DE LA ZONE TROPICALE OUEST AFRICAINE. INCIDENCES SUR LA REALISATION DES TRAVAUX DE PREPARATION DES SOLS ET SUR LES RENDEMENTS DES CULTURES.

21. Caractéristiques et contraintes pédoclimatiques

La majeure partie de la zone tropicale d'Afrique de l'Ouest est caractérisée par une saison des pluies de durée très courte, inférieure à 5 mois, et n'excédant pas, dans les zones Nord, une durée de 2 à 5 mois.

Cette faible durée de la saison des pluies utiles est le principal facteur limitant de la production agricole dans la zone tropicale sèche.

Il est donc essentiel que l'agriculture profite au maximum de cette période et que les cycles végétatifs coïncident au mieux avec les cycles pluviométriques. Il est primordial, entre autres, que les semis soient effectués aussi précocement que possible. Toutes les expériences de dates de semis qui ont été faites tant au Sénégal que dans les pays de l'Ouest africain, sont concordantes à ce sujet.

Certaines plantes, comme le sorgho, peuvent se montrer plus tolérantes que d'autres mais, d'une manière générale, la règle souffre peu d'exceptions et les retards au semis sont pénalisés par des baisses de rendements proportionnelles à la longueur du retard.

Les travaux de préparation du sol doivent être réalisés de telle manière qu'ils ne retardent pas de façon sensible la date de semis. Or si l'on veut travailler le sol à un état d'humidité convenable, il faut attendre que les pluies l'aient humecté à une profondeur suffisante.

Dans la plupart des pays de l'Ouest africain, ceci ne pose pas trop de problèmes car la saison des pluies est précédée d'une période "préparatoire" caractérisée par des pluies faibles et irrégulières, mais tout à fait suffisantes pour permettre d'effectuer les travaux de préparation du sol

Par contre au Sénégal, cette période préparatoire est extrêmement réduite et la saison des pluies commence brutalement. C'est ainsi qu'à Bambey, par exemple, la durée moyenne de la période préparatoire n'excède pas vingt jours.

C'est pourquoi le travail de préparation du sol en début de saison des pluies n'est pas envisageable comme pratique agricole courante dans toute la zone Nord et Centre du Sénégal. Il devient possible au Sud du Saloum et tout à fait recommandable en Casamance et dans le Sénégal oriental.

Une autre caractéristique climatique de cette zone, importante du point de vue agricole, est la haute valeur de l'énergie cinétique développée par les pluies, se traduisant par une forte érosivité. C'est ainsi qu'à la Station de Séfa, au Sénégal, les valeurs annuelles de l'index-pluie de Wischmeier sont de l'ordre de 1 600 à 2 000 t/ha et se trouvent être ainsi parmi les plus élevées mesurées dans le monde (Sud Est des Etats Unis : 318 à 1740 ; hauts plateaux de Madagascar : 1060 à 1130). Les effets de battance sur le sol et les risques d'érosion dès que la pente devient sensible sont donc importants pendant la saison des pluies.

Pendant la saison sèche, le pouvoir évaporant de l'air provoque un dessèchement accentué des couches superficielles du sol. Ce dessèchement s'accompagne d'un développement important de la cohésion. Le tableau n° 1 donne quelques mesures de cette grandeur en comparant les forces de résistance à la pénétration en saison sèche et en saison humide.

Tableau n° 1

Forces de résistances à la pénétration en saison sèche et saison humide.

Sols et horizons	Argile limon	Humidité %			Saison sèche F en kg				Saison des pluies F en kg			
		Capacité rétent	PF 4,2	Fin de saison sèche	Nbre d'es-sais	Mo-yen-ne	Maxi-mum	Mini-mum	Nbre d'es-sais	Mo-yen-ne	Maxi-mum	Mini-mum
Dior 0-20	3-7	5-6	1,5-2,0	0,3-0,6	156	229	240	35	14	64	73	43
Bambey 20-40	5-9	8-9	2,2-2,7	0,8-1,2	156	363	939	42	14	96	107	81
Deck 0-20	8-12	8-5	3-4	0,7-1,5	64	540	1070	170	6	78	89	66
Bambey 20-40	11-15	10-11	4-5	1,5-2,5	64	591	985	219	6	124	155	100
Beige 0-20	11-20	9-13	3-5	1-3	146	408	1080	180	0	-	-	-
Séfa 20-40	15-25	12-16	6-9	4-6	146	802	3458	375	0	-	-	-

Ces chiffres illustrent bien la très grande différence de cohésion existant entre les sols à l'état humide et les mêmes sols à l'état sec.

Ces différences observées dans les forces de résistance à la pénétration se retrouvent dans les efforts nécessaires pour la traction des instruments aratoires. C'est ainsi par exemple que le labour d'un sol dior humidifié au voisinage de la capacité de rétention à 15 cm de profondeur avec une charrue à versoir de 10 pouces travaillant sur 93 cm de large, demande une force de traction de 90 à 110 kg ; sur le même sol, avec la même charrue, mais en opérant en fin de saison sèche, soit à des taux d'humidité dans le sol inférieurs au point de flétrissement, un labour à 7,50 cm de profondeur sur 23 cm de large demande un effort de traction moyen de 140 kg, avec des pointes à 240 kg.

Quel que soit le mode de préparation du sol adopté, labour ou pseudo-labour, le travail du sol en saison sèche pose donc, avant tout, le problème de la force de traction.

22.- Propriétés physiques du sol influant sur la croissance et la production des cultures

Un certain nombre de propriétés physique du sol sont susceptibles d'influer directement ou indirectement sur la croissance et la production des plantes cultivées.

Cependant les seules liaisons nettes qui aient été observées et mesurées entre une caractéristique physique du sol et les rendements concernent la porosité globale. Dans les sols sableux à sablo-argileux de la zone Tropicale Ouest Africaine la porosité globale est souvent faible, dans les sols non travaillés, et dépasse rarement 40%. Or, pour beaucoup d'auteurs, cette valeur de 40% représente un seuil au dessous duquel les racines se développent très mal.

Ce point a pu être vérifié au Sénégal, où sur les essais "Travail du Sol x Fertilisation" de Bambey ont été mises en évidence des liaisons négatives fortes entre densité apparente et densité racinaire du sorgho et de l'arachide. Ces liaisons ne sont pas linéaires mais hyperboliques ; l'augmentation de la densité apparente du sol entraîne une diminution rapide de la densité racinaire.

Cette liaison a été retrouvée depuis dans plusieurs autres essais, notamment sur sorgho et maïs dans les essais "Modes de préparation x dates de semis" à Niouro-du-Rip et Sinthiou-Malème.

Or il y a fréquemment une corrélation entre développement racinaire et développement végétatif de la culture ; l'amélioration du système racinaire se traduit, pour la plante, par de meilleures possibilités d'alimentation en eau et en sels minéraux, ce qui aboutit, finalement, à une meilleure croissance et à des rendements accrus.

Sur les exemples précités des corrélations linéaires positives entre poids de racines et rendements ont été mises en évidence .

On peut donc penser, qu'en accroissant la porosité globale, le travail profond du sol aura une influence importante sur l'enracinement, le développement végétatif et le rendement des cultures. C'est ce qui sera vérifié plus loin.

3.- ESSAI D'ANALYSE DES MECANISMES D'ACTION DU TRAVAIL DU SOL SUR LE SOL ET LES CULTURES.-

Le rôle du travail du sol peut s'examiner sous trois aspects :

- Lutte contre les adventices
- Modification des propriétés physiques du sol
- Incidence de ces modifications sur l'enracinement des cultures.

31.- Lutte contre les adventices

C'est là un aspect important et bien connu du travail du sol ; il concerne cependant le labour seul et non le pseudo-labour et le sous-solage, puisqu'il est nécessaire qu'il y ait retournement et enfouissement des graines de mauvaises herbes.

Quand le labour est correctement réalisé et suffisamment fermé, son action dans ce domaine est très efficace.

Au Sénégal on estime généralement que le labour permet de supprimer, suivant les cas, un ou deux binages. Sur le plan économique, cela peut suffire à justifier son application, même quand il ne provoque pas par ailleurs d'augmentation de rendement (sorgho de décrue dans la vallée du Fleuve).

Au Dahomey, on attache une importance particulière à ce rôle du labour car, dans le Nord du pays, les terres sont abandonnées parce que trop difficiles à maintenir propres, beaucoup plus fréquemment que pour des questions d'épuisement des sols.

Les labours d'enfouissement correctement réalisés et suffisamment fermés remplissent également cet office de maîtrise de l'herbe. A cet égard, le labour d'enfouissement de jachère est généralement réputé plus salissant que le labour d'engrais vert : cela vient souvent du fait que la jachère est plus difficile à enfouir et le labour moins fermé.

Ce rôle du labour, important dans la pratique agricole, n'est cependant pas suffisant pour rendre compte des augmentations de rendements observées dans des expérimentations soignées.

32.- Modification des propriétés physico-chimiques des sols

On passera successivement en revue :

- l'ameublissement
- le régime hydrique
- la stabilité structurale
- la granulométrie
- la matière organique et la vie microbienne
- la porosité

321 - L'ameublissement

C'est un des effets les plus visibles du travail profond du sol ; mais le contraste est surtout marqué entre témoin et sol travaillé quand le sol est à l'état sec. C'est ainsi que, sur parcelles d'érosion à Béfa, les forces de pénétration à 20 cm mesurées en février 1966 sont en moyenne de 620 kg après une culture d'arachide ; lorsque un labour de fin de cycle a été réalisé derrière arachide, ces forces ne sont plus que de 20 kg, soit 30 fois moins, alors que les humidités, dans les horizons concernés sont identiques et très faibles (1 à 3% : en dessous du point de flétrissement).

Lorsque le sol s'humidifie, la cohésion diminue nettement dans le témoin non travaillé ; les forces de pénétration tendent à s'égaliser sur les deux traitements. Cependant aucune étude n'a encore été faite pour suivre l'évolution comparée des forces de pénétration sur les deux traitements en fonction de l'humidification progressive du profil.

322 - Le régime hydrique

Une des hypothèses les plus fréquemment avancées pour expliquer l'action du travail du sol sur la croissance végétale concerne l'amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol et, d'une manière générale, l'amélioration du régime hydrique des sols.

Des mesures de perméabilité faites à Bambej, sur sol sableux, par la méthode de MUNTZ n'ont jusqu'à présent mis en évidence aucune différence significative entre témoins et sols labourés. Ce procédé est toutefois critiquable.

Sur les mêmes sols, des mesures d'humidités comparées faites après une première chute de pluie de 28 mm ont mis en évidence des différences significatives d'humidité pondérale en faveur du labour (7,9% entre 7,1% pour le témoin) ; cependant en exprimant les humidités en fonction du volume et non plus du poids, tenant compte ainsi de la différence de densité apparente introduite par le labour, on s'aperçoit alors que celles-ci sont rigoureusement identiques sur les deux traitements.

La progression du front d'humidité a été observée en comparaison sur des sols labourés et sur des témoins. Elle est beaucoup plus régulière sur sol non travaillé, le front étant presque horizontal. Au contraire, sur sol labouré, le front dessine de nombreuses sinuosités ; l'infiltration est très irrégulière. Elle est, en moyenne, un peu plus profonde sur labour en raison du foisonnement et de la diminution de densité apparente. Mais cette légère différence de régime hydrique en début de saison ne paraît pas suffisante à expliquer, à elle seule, pour des sols situés en topographie plane, la meilleure croissance des plantes sur sol travaillé et leur résistance accrue à la sécheresse.

Pour des sols situés sur pente, même faible, il en va tout autrement car alors le travail du sol peut, en diminuant le ruissellement, augmenter la quantité d'eau pénétrant dans le sol et mise à la disposition des plantes. C'est ce qui a été montré, en particulier, à Séfa en 1968 où l'on comparait, en case d'érosion, le ruissellement sur sol nu non travaillé et sur sol nu labouré (labour d'enfouissement de pailles de maïs). Pour une pluviométrie de 729 mm en 1968, 578 mm se sont infiltrés sur sol labouré contre 459 mm sur sol nu non travaillé, soit une amélioration de 26%. Le travail du sol influence également le nombre de ruissellements et leur répartition par classes de hauteurs d'eau : 27 ruissellements sur sol non travaillé dont 8 supérieurs à 10 mm ; 25 ruissellements sur sol nu labouré dont 2 supérieurs à 10 mm. L'amélioration de l'infiltration s'est maintenue tout le long de la saison des pluies. Il est probable que sans enfouissement de matière végétale, l'action du labour ne se serait pas maintenue de façon aussi nette.

Les labours réalisés en fin de saison des pluies, avec ou sans enfouissement, peuvent, dans certaines conditions arrêter l'évaporation et conserver une certaine humidité dans les horizons situés au dessous de la couche labourée. Il est nécessaire pour cela que les labours soient suffisamment fermés pour constituer un "mulch" efficace. L'incidence agronomique de cette conservation de l'humidité sur les cultures suivantes n'a pas encore été pleinement appréciée.

323 - L'instabilité structurale et la susceptibilité à l'érosion

Le travail profond du sol, et en particulier le labour, est très fréquemment accusé d'aggraver le danger d'érosion. Il est probable que le labour peut influencer sinon l'instabilité structurale, mesurée seulement sur les très petits agrégats, du moins la "détachabilité" des éléments du sol et sa susceptibilité à l'érosion. Mais, à notre connaissance du moins, ceci n'a pas encore été prouvé.

L'expérience précédemment citée, réalisée à Séfa en 1968, montre bien une influence du labour sur la susceptibilité de l'érosion, mais jouant en sens inverse des hypothèses habituellement avancées. L'érosion sur sol nu non travaillé a été de 18,09 t/ha contre 6,48 t/ha sur sol nu labouré. L'érosion peut être considérée comme le produit de deux facteurs : le volume de ruissellement et la turbidité spécifique ou charge solide de la nappe ravinante. On a vu que le premier facteur était plus élevé dans le cas du témoin; mais, fait plus surprenant, le second l'est également ; la turbidité spécifique est en effet de 6,68 g/l sur le témoin contre 4,28 pour le sol nu labouré. On peut envisager deux hypothèses pour expliquer ce fait inattendu.

- le travail du sol a amélioré la stabilité structurale et diminué la susceptibilité à l'érosion ;

- le labour a créé un microrelief qui a suffi à freiner la vitesse de la nappe ravinante et a provoqué des attérissements locaux.

En l'absence d'observations et de mesures suffisamment précises, il est difficile de trancher entre les deux hypothèses. Ces faits demandent à être confirmés.

Quoiqu'il en soit, il est certain que le travail du sol ne se traduit pas, ipso facto, par une aggravation de l'érosion, et que dans bon nombre de cas, c'est le contraire qui doit être vrai. Il y a, semble-t-il, une confusion qui a longtemps été faite entre profondeur de travail et intensité de travail. Ce dernier facteur, conduisant à un émiettement poussé du sol est en effet susceptible d'aggraver dangereusement l'érosion et est à proscrire dans toute la mesure du possible. Mais les deux facteurs sont largement indépendants et la confusion ne doit plus être faite entre les deux.

A Bambej, des mesures de granulométrie sont faites périodiquement sur les essais où le travail profond du sol intervient tous les ans. Jusqu'à présent on n'a pas remarqué de différences significatives entre les traitements, à ce point de vue. Des études analogues ont débuté récemment en Haute-Volta, il est encore trop tôt de faire état des résultats obtenus.

A Madagascar, sur sol ferrallitique dérivé des gneiss, à Ambatobé, on a observé qu'après réalisation d'un labour de fin de cycle, il y avait au cours de la saison sèche de 3 à 4 mois qui suivait une augmentation sensible de la stabilité structurale.

Les résultats moyens sont les suivants, pour les différentes cultures :

	<u>janvier 68</u>	<u>octobre 68</u>
	IS	IS
Arachide	1,17	1,01
Maïs	0,95	0,76
Pomme de terre	1,05	0,94

Ces trois cultures sont des plantes sarclées réputées dégradantes du point de vue de la structure du sol. L'amélioration de la stabilité structurale est attribuée à la dessiccation saisonnière et à l'aération du sol. Ces résultats sont à rapprocher de deux obtenus par G. MONNIER sur l'influence de la dessiccation sur la stabilité structurale.

324 - Granulométrie

On a fait état plus haut d'un possible appauvrissement du sol en éléments fins consécutif à l'action du travail profond du sol et notamment du labour. Comme on l'a vu aucune preuve concrète n'a été fournie, jusqu'à présent de ce phénomène.

En sens inverse, on fait souvent état de l'influence du labour sur l'enrichissement en argile de l'horizon superficiel, par remontée d'argile des couches plus profondes. Ce phénomène n'intervient que dans les profils suffisamment contrastés, où il y a enrichissement rapide en argile avec la profondeur. C'est ce qui a été observé par exemple à Séfa où on a observé après un labour d'enfouissement de jachère réalisé aux disques une remontée du taux d'argile de 8,9 à 12,0% en surface. Il y avait en même temps un abaissement de la teneur en carbone de 0,76 à 0,65%.

325 - Matière organique et vie microbienne

La répétition des labours sans enfouissement de matière végétale sur le même sol est réputée favoriser l'oxydation de la matière organique et donc accélérer la dégradation de celle-ci. Par ailleurs, il est probable que le travail profond du sol, et notamment le labour, entraîne une modification de la population microbienne du sol et influe par là sur certains processus biochimiques. Cependant, nous n'avons pas connaissance d'observations et de mesures précises dans ce domaine en zone tropicale.

326 - La structure et la porosité

Le travail du sol, et, en particulier, le labour, modifient complètement la macrostructure dans la zone travaillée. Pour apprécier ce changement, le meilleur moyen, dont nous disposons actuellement, est de recourir à la mesure de la densité apparente. Les premières mesures ont été faites à Bambey en 1965 sur les essais "Travail du sol x Fertilisation" combinant 3 modes de travail : Iler, Dent sous-soleuse Gouvy et labour à la charrue à versoir en sec (traction bovine.)

Les prélèvements ont été faits dans l'horizon 5-15cm après une chute de 40 mm de pluie.

Les résultats moyens sont les suivants :

Sol et culture	Densités apparentes			Porosités		
	Iler	Dent	Charrue	Iler	Dent	Charrue
Sol Dior - Arachide	1,62	1,53	1,50	39	43	44
Sol Dek - Sorgho	1,61	1,50	1,43	41	44	47

Le travail du sol modifie donc très sensiblement la densité apparente et la porosité ; à ce point de vue, l'action de la dent sous-soleuse est moins marquée que celle de la charrue.

De nombreuses mesures ont été faites depuis au Sénégal et ont toujours confirmé ces premiers résultats.

Cependant cette amélioration de la porosité globale ne se maintient pas constante au cours de la saison des pluies et peut, dans certains cas, diminuer assez rapidement. Des mesures dans le temps ont été faites sur le même essai en sol Dior et ont donné les résultats suivants :

Traite- ment Pluv. cum. mm	Iler		Dent		Charrue	
	Densité apparente	Porosi- té %	Densité apparente	Porosi- té %	Densité apparente	Porosi- té %
6	1,64±0,03	38	1,48±0,03	44	1,47±0,02	44
39	1,64±0,03	38	1,56±0,03	41	1,58±0,02	40
179	1,64±0,03	38	1,64±0,03	39	1,64±0,02	38

Après 180 mm de pluie cumulée, soit en moyenne un mois et demi après le début des pluies à Bambey, les porosités, modifiées par le travail du sol, sont devenues équivalentes à celles du sol non travaillé.

L'évolution peut être assez différent suivant les années et les types de sol, mais il se produit inévitablement une baisse importante de la porosité au cours de la saison des pluies.

Dans le cas des labours l'enfouissement (pailles ou matière verte), la matière végétale enfouie vient ajouter son effet spécifique au développement de la structure. Celle-ci présente alors un faciès "mie de pain" tout à fait caractéristique. Une "macroporosité biologique" se développe par suite de l'activité de la mésofaune (principalement termites) attirée par la matière végétale enfouie.

Il semble par ailleurs que cette macrostructure se conserve mieux et que l'augmentation de la densité apparente au cours de la saison des pluies soit moins rapide que dans le cas d'un labour ordinaire.

33.- Influence du travail du sol sur l'enracinement

Au Sénégal, ce qui ressort le mieux parmi les observations de profils culturaux faites en hivernage, c'est la très nette influence du travail du sol, et notamment du labour, sur le développement du système racinaire. On observe en particulier une fasciculation plus importante et une densité plus grande de petites racines. Cette remarque vaut pour toutes les plantes étudiées : mil, sorgho, maïs, arachide.

En sens inverse, on a parfois constaté que, si la densité de racines était considérablement augmentée dans la couche de sol travaillée, elle était, par contre, plus faible, dans l'horizon sous-jacent, que dans un sol non travaillé. Le travail du sol est donc un facteur favorable à la multiplication des racines, mais sa limite inférieure peut, dans certains cas, jouer le rôle d'écran à leur développement. Ce dernier phénomène est cependant loin d'être général et n'a guère été observé jusqu'ici qu'à Séfa, de façon épisodique.

Une série de mesures de densité d'occupations racinaires ont été effectuées sur différentes cultures pour tenter de vérifier quantitativement ces observations. On a procédé, en particulier, en août 1964, à deux séries de mesures sur les essais "Travail du sol x Fertilisation" à Bambey, l'une sur arachide (sol Dior), l'autre sur sorgho (sol Dek). Les résultats exprimés en poids de racines (mg) sont les suivants :

Sols Prof. culture	Traitements	Iler	Dent	Charrue
Sol Dior	0-10	35	102	138
	10-20	32	80	148
	Total	67	182	286
Dek	0-10	123	173	201
	10-20	56	80	97
Sorgho	20-40	16	24	23
	Total	195	227	321

D'après ces exemples, il apparaît nettement que le travail du sol a une forte influence sur le développement racinaire. Ces mesures corroborent tout à fait les impressions visuelles ressenties lors de l'observation des profils culturaux.

En Haute Volta, des observations faites sur l'enracinement des cultures montrent que celui-ci est plus profond et plus dense dans les parcelles labourées que sur les témoins ; le sol y est plus humide en profondeur et souvent plus sec en surface.

En Côte d'Ivoire, le sous-solage a une action assez nette sur l'enracinement fasciculé du riz et beaucoup plus aléatoire sur l'enracinement pivotant du cotonnier. L'action du sous-solage sur l'enracinement dépend :

- de la persistance des transformations subies par le sol
- des façons culturales qui ont suivi le sous-solage
- du type de système racinaire de la plante cultivée.

Cette influence du travail du sol sur l'enracinement des cultures qui semble générale, est à rapprocher de l'action du travail du sol sur la densité apparente et sur les liaisons entre densité apparente et enracinement qui ont été évoqués plus haut.

Il semble bien qu'un des rôles essentiels du travail du sol dans les sols sableux à sablo-argileux de la zone Tropicale Ouest Africaine soit de modifier la structure et la porosité, agissant par ce biais sur l'enracinement, le développement végétatif et les rendements des cultures.

4.- EFFETS DES LABOURS SUR LES CULTURES

A partir d'essais de types très variés, on s'efforcera de dégager l'effet global des labours sur les différentes cultures leur succédant immédiatement. On distinguera pour chaque culture les labours ordinaires des labours d'enfouissement de matière végétale. Les labours ordinaires peuvent être, suivant les cas, réalisés en sec ou en humide, en début ou en fin de saison des pluies. Les labours d'enfouissement de matière végétale sont toujours réalisés en humide, en fin de saison des pluies.

41.- Résultats obtenus sur arachide

411 Labour sans enfouissement

Au Sénégal, plusieurs types d'essais ont été implantés à partir de 1961. Ces essais sont les suivants :

- "Travail du sol x Fertilisation" mis en place à Bambey, Boulel, Niouro-du-Rip, Sinthiou également à partir de 1961

- "Mode de travail x date de semis", implantés à Niouro-du-Rip à partir de 1967.

- "NPK x Labours" sur arachide continue, à partir de 1965 à Bambey.

Les résultats concernant la comparaison témoin non travaillé/Labour figurent dans le tableau n° 2. Sur tous ces essais, le labour a été généralement réalisé en sec, et le plus souvent aux boeufs, sauf mention spéciale dans le tableau.

Pour les essais "Travail du sol x Fertilisation" la comparaison a été faite au niveau fumure forte. Pour l'essai "Mode de travail x Date de semis", il y avait une fumure unique. Quant à l'essai "NPK x Labours" les rendements concernent la moyenne des fumures. Pour les essais "Travail du sol x Fertilisation" il n'y a qu'une modalité de labour par essai et par année. Pour l'essai "Mode de travail x Date de semis" il y a trois modalités de labour, combinées à deux ou trois dates de semis ; en 1967 on a fait la moyenne de tous les labours, le témoin sans travail ayant été semé à une date intermédiaire, - en 1968 la moyenne a été calculée sur les traitements labourés et semés à la même date, qui est aussi celle du témoin. Pour les essais "NPK x Labours" on a mesuré seulement les effets du labour de l'année.

Comme on le voit d'après ces résultats, le labour de préparation apporte toujours une plus value sur arachide (sauf dans 1 cas sur 18). Cette plus value est variable en valeur absolue : de 113 à 642 kg/ha de gousses, comme en valeur relative : de 4 à 74% de supplément par rapport au témoin.

Tableau n° 2

Influence du labour de préparation sur les rendements
de l'arachide au Sénégal

Localisation - sol Essai	Année	Conditions de réalisa- tion		Rendements gousses kg/ha		% d'aug- menta- tion	Compa- raison statis- tique
		Témoin	Labour	Témoin	Labour		
Bambey	1961	Cover (Cay)	Disq. à sec	1300	1700	+ 30	-
Sol Dior : peu évolué sur sables	1962	Iler	" "	1707	2022	+ 19	0
	1963	"	Soc (boeufs en sec)	1636	2260	+ 38	++
	1964	"	"	981	1587	+ 62	++
Essai Travail du sol x Ferti- lisation.	1965	"	"	714	1025	+ 44	+
Dispositif Hamy en 1961	1967	"	"	765	1181	+ 54	++
Méthode des couples à partir de 1962	1968	"	"	789	1041	+ 32	+
Comparaison en fumure forte	Moyenne			1127	1545	+ 37	-
Boulel	1965	Iler	Dis. en sec	1736	1925	+ 11	+
Sol Ferrugineux tropical les- sivé sur grès du C.T.	1967	"	Soc en hu- mide (boeufs)	1155	1544	+ 34	++
	Moyenne			1445	1735	+ 20	-
Nioro du Rip	1966	Iler	Soc (boeufs) en sec	2178	2291	+ 5	+
Sol F.T.L. sur grès du C.T.							
Essai Travail du sol x Ferti- lisation - Split-Plot - Fumure F2							
Sinthiou-Malème	1965	Daba	Soc en sec (boeufs)	2300	2600	+ 13	-
Sol F.T.L. sur grès du C.T.	1968	"	"	2754	2571	- 7	0
	Moyenne			2527	2586	+ 2	-
Nioro du Rip	1967	Iler	Soc (boeufs)	1855	2445	+ 32	-
Sol F.T.L. sur grès du C.T.	1968	"	"	2296	2395	+ 4	-
	Moyenne			2075	2420	+ 17	-
Bambey	1965	Iler	Charrue à	866	1279	+ 47	++
Sol Dior	1966	"	soc (trac- teur) en	311	541	+ 74	++
Essai NPK x Labours sur ara- chide continue	1967	"	sec	720	939	+ 30	++
	1968	"		714	1010	+ 42	++
Moyenne				653	942	+ 44	-

D'après l'essai "Travail du sol x Fertilisation" installé à Bambey depuis huit ans, on peut se rendre compte que l'action du labour n'est pas constante dans le temps, puisque les plus values varient entre 19 et 62%. Le laps de temps est trop court pour qu'on puisse déceler une variation systématique soit dans le sens d'une intensification croissante de l'action du labour avec le temps, soit au contraire, en sens inverse. Il n'y a en tout cas aucune baisse systématique.

Sur l'essai "NPK x Labours" on a constaté, en 1965, une action très sensible du labour sur la grosseur des graines d'arachide, caractère considéré pourtant comme très stable. Dans l'essai considéré le poids de 100 graines passe de 42,1 g à 50,8 g.

Les résultats obtenus dans cet essai amènent à reconsidérer le problème de la monoculture de l'arachide : il est fort possible qu'en combinant judicieusement travail du sol et fumure minérale on arrive à maintenir les rendements à un niveau convenable pendant plusieurs années. Cela pourrait constituer un palliatif pour les zones les plus marginales où les conditions écologiques sont tellement défavorables que la culture d'une céréale, même peu exigeante comme le nil, est très aléatoire alors que l'arachide arrive, malgré tout, à donner une petite récolte.

Au Niger, dans un essai implanté sur sol dunaire à Tarna, les plus values enregistrées sur arachide après travail du sol sont les suivantes :

1965	+	29%
1966	+	16%
1967	+	16%
1968	+	1%

soit des résultats assez comparables à ceux obtenus au Sénégal sur les mêmes types de sol.

Des effets comparables sont obtenus, en première année, à Magaria sur sol sableux et sur sol sablo-limoneux de banquette à Kawara, depuis quatre ans.

A Madagascar, sur sol ferrugineux tropical (sables roux), on a enregistré un effet significatif du labour à la charrue sur arachide par rapport à la méthode traditionnelle de préparation à l'angady et au labour au pic fouilleur. Les rendements sont les suivants (t/ha) :

	1967	1968
Labour à la charrue	2,17	2,11
" au pic fouilleur	2,08	1,69
" à l'angady	1,88	1,63

D'une manière générale, l'effet du labour de préparation sur arachide apparaît donc sensible ; il se manifeste dans des écologies assez variées. L'effet sur les fanes est souvent plus important encore que sur les gousses.

412 - Labour avec enfouissement de matière végétale

Les essais mis en place sur les stations IRAT de la zone tropicale Ouest Africaine depuis 1949 et testant, par rapport au précédent "jachère brûlée", les labours d'enfouissement de matière végétale (principalement : engrais vert et jachère enfouie) sont très nombreux et variés. Après tri préalable, les résultats de seize essais véritables (avec répétitions) ont été retenus, auxquels on ajoute ceux de huit champs d'appréciation des potentialités (sans répétition). Parmi les essais, treize ont été mis en place au Sénégal, deux au Mali, un en Haute Volta. Les champs de potentialités sont installés au Sénégal, dans les régions du Sine Saloum, du Sénégal-Oriental et de Casamance.

Les objets de ces essais sont très variables : il peut s'agir d'essais de rotations, de techniques culturales, de comparaison d'engrais vert etc... Cependant tous comportent au moins un traitement jachère brûlée et un traitement labour d'enfouissement. Les effets de ce labour peuvent être testés sur l'arachide qui suit. Les résultats sont consignés dans le tableau n° 3.

Pour dresser ce tableau et permettre une comparaison globale, les conventions suivantes ont été utilisées :

- L'année d'implantation est celle du démarrage de l'essai

- L'essai compare souvent plusieurs rotations. Il peut y en avoir par exemple deux incluant la jachère brûlée et trois, des engrais verts ou jachère enfouie (cas du premier essai cité : Bambey Rotation Dior 1951). Dans ce cas la comparaison est faite sur la moyenne des deux ou trois rotations.

- Les durées des sols de régénération peuvent varier de 1 à 3 ans. Dans certains cas, la comparaison est faite séparément pour chaque durée de sole de régénération ; dans d'autres, la comparaison est faite au contraire globalement. Pour le premier essai, par exemple, on compare la moyenne des résultats de deux rotations comportant la jachère brûlée et différant par la longueur de la jachère (1 ou 2 ans) à la moyenne des résultats des 3 rotations comportant une seule année d'engrais vert ou de jachère enfouie.

- Les années de comparaison peuvent différer d'une culture à l'autre. Par ailleurs, pour les essais comportant des rotations de longueur et de nature différentes, mais où toutes les phases de la rotation sont représentées, on a éliminé, pour la comparaison, chaque année, les années d'installation, correspondant à la durée de la rotation la plus longue. Le nombre d'années de comparaison a été également mentionné.

COMPARAISON DES RENDEMENTS DE L'ARACHIDE APRES JACHERE BRULEE, D'UNE PART, JACHERE ENFOUIE OU ENGRAIS VERT, D'AUTRE PART

Lieu	Désignation de l'essai	Année d'installation	Nombre de rotations comparées avec	Durée de la rotation	sole de référence	Résultats sur arachide				Indice	PAYS
						Année de comparaison	Nbre de récoltes	Rendements kg/ha après	Indice		
			Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	Jach. brûl. E.V.	
Bambey	Rotation Dior	1951	2 3	1-2	1	1956-61	6	1158	1413	91	Sénégal
Nioro	Rotation engrais	1953	2 2	1-2	1	1956-61	11	1135	12010	111	"
Sinthiou Mal.	Rotation engrais	1957	2 2	1-2	1	1968-68	7	12299	12315	1101	"
H ¹ Pasoba	Rotation (1)	1955	1 1	1	1	1955-61	7	11986	12045	1103	Mali
Bambey	Techniques culturales	1949	1 1	1	1	1958	1	11059	11226	1119	Sénégal
		1949	1 1	1	1	1950	1	980	11214	1125	"
		1949	1 1	1	1	1950	1	748	907	1121	"
H ¹ Pasoba	Engrais vert (2)	1950	4 4	2	2	1952	1	?	?	1100	Mali
		1950	4 4	1	1	1951	1	?	?	1103	"
Saria	Engrais vert	1950	3 3	1	1	1951	1	?	?	1121	Haute-Volta
		1950	3 3	2	2	1952	1	?	?	1134	"
Bambey	Jachère x Engrais vert	1955	1 3	1	1	1956	1	11888	12130	1113	Sénégal
		1955	1 3	3	3	1958	1	12117	11890	1190	"
Bambey	Régénération x Trait.	1959	1 2	1	1	1960	1	12203	12662	1121	"
						1964	1	11679	11890	1112	"
Bambe	Engrais vert Dior	1960	1 7	1	1	1961	1	11111	11491	1134	"
Bambey	Régénération Profil										
	Dior (4)	1964	1 5	1	1	1965	1	11711	11485	1187	"
						1966	1	845	938	1111	"
Bambey	Régénération Profil										
	Dek (4)	1964	1 4	1	1	1965	1	11508	11283	1195	"
Séfa	Régénération Profil (4)	1964	1 5	1	1	1965	1	12755	12558	1193	"
Séfa	Rotation F1	1955	2 3	1-3	1-3	1956-59	4	11887	12075	1110	"
Séfa	Jachère et engrais										
	vert E4	1955	1 3	1	1	1956	1	12255	12583	1115	"
		1955	1 3	3	3	1958	1	12960	13040	1103	"
Sinthiou Mal.	P 54 (5)	1954	1 2	1	1	1955	1	-	-	-	"
						1959	1	11570	11629	1104	"
Nioro	Champs d'appréciation										
	potentialité (6)	1963	2 1	1	1	1964-68	5	12152	12176	1199	Sénégal
Tambacounda	"	1963	2 1	1	1	1964-68	5	11751	11693	1197	"
K. Samba	"	1963	2 1	1	1	1964-68	5	11944	12126	1110	"
Boulel	"	1963	2 1	1	1	1964-66-68	4	11946	12142	1110	"
Séfa	"	1963	2 1	1	1	1964-66	3	12245	12129	1195	"
Missirah	"	1963	2 1	1	1	1964-67	4	12414	12563	1106	"
Kotiari	"	1964	2 1	1	1	1965-68	4	11615	12054	1113	"
Sinthiou	"	1963	2 1	1	1	1964-67	4	12294	12503	1109	"

(1) Années d'installation comprises dans l'interprétation

(2) Pas d'apport d'engrais sur les traitements

(3) Résultats à la dose d2 de fumure minérale

(4) Dans les 5 traitements est inclus un traitement d'enfouissement de pailles de céréales. Comparaison à la dose F2

(5) La comparaison intéresse la dose d2 de phosphate (500 kg/ha) et la moyenne de deux compléments minéraux C1 et C2

(6) Comparaison sur fumure F2.

- Les chiffres de rendements mentionnés concernent la moyenne des rendements observés pendant les années de comparaison. Sauf indication contraire, figurant en note, il s'agit de rendements obtenus en présence d'engrais minéral. Quand plusieurs doses d'engrais minéral sont en comparaison, c'est la plus forte qui a été choisie. On a cherché, en effet, à atténuer l'incidence sur le bilan minéral, des traitements étudiés.

- L'indice représente le rapport, multiplié par 100, des rendements obtenus après engrais vert ou jachère enfouie aux rendements obtenus après jachère brûlée.

- Les astérisques figurant après les indices indiquent le degré de signification statistique de l'écart entre les rendements (Conventions habituelles : + P 0,95 ; +++ P 0,999). Cependant, étant donné la diversité des dispositifs expérimentaux mis en place et celles des tests statistiques utilisés (ppds, Keuls, Tukey, contrastes orthogonaux...) il n'y a pas lieu d'accorder une importance excessive à la signification de ces indications. Par ailleurs, quand il n'est pas mentionné d'indication statistique ceci peut vouloir dire ou bien que l'écart des rendements n'est pas significatif ou que l'interprétation statistique n'a pas été faite. Ceci est fréquemment le cas des essais de longue durée.

Comme on peut s'en rendre compte à la lecture du tableau, les résultats sont dans l'ensemble favorable aux labours d'enfouissement, mais les plus values apportées sont faibles. Pour les essais, sur 52 comparaisons annuelles, il y'en a 40 qui sont favorables aux labours d'enfouissement (plus value moyenne : 9,9%) contre 11 à la jachère brûlée (plus value moyenne 9,4%), soit globalement, une plus value moyenne de 5,9%.

Pour les champs d'appréciation des potentialités, sur 34 comparaisons annuelles, il y en a 21 qui sont favorables à l'enfouissement (plus value moyenne: 9,6%) contre 13 favorables au brûlé (plus value moyenne: 2,7%). Globalement il y a une légère supériorité de l'enfouissement (4,9%). On peut s'étonner du fait que les labours d'enfouissement ont une incidence plus variable et, dans l'ensemble, moins accusée sur les rendements de l'arachide que les labours ordinaires de préparation, alors que leur action sur la structure du sol est sensiblement plus marquée. Cette contradiction apparente peut tenir au fait que les labours d'enfouissement sont plus difficiles à réaliser que les labours ordinaires et la préparation du lit de semences plus délicate : la technique n'a été réellement mise au point que ces dernières années. Une reprise du labour imparfaite et une préparation plus ou moins défectueuse du lit de semences peut se traduire par une mauvaise levée. Une étude plus approfondie serait nécessaire pour déceler les causes de cette contradiction et, dans les cas d'échec, rechercher pourquoi le labour d'enfouissement n'a pas eu d'effet.

Dans les essais de l'IRHO au Sénégal, il n'apparaît, en moyenne, aucune différence entre jachère brûlée et labour d'enfouissement : on observe une proportion de 52% de cas favorables à l'enfouissement mais la plus value globale est légèrement en faveur du brûlis de la jachère (+ 1,9%). Cependant, jusque vers 1966, les techniques de culture et d'enfouissement de l'engrais vert étaient à critique. Pour les essais de l'IRAT, on a jusqu'à présent, observé peu d'influence, sur les rendements de l'arachide, de la nature de la fumure verte : jachère enfouie ou mil ou sorgho engrais vert. Il n'en va pas de même pour les essais de l'IRHO où l'enfouissement de jachère a presque toujours un effet favorable plus ou moins marqué sur les rendements, par rapport au brûlis sans travail, alors que c'est l'inverse pour le mil ou sorgho engrais vert. Ceci est à rapprocher de l'observation faite plus haut concernant les techniques de culture et d'enfouissement de l'engrais vert.

42. Résultats obtenus sur mil

421 - Labours ordinaires

Au Sénégal, les essais "Travail du sol x Fertilisation" sur mil implantés à Bambey se sont poursuivis dans interruption de 1962 à 1966. Malheureusement les résultats sont très peu concluants car, dès 1962, le mil a été victime d'accidents divers et de parasites : culture, chenilles mineuses, striga.

En 1965 l'essai de Niéro-du-Rip était en mil, il a également été parasité par le striga ; mais les rendements atteignent néanmoins 1 tonne sur le témoin. La préparation à la dent est sans effet ; le labour apporte une petite plus value de 100 kg/ha, non significative.

Dans la région de Thiéna, proche de Bambey, où les sols sont particulièrement sableux (1 à 2% d'argile) et pauvres, les rendements en mil sont toujours dérisoires, même avec une fumure minérale forte et apport de fumier ; à tel point que la culture du mil est pratiquement abandonnée dans cette zone par les paysans qui se consacrent à la monoculture de l'arachide. Or, dans un essai implanté à Thiéna, on obtient, en 1961, grâce à un labour profond exécuté en début d'hivernage, une récolte de 600 kg/ha de grains. Le rendement n'est certes pas considérable en valeur absolue, mais constitue néanmoins un record pour cette zone particulièrement déshéritée. Sur les parcelles voisines non labourées, le rendement était nul.

A Kaédi, sur sol "Diéri" très sableux le labour de préparation fait passer, en 1967, les rendements de 1472 kg/ha à 1814 kg/ha, en présence de fumure, soit une plus value de 342 kg/ha (23%).

En 1966, des essais ont été entrepris à Bamby pour tenter de préciser les interactions entre fumure azotée et travail du sol. Voici les résultats moyens concernant les traitements "avec" et "sans travail du sol" obtenus sur les deux essais, implantés l'un en sol Dior l'autre en sol Dek.

Traitements et sols	Sol Dior		Sol Dek	
	Sans travail	Avec travail	Sans travail	Avec travail
Rendements				
Grains kg/ha	1 035	1 275	1 536	1 641

Il y a donc, sur ces essais, un effet assez net du travail du sol, surtout sur sol Dior. Notons qu'en l'occurrence il s'agissait d'un travail très profond.

Au Niger, dans un essai implanté à Tarna sur sol dunaire, le labour exécuté en début d'hivernage fait passer en 1966 les rendements du mil de 795 à 1153 kg/ha, soit un effet de 356 kg/ha et une augmentation de rendement de 45% par rapport au témoin.

L'évolution des rendements dans cet essai est la suivante, en pour cent par rapport au témoin non travaillé :

	<u>Sur 1er mil</u>	<u>Sur 2ème mil</u>
1966	145%	-
1967	143%	141%
1968(1)	560%	381%

A Kawara, sur sol sablo-limoneux de banquette, où sont, depuis 4 ans, comparés à un témoin, le labour en début des pluies associé ou non à un scarifiage à sec, ainsi que l'ensemble de ces 2 objets, un effet des deux techniques associées a été remarqué permettant d'obtenir des rendements de l'ordre de 8 à 14 Qx/ha contre 3 à 9 Qx/ha pour le témoin.

L'effet labour sur mil apparaît donc moins constant que sur arachide, mais cependant susceptible, dans certaines conditions, de procurer des plus values de rendements importantes. Les inégalités de réponse du mil au facteur labour sont, pour une large part, imputables au parasitisme, beaucoup plus virulent sur cette céréale que sur arachide.

422 - Labours d'enfouissement

Peu de résultats sont disponibles dans ce domaine.

(1) En 1968 les rendements des témoins, à la suite d'une pluviométrie déficitaire ont été faibles : 142 kg/ha pour le 1° mil, 175 kg/ha pour le 2°.

En Haute Volta, un essai d'engrais vert implanté à Saria et comparant, à la jachère brûlée, plusieurs plantes engrais vert (mil, crotalaire, pois d'Angolo) fournit, en 1951, une plus value moyenne de 9%, non significative sur mil.

Au Sénégal, sur les essais "Régénération du Profil" succédaient, en 1968, à la sole de régénération, un mil sanio, à Bambey et un mil souna à Louga.

Dans les deux cas on observait une influence nette et significative du labour d'enfouissement sur la croissance végétale du mil, traduite par le poids de pailles. Celui-ci passait de 7,6 t/ha sur le témoin à 8,3 t/ha pour la moyenne des labours d'enfouissement à Bambey, soit une augmentation de 9% ; à Louga, l'écart est encore plus accentué : 8,0 t/ha contre 6,2 t/ha soit une augmentation de 29%. Cette action favorable sur la croissance végétale ne se traduisait cependant pas d'une façon aussi nette sur la production en grains. Sur les deux essais, celle-ci se situe à un niveau assez faible en raison de la pluviométrie de l'année et, à Louga, des attaques d'oiseaux. Les rendements des traitements sont comparables à Bambey alors qu'ils sont en faveur de l'enfouissement à Louga mais à un faible niveau (529 kg/ha contre 294 kg/ha), ce qui enlève de l'intérêt à la comparaison.

Malgré l'insuffisance des résultats expérimentaux, on peut noter que ceux-ci sont concordants et indiquent une influence favorable du labour d'enfouissement sur la culture de mil suivante.

43. Résultats obtenus sur sorgho

431.- Labours ordinaires

Au Sénégal, l'influence du labour de préparation sur les rendements du sorgho apparaît dans les essais :

- "Travail du sol x Fertilisation" à Bambey, Boulel, Niouro-du-Rip et Sinthiou.
- "Mode de préparation x Date de semis" à Niouro
- "Profondeur de travail x Azote" à Bambey.

Tous les labours de préparation ont été effectués en humide. Les comparaisons sont faites au niveau de fumure élevé pour les essais "Travail du sol x Fertilisation" ; pour les essais "Profondeur de travail x Azote", la comparaison porte sur la moyenne des fumures.

Il y a, par année et par essai, une seule modalité de labour dans les essais "Travail du sol x Fertilisation", trois modalités combinées au deux ou trois dates de semis dans les essais "Modes de Travail x Dates de semis", deux modalités dans les essais "Profondeur de travail x Azote". Dans les deux derniers cas, on a pris la moyenne des modalités. Pour les dates de semis dans l'essai de Niore : moyenne des dates en 1967 car le semis du témoin se situait entre les deux dates ; première date en 1968, car elle correspondait à la date de semis du témoin.

Des essais ont également été effectués dans les conditions très spéciales de la culture de décrue, sur les vertisols argileux de la vallée du Fleuve ; le labour avant la crue n'a pas donné, jusqu'à présent, sur les rendements, des résultats appréciables ; son rôle dans la maîtrise de l'herbe s'est révélé, cependant très important.

Au Niger, sur sol lourd peu évolué d'apport et mal drainé du Goulbi de Maradi, ne pouvant être travaillé en sec, un effet spectaculaire du labour en humide fait passer les rendements de 3 Qx/ha sur le témoin à 23 Qx/ha sur le labour après la deuxième pluie (test orientatif). En essai précis, effectué en 1968, ces résultats ont été confirmés en doublant les rendements du sorgho (14 Qx/ha pour le témoin, 20 Qx/ha pour le labour en humide).

Sur vertisol de Kawara, où le travail en sec est possible, un effet marqué de cette technique fait passer les rendements de 7 à 13 Qx/ha sur sorgho et ceci malgré une très faible pluviométrie (350 mm).

En Haute-Volta, sur sol ferrugineux tropical lessivé en surface, sur granit à Saria et sur sol ferrallitique faiblement désaturé à Farakoba, les labours de préparation à 12 cm, réalisés aux boeufs, et à 20 cm, réalisés au tracteur, entraînent des plus values de 30 à 40% sur les rendements du sorgho. Par contre l'effet des labours à 7 cm, réalisés en traction asine, est très faible et non significatif.

Au total, le labour de préparation se révèle être constamment et partout, sur des types de sol allant du plus léger (Bambey - Dior) au plus lourd (Goulbi de Maradi), un important facteur de productivité pour le sorgho.

432 - Labours d'enfouissement

Deux résultats expérimentaux seulement concernent l'influence du labour d'enfouissement sur les rendements du sorgho.

Influence d'un labour de préparation en humide sur les rendements
du sorgho au Sénégal

Localisation - sol - essai	Année	Conditions de réalisation		Rendements grains kg/ha		Plus va- leur de labour %	Compa- raison statisti- que
		Témoin	Labour	Témoin	Labour		
Bambey - Sol Dek	1961	Cover crop en sec	Disques en mouillé	550	1150	+ 109	-
Essai "Travail du sol × Fertilisation" Dispositif:	1962	I l e r	"- "	1673	1933	+ 15	++
Hasy en 1961 ; Couples en 1962 ; et 1964 ; carré la- tin subdivisé en 1964.	1963	"- "	"- "	1281	1566	+ 22	++
Niveau F2	1964	"- "	Soc en	1428	2096	+ 47	++
	Moyenne			1233	1686	+ 36	-
Boulel - Sol ferrugineux tropical lessivé sur grès du CT	1966	I l e r	Soc en humide(150n)	1592	1946	+ 22	++
Essai "Travail du sol × Fertilisation"	1968	"- "	"- "	1727	2140	+ 24	++
Couples - Niveau F2	Moyenne			1659	2043	+ 23	-
Nioro - Essai "Travail du sol × Fertilisation" Ni- veau F2	1967	I l e r	Soc en humide	2719	3358	+ 23	++
Sinthiou - Essai "Travail du sol × Fertilisation"	1967	D a b a	Soc en humide	1793	2793	+ 55	++
Niveau F2							
Nioro - Essai "Mode de pré- paration × Date de semis"	1967	I l e r	Soc en humide	2978	3759	+ 58	++
	1968	"- "	"- "	2054	2579	+ 25	++
	Moyenne			2216	3169	+ 43	-
Bambey - Sol Dek - Essai "Profondeur de travail × Azote - Moyenne des fumures"	1967	I l e r	Labour très profond	2089	2489	+ 19	++
Bambey - Sol Dior - Essai "Profondeur de travail × Azote" Moyenne des fumures"	1967	I l e r	Labour très profond	363	1896	+ 201	++

Les résultats figurent dans le tableau n° 4

Dans tous les cas observés, soit 12, l'action du labour est hautement significative et entraîne des plus values de rendements importantes allant de 300 à 1380 kg/ha de grains, et en valeur relative des augmentations de 15 à 201 % du témoin.

Au Mali, sur un essai d'engrais vert installé en 1950, les labours d'enfouissement procurent en 1951 une plus value moyenne de 37% par rapport à la jachère brûlée.

Au Sénégal, sur l'essai "Régénération du Profil" de Sinthiou Malème, les rendements du sorgho en 1967 passent de 1441 kg/ha après jachère brûlée, à 2025 kg/ha en moyenne après labour d'enfouissement soit une plus value de 584 kg/ha ou 41%, hautement significative.

Les résultats concordent tout à fait avec ceux obtenus après labours ordinaires de préparation, les plus values relatives étant du même ordre (30 à 40%).

Par contre, sur un essai installé à Darou, l'IRHO obtient des rendements comparables après jachère brûlée et après enfouissement d'engrais vert.

44. Résultats obtenus sur maïs

441.- Labours ordinaires

Au Sénégal, un seul essai, permet de comparer un témoin sans travail du sol à plusieurs modalités de labours sur maïs. Il s'agit de l'essai "Modes de préparation x Dates de semis" de Sinthiou Malème en 1968. Le témoin est de 1322 kg/ha, alors que la moyenne des labours est de 1760 kg/ha, soit une plus value de 438 kg/ha (33% en valeur relative).

En Côte d'Ivoire, on obtient, après labour correctement réalisé 36 Qx/ha de maïs, contre 26 Qx/ha après préparation traditionnelle à la daba (plus value de 1000 kg/ha, soit 39% en valeur relative).

442.- Labours d'enfouissement

Au Sénégal, sur les essais "Régénération du Profil" de Séfa et Sinthiou Malème, on a obtenu en 1967 et 1968 les résultats suivants, en kg/ha de maïs grains :

Localisation	Année	Après jachère brûlée	Après labours d'enfouis.	Plus va-luc kg/ha	Plus va-lue %
Séfa	1967	709	2239	1530	216
Séfa	1968	715	1345	630	88
Sinthiou	1968	2177	3183	906	47

Dans tous les cas les différences sont hautement significatives. Les chiffres de rendements après labours d'enfouissement représentent les moyennes de 5 traitements.

A Séfa, les champs d'appréciation des potentialités confirment les résultats obtenus en essais, mais les différences sont moins sensibles : 1627 kg/ha après enfouissement de la jachère contre 1398 kg/ha après brûlis pour les moyennes des années 1967 et 1968.

On voit donc, d'après ces résultats, que la préparation du sol peut avoir une influence très grande sur la culture de maïs, les labours d'enfouissement paraissant avoir une action supérieure à celles des labours ordinaires.

45. Résultats obtenus sur riz

451? - Labours ordinaires

Il y a assez peu de résultats disponibles dans ce domaine, qu'il s'agisse du riz pluvial ou du riz aquatique.

En 1968 ont été mis en place en divers points de Moyenne et Basse Casamance un certain nombre d'essais en couples comparant la préparation traditionnelle par grattage superficiel à la daba à un labour de préparation sur riz pluvial. L'influence du labour sur la végétation du riz (Taichung native n° 1) a été extrêmement nette ; malheureusement une sécheresse inhabituelle d'un mois en pleine période de végétation a provoqué le dépérissement du riz et ouvert la voie à des maladies fongiques qui ont achevé de le détruire ; il n'y a eu pratiquement aucune récolte.

En Côte d'Ivoire, c'est l'action du sous-solage qui a été testée sur riz pluvial, et non celle d'un labour de préparation. Son influence sur l'enracinement sera étudiée par ailleurs ; il n'y a pas d'augmentation de rendement consécutive à l'application de cette technique.

Sur riz aquatique, des études systématiques ont débuté récemment au Sénégal concernant les méthodes de préparation des terres et du lit de semences. Il est encore trop tôt pour faire état des résultats obtenus.

452.- Labours d'enfouissement

Nous n'avons pas de connaissance de résultats expérimentaux dans ce domaine.

46. Résultats obtenus sur Cotonnier

Au Sénégal, un seul essai permet de mettre en évidence l'influence de divers labours de préparation sur les rendements du cotonnier. Il s'agit de l'essai "Modes de préparation et Dates de semis de Sinthiou Malème. Dans cet essai, en 1968, la moyenne des labours (1ère date de semis) est de 1835 kg/ha contre 1594 kg/ha pour le témoin.

Il n'y a pas, à notre connaissance, d'essais permettant de tester l'influence des labours d'enfouissement par rapport au brûlis de la jachère. Cette comparaison est cependant possible dans les champs d'appréciation des potentialités, au Sénégal Oriental. En 1968 on note à Missirah et à Sinthiou-Malème une légère supériorité de l'enfouissement de la jachère sur le brûlis ; les rendements sont à Missirah de 1995 kg/ha contre 1597 kg/ha et à Kotiary de 1524 kg/ha contre 1388 kg/ha, soit des plus values relatives de 25% et 10%.

47. Conclusion sur l'effet des labours sur les différentes cultures

Les résultats précédents montrent que les labours ont une influence favorable sur toutes les cultures, installées sur des sols variés allant du plus sableux au plus argileux. Cette influence est variable avec les sols, les années et les cultures ; elle peut être très importante et aller dans certains cas jusqu'à doubler ou tripler le niveau du témoin. Le labour joue donc, en zone tropicale, un rôle semblable à celui qu'il joue en zone tempérée et constitue un facteur important de l'amélioration des rendements. A cet égard, les labours d'enfouissement de matière verte et de paille, peuvent être regardés comme des modalités particulières de réalisation des labours, produisant sur les propriétés physiques du sol les mêmes effets avec, en supplément, l'action spécifique de la matière végétale enfouie. Les effets sur les rendements des cultures sont comparables et, dans certains cas, supérieurs à ceux des labours ordinaires, pour la quasi-totalité des plantes. Seule l'arachide semble faire, jusqu'à présent exception à cette règle car les résultats obtenus après labours d'enfouissement, s'ils sont, dans l'ensemble favorables à cette technique, présentent cependant une proportion plus forte de réponses négatives ou nulles que pour toutes les autres cultures. Il ne suffit pas de constater le fait mais de rechercher les causes de cette anomalie. A cet égard, plusieurs hypothèses ont été avancées, qu'il conviendra de vérifier.

5.- INTERACTIONS LABOURS x ENGRAIS MINÉRAL

51. Cas des labours ordinaires de préparation

Les interactions "labours x engrais minéral" peuvent être étudiées, au Sénégal, dans les essais suivants :

- "Travail du sol x Fertilisation" sur arachide, sorgho, et mil où trois niveaux de fumures minérales sont combinés à trois modalités de travail du sol ; il s'agit des niveaux : 0, F1 ou fumure légère actuellement vulgarisée et F2 fumure forte - 20 résultats annuels.

- Essais SPK x labours sur arachide continue : effets simples ou associés des éléments S, P, K, combinés à deux modalités de labour - 4 résultats annuels

- Profondeur de travail x Azote, sur mil et sorgho ; trois modalités de labours (profondeurs) combinées à quatre doses d'azote 6 résultats annuels.

Sur ces trente essais (16 sur arachide, 12 sur sorgho, 2 sur mil) un seul cas d'interaction, statistiquement significatif, a été mis en évidence. Il s'agit de l'essai "Profondeur de travail x Azote installé à Bambey, en sol Dior, et qui se trouvait en 1967 en sorgho (variété ; CE-62). Les trois modalités de préparation du sol étaient les suivantes :

P1 : Préparation à l'iler, grattage superficiel

P2 : Sous-solage à 30-40 cm en sec + Labour à la charrue tri sec à 20 cm + passage de la houe rotative.

P3 : Sous-solage à 60-80 cm en sec + Labour à la charrue tri soc à 40 cm + passage de la houe rotative.

Les traitements de fertilisation minérale étaient :

T	Témoin absolu, sans engrais			
NO	Fumure PKS optimum	+	oligoéléments	+ 0kg/ha N
N1	"	"	"	+ 50 -"
N2	"	"	"	+ 100 -"
N3	"	"	"	+ 150 -"

Les résultats furent les suivants, en kg/ha de grains de sorgho :

Travail \ Fumure	P2	P2	P3
T	202	390	1090
N 0	349	543	1216
N 1	427	602	1202
N2	426	1194	1585
N3	410	1387	1753

On constate ici une interaction importante et statistiquement **significative** entre engrais minéral et modes de préparation du sol puisque, en l'absence de travail du sol, l'azote n'a pratiquement pas marqué - (61 kg/ha de grain pour 150 kg/ha d'azote) ; par contre avec sous-solage et labour à moyenne profondeur, 150 kg/ha d'azote procurent un gain de 844 kg/ha de grains ; le gain n'est plus que de 537 kg/ha pour le sous-solage et labour profonds, le niveau de production du témoin sans azote étant nettement plus élevé.

Un autre enseignement de cet essai est de montrer que la culture du sorgho, habituellement très aléatoire sur sol sableux, est rendu possible grâce à la combinaison d'un travail profond du sol et d'une fumure minérale, particulièrement azotée, suffisante. Ceci n'est cependant valable que pour certaines variétés de sorgho.

Cet exemple, pour intéressant et démonstratif qu'il soit, ne représente cependant, jusqu'à présent, qu'un cas isolé. Il faut donc admettre, qu'en règle générale, il n'y a pas d'interaction réelle entre labours et fumure minérale. Ceci ne veut pas dire que la question soit définitivement tranchée ; il se peut que le problème soit renouvelé par l'apparition de nouvelles variétés, pour les céréales, en particulier ; on peut même penser que cette hypothèse est assez probable ; mais, au stade actuel, avec les variétés dont nous disposons, la démonstration n'en est pas encore faite.

52. Cas des labours d'enfouissement

Les interactions sont ici plus complexes et peuvent se répartir en quatre catégories, suivant que l'on étudie :

- le labour d'enfouissement **proprement** dit: opposition entre jachère brûlée et fumure verte
- la durée de la régénération
- la nature de la plante enfouie
- la quantité de matière verte enfouie

521.- Interaction enfouissement x engrais minéral

On distinguera deux catégories d'interactions suivant le niveau de fertilisation minérale auquel on se place :

- F0 Sans fumure minérale
- F1 Fumure minérale faible (au plus 150 kg/ha d'engrais par culture)
- F2 Fumure minérale forte (souvent avec phosphatage de fond).

En comparant les niveaux F0 et F1 dans 14 essais implantés en zone tropicale d'Afrique de l'Ouest, aussi bien par l'IRAT que par l'IRHO, et fournissant 71 résultats annuels sur arachide, le calcul des interactions a fait apparaître des valeurs tantôt positives, tantôt négatives, mais de toutes manières assez faibles : une seule interaction dépasse 200 kg/ha. La moyenne pour ses soixante-onze résultats annuels est de : 11 kg/ha. On peut donc admettre que l'action de la fumure légère sur arachide est la même après jachère brûlée et après labour d'enfouissement. Les résultats de l'IRHO sont, dans ce cas, tout à fait comparables à ceux de l'IRAT.

Si l'on compare maintenant les niveaux F2 et F1, les conclusions sont sensiblement les mêmes : le supplément d'effet procuré par F2 est à peu près identique après jachère brûlée et après labour d'enfouissement.

Il y a toutefois une exception en ce qui concerne le phosphatage de fond. Sur l'essai "P 55" de Saria, on a étudié les combinaisons des facteurs suivants :

- 2 natures de phosphates : phosphate tricalcique (Baylifos) et phosphate d'alumine (phosphal)
- 3 doses de phosphates : 0,500 et 1000 kg/ha appliqués en tête de rotation, sur la sole de régénération
- 3 formes de régénération : jachère simple brûlée, jachère enfouie, mil engrais vert.

En 1956, sur arachide venant après régénération, est apparue une interaction significative : formes de régénération x nature de phosphate x complément NK.

Les résultats sont les suivants :

Formes de régénération	Sans compléments NK		Avec Compléments NK	
	Phosphal	Baylifos	Phosphal	Baylifos
Jachère simple	1316	1478	1768	1753
Jachère enfouie	1485++	1502	1810	1918+
Engrais vert	1600+++	1600+	1849	1815

La comparaison statistique est faite dans chaque colonne verticale par rapport au témoin jachère simple. On constate donc ici une influence favorable de la fumure verte sur l'action du phosphate en présence ou non de complément minéral et quelle que soit la nature du phosphate.

Dans une expérience utilisant les éléments marqués (3²P) on a pu mettre en évidence, à Bambey, l'influence favorable du labour d'enfouissement sur l'assimilation du phosphate tricalcique par l'arachide. On peut supposer que le point important ici est le placement des phosphates en profondeur, la solubilisation éventuelle du phosphate par la matière végétale en décomposition n'intervenant que secondairement.

De ces essais, ainsi que d'autres où les interactions sont positives mais non significatives, il se dégage une présomption favorable concernant l'accroissement d'action du phosphate tricalcique après labour d'enfouissement. Mais il faut noter que, là encore, on ne peut édicter de règle générale car plusieurs autres essais ne montrent pas ce phénomène.

522.- Autres types d'interactions

La durée de la sole de régénération, la nature de la plante et la quantité de matière végétale enfouie sont des facteurs qui ne paraissent pas avoir d'influence sur l'effet de l'engrais minéral, tout au moins d'après les données expérimentales dont nous disposons et qui concernent principalement l'arachide.

6.- MODALITES DE REALISATION DES LABOURS

On examinera successivement :

- les facteurs communs aux deux types de labours : avec ou sans enfouissement
- les facteurs propres aux labours d'enfouissement
- le problème de la reprise des labours.

61. Facteurs communs aux deux types de labours

Seront passés en revue :

- les instruments utilisés et le problème des forces de traction
- la profondeur de travail
- l'humidité du sol
- l'époque des labours et l'interaction époque des labours x date de semis
- le modelé du terrain par les labours.

611.- Instruments utilisés ; forces de traction

Les instruments utilisés pour l'exécution des labours sont les charrues à soc et versoir et les charrues à disques. Il n'y a pas eu, à notre connaissance d'expériences systématiques pour comparer les effets sur le sol et les cultures de ces deux types d'instruments. Cependant, de nombreuses observations faites sur le terrain, il ressort que le travail réalisé au soc est, dans l'ensemble, supérieur à celui réalisé à la charrue à disques. Cette dernière, même travaillant à faible vitesse, a tendance à trop pulvériser le sol et à faire, en sol sableux, des labours trop londs. Elle reste cependant parfaitement utilisable et convient bien, en particulier, pour les labours d'enfouissement.

Les déchaumeuses à disques, largement utilisées en culture motorisée, s'apparentent beaucoup plus à des instruments de pseudo-labour qu'à des charrues ; il y a en effet, déplacement du sol, mais pas de véritable retournement ; par ailleurs le travail reste trop superficiel (8 à 10 cm).

A Madagascar, on a comparé des labours réalisés à la charrue au pic fouilleur et à l'"Angady" ; les résultats ont été rapportés plus haut et montrent la supériorité de la charrue.

Le problème de la réalisation des labours pose avant tout celui de la force de traction. Dans la plupart des pays de la zone tropicale, et, en particulier, au Sénégal, on considère, pour de multiples raisons, que la culture motorisée est encore prématurée. L'accent est mis, en vulgarisation, sur la traction animale : asine, équine ou bovine.

Or les forces de traction susceptibles d'être fournies par les attelages en zone tropicales ne sont pas considérables.

Le tableau ci-dessous, donne des ordres de grandeur, pour le Sénégal, des forces de traction développées par différents attelages :

Tableau n° 5

Effets de traction normaux et instantanés fournis par différents attelages

Attelages	Poids des animaux kg	Effort normal		Effort instantané moyen		Effort instantané maximum	
		F en kg	% du poids	F en kg	% du poids	F en kg	% du poids
1 âne	150	50	33	200	133	300	200
2 ânes	300	80	27	350	117	450	150
1 cheval	260	60	23	400	154	500	192
1 paire de vaches	640	100	16	370	58	500	78
1 paire de boeufs	800	120	15	500	63	630	79

La plupart des travaux de labour ou de pseudo-labour exigeant habituellement des forces de traction voisines de 100 kg et parfois supérieures, ceci élimine pratiquement, pour la réalisation de ces travaux, les attelages asins ou équins ; ceux-ci conservent tout leur intérêt pour les travaux de semis et d'entretien.

Les labours d'enfouissement de matière végétale ne demandent pas, en moyenne, des forces de traction beaucoup plus élevées que les labours ordinaires. Cependant, si l'effort moyen est peu modifié, les variations autour de la moyenne sont très sensiblement amplifiées, ce qui accroît la fatigue de l'attelage. D'autre part la qualité du travail réalisé peut varier considérablement. Plusieurs facteurs doivent être pris en considération :

- le tonnage de matière végétale ne semble pas, par lui-même influencer beaucoup sur l'effort de traction. Par contre la qualité du travail est influencée par ce tonnage : plus celui-ci est important, plus l'enfouissement risque d'être incomplet et défectueux ; pour la matière verte, l'optimum semble se situer autour de 40 t/ha.

- la hauteur du matériel végétal joue un rôle important sur la qualité du travail. Les meilleurs enfouissements sont réalisés avec les plantes d'une hauteur assez uniforme et ne dépassent pas 1m ; cas des jachères, des sorghos nains et de l'Eleusine coracana ; par contre ces conditions ne sont pas habituellement remplies avec les mils et sorghos traditionnels. La fauche un mois avant l'enfouissement réduit sensiblement la hauteur de la plante.

- l'âge du matériel végétal à enfouir et son stade de lignification interviennent également. Plus la plante est âgée et lignifiée et plus les risques de bourrage et d'enfouissement défectueux sont élevés. La fauche a également, dans ce domaine, une influence favorable.

- le mode d'occupation du terrain par la plante à enfouir paraît être finalement le facteur essentiel. C'est en effet le plateau de tallage des céréales et le feutrage radiculaire superficiel des graminées des jachères qui semblent avoir une influence déterminante sur l'effort de traction (moyenne et amplitude des variations), sur la fréquence des bourrages et sur la qualité de l'enfouissement. Dans le cas de la jachère il semble à peu près impossible d'obtenir à la fois un développement végétatif satisfaisant et un feutrage superficiel réduit. Le feutrage étant habituellement largement corrélatif du développement végétatif, la fauche réalisée un mois avant l'enfouissement peut cependant ainsi qu'il a été vu plus haut limiter le développement superficiel et, par là, faciliter l'enfouissement.

Pour les céréales il y a plusieurs manières de limiter le développement du plateau de tallage. On peut jouer tout d'abord sur la nature de la plante ; le sorgho a un plateau de tallage beaucoup plus réduit que le mil ; le sorgho nain et l'Eleusine coracana sont encore plus intéressants à ce point de vue. Le mode et la densité de semis sont également des moyens d'intervention efficaces : en semant le mil à la volée à forte densité, on limite notablement son tallage. Avec un semis en ligne à faible écartement et à forte densité sur la ligne, on obtient à peu près le même résultat. La pré-fauche, un mois avant enfouissement, peut également avoir une influence dans ce domaine mais celle-ci n'est pas encore bien connue.

Pour terminer il faut noter que les charrues actuellement disponibles pour la culture attelée en zone tropicale d'Afrique de l'Ouest peuvent être largement améliorées, en vue notamment d'une meilleure exécution des labours d'enfouissement. Il faudrait pour cela faire appel à du matériel plus lourd, de gabarit plus important, avec un âge plus long, permettant un maniement plus facile.

Pour les labours d'enfouissement, une autre amélioration très sensible consiste à adopter, sur la charrue standard un rabatteur-convoyeur de fabrication très simple, solidaire de l'âge et situé devant le versoir. Ce rabatteur couche le végétal devant la machine et la dirige ensuite dans la raie de labour. Les essais réalisés à Bambey se sont montrés, à cet égard très satisfaisants.

612.- Profondeur de travail

Si, comme on l'a vu plus haut, le rôle principal du labour est de modifier qualitativement et quantitativement la porosité de l'horizon travaillé, il paraît assez logique de chercher à offrir aux racines le maximum de volume de terre travaillée pour leur développement, donc à labourer aussi profondément que possible, jusqu'à 30 ou 40 cm par exemple. Ceci

est d'autant plus vrai que, suivant les sols, le rôle d'écran au développement racinaire joué par le fond du labour est plus net.

Cependant il faut tenir compte également du fait que le profil pédologique peut être différencié et présenter un contraste marqué entre un horizon superficiel assez riche en matière organique et éléments minéraux et un horizon, inférieur plus pauvre à tous égards. Dans ces conditions il paraît préférable homogénéiser progressivement le profil cultural en labourant un peu plus profondément chaque année plutôt que de labourer à grande profondeur dès la première année.

Peu d'essais ont été réalisés sur les profondeurs de labour et leur influence sur les rendements. En Haute-Volta, on a comparé à un témoin travaillé de façon traditionnelle à la daba :

- un travail du sol à 7 cm (labour à l'âne)
- un travail du sol à 12 cm (labour aux boeufs)
- un travail du sol à 20 cm (labour au tracteur).

L'effet, sur les rendements du sorgho, du labour à 7 cm est très faible et non significatif. Les labours à 12 et 20 cm ont, par contre, des effets sensibles et procurent des augmentations de rendements de 30 à 40% par rapport aux témoins ; l'action du labour à 20 cm est légèrement supérieure. D'autre part, le salissement des parcelles est moindre par la suite.

Il faut noter que dans les essais de profondeur de labours on ne modifie pas seulement le facteur profondeur, mais obligatoirement, d'autres caractéristiques (largeur attaquée, notamment).

613.- L'humidité du sol

Pour les labours ordinaires, la première question qui se pose, à ce sujet, est de savoir si l'on doit opérer en sec ou en humide. Il n'est pas douteux que la qualité du travail sera meilleure si l'on opère en humide, à un taux d'humidité du sol convenable. Le labour en sec dans les terrains sableux ou sablo-argileux aboutit en effet à la formation de très grosses mottes noyées dans un matériel plus ou moins pulvérulent. D'autre part il exige une force de traction très élevée ; en culture attelée bovine, il ne peut être envisagé que sur les terrains les plus sableux ou qui ont été déjà travaillés. Enfin, le matériel s'use beaucoup plus rapidement dans ces conditions, le pouvoir abrasif du sable sec étant particulièrement élevé. Pour toutes ces raisons, le labour en sec ne doit être pratiqué qu'à défaut de pouvoir utiliser une autre méthode. Bien que son utilisation ait amené en essais, de substantielles augmentations de rendement, il est difficile, de recommander sa vulgarisation.

Sur sol humide, il est possible, pour des terres de texture moyenne de décrire le comportement du sol aux différentes humidités en observant sur un même graphique les variations de l'adhérence et de la cohésion ; on peut ainsi définir les conditions de travail aux différentes humidités. Ceci est souvent difficile dans les sols de la zone tropicale Ouest Africaine en raison de la nature sablo-argileuse de l'horizon superficiel ; plasticité et adhésivité sont des notions qui n'ont alors guère de sens (sauf pour les horizons profonds, plus argileux).

On ne peut donc raisonner sur la courbe d'adhérence mais uniquement sur celle de la cohésion en fonction de l'humidité. Le taux d'humidité optimal, pour effectuer un labour avec mottes de petites dimensions, facile à reprendre, semble se situer un peu en-dessous de la capacité de rétention, soit entre 10 et 15% d'humidité pondérale pour la plupart des sols sablo-argileux.

Ces valeurs sont faibles ; compte tenu du fort pouvoir évaporant de l'air, l'humidité du terrain variera très rapidement de l'optimum au médiocre ; la marge de temps disponible après chaque pluie pour effectuer dans de bonnes conditions les labours sera assez réduite (deux à trois jours).

614.- Époque de travail et interaction époque de travail x date de semis

La réalisation des labours ordinaires de préparation peut se faire en début ou en fin de saison des pluies. Celle des labours d'enfouissement de pailles ne peut se faire qu'en fin de saison. Par contre, les labours d'enfouissement de matière verte (jachère ou engrais vert) peuvent être effectués à une époque très variable de la saison des pluies. C'est pourquoi, dans ce paragraphe, ces deux types de labours seront examinés séparément.

6141 - Labours de préparation et labours d'enfouissement de pailles

Dans la majeure partie de la zone tropicale la saison des pluies est de courte durée (4 à 5 mois) et l'agriculteur dispose de fort peu de temps pour combiner, en début de saison des pluies, la double nécessité des labours de préparation et de semis précoces ; ceci d'autant plus que, - ce que l'on vient de le voir, - la marge de temps disponible après chaque pluie est assez réduite.

Pour échapper en partie à cette contrainte, on a cherché à voir s'il n'était pas possible de reporter la réalisation d'une partie des labours à la fin de la saison des pluies. Ceci n'est possible que si le cycle pluviométrique est légèrement supérieur au cycle végétatif des principales cultures, de façon à pouvoir débarrasser le terrain si tôt la récolte terminée et effectuer le labour dans des conditions satisfaisantes.

A Séfa le cycle pluviométrique est d'environ 150 jours tandis que le cycle végétatif de plusieurs cultures habituellement pratiquées ne dépasse pas 120 jours : arachide (120 jours), riz pluvial (110 jours), maïs (90-105 jours). Derrière toutes des cultures il est donc théoriquement possible d'effectuer un labour. Ces labours de fin de campagne doivent permettre de semer plus précocement en début de saison des pluies.

Un essai dit "Labour de fin de cycle" a été mis en place dès 1963 pour vérifier cette hypothèse. Trois traitements correspondant à trois dates d'exécution des labours entraînant trois dates de semis différentes y étaient comparés.

Les résultats sont les suivants pour un maïs succédant à une arachide et pour une arachide succédant à un maïs.

Préparation du sol	Date de semis	Rendements maïs kg/ha					Rendements arachide kg/ha			
		1965	1966	1967	1968	Moyenne	1966	1967	1968	Moyenne
Labour de fin de cycle. Reprise en sec au tiller	Précocé	2583	2730	1846	1905	2266	2540	1916	2058	2171
Labour de préparation	Moyenne	1708	2512	2266	790	1819	1889	1352	1864	1703
Labour de fin de cycle. Reprise en humide par un labour	Tardive	1245	921	926	1913	1251	1485	943	1871	1433

La supériorité du premier traitement se manifeste donc assez régulièrement chaque année sur maïs et arachide. Sur mil, par contre, il n'y a pratiquement pas de différence entre les traitements.

Il ressort de ces essais que le labour de fin de cycle repris en sec et semé précocement peut présenter un certain nombre d'avantages par rapport au labour en début de campagne :

- Semis plus précoce et développement plus rapide de la végétation

- Découlant de cela, meilleure colonisation par les racines et meilleure conservation du profil cultural.

- Plus grandes facilités dans la lutte contre l'herbe
- Au total : meilleure protection du sol et rendements élevés.

Le dernier traitement, qui avait été mis en place pour lutter éventuellement contre un envahissement par l'herbe, se révèle inintéressant à tous les points de vue.

Par la suite on a cherché à voir s'il n'était pas possible d'étendre cette pratique à d'autres régions du Sénégal un peu moins favorisées que la Casamance du point de vue pluviométrique, mais présentant cependant une saison des pluies suffisamment étalée ; Sine-Saloum et Sénégal Oriental. On a cherché à comparer son intérêt à celui de labours réalisés à d'autres époques. Tel fut le but des essais "Modes de préparation x Date de semis". Ces essais combinent, entre autres traitements, trois modalités de labour, différant par l'époque de réalisation et deux dates de semis : précoce et tardive. Les modalités de labour sont les suivantes :

- . Labour de fin de campagne (ou de fin de cycle)
- . Labour de préparation en sec
- . Labour de préparation en humide.

Le décalage entre les dates de semis, précoces et tardives, est habituellement de 2 à 3 semaines. En 1967, tous les semis précoces ont été effectués à la même date ; en 1968, pour ne pas défavoriser les labours de fin de cycle et de saison sèche, on les a semés dès que possible, tandis que le semis précoce sur le labour de début d'hivernage était légèrement décalé du temps nécessaire à la réalisation de ces labours.

Quant aux témoins, leur nature a varié suivant les lieux et les années ; la préparation était faite par simple grattage superficiel à l'iler à Nioro (1967 et 1968) et à la daba à Sinthiou (1968); en 1967, à Sinthiou, on a adopté pour la préparation du témoin la pratique courante dans la région : labour très superficiel. Les semis sur les témoins ont été tardifs en 1967 (3^e date) et au contraire précoces en 1968. C'est le protocole de 1968 qui sera adopté pour la poursuite des essais.

Malgré ces quelques variations dans les traitements, on a jugé commode de rassembler les résultats des deux années dans le même tableau.

Tableau n° 6

Rendements des cultures sur les essais "Modes de Préparation
x Dates de semis" (en kg/ha)

LOCALISATION	CULTURE	ANNEE	Labour de fin de cycle		Labour de saison sèche		Labour de début d'hivernage		TEMOIN
			Semis Précoce	Tardif	Semis Précoce	Tardif	Semis Précoce	Tardif	
			1	2	3	4	5	6	
NIORO DU RIP	Arachide (gousses)	1967	2605	2381	2550	2400	2598	2136	1855
		1968	2531	2081	2428	2224	2406	2086	2296
	Sorgho (grains)	1967	4142	3243	4006	3437	3903	3820	2378
		1968	2859	2284	2266	2201	2612	2019	2054
	Maïs (grains)	1967	2596	1710	2333	1997	2085	1801	654
		1968	2225	3887	1131	3902	1925	4220	1322
	Cotonnier (Coton grain)	1967	2886	2500	3313	2504	2846	2539	1940
		1968	2022	1502	1500	1258	1984	1898	1594

Comme on le voit, le retard au semis se traduit presque toujours sur tous les traitements par une baisse de rendements. Il y a une exception concernant le maïs en 1968 à Sinthiou, en raison de la sécheresse qui sévit en début d'hivernage.

Avec semis précoce les effets des différents labours sont, en moyenne, assez voisins. Il se manifeste toutefois une certaine supériorité du labour de fin de cycle sur les autres labours.

Une autre conclusion qui se dégage de ces essais est que, si le labour de fin de cycle est impossible (culture précédente à cycle trop long, arrêt précoce des pluies etc...), on a presque toujours intérêt, dans ces régions, à faire un labour d'hivernage en humide même s'il faut pour cela retarder la date de semis de 2 à 3 semaines. Ceci est vrai pour le sorgho, le maïs et le cotonnier, plus incertain pour l'arachide.

En Haute-Volta, on a également comparé les labours de fin de cycle d'hivernage et les labours de début d'hivernage. Les labours de fin de cycle se sont révélés supérieurs aux autres.

Par contre, au Daomey, on n'a pas obtenu les résultats escomptés avec cette technique.

En dehors de son incidence pratique sur la précocité des semis la supériorité du labour de fin de cycle sur le labour de fin d'hivernage peut s'expliquer par plusieurs raisons :

. conservation de l'humidité dans le sol par création d'un mulch superficiel, freinant ou arrêtant l'évaporation.

. meilleure infiltration des premières pluies et moindres pertes d'eau par rapport au labour de début d'hivernage

. développement de la stabilité structurale au cours de la saison sèche.

Les deux premières raisons correspondent à des faits d'observations courants. Leur incidence agronomique peut être importante lorsque le début de saison est caractérisé par des pluies irrégulières, ce qui est souvent le cas en zone tropicale: elle se traduit alors par une meilleure alimentation en eau pour la plante. Ce sont sans doute ces mécanismes qui ont joué dans les champs d'appréciation des potentialités de Séfa et Missirah au Sénégal Oriental en 1968 où l'on a observé à Séfa sur mil Sanio un effet moyen de 400 kg/ha et à Missirah, sur sorgho, des effets de 200 à 900 kg/ha suivant la fumure, du labour de fin de cycle réalisé l'année précédente, alors que dans ces champs d'essais le labour de début de saison avait jusqu'alors assez peu marqué. Il faut cependant n'accorder à ces résultats agronomiques qu'une valeur d'indication.

Concernant la stabilité structurale, on a mentionné plus haut, les résultats trouvés à Madagascar sur la diminution de l'indice d'instabilité structurale au cours de la saison sèche, après réalisation des labours de fin de cycle.

La combinaison des labours de fin de cycle et des semis précoces a par ailleurs une incidence importante sur le ruissellement et l'érosion. Cette combinaison a été testée à Séfa en parcelles d'érosion par rapport à un système cultural témoin caractérisé par un travail du sol superficiel (déchaumeuse et pulvérisateurs à disques) réalisé en début d'hivernage et entraînant un certain retard de semis. Le nouveau système (labours de fin de cycle) diminue sensiblement le ruissellement et l'érosion: respectivement de 35% et 63% en moyenne sur 3 ans. Ceci traduit une nette amélioration de l'adaptation des techniques culturales au milieu pédoclimatique. Les rendements augmentent en conséquence.

6142 - Labour d'enfouissement de matière verte

Au début de l'utilisation de la technique de l'engrais vert, l'opinion des agronomes était généralement en faveur d'un enfouissement précoce vers la mi-août. Cette opinion était fondée par le souci d'assurer à la matière végétale enfouie une bonne décomposition et l'on estimait nécessaire pour cela que le sol reçoive une certaine quantité d'eau après enfouissement. A cette époque on accordait un rôle essentiel, dans l'effet améliorateur de l'engrais vert, à l'accroissement supposé des taux de matière organique et d'humus du sol.

Il était donc logique que l'on se préoccupât tout particulièrement des conditions de décomposition et d'humification de la matière végétale enfouie. Depuis lors on a pu s'apercevoir que dans la technique fumure verte, des mécanismes d'action, autres que l'amélioration du bilan humique, entraînent en jeu et que, parmi ceux-ci, la modification du profil cultural jouait un rôle essentiel. Par ailleurs, diverses études réalisées au Sénégal montrèrent que la décomposition de la matière végétale n'exigeait pas de grandes quantités de pluies après enfouissement pour s'effectuer correctement.

De nombreuses observations de profils culturaux faites depuis sont venues confirmer le fait qu'une bonne partie de la matière végétale se décompose dans le mois qui suit l'enfouissement ; elle est par ailleurs très attaquée par les termites et autres animaux du sol. Cette décomposition s'effectue même lorsque le labour d'enfouissement ne reçoit que peut ou pas de pluie. Il faut toutefois semble-t-il, que deux conditions soient remplies :

. Humidité du sol au moment du labour proche de la capacité de rétention.

. Humidité du végétal enfoui suffisante et dépassant 65 à 70% ; lignification pas très avancée et rapport C/N inférieur à 70.

De nouvelles études récemment entreprises sur ces questions devraient permettre d'apporter bientôt de nouvelles précisions. Quoiqu'il en soit l'argument de la décomposition de la matière végétale apparaît maintenant tout à fait insuffisant pour justifier, à lui seul, un enfouissement précoce.

Or il y a de sérieux inconvénients, du point de vue du profil cultural, à réaliser cet enfouissement précocement, en pleine saison des pluies. Le sol est alors exposé sans protection aux pluies violentes de l'hivernage. Celles-ci, battant le sol, détruisent l'effet du labour en le tassant et provoquent une érosion plus ou moins grave. Le labour n'est protégé que par la matière végétale enfouie qui joue un rôle mécanique d'armature et empêche un tassement complet. Mais par ailleurs, lorsque le sol est suffisamment argileux en surface le tassement et la fermeture du labour par les pluies peuvent amener des conditions anaérobies dans le fond du sillon et induire des fermentations de matière organique pouvant aboutir à la formation d'un véritable gley. Ce phénomène a été observé à plusieurs reprises à Séfa, après labour d'enfouissement de mil engrais vert réalisé vers la mi-août.

Des observations précises ont pu être faites à Bambey en 1964, en terrain "Dek", sur des labours d'enfouissement réalisés à trois dates différentes sur des bandes voisines. Elles ont permis de noter :

- une microérosion en surface d'autant plus développée que le labour est plus précoce

- une reprise en masse du profil d'autant plus marquée que le labour est plus précoce et a reçu davantage de pluie. Cette reprise en masse a été chiffrée par la résistance à la pénétration

- une décomposition de la matière végétale enfouie satisfaisante dans tous les cas

- une conservation de l'humidité en profondeur d'autant meilleure que le labour est réalisé plus tardivement.

Cet ensemble d'observations et de mesures montre bien les inconvénients qu'il y a, pour le sol, à effectuer des enfouissements trop précoces. Ceci est à rapprocher des observations faites en Casamance dans les années 1955-1963 sur le danger érosif de l'engrais vert. En reculant la date d'exécution du labour aussi tard que possible vers la fin de la saison des pluies, on diminue, jusqu'à l'annuler, le risque d'érosion.

Il y a très peu d'essais ayant mis en comparaison des dates de réalisation du labour d'enfouissement.

A Bambey, a été mis en place en 1954 un essai factoriel combinant 3 dates d'enfouissement, 3 natures de matière verte enfouie et 2 doses d'engrais.

Les dates choisies pour l'enfouissement étaient les suivantes :

1ère date	: Début épiaison du mil souna	(40 jours après levée)
2ème date	: Fin floraison	" " (60-70 " ")
3ème date	: Après récolte	" " (80-90 " ")

Les résultats sur arachide en 1955 ont été les suivants

1ère date	: 1278 kg/ha
2ème date	: 1534 kg/ha
3ème date	: 1538 kg/ha

Les enfouissements les plus tardifs se sont donc montrés nettement supérieurs à l'enfouissement précoce sur cette première culture. L'année suivante, il n'apparaît plus de différence sur le sorgho succédant à l'arachide.

En 1962, l'essai régénération implanté à Thiégnaba permettait de comparer, sur arachide, les effets de deux labours d'enfouissement de jachère l'un réalisé précocement, l'autre tardivement. Le premier labour reçut 262 mm de pluie après exécution, le second une dizaine de mm seulement. Les rendements en gousses se situent tous les deux à un niveau médiocre (1t/ha) et ne présentent pas, entre eux, de différence significative. Le développement végétatif, par contre, a été nettement favorisé par le labour tardif puisque les rendements en pailles sont de 1734 kg/ha pour le premier labour et de 2386 kg/ha pour le second. La différence est ici significative à 99,99%.

Les quelques résultats agronomiques disponibles viennent donc confirmer les conditions de l'analyse des effets sur le sol. Il est permis d'affirmer maintenant que les enfouissements précoces sont condamnables et dangereux pour le sol et que la date d'exécution du labour doit être reculée aussi tard que possible vers la fin de la saison des pluies, de façon à ce que le labour ne reçoive pas plus d'une cinquantaine de mm de pluies après son exécution. En se fondant sur l'analyse fréquentielle des pluies, on peut estimer que cet objectif peut être atteint 8 ou 9 années sur 10 au Sénégal en labourant vers le 15 septembre dans la zone Nord, le 25 septembre dans la zone Centre et le 1er octobre dans les zones méridionales et orientales. Le problème sera de concilier cet impératif de la date d'exécution du labour et les difficultés pratiques résultant de l'enfouissement d'une masse végétale ayant atteint un stade de développement et de lignification avancé. Ce point sera examiné plus loin.

615 - Préparation des terres et modelé du terrain

Ce point concerne essentiellement les labours ordinaires de préparation car les labours d'enfouissement sont pratiquement toujours réalisés à plat.

Le problème est de savoir s'il est préférable de labourer à plat, en billons, en planches étroites ou larges, s'il faut butter ou non certaines cultures.

Pour toute la zone Sahélo-Soudanienne, où la pluviométrie est faible, où les sols sont à dominance sableuse et ne présentent pas de graves problèmes de drainage, il est possible d'affirmer que la technique du labour en billons ou en planches ne présente pas d'intérêt particulier et entraîne, par contre, un certain nombre d'inconvénients dans la réalisation pratique.

Dans la zone Soudanienne, par contre, cette affirmation doit être nuancée. Dans beaucoup de régions de cette zone, en effet, les semis, en agriculture traditionnelle sont effectués sur billons. Certains ont pensé que l'adoption généralisée de cette technique était motivée par le souci de lutter contre l'érosion. Cette opinion nous paraît contestable car les billons traditionnels sont très souvent orientés dans le sens de la pente. Par ailleurs, en admettant qu'ils soient correctement orientés, l'avantage du billon sur le labour à plat en ce qui concerne la conservation du sol ne paraît pas tellement démontré ; la réalisation rigoureuse d'un dispositif de billons en courbes de niveau sur de vastes superficies est très difficile, voire, impossible à exécuter. Il y aura toujours un ou plusieurs points faibles dans le dispositif où l'eau, s'accumulant derrière un billon, finira par le faire céder, perçant ensuite tous les billons se trouvant en aval et pouvant ainsi entraîner des dégâts très sérieux.

Enfin,- et c'est sans doute l'aspect le plus important de la question,- même lorsqu'il permet d'entraver le ruissellement, le microrelief créé par le billonnage a le très grave inconvénient, dans ces sols sableux à sablo-argileux, d'aggraver les conséquences de l'érosion par battance : sables et argiles sont entraînés sur le flanc du billon et viennent se déposer alternativement, par lits successifs, dans le fond du sillon. Le billon "fond" progressivement sous l'action de la pluie et dans le sillon se développe une structure litée, qui, si elle n'est pas détruite par un travail profond du sol, se révèle très défavorable à l'enracinement de la culture et, donc, à sa croissance et à sa production. Les observations de ce genre sont particulièrement nettes dans les pays de vieille culture, sur les plateaux de Basse Casamance, par exemple.

La culture traditionnelle en billons pourrait s'expliquer par deux autres raisons ; l'amélioration du drainage au niveau des racines (surtout lorsque les billons sont orientés dans le sens de la pente) et la nécessité de lutter contre l'envahissement par l'herbe. C'est cette dernière raison qui nous paraît prédominante. La préparation du terrain est en effet habituellement tardive et s'effectue sur un terrain déjà couvert d'herbe. En enterrant cette herbe dans le billon, les cultivateurs pratiquent ainsi une sorte d'engrais vert dérobé et s'assurent, par la suite, une bien meilleure maîtrise de l'herbe qu'en culture à plat, après préparation superficielle et retournement insuffisant.

Le labour à plat correctement exécuté, suffisamment profond et fermé permet de concilier ces trois impératifs :

- infiltration de l'eau dans le sol
- réduction de la dégradation
- maîtrise de l'herbe.

L'incidence comparée, sur le ruissellement et l'érosion (labour à plat et du billonnage) a été étudiée en cases d'érosion à Séfa et Bouaké. Cette étude n'a cependant guère de sens sur des parcelles aussi petites car elle permet difficilement de préjuger du comportement des billons vis à vis du ruissellement sur grandes superficies ; on a affaire dans ce cas à une loi de "tout ou rien" : ou les billons tiennent et ruissellement et érosion sont nuls ; ou ils cèdent et les quantités d'eau et de terre entraînées dans les cuves peuvent être très importantes. Par ailleurs, les mesures ne portent que sur la terre entraînée par le ruissellement et ne rendent pas compte de la dégradation se produisant in situ, entre deux billons. Cette étude doit donc se faire en plein champ, sur bassins versants de petites superficies ou portions de versants.

Les études en cuves d'érosion réalisées à Séfa ont permis, par contre, ainsi qu'on l'a vu, de mettre en évidence l'influence bénéfique sur la conservation du sol et l'infiltration de l'eau d'un système cultural combinant labour à plat et semis précoce testé en comparaison avec le système cultural habituellement pratiqué, impliquant façons superficielles et semis relativement tardif.

Notons enfin que la technique du billonnage présente de nombreux inconvénients pratiques en culture motorisée et plus encore en culture attelée : difficultés de réaliser mécaniquement les semis, les entretiens et la récolte.

Une autre technique peut pour certaines cultures, avoir une incidence favorable : c'est celle du buttage. Des essais en ce sens ont été réalisés à Séfa sur maïs et montrent une légère supériorité du buttage sur la culture à plat ; le semis sur billons qui figurait également dans cet essai est le moins bon de tous les traitements. Le buttage présente cependant, dans certains cas, l'inconvénient de rendre plus difficile la reprise des terrains pour la culture suivante. Le buttage est également recommandé sur cotonnier mais il n'y a pas eu d'expérimentation sur ce sujet dans les stations de l'IRAT.

Les binages-buttages ont donné également de bon résultats sur arachide à Séfa en évitant les asphyxies locales par les flaques d'eau avec, cependant, en contre-partie, le danger d'aggraver l'érosion lorsque la préparation du terrain était médiocre et la levée plus ou moins défectueuse.

62. - Facteurs propres au labour d'enfouissement

Ils sont les suivants :

- Nature du matériel végétal enfoui.
- Durée de la sole de régénération.
- Quantité de matière végétale enfouie
- Conditionnement de la plante avant enfouissement.

621 - Nature du matériel végétal enfoui

Il y a ici deux questions à considérer :

- l'enfouissement de pailles comparé à l'enfouissement de matière verte
- dans le cas de la fumure verte : le choix de la plante.

6211 - Comparaison de l'enfouissement de pailles et de matière verte

Cette comparaison est effectuée, au Sénégal, dans les essais "Régénération du Profil" implantés à Louga, Bambey (2 essais), Sinthiou-Malème et Séfa. On étudie, dans ces essais, diverses modalités de réalisation de la sole de régénération. Les traitements sont les suivants :

- Témoin : jachère brûlée, non travaillée
- Jachère enfouie

- Jachère fauchée fin août (mulch ou exportation) ; enfouissement du regain.

- Mil ou sorgho engrais vert

- Mil ou sorgho engrais vert fauché fin août (exportation des produits de la fauche) : enfouissement du regain.

- Céréales à court cycle ; enfouissement des pailles.

Pour ce dernier traitement, la céréale choisie est le mil "Souna" ou le sorgho hâtif à Bambey, le maïs à Sinthiou-Malème et Séfa. L'enfouissement est réalisé après récolte des grains. Il y a donc, en comparaison avec le témoin, quatre modalités de réalisation de la fumure (2 de jachère et 2 d'engrais vert) et un enfouissement de pailles. Ces essais ont été mis en place à partir de 1964.

L'enfouissement des pailles de maïs ne pose pas de problèmes particuliers à Sinthiou et Séfa ; il est effectué à la même date que l'enfouissement des jachères et de l'engrais vert.

La qualité du labour est alors satisfaisante et des observations faites au cours de la saison sèche qui suit sa réalisation révèlent un profil cultural assez proche de ceux obtenus après enfouissement de fumure verte ; il y a également développement d'une structure particulière et d'une macroporosité biologique ; le développement de cette structure est toutefois moindre que dans le cas des enfouissements de matière verte en quantité importante. Le sol est souvent également plus émietté. La décomposition des pailles due pour une large part à l'action de la faune du sol (termites) se fait sans difficulté.

À Bambey par contre, en raison de la brièveté de la saison des pluies et de l'irrégularité de son démarrage, l'enfouissement des pailles de mil ou de sorgho hâtif ne peut être effectué en même temps que celui des jachères et de l'engrais vert ; il faut attendre pour la récolte et l'enfouissement jusqu'au début ou à la mi-octobre. Le sol est alors plus sec et il peut arriver que l'enfouissement se révèle impossible à réaliser (essai Bambey Dek, année 1964). La qualité du labour, dans ces conditions, est beaucoup plus variable que celle des labours de fumure verte ; elle est très dépendante de la pluviométrie de fin de saison. Quand le sol est trop sec on aboutit à la formation de grosses mottes noyées dans un matériau pulvérulent. Même en conditions d'humidité favorables, le sol est souvent plus émietté que pour l'enfouissement des jachères et engrais vert ; pour cette raison le "mulch" ainsi créé est plus efficace et la conservation de l'humidité en profondeur est souvent supérieure.

L'influence comparée, sur les rendements des cultures suivantes, de ces deux types de labours d'enfouissement : pailles ou matière verte, est illustrée par les chiffres du tableau n° 7. Ces chiffres concernent uniquement les "Régénération du Profil". Le traitement "fumure verte" (n° 2) correspond à la moyenne des 4 traitements de jachère enfouie et engrais vert mentionné plus haut. Les rendements indiciaires ont été calculés en prenant la base 100 pour le témoin jachère brûlée. On a comparé statistiquement (contrastes orthogonaux) le traitement 1, d'une part, aux traitements 2 et 3 d'autre part, pour tester l'influence globale des labours d'enfouissement ; on a ensuite comparé l'enfouissement des pailles à la moyenne des enfouissements de fumure verte (comparaison 2/3). L'interprétation statistique n'a pas été faite pour tous les essais.

Tableau n° 7

Comparaison des effets sur les rendements des cultures, des labours, d'enfouissement de matière verte et de pailles.

CULTURE	LOCALISATION ANNEE	Grains, ou Pailles	Rendements kg/ha					Rendements indiciaires		Comparaison statistique
			après							
			Témoin	Fumu- re verte	Enfou- ist. paill- céré.	Fumu- re verte	Enft de paill- céré.	1/2,3	2/3	
1	2	3	2	3						
ARACHIDE	Bambey-1965 (Dior)	Gousses	1711	1567	1158	91	68	0	+ +	
		Pailles	2368	2393	2782	101	118	0	0	
	"- 1966	Gousses	845	937	940	111	111	0	0	
		Pailles	1118	1459	1299	130	116	-	-	
	Séfa 1965	Gousses	2755	2471	2886	90	105	0	+	
		Pailles	5051	5170	5992	102	118	-	-	
	"- 1966	Gousses	3177	3000	3060	95	97	0	0	
		Pailles	5051	5170	5992	102	118	-	-	
Mil	Bambey 1968 (Dek)	Grains	711	695	473	98	67	0	+	
		Pailles	7600	8425	7900	111	104	+	0	
	Louga	Grains	294	521	560	178	191	9	0	
		Pailles	6200	8000	7800	129	126	+	0	
Sorgho	Bambey 1968 (Dek)	Grains	481	516	415	107	86	-	-	
		Pailles	7200	8275	7400	115	103	-	-	
	Sinthiou 1967	Grains	1441	2048	2147	142	149	++	0	
		Pailles	6826	11481	13715	168	205	-	-	
Maïs	Séfa 1967	Grains	709	2298	2002	324	284	+	0	
	"- 1968	Grains	715	1413	1076	198	150	++	+	
	Sinthiou 1968	Grains	2177	3414	2258	157	104	+	+	
		Pailles	4080	4930	3800	121	93	-	+	

L'examen du tableau permet de noter que :

- Sur le développement végétatif, traduit par le poids de pailles, l'action des labours d'enfouissement (pailles ou fumure verte) est toujours positive, parfois assez nettement, quelle que soit la nature de la culture - test. A cet égard on ne décèle de différence systématique entre labours d'enfouissement de pailles ou de fumure verte; les résultats sont variables suivant les années, les emplacements et les cultures.

- Sur la production en grains ou gousses, l'action des labours d'enfouissement est toujours nette et positive quand la culture-test est une céréale (sauf un cas à Bambey) ; elle est moins accentuée et plus variable quand c'est une arachide. Sur arachide, mil et sorgho, il n'apparaît pas de différences systématiques en faveur de l'un ou de l'autre type de labour d'enfouissement : pailles ou fumure verte; les résultats sont variables suivant les années.

Par contre, en ce qui concerne le maïs, les résultats sont ~~en~~ faveur des labours de fumure verte ; les différences sont ici accentuées et statistiquement significatives deux fois sur trois. Il y aurait lieu d'élucider la raison de cette baisse de rendement sur le maïs, succédant à un maïs enfoui. Il ne semble pas que le profil cultural et les propriétés physiques du sol soient ici en cause. Il faudrait donc rechercher d'autres facteurs. Quoi qu'il en soit, par rapport au témoin non travaillé, il y a malgré tout un effet positif, parfois très important.

6212 - Nature de la plante dans le cas de la fumure verte

La notion d'engrais vert a été souvent associée à celle de légumineuse, les agronomes cherchant ainsi à accroître gratuitement le stock d'azote du sol. Cette conception paraissait particulièrement séduisante en Afrique où le prix des engrais minéraux azotés était et reste encore très élevé. C'est pourquoi dès le début des expérimentations sur l'engrais vert on pensa à comparer les avantages respectifs des légumineuses, de la jachère et des céréales. L'objectif était d'associer les avantages suivants :

- Développement végétatif rapide et important, tonnage de matière verte enfouie dépassant 20 t/ha

- Système racinaire agissant sur la structure du sol
- Enfouissement facile
- Richesse en azote de la plante aussi grande que possible.

On a recensé en Afrique de l'Ouest 26 essais mis en place, principalement au Sénégal, pour étudier cette comparaison. Sur les 26 essais, 21 furent mis en place par le CRA de Bambey, 3 par la CGOT, 2 par l'IRHO. Cependant la plupart de ces essais mettaient en comparaison jachère et engrais vert-céréale ; il y en a seulement 5, à notre connaissance, qui, ayant étudié l'utilisation de légumineuses comme engrais vert, ont abouti à des résultats exploitables.

On comparera d'abord les légumineuses aux céréales puis les céréales à la jachère.

62121 - Comparaison légumineuses/Céréales

Avant de passer rapidement en revue les résultats des essais, on peut noter que :

- les tonnages de matière verte produite sont en général nettement supérieurs pour les graminées que pour les légumineuses

- parmi les légumineuses utilisées comme engrais vert, très peu présentent des nodosités ; on peut s'interroger sur leur capacité à fixer l'azote de l'air ; cependant les analyses révèlent des teneurs en azote, dans les feuilles et les tiges, qui sont de l'ordre de 3 à 4%, soit environ le double de celles des graminées.

- le système racinaire des légumineuses est pivotant ; le pivot descend souvent à grande profondeur ce qui peut être intéressant pour atténuer les effets du lessivage (remontée d'éléments minéraux) ; par contre l'action structurante des racines sur le sol paraît beaucoup plus faible que celle des racines des graminées.

Du point de vue théorique, les avantages respectifs des deux familles de plantes semblent se contre-balancer. L'examen des résultats d'essai vient confirmer cette impression.

Les essais en question ont été implantés à :

- M'Pc soba en 1952 ; légumineuses utilisées : *Crotalaria juncea*, *Crotalaria retusa*, *Cajanus indica*. Comparaison avec jachère brûlée et mil engrais vert.

- Saria en 1952 : même type d'essai

- Bambey et Séfa en 1955 : essais "Jachère-Engrais vert". Légumineuses utilisées à Bambey : Crotalaires, mélange pois d'Angol-*Mucuna* ; à Séfa : *Crotalaria juncea*.

Dans l'ensemble de ces essais - ainsi que dans d'autres essais dont les résultats sont incomplets, - on n'observe pas de supériorité de l'engrais vert légumineuse sur l'engrais vert céréale.

Ce sont donc des raisons pratiques qui ont conduit les agronomes à préférer l'engrais vert céréale à l'engrais vert légumineux :

. Plus grande facilité de se procurer des graines et coût du semis moins élevé.

. Tonnage de matière verte supérieur

. Absence de repousses l'année suivant l'enfouissement, ces repousses constituant non seulement une gêne mais un danger pour la culture, du fait qu'elles peuvent servir de relais aux parasites ; les repousses de crotalaires sont particulièrement abondantes.

Par ailleurs certaines légumineuses présentent d'autres inconvénients : tel le pois d'Angol qui a donné de bons résultats en Casamance mais nécessite un véritable défrichement au moment de la remise en culture. L'utilisation de légumineuses comme engrais vert a donc très tôt cédé la place à celle des céréales comme le mil et le sorgho.

Au stade actuel, il serait nécessaire de reprendre l'étude de l'engrais vert-légumineuses ; ceci principalement pour deux raisons :

- Les résultats précédemment cités ne sont pas entièrement probants du fait que la culture-test succédant à l'engrais vert était habituellement une arachide et non une céréale, beaucoup plus sensible à l'apport d'azote ; par ailleurs, dans ces essais anciens, les conditions de réalisation, si importantes en ce qui concerne les labours d'enfouissement, ne sont pas toujours bien connues.

- On peut maintenant faire un choix parmi les légumineuses fixatrices d'azote et utiliser, éventuellement, les techniques d'ensemencement de Rhizobium.

62122 - Comparaison engrais vert céréales/jachère enfouie

Les teneurs en azote de la jachère et des céréales utilisées comme engrais vert étant comparables, ces deux types de fumure verte ne peuvent se différencier, dans leur action sur le sol, que par l'intermédiaire des trois mécanismes suivants :

- . couverture du sol
- . tonnage de matière verte produit
- . action du système racinaire

A ce sujet, les nombreuses observations faites tant en essais qu'en grande culture permettent d'affirmer que :

. La couverture du sol est assurée en général, de façon correcte aussi bien par la jachère que par l'engrais vert ; il faut toutefois que celui-ci soit réussi c'est-à-dire qu'il ait reçu les mêmes soins qu'une autre culture : préparation du sol soignée, semis à bonne date et à bonne densité, fertilisation azotée, entretien et éclaircissement. Dans ces conditions, son démarrage est souvent plus rapide que la jachère et la couverture du sol plus précocement assurée. Dans le cas contraire, (engrais vert souffreteux) les risques d'érosion et de lessivage sont élevés.

. Le tonnage de matière végétale produite est normalement plus élevé pour l'engrais vert (mil sorgho) que pour la jachère : en moyenne 2,5 t/ha de matière sèche pour la jachère et 5,0 t/ha pour le mil. Les maxima observés sont respectivement 9 t/ha et 15 t/ha (à Séfa).

. Les mesures de poids racinaires sont assez rares ; à Bambey les valeurs trouvées s'étagent entre 0,8 et 1,7 t/ha pour la jachère (production de matière sèche 2 à 6 t/ha), entre 1,3 et 2,3 t/ha pour le mil engrais vert (3 à 6 t/ha pour l'appareil végétatif). A Séfa les chiffres sont sensiblement plus élevés, jusqu'à 3,3 t/ha pour le mil, et 7,7 t/ha pour la jachère (Production de 8 à 10 t). Dans de bonnes conditions, l'enracinement de la jachère peut donc être très important et presque équivaloir, en poids, à la production des tiges et feuilles. L'insuffisance de données ne permet cependant pas de généraliser ces résultats.

La colonisation par les racines est homogène et intéresse toute la superficie du champ pour la jachère et le mil engrais vert semé à la volée. Elle est moins homogène dans le cas du mil semé en ligne, la densité d'occupation racinaire étant un peu moindre dans la partie centrale de l'interligne (mais la différence est peu sensible). La profondeur d'enracinement est généralement un peu moindre pour la jachère mais cette caractéristique est très influencée par le mode de préparation du sol.

Pour autant que l'on puisse en juger visuellement, l'action d'agrégation et de division sur le sol des racines est comparable dans les deux cas.

Au total, il ne paraît donc pas y avoir de différence essentielle entre les deux types de fumure verte, quant à leur mode d'action sur le sol. Les résultats des essais viennent confirmer cette impression. On a, en effet examiné les résultats de 16 essais implantés au Sénégal (14 essais sur les stations IRAT, 2 sur les stations IRHO) entre 1954 et 1966, et permettant la comparaison entre jachère enfouie d'une part, mil engrais vert, d'autre part.

Cet examen révèle que les résultats sont assez variables d'un essai à l'autre, et, pour un même essai, d'une année à l'autre. Ceci s'explique assez bien après ce qui vient d'être dit concernant la "réussite" de l'engrais vert qui était, il y a quelques années encore, assez aléatoire. Par ailleurs les conditions d'enfouissement, déterminantes pour l'effet de cette technique, peuvent varier assez largement et les comptes-rendus d'essais ne donne qu'une idée très imprécise de cette variation. Si l'on tente un bilan sur la première culture, généralement une arachide, on trouve, sur 32 résultats annuels, 17 qui sont favorables au mil engrais vert, 15 à la jachère enfouie. Globalement il y a un avantage de 0,6% en faveur de l'engrais vert. Il y a donc équivalence complète entre les deux techniques.

Pour les 2° et 3° cultures les résultats sont à peu près semblables 16 cas sur 24 favorables à l'engrais vert mais avantage global de 3,0% en faveur de la jachère enfouie sur la deuxième culture (généralement une céréale) 8 cas sur 15 et plus value de 2,4% en faveur de la jachère pour la 3ème culture.

Les résultats des essais confirment donc ce que laissait prévoir l'analyse théorique des mécanismes d'action sur le sol : les deux types de fumure verte sont à peu près équivalents du point de vue agronomique.

Cependant, sur le plan pratique, les deux techniques présentent chacune des avantages et des inconvénients :

. La culture du mil engrais vert demande un travail de préparation et de semis ; ce travail représente un coût supplémentaire par rapport à la jachère. Remarquons que le travail de nettoyage n'est pas considérable et doit être réalisé en sec ; le semis peut lui-même être effectué en sec s'il s'agit de mil ; dans ces conditions, il n'y a pas de goulot d'étranglement pour les autres opérations culturales et le coût est négligeable.

Il faudra, par la suite, compter sur deux opérations d'entretien : un sarclo-binage entre les lignes et un éclaircissage réalisé au canadien ainsi que deux épandages d'engrais azoté (un sur sarclage, l'autre un mois après). Au total, si l'on exclut le labour d'enfouissement qui exige le même travail, qu'il s'agisse d'engrais vert ou de jachère, le nombre de jours de travail supplémentaire à l'hectare, nécessité par l'engrais vert est peu élevé (2 journées d'attelage et 5 journées de travailleur) et le coût est faible.

. La répugnance naturelle que manifeste le paysan à enfouir une céréale en vert constitue un obstacle psychologique réel, mais non irréductible. L'expérience prouve que si la vulgarisation de cette technique est intelligemment menée, son application en milieu paysan ne soulève pas de difficultés particulières.

. Le labour d'enfouissement est, comme on le verra plus loin, plus difficile à réaliser sur jachère que sur mil engrais vert lorsque la jachère est bien fournie. Par ailleurs la jachère enfouie à la réputation de salir le terrain l'année suivante et de nécessiter des travaux de sarclobinage sensiblement plus importants qu'après mil engrais vert. Ceci demanderait à être examiné de plus près et peut tenir dans bien des cas, à la difficulté de réussir, sur la jachère, des retournements complets et des labours suffisamment ferrés.

On voit donc que, même sur le plan pratique, les avantages et inconvénients respectifs des deux techniques paraissent se contre balancer. En culture à caractère nettement intensif, on donnera la préférence au mil engrais vert ; par contre, pour amorcer la vulgarisation des labours d'enfouissement en milieu traditionnel, il sera sans doute plus commode de commencer par

jachère enfouie. De toutes manières, l'examen qui sera fait plus loin des modalités de traitement de la fumure verte (conditionnement de la plante avant enfouissement), amènera à nuancer sensiblement ces considérations.

Jusqu'à présent on a traité indistinctement sous le vocable engrais vert céréale, du mil et du sorgho. C'est qu'en fait il y a peu de différences entre ces deux plantes quant à leur utilisation en engrais vert. Le choix entre les deux sera essentiellement fonction des conditions écologiques : on donnera la préférence au mil sur terres sableuses et sous pluviométrie faible et peu étalée ; au sorgho sur terres lourdes et pluviométrie plus abondante et mieux répartie. Il n'y a d'ailleurs pratiquement pas d'essais permettant la comparaison entre ces deux plantes ; la comparaison a été faite le plus souvent sous forme de tests en grande culture. Le sorgho offre un avantage sur le mil au moment de l'enfouissement : le plateau de tallage du mil, souvent très développé, est une cause fréquente de bourrage et de résistance à l'avancement de la charrue ; ceci n'intervient pas, ou peu, chez le sorgho.

Notons, pour terminer, qu'une graminée utilisée comme céréale en Afrique de l'Est, mais très peu répandue dans l'Ouest Africain, Eleusine coracana, a paru, pendant un certain temps, devoir apporter une solution satisfaisante au problème de l'engrais vert.

Cette plante associe, en effet, plusieurs caractéristiques intéressantes :

- Hauteur de végétation régulière, ne dépassant pas 1 m, ce qui est de nature à faciliter l'enfouissement
- Couverture du sol et production de matière verte satisfaisantes (jusqu'à 11 t/ha de pailles sèches dans de bonnes conditions).
- Capacité de fixation de l'azote par la rhizosphère présumée, d'après certains indices, assez importante.

Cependant, à l'usage, les espoirs que l'on fondait sur elle ont été déçus car il s'est révélé que cette plante démarrait assez mal qu'elle était très sensible à la nature du terrain (**hétérogénéité**) et qu'elle était très salissante.

6122 - Durée de la sole de régénération

L'une des principales raisons qui ont incité les agronomes à expérimenter l'engrais vert et l'enfouissement de la jachère était le souci d'accélérer la régénération du sol et d'essayer d'obtenir en un an ce qui, avec la jachère brûlée, nécessitait deux années et plus. Ce souci s'expliquait aisément par l'accroissement de la pression démographique et la réduction, dans les régions de vieille culture, de la superficie cultivable par habitant. Il paraissait donc paradoxal, dans cette perspective, d'étudier l'influence de la répétition dans le temps du traitement engrais vert ou jachère enfouie.

Six essais, cependant, étudient cette question. Ils ont été implantés au Sénégal entre 1952 et 1956 (3 sur les stations IRAT, 3 sur les stations IRHO) et sont de types assez divers.

De l'examen de leurs résultats, il ne se dégage pas de loi générale de variation des rendements des cultures de la rotation en fonction de la durée de la sole de régénération (fumure verte). Les différences sont peu accentuées et les résultats varient d'un essai à l'autre et d'une culture à l'autre. La répétition dans le temps de l'engrais vert ou l'allongement de la jachère avant enfouissement ne paraissent donc pas avoir d'action sensible sur les rendements. Il n'y a pas non plus de renforcement systématique de l'action de l'enfouissement par rapport au brûlis quand on augmente la durée de la sole de régénération. Il semble y avoir, au contraire, une baisse relative assez nette de cette action au bout de six ans de jachère.

Ces observations suggèrent que la répétition, année après année, de l'engrais vert ou de la jachère enfouie n'a pas d'effet cumulatif sur le sol : elles viennent appuyer l'hypothèse selon laquelle l'action de la fumure verte sur le sol est essentiellement une action à court terme (modification du profil cultural et de la macro-structure) et, accessoirement, une action à long terme (augmentation du taux de matière organique et amélioration de la microstructure).

6223 - Quantité de matière enfouie

A l'époque où les enfouissements étaient réalisés précocement, il était indispensable, en effet, d'enfouir des quantités assez importantes de matière végétale pour conférer au labour une résistance suffisante contre les pluies. On conçoit qu'à la limite on en soit venu à associer étroitement la notion de travail profond du sol et celle d'enfouissement de matière organique, il apparaissait alors dangereux et peu recommandable de labourer le sol nu. Depuis que la date d'enfouissement a été reculée vers la fin de la saison des pluies cet aspect de la question a perdu maintenant beaucoup de son importance ; le labour recevant, en principe, très peu de pluie, il n'apparaît plus indispensable d'enfouir de grandes quantités de matière végétale dans le seul but de le protéger contre un tassement et une reprise en masse.

Par contre il y a lieu de se demander si l'aspect quantitatif de la matière verte enfouie influe sur le développement de la structure. Il semble que l'on puisse répondre affirmativement à cette question.

L'activité biologique de la mésofaune, responsable du développement de la structure tubulaire ou "mie de pain" et de la macroporosité paraît en effet favorisée par des apports importants de matière végétale. Cependant on a pu noter en sens inverse, qu'il suffisait de faibles quantités de matière organique enfouie pour amorcer la création d'une structure mie de pain. L'enfouissement de grosses quantités de matière végétale à cette époque de l'année posant, par ailleurs, à la fois des problèmes pratiques d'enfouissement et des problèmes de décomposition, il est probable qu'il y a une dose optimum à trouver qui permette de concilier le souci de créer une macrostructure satisfaisante et celui d'éviter trop de difficultés au moment de l'enfouissement. Ce point n'a pas encore été totalement résolu.

Sur le plan agronomique, on a pu noter, dans certains essais au Sénégal, des liaisons entre rendements des cultures et quantités de matière verte enfouie. Certaines de ces liaisons paraissent pouvoir s'expliquer en partie par l'influence sur le bilan minéral de la matière verte enfouie. Par ailleurs ces liaisons ne sont pas apparues dans bon nombre d'autres expérimentations.

Là encore cette question gagnerait, pour être éclaircie, à être étudiée systématiquement.

624 - Conditionnement de la fumure verte avant enfouissement

Le changement de la date d'enfouissement et son report vers la fin de la saison des pluies ont posé aux agronomes un certain nombre de problèmes nouveaux. L'allongement du cycle végétatif de l'engrais vert ou de la jachère de un mois ou de un mois et demi se traduit par une augmentation très sensible de la masse végétale à enfouir et une évolution nette vers la lignification.

Pour une culture de mil effectuée en 1959 à Bambey, on a effectué des prélèvements aux deux dates du 19 août et 22 septembre, correspondant aux dates d'enfouissement anciennement et nouvellement recommandées. Entre ces deux dates, le tonnage de matière sèche produite passe de 768 à 3231 kg/ha, soit plus du quadruple ; le taux d'humidité baisse de 86 à 82% ; le rapport C/N de tiges et feuilles augmente de 24 à 57.

Il y a donc une modification notable, tant au point de vue quantitatif que qualitatif de la matière végétale à enfouir. Ceci pose des problèmes d'ordre pratique et théorique.

Sur le plan théorique, la décomposition de la matière végétale enfouie et son humification ne seront pas identiques puisque les matériaux et les conditions (humidité du sol en particulier) sont différents. Si l'on recherche avant tout l'effet à court terme sur les propriétés physiques et la structure du sol, il est préférable de s'adresser à un matériau peu évolué. Divers travaux ont souligné en effet l'intérêt pour l'augmentation de la stabilité structurale, des produits transitoires d'humification fournis par les matières vertes jeunes et très fermentescibles. En sens inverse les observations de profils culturaux ont montré que le développement de la macroporosité biologique était, dans une certaine mesure, corrélatif de la quantité de matière végétale enfouie, ce qui plaiderait en faveur de l'enfouissement global.

Par ailleurs sur le plan pratique, l'enfouissement d'une très grande quantité de matière végétale en partie lignifiée pose des problèmes difficiles à résoudre en culture attelée. Bien que des progrès sensibles aient été enregistrés dans ce sens ces dernières années grâce à une meilleure adaptation du matériel, les labours, quand ils sont réalisables, restent défectueux en raison des bourrages très fréquents qui se sont produits pendant leur exécution ; le terrain est soufflé et irrégulier, les pailles mal enfouies se décomposent mal ; le labour est difficile à reprendre pour la préparation du lit de semences.

Enfin, du point de vue économique, il paraissait souhaitable de "rentabiliser" la sole de régénération (fumure verte) en tentant de concilier les impératifs de l'amélioration du sol et le souci de contribution de la sole de régénération à la nourriture du détail.

Pour toutes ces raisons, on a proposé d'expérimenter les techniques suivantes :

- . Fauche de la jachère ou de l'engrais vert dans la deuxième quinzaine d'août c'est-à-dire à l'époque où étaient effectués autrefois les enfouissements.

- . Exportation des produits de la fauche pour la nourriture du bétail ou au contraire paillis du sol avec les tiges et feuilles coupées.

- . Enfouissement des repousses en fin de saison des pluies.

Ces techniques sont expérimentées en comparaison avec les techniques habituelles d'enfouissement de la jachère et d'engrais vert depuis 1964 dans les essais dits de "Régénération du Profil" mis en place en plusieurs localités du Sénégal. Un autre essai portant sur les modalités pratiques du conditionnement de la matière verte avant enfouissement a également été réalisé à Séfa en 1965.

Les principales conclusions de ces essais sont les suivantes :

6241 - Conditions pratiques de réalisation

La fauche annuelle est une opération facile à exécuter au coupe-coupe sur mil engrais vert et qui demande peu de temps. Elle est plus longue et plus difficile à réaliser sur jachère avec cet outil ; il faudrait utiliser la faux, instrument à peu près inconnu au Sénégal. Cette opération est également susceptible d'être mécanisée (faucheuse à boeufs). La coupe ne doit pas être effectuée à ras du sol mais une certaine hauteur (15 à 20 cm pour la jachère ; 40 cm pour les mils et sorghos) de façon à ce que le sol ne soit pas trop découvert après la fauche et que les plantes rejettent facilement. Le gyrobroyage a également été essayé et a donné de bons résultats.

On a songé également à remplacer la fauche par le pâturage. Cette méthode est à déconseiller. Le pâturage en saison des pluies provoque un tassement préjudiciable au sol. Au moment de l'enfouissement, l'effort de traction est en moyenne 20 à 25% plus élevé que dans le cas d'une fauche à bonne hauteur. Quand il s'agit de mil il y a sur le terrain un mélange de tiges anciennes et de repousses jeunes, plus ou moins couchées et emmêlées, ce qui rend le labour encore plus difficile à exécuter.

Les produits de la fauche du mois d'août fournissent des quantités variables de matière verte : 3 à 35 t/ha pour la jachère, soit entre 19 à 100% d'une jachère normale ; 4 à 21 t/ha pour le mil, soit entre 15 et 53% d'un engrais vert normal. Les repousses représentent entre 25 et 70% d'une jachère ou d'un engrais vert normal.

Les produits de la fauche du mois d'août doivent être ensilés pour servir à la nourriture du bétail, la transformation en foin étant difficile à cette période très pluvieuse de l'année. La contribution de la sole de régénération à la nourriture du bétail n'est alors pas négligeable puisqu'elle est de l'ordre de 10 t/ha de matière verte en moyenne, soit 2 t/ha de matière sèche ou 400 UF ; elle peut subvenir aux besoins d'un boeuf de travail pendant plus de trois mois.

6242 - Effets de la fauche sur l'enracinement

Ces effets ont été étudiés au Sénégal sur les essais "Régénération du profil". La fauche provoque, sur la jachère une diminution de l'enracinement dans la zone Nord du Sénégal (Bambey, Louga). Pour le mil engrais vert, c'est l'inverse qui semble se produire. Les données sont encore trop peu nombreuses pour qu'on puisse faire de ces observations des lois générales

6243 - Effets sur le sol

L'enfouissement des repousses s'effectue dans difficulté qu'il y ait ou non mulching, sur le sol, des produits de la fauche du mois d'août. La qualité du travail est, en général meilleure que pour le labour de fumure verte normale.

L'examen des profils culturaux effectués au cours de la saison sèche, quelques mois après l'enfouissement, révèle un effet très favorable, sur la macrostructure, de l'engrais vert ou de la jachère fauchée et mulchée ; la quantité de matière végétale est suffisante pour que se soit développée une porosité biologique importante ; elle se trouve dans un état de mélange plus intime avec le sol que dans le cas d'une fumure verte normale ; sa décomposition est excellente. Ce sont les profils culturaux apparemment les plus satisfaisants qui ont été observés. Quand la matière verte est exportée, l'activité de la mésofaune est moindre, puisque la quantité de matière végétale enfouie est moins importante. Le développement de la porosité biologique est donc plus faible mais atteint cependant un niveau correct.

Les mesures et observations faites au cours de la saison des pluies et de la saison sèche suivante montrent peu de différences de comportement du sol après fumure verte normale ou fumure verte ayant subi une fauché préalable.

6244 - Effets sur les rendements des cultures

Ces effets ont été mesurés, dans les essais "Régénération du Profil" par comparaison avec la jachère et l'engrais vert normaux. D'une manière générale, les différences de rendements sont peu importantes et l'on peut estimer, en première approximation, que la fauche de la fumure verte un mois avant enfouissement ne provoque pas, par rapport à la pratique normale, de variation sensible de rendements sur les cultures suivantes. Comme par ailleurs cette technique produit, apparemment, des effets satisfaisants sur le sol, qu'elle facilite très notablement les conditions d'enfouissement et qu'elle permet de contribuer de façon appréciable à la nourriture du bétail, il y a lieu de souligner dès maintenant tout son intérêt et de recommander la vulgarisation de la fumure verte sous cette forme.

63.- Reprise des labours pour la préparation du lit de semences

Il faut distinguer ici les types principaux de labours ; avec ou sans incorporation de matière végétale.

631 - Cas des labours sans enfouissement

La reprise des labours de préparation des terres offre assez peu de difficultés dans les terres sableuses ou sablo-argileuses. Les premières pluies tombant sur le labour suffisent, bien souvent, à déliter les mottes les plus grosses et à égaliser le terrain, permettant ainsi un semis direct au semoir. Lorsque les labours ont été réalisés sur un sol insuffisamment humide, le terrain est alors beaucoup plus inégal et présente un mélange de très grosses mottes et de terre pulvérisée. Il est nécessaire de reprendre le labour dans le but de fragmenter les mottes et d'égaliser le terrain en vue du semis mécanique. Cette opération doit se faire en sec ou sur terrain très légèrement humide. Les instruments les plus indiqués sont, pour les sols sableux : la houe rotative ; pour les sols sablo-argileux : le cultivateur à dents rigides (tiller), ou, à défaut, le pulvérisateur à disques.

Il faut, de toutes manières, limiter autant que possible les façons superficielles après réalisation du labour. Dans le cas contraire on risque de détruire le profil cultural, d'émietter le sol et de donner prise à l'érosion sans qu'il y ait, en contrepartie, un profit quelconque pour les cultures. Une expérimentation réalisée en Côte d'Ivoire, est très démonstrative à cet égard. Les traitements sont les suivants :

- . Deux pulvérisages
- . Un pulvérisage
- . Un passage de dents.

Pour le premier traitement, surtout à Ferkessédougou, le sol après quelques mois est massif et très sec, alors que pour les deux autres traitements, il est resté friable, faiblement grumeleux à polyédrique, frais.

Les rendements sont plus élevés pour les deux derniers traitements que pour le premier, qu'il s'agisse de maïs ou de riz. Sur différents essais les rendements suivants ont été obtenus :

	Deux pulvérisages	Un pulvérisage ou Un passage dents
Maïs	42 Qx/ha	48 Qx/ha
Maïs	41 -"-	42 -"-
Maïs	39 -"-	42 -"-
Riz	21 -"-	28 -"-
Riz	14 -"-	20 -"-

632.- Cas des labours d'enfouissement

La reprise des labours d'enfouissement est plus délicate et pose davantage de problèmes. Il y a deux obstacles principaux :

- . La formation d'une croûte superficielle durcie lorsque le labour a reçu des pluies suffisantes pour détruire la structure sur quelques centimètres et provoquer la reprise en masse.

- . Les repousses végétales au cours de la saison sèche.

La croûte durcie est difficilement brisée par les instruments habituels, disponibles en culture attelée. Les repousses végétales sont constituées soit par la plante même qui a servi d'engrais vert, soit par les plantes de jachères et adventices habituelles. Le problème des repousses est atténué par la préfauche de l'engrais vert ou de la jachère, par un labour d'enfouissement tardif suffisamment **formé**. Il ne peut cependant être complètement supprimé.

Une solution intéressante paraît être de reprendre les labours d'enfouissement peu après leur exécution. On peut utiliser pour cela la patte d'oie, la herse ou la houe rotative ; les meilleurs résultats sont obtenus avec ce dernier instrument qui n'émiette pas le sol mais le réduit en agrégats. Le terrain étant encore humide, le travail de nivellement et de fermeture du labour opéré par ces instruments est beaucoup plus efficace qu'en fin de saison sèche. L'examen des profils culturaux montre que l'humidité est conservée près de la surface et que la décomposition de la matière végétale s'effectue de façon satisfaisante, si l'opération est bien faite. Le terrain reste très propre jusqu'à la fin de la saison sèche et on peut envisager de supprimer toute nouvelle intervention avant le semis. Dans certains cas, cependant, on ne peut éviter quelques repousses de se produire : sorgho profitant de l'humidité conservée à faible profondeur ; Centaurea perottetii sur les terrains les plus sableux. Ces repousses ne sont cependant jamais abondantes et il est facile et rapide de s'en débarrasser par une intervention nouvelle. Cette reprise précoce présente cependant un risque, celui de favoriser l'érosion et le glaçage du sol en cas de pluie. Ce risque est faible si l'on opère une dizaine de jours après le labour, lui-même réalisé assez tardivement. Il ne peut cependant être complètement supprimé.

7.- REMANENCE D'ACTION DES LABOURS

On suivra l'évolution du profil cultural et des rendements des cultures pendant les années qui suivent la réalisation des labours, en prenant comme origine des années le début de chaque saison des pluies.

71.- Evolution pendant la première année

Au cours de l'hivernage, le profil cultural créé par le labour aura tendance à se dégrader sous l'action des pluies. Dans leur action de martèlement les pluies provoquent un tassement du sol, précludant à la reprise en masse du profil ; elles font éclater les agrégats et dispersent les colloïdes ; c'est le phénomène de battance provoquant un colmatage du sol en surface et des micro-colluvionnements dans les dépressions ; le phénomène, en s'amplifiant, peut atteindre le stade érosif.

D'autres causes secondaires peuvent également accélérer le processus : ce sont en particulier les piétinements des animaux ou des hommes et les passages des instruments de culture qui, s'ils sont trop nombreux, peuvent contribuer à tasser le sol.

En sens inverse, la végétation joue un rôle essentiel pour freiner le processus de dégradation et, dans certains cas, l'inverser. On assiste, en début de saison, à une véritable lutte de vitesse entre les actions contraires, sur le sol, de la pluie et de la végétation.

Les mesures de densité apparente permettent de suivre l'évolution du profil cultural pendant la saison des pluies.

Un exemple des rôles antagonistes de la pluie et de la végétation sur le sol est fourni par les mesures de densité apparente effectuées sur l'essai "Mode de préparation x Date de semis" à Nioro en juillet 1967. Chaque traitement est subdivisé en deux, avec deux dates de semis : 19 juin et 19 juillet. Entre les deux dates de semis sont tombés 119 mm de pluie. Deux séries de prélèvements ont été effectuées, la première le 22 juin, la seconde le 31 juillet. Les résultats figurent dans le tableau n° 8.

Tableau n° 8

Mesures de densités apparentes effectuées sur les essais "Modes de préparation du sol" Nioro

Date du travail	Nature du travail	1er prélèvement			Date du semis	2ème prélèvement		
		22 juin 1967				31 juillet 1967		
		Pluie cumulée	Densités apparentes			Pluie cumulée	Densités apparentes	
		sur labour	5-15 cm	25-35 cm		sur labour	5-15 cm	25-35 cm
Oct. 1966	Labour fin cycle	48,0	1,42	1,41	19/6	298,7	1,47	1,47
Mai 1967	Labour en sec	48,0	1,47	1,58	19/6	"	1,49	1,51
					19/7	"	1,51	1,46
1.6.1967	Labour en humide	0,0	1,30	1,39	19/6	250,7	1,43	1,45
					19/7	"	1,48	1,49
Mai 1967	Témoin	48,0	1,50	1,36	12,7	298,7	1,53	1,49

Ces données montrent bien l'effet du tassement du sol par les pluies qui se traduit par une augmentation de densité apparente et se **manifeste** sur tous les traitements entre le 22 juin et le 31 juillet. Mais ce qui est particulièrement intéressant, sur cet exemple, est de noter l'influence de la date de semis et donc de la végétation du sorgho sur l'évolution de la densité apparente : celle-ci est systématiquement plus faible, lors du deuxième prélèvement dans l'horizon 5-15cm, sur les traitements correspondant à la date de semis la plus précoce.

Il ressort de ce qui précède que si le rôle propre de la végétation est assez limité en ce qui concerne la création d'une structure sur un sol vierge de tout travail profond, il est, par contre, primordial dans la conservation d'un profil cultural créé par le travail du sol et dans son amélioration. Il y a une véritable interaction entre les deux phénomènes : le travail du sol favorise le développement racinaire et végétatif de la plante, mais réciproquement celle-ci préserve et améliore l'effet du travail du sol.

En fin de saison des pluies, le bilan sur le sol est difficile à faire car les différences de structure paraissent mal sur le sol humide, surtout quand il n'y a pas eu d'enfouissement ; seules les différences d'enracinement imputables au travail du sol ressortent très nettement. Par ailleurs, la densité apparente est presque toujours revenue au niveau initial. On aurait donc tendance à conclure, à ce stade des observations, que l'action du travail du sol est éphémère et ne se fait pas sentir au delà d'une saison des pluies. Ce serait une conclusion trop schématique car les observations et mesures faites en saison sèche décèlent des effets résiduels plus ou moins prononcés sur le profil cultural.

On a effectué, en effet, sur bon nombre d'essais implantés au Sénégal, des mesures de pénétrométrie pendant la saison sèche qui suit la première culture. Dans tous les cas, on a comparé les forces de résistance à la pénétration sur témoin non travaillé et sur diverses modalités de labour. On a choisi de prendre comme référence l'horizon 0-15 cm, cette profondeur correspondant habituellement à celle du labour aux boeufs. Les forces de pénétration jusqu'à 15 cm sont exprimées en kg ou en pourcentages du témoin non travaillé. Plus le pourcentage est faible, mieux conservé est l'ameublissement : ce pourcentage peut être assimilé à un coefficient de cohésion.

Pour les labours ordinaires, sans enfouissement, les mesures ont porté sur les essais "Travail du sol x Fertilisation" et "Modes de préparation x Dates de semis". Les traitements de labours sont appliqués chaque année sur ces essais : on teste donc, après plusieurs années, l'effet cumulatif des différents labours.

Sur arachide à Bambo, sur sol Dior très sableux, après huit ans d'essai, on obtient sur labour un coefficient de cohésion à 21 cm (au lieu de 15) de 79% (différences significative). Les labours en sec qui ne pouvaient être réalisés qu'au tracteur en début d'essai sont maintenant effectués aux boeufs.

Après sorho, l'ameublissement résiduel reste important puisque les coefficients varient entre 39 et 77% lorsque les semis ont été effectués précocement. On retrouve en effet ici l'influence des dates de semis. A titre d'exemple, à Nioro, en 1967, pour le traitement "Labour en sec", le coefficient de cohésion passe de 39 à 68% lorsque la date de semis est retardée de deux semaines.

Après coton, les coefficients de cohésion varient pour les semis précoces entre 76 et 100%, soit des valeurs assez élevées. Pour les semis tardifs les valeurs dépassent 100%.

Quant au maïs, que les semis soient précoces ou tardifs, les coefficients de cohésion dépassent largement 100% (entre 125 et 144%). Il y a donc un tassement et un développement de cohésion du sol plus accentués que lorsque le sol n'a pas été travaillé. Ceci peut tenir à l'insuffisance de couverture du sol par le maïs en début de cycle.

Comme on le voit, la conservation du profil cultural créé par le labour dépend largement de la nature de la plante et de la date de semis.

Pour les labours d'enfouissement, les effets résiduels sont à la fois mieux marqués et moins dépendants, semble-t-il, de la nature de la culture test et de la date de semis. Ces effets ont été mesurés sur les essais "Régénération du Profil". Les coefficients de cohésion à 15 cm, après la première culture, présentent les gammes de variations suivantes :

3 résultats sur arachide	: 55 à 84%	Moyenne	: 74%
2 "- sur sorgho	: 43 à 73%	"-"	: 58%
1 "- sur mil	: 45%	"-"	: 45%
2 "- sur maïs	: 50 à 52%	"-"	: 51%

Comme on peut le voir, la culture de maïs n'a pas ici l'effet dégradant qu'elle avait sur les labours ordinaires. La structure du sol est ici plus stable et l'ameublissement est bien conservé.

Du point de vue de la conservation de l'ameublissement, il y a peu de différences entre les différentes modalités de labours d'enfouissement.

72.- Evolution pendant la deuxième année et les années suivantes

721 - Cas des labours ordinaires

Pour les labours ordinaires il n'existe qu'un seul essai permettant de tester l'effet résiduel au cours de la deuxième année. Il s'agit de l'essai "SPK x labours" installé à Bambey en sol Dior, où chaque année, on peut comparer, sur arachide continue, les quatre traitements suivants :

- Témoin non labouré
- Labour effectué chaque année : effet cumulatif des labours
- Labour effectué une année sur deux : effet direct du labour de l'année
- " " " " : effet résiduel du labour de l'année précédente.

Les résultats obtenus sur cet essai depuis 1966 montrent que l'effet résiduel du labour de l'année précédente sur la production de l'arachide est nul. Il peut même être dépressif par rapport au témoin non labouré comme ce fut le cas en 1968 (601 kg/ha contre 827 kg/ha pour le témoin ; différence hautement significative). Il y a, dans ce cas, intérêt à labourer tous les ans, puisque le labour de l'année a toujours, dans cet essai, un effet important sur les rendements.

On a pu observer également, dans cet essai, en 1967 et 1968, une interaction positive et significative entre l'effet résiduel du labour de l'année précédente et l'action de la fumure potassique.

722 - Cas des labours d'enfouissement

Pour les labours d'enfouissement, les données sont par contre beaucoup plus fournies puisque de nombreux essais étudient les effets résiduels des labours d'enfouissement sur les deux ou trois cultures qui suivent la réalisation de ces labours, sans qu'il ait, habituellement, au cours de cette période, d'autres interventions sur le sol que des façons superficielles. Il faut alors distinguer deux cas selon la nature de la culture test succédant au labour d'enfouissement : arachide ou céréale.

7221 - Cas où la culture test est une arachide

C'est le cas le plus général qui correspond à la rotation : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide. On a recensé, pour l'Ouest Africain francophone, 25 essais comportant ce type de rotation et fournissant 80 résultats annuels exploitables pour la céréale de 2ème année. Si l'on compare au traitement témoin "jachère brûlée" qui existe dans tous ces essais, l'action des divers labours d'enfouissement, on constate qu'il y a 55 résultats en faveur des labours d'enfouissement contre 25 en faveur de la jachère brûlée.

Dans les cas favorables, la plus value moyenne apportée par les labours d'enfouissement est de 14%. Globalement il reste un avantage de 3% en faveur de l'enfouissement. Comme on le voit, pour ce type de rotation, l'effet résiduel des labours d'enfouissement sur la deuxième culture céréalière (mil ou sorgho) est très faible. Ceci rejoint les observations faites sur le sol après culture d'arachide, montrant que celle-ci a effacé en grande partie les modifications de structure introduites par les labours d'enfouissement.

Après culture de la céréale l'effet résiduel d'ameublissement dû au labour reste pourtant, dans certains cas, assez marqué sur le sol. C'est ainsi qu'à Bambey en sol Dior, après mil, le coefficient de cohésion à 15 cm est de 74% (moyenne de deux résultats annuels), tandis qu'en sol Dek après sorgho il n'est que de 38% ; dans les deux cas, les différences avec le témoin sont significatives.

A Bambey sur sol Dior, cette différence d'ameublissement s'accompagnait de plus values sur les rendements sur mil de 38% en 1966 et 25% en 1967, en faveur de l'enfouissement.

On note également sur mil en 1967 une densité d'occupation racinaire dans le niveau 10-20 supérieure de 20% pour les traitements ayant comporté un labour d'enfouissement (1,9 g/dm³ contre 1,6 g/dm³ pour le témoin). Pour le sorgho en sol Dek les rendements étaient au contraire légèrement supérieurs sur le témoin.

Même dans le cas où il y a un labour de préparation avant la céréale, labour effectué également sur les parcelles du traitement témoin "jachère brûlée", l'action des labours d'enfouissement se marque encore par une différence d'ameublissement : c'est le cas à Séfa, en 1966 et 1967 sur l'essai "Régénération du Profil" où le mil a été uniformément labouré en préparation ; le coefficient de cohésion est en moyenne de 79% du témoin pour les parcelles ayant comporté un labour d'enfouissement deux ans et demi auparavant (différence significative). Ces différences observées sur le sol ne se traduisaient cependant pas par des différences de rendements.

Pour l'arachide succédant au mil et venant trois ans après labour d'enfouissement, les données expérimentales sont moins nombreuses. Il y a cependant 15 essais utilisables fournissant 56 résultats annuels. Les différences entre traitements sont ici très atténuées. On observe 23 résultats en faveur de l'enfouissement et 33 en faveur de la jachère brûlée, avec un avantage global de l'ordre de 3% en faveur de ce dernier traitement. Il n'y a pas lieu d'accorder une signification particulière à cette différence et l'on peut considérer qu'à ce stade l'influence des labours d'enfouissement ne se fait plus sentir sur les rendements de l'arachide.

Les effets sur le sol et l'enracinement des cultures ne semblent pourtant pas avoir complètement disparu puisqu'à Bambey, en sol Dior, sur la jachère intervenant 4 ans après les labours d'enfouissement on note dans le niveau 10-20 cm une différence d'occupation racinaire faible mais significative entre les parcelles ayant subi un labour d'enfouissement et les parcelles témoins.

7222 - Cas où la culture test est une céréale

On a alors affaire aux rotations : Régénération-Céréale-céréale ou Régénération-Céréale-Arachide-Céréale.

Ces rotations ont été beaucoup moins utilisées dans les essais car jusqu'à ces dernières années, priorité était donnée à l'arachide dans la rotation.

Les résultats sont donc peu nombreux, mais sont très significatifs et riches d'enseignements.

Les essais "Régénération du Profil" permettent d'étudier au cours de la période 1966-1968 la succession : Régénération - Maïs - Mil à Séfa et Régénération - Sorgho - Sorgho à Sinthiou-Malème. On considérera d'abord les résultats obtenus sur le deuxième sorgho à Sinthiou-Malème car la culture de mil à Séfa a été précédée d'un labour d'enfouissement de pailles de maïs réalisé en octobre 1967, ce qui implique l'étude de l'effet résiduel des labours d'enfouissement effectués en octobre 1966.

Rappelons qu'au cours de la saison sèche qui a suivi la première culture de sorgho à Sinthiou-Malème on a mesuré un coefficient de cohésion de 73%, en moyenne, pour les labours d'enfouissement.

Les observations de profils culturaux ont montré que la macrostructure créée par le labour d'enfouissement était bien mieux conservée que dans le cas où la première culture test était une arachide. Des prélèvements racinaires effectués sur la deuxième culture de sorgho indiquent, dans l'horizon 10-20 cm une différence moyenne de 38% d'occupation racinaire en faveur des parcelles ayant eu un labour d'enfouissement (0,70 g/dm³ contre 0,51 g/dm³).

Les rendements en grains du sorgho sont de 1618 kg/ha sur le témoin jachère brûlée et de 2323 kg/ha sur la moyenne des labours d'enfouissement, soit une plus value de 705 kg/ha ou 44% par rapport au témoin ; ces valeurs sont à rapprocher des chiffres correspondants obtenus sur le sorgho de l'année précédente : 584 kg/ha ou 41% de plus value. Dans tous les cas les contrastes orthogonaux sont hautement significatifs en faveur de l'enfouissement. Sur le deuxième sorgho l'effet résiduel de l'enfouissement se traduit également sur le poids de pailles qui est en moyenne de 6,2 t/ha contre 5,6 t/ha.

Les mesures de pénétronomie faites après cette deuxième culture de sorgho montrent un coefficient de cohésion qui est en moyenne de 81% après labour d'enfouissement (différence significative). L'effet d'ameublissement est donc encore bien conservé après deux cultures de céréales succédant aux labours d'enfouissement.

Il y a dans cet exemple, un ensemble de données concordantes concernant aussi bien le sol que la plante, démontrant de façon nette la possibilité de conserver l'effet favorable des labours d'enfouissement plus de deux ans après leur réalisation. Le rôle des cultures céréalières dans cette action de conservation est bien mis en lumière et contraste avec celui de l'arachide utilisée jusqu'alors en tête de rotation.

Le cas du mil de Séfa est différent puisque, à l'exception du témoin non travaillé, les autres traitements ont comporté successivement deux labours d'enfouissement, l'un réalisé en octobre 1966 après la sole de régénération, l'autre effectué en octobre 1967 après la culture de maïs, (enfouissement de pailles). Il est cependant intéressant de noter que, malgré l'action que l'on pouvait à priori croire uniformisante, du labour d'octobre 1967, les diverses modalités de réalisation des labours d'octobre 1966 conservent une nette influence sur les rendements du mil cultivé en 1968. On peut s'en rendre compte d'après le tableau ci-dessous :

Traitements de 1966		Rendements Maïs 1967	Rendements Mil 1968
		kg/ha	kg/ha
7	Jachère brûlée (non travaillée)	709	2030
8	Jachère enfouie	1898	2420
9	Jachère fauchée, mulchée, enfouie	2169	2222
10	Mil engrais vert	2673	2118
11	Mil engrais vert, fauché exporté, repousses enfouies	2454	2064
12	Maïs, pailles enfouies	2002	1781

Comme on le voit les deux cultures successives de maïs ont eu un effet dépressif, par rapport au témoin, sur le mil suivant. La décomposition en contrastes orthogonaux met ici en évidence sur le mil la supériorité des enfouissements de matière verte (engrais vert et jachère) sur l'enfouissement de pailles (hautement significatif), des jachères sur l'engrais vert (hautement significatif) et de la jachère normale enfouie sur la jachère fauchée, mulchée et enfouie (significatif). On notera que, sur la première culture, le classement des traitements était très différent et que les engrais verts se montraient, au contraire, très supérieurs aux jachères (hautement significatif).

Les mesures de pénétrométrie effectuées après la culture de mil montrent un coefficient de cohésion de 51% pour la moyenne des labours d'enfouissement. Ce sont les traitements 9 et 12 (jachère fauchée, mulchée et pailles de maïs) qui présentent les coefficients les plus faibles : respectivement 45 et 44%.

73.- Conclusion sur la rémanence d'action des labours

On peut retenir, à ce sujet, les éléments suivants :

- Concernant les labours ordinaires, l'effet d'ameublissement sur le sol persiste normalement après la première culture, à condition que celle-ci ait été semée précocement. Le maïs semble faire exception à cette règle. Il y a peu de résultats sur les effets résiduels des labours sur les rendements de la deuxième culture et des cultures suivantes. Les seuls résultats disponibles concernent le cas particulier de l'arachide continue : on n'a pas noté alors d'influence sur les rendements ; sinon, en 1968, une influence négative.

- Concernant les labours d'enfouissement, la rémanence d'action sur le sol et les cultures est très différente suivant la nature de la culture test succédant au labour d'enfouissement.

Après une arachide, les modifications apportées au profil cultural et à la structure paraissent très atténuées ; d'après les impressions visuelles et tactiles, il y a une nette tendance à la reprise en masse du profil. Les mesures de pénétrométrie et d'enracinement permettent cependant de déceler un certain effet résiduel qui peut persister pendant trois ans. Cet effet ne paraît pas, en tous cas se traduire par des améliorations de rendements sur les deuxième et troisième culture.

Après une céréale, au contraire, le profil cultural est beaucoup mieux conservé, la conservation de l'ameublissement est nette ainsi que son incidence sur l'enracinement. D'après les quelques résultats disponibles, les effets sur les rendements de la deuxième culture peuvent être très importants lorsqu'il s'agit encore d'une céréale. Ces effets se manifestent même dans le cas où les labours d'enfouissement ont été repris, entre temps, par un autre labour.

- Sur la comparaison des effets rémanents des labours ordinaires et des labours d'enfouissement, il y a peu de données expérimentales disponibles. Toutes les observations et mesures faites sur le sol donnent cependant à penser que la rémanence d'action doit être beaucoup plus marquée dans le cas des labours d'enfouissement.

8.- LA PLACE DES LABOURS DANS LA ROTATION - LE ROLE DE LA SOLE DE REGENERATION.

81.- Comparaison : Culture continue/Rotation avec la sole de régénération

Pour les premiers agronomes travaillant en Afrique Tropicale, il paraissait indispensable d'interrompre régulièrement la rotation culturale par une période de repos ou de "régénération" du sol, considérée comme indispensable pour maintenir les rendements et combattre l'épuisement du sol. Ce raisonnement était fondé d'une part sur l'observation des systèmes de culture traditionnels et d'autre part, sur les résultats obtenus dans les expérimentations du type "Longueur optimum de jachère" (IRHO-Sénégal : points d'essai de Louga, Darou, Tivaouane). Cependant, ces résultats étaient obtenus en l'absence de tout travail profond du sol et avec une fertilisation minérale insuffisante : ils ne nous paraissent pas généralisables, ni définitifs.

Il importe d'examiner maintenant si, en amenant les facteurs "travail du sol" et "fertilisation minérale" à un niveau optimum, la culture continue est possible ou si, au contraire, la rupture de la rotation par un engrais vert ou une jachère enfouie est indispensable pour le maintien des rendements.

On a vu précédemment que la culture d'une céréale à court cycle suivie d'un labour d'enfouissement de pailles permettait d'obtenir sur le sol et les rendements des bénéfiques sensiblement équivalents à ceux d'un engrais vert ou d'une jachère enfouie. Dans les régions où cette technique est applicable, le problème précédemment posé perd donc beaucoup de son intérêt sur le plan pratique. Sur un plan plus théorique la question reste cependant posée ; par ailleurs dans les zones défavorisées du point de vue pluviométrie, où l'enfouissement des pailles reste très aléatoire, le problème garde toute son actualité.

Des premiers éléments de réponse à cette question avaient été fournis par des essais sans répétitions mis en place à Séfa entre 1950 et 1961. On pouvait noter qu'après sept ans d'alternance arachide-céréale, en présence de travail du sol et d'engrais, les rendements n'accusaient pas de baisse sensible par rapport aux rotations comportant des engrais verts.

Cet ensemble de résultats conduisit à préconiser des rotations aussi intensives que possible, avec intervention de l'engrais vert-à titre "d'assurance" - tous les six ou huit ans seulement. L'engrais vert conservait cependant tout son intérêt quand il intervenait aussitôt après défrichement, pour homogénéiser les sols.

Plus récemment, à partir de 1962, on a mis en place, en plusieurs emplacements du Sénégal, un essai destiné à comparer la rotation quadriennale préconisée par le CRA de Bambey : Engrais vert - Arachide - Céréale - Arachide, à une rotation biennale Arachide - Céréale.

La comparaison se fait à 3 niveaux de fertilisation minérale FO, F1, F2. Le niveau FO est le témoin sans engrais. Le niveau F1 correspond à la fumure du type annuel vulgarisée : 150 kg/ha 6-20-10 sur arachide ; 150 kg/ha 14-7-7 sur céréale ; 50 kg/ha de sulfate d'ammoniaque sur mil engrais vert ; la rotation biennale reçoit donc en quatre ans, des doses d'éléments minéraux un peu plus élevées (11 à 12% de plus) que la quadriennale. Le niveau F2 correspond à la fumure forte "étalée" : les deux rotations reçoivent en quatre ans 280 kg/ha de P2O5 et 140 kg/ha de K2O ; la rotation biennale reçoit 140 unités d'azote, contre 100 à la quadriennale (besoins moindres de l'engrais vert).

Pour amener le facteur "travail du sol" au même niveau dans les deux rotations, on effectue un labour en sec avant semis de la céréale. De cette façon les deux rotations reçoivent un labour tous les deux ans, l'un de ces labours étant un labour d'enfouissement d'engrais vert pour la quadriennale.

Le dispositif expérimental est celui du "split-plot" ; les parcelles initiales correspondent aux différentes phases de la rotation, les parcelles élémentaires aux niveaux de fertilisation minérale. L'essai dénommé "Rotation-Assolement" a été implanté en 1962 à Bambey, Nioro-du-Rip et Sinthiou-Malème. Il existe également, dans une version modifiée, à Séfa depuis 1963.

Les résultats ont été rassemblés dans le tableau n° 9. On a éliminé les quatre premières années (62-65) correspondant aux années d'installation, pour ne retenir que les résultats des années 1966 à 1968.

Les résultats de l'essai de Bambey n'ont pas non plus été retenus en raison des rendements aberrants de l'arachide (perturbations physiologiques causées par une baisse de pH du sol). Plusieurs remarques peuvent être faites à l'examen du tableau :

. Les rendements de la première arachide venant après engrais vert sont presque constamment supérieurs à ceux de l'arachide de la biennale aux trois niveaux de fertilisation ; ils sont également supérieurs, mais d'une façon moins constante, aux rendements de la deuxième arachide de la quadriennale. La moyenne des plus values par rapport à l'arachide biennale est de 24% en FO, 11% en F1 et 4% en F2, soit des plus values décroissantes en fonction de niveaux de fertilisation croissante.

. Les rendements de la deuxième arachide de la quadriennale sont tout à fait comparables à ceux de l'arachide biennale ; on note, cependant, une légère supériorité de la quadriennale (3 à 6% suivant les niveaux de fertilisation). Si l'on effectuait un labour de préparation (en sec) avant le semis de ces deux arachides, on observerait peut-être une augmentation de leurs rendements susceptibles de les amener au niveau de ceux de la première arachide de la quadriennale.

Tableau n° 9

Rendements comparés dans une rotation biennale (Arachide-Céréale) et une quadriennale (EV-Ar.-Cér.-Ar.) à 3 niveaux de fertilisation des cultures.

LOCALITES		BOULEL			NIORO			SINTHIOU			MOYENNE		
		1966	1967	1968	1966	1967	1968	1966	1967	1968	Kg/ha	Indice	
Arachide	FO	Bienn.	1031	783	1145	1734	1337	1450	1903	1589	1717	1410	100
		Quad. A1	1383	966	1680	2022	1897	1910	2009	2023	1888	1755	124
		Quad. A2	1269	709	1263	1843	1454	1496	1920	1581	1787	1481	105
	F1	Bienn.	1336	867	1585	2093	1542	1807	2231	2293	2112	1763	100
		Quad. A1	1666	1012	2042	2205	1910	2221	2191	2330	1999	1953	111
		Quad. A2	1821	824	1670	2178	1591	1901	2535	2290	2140	1883	107
	F2	Bienn.	1486	1121	1793	2171	1849	2071	2344	2358	2270	1940	100
		Quad. A1	1993	1176	1979	2194	2066	2238	2358	2351	1829	2020	104
		Quad. A2	2144	968	1746	2291	1787	1914	2524	2305	2190	1985	102
Céréale ⁽¹⁾	FO	Bienn.	695	693	813	821	1769	1451	161	345	102	761	100
		Quad.	479	685	1085	584	1964	1787	281	546	556	885	116
	F1	Bienn.	972	1323	1106	1132	3262	2027	320	977	1683	1422	100
		Quad.	768	1264	1709	1100	3297	2857	552	1575	2206	1703	120
	F2	Bienn.	775	1877	1441	930	3831	2171	301	1982	1657	1663	100
		Quad.	811	1676	2026	1081	3673	2958	436	2844	2814	2035	122

(1) Mil à Nioro et Sinthiou en 1966
Sorgho à Boulel depuis 1966 ; à Nioro et Sinthiou depuis 1967.

. En ce qui concerne la céréale, la rotation quadriennale présente une nette supériorité sur la biennale. Les plus values moyennes sont de 16% en F0, 20% en F1 et 22% en F2 : elles augmentent avec le niveau fertilisation. Les résultats de l'année 1966 à Sinthiou-Malème, très faibles, en raison d'une attaque parasitaire sur le mil viennent perturber quelque peu ces données. On peut cependant noter que l'écart entre biennale et quadriennale a tendance à s'accroître avec le temps même sur niveau F2. Il se pourrait qu'il y ait là un problème de fertilisation minérale, en particulier potassique ; la biennale se trouve en effet désavantagée par des exportations deux fois plus importantes de pailles de céréales (2 exportations au lieu d'une ou quatre ans). On pourrait tourner la difficulté en n'exportant pas les pailles mais en les brûlant sur place.

. Pour aucune des cultures il n'apparaît d'interaction caractérisée entre rotation et niveau de fumure minérale. Il n'apparaît pas non plus de réponses nettement différentes suivant les localités et les écologies, le sens des variations pouvant s'inverser d'une année sur l'autre.

Il est difficile de conclure au vu de ces seuls résultats : ce serait naturellement prématuré et il convient d'attendre encore trois ou quatre ans pour avoir une meilleure idée de l'évolution des rendements au cours du temps. On peut cependant noter qu'après sept ans de culture continue, les rendements de l'arachide se **maintiennent** en F2 grâce au travail du sol et à la fertilisation minérale, à un niveau correct et très proche de ceux de la quadriennale. Pour la céréale, par contre, on observe en F2 dès la sixième année de culture à Sinthiou Malème et en septième année à Boulel et Nioro un "décrochage" assez important des rendements de la biennale par rapport à la quadriennale. Si ce phénomène se confirme les années suivantes, les conclusions à tirer de l'expérimentation étudiée risquent de comporter une certaine ambiguïté. On pourra en effet expliquer de deux manières cette supériorité des rotations avec sole de régénération et enfouissement de matière végétale sur les rotations continues :

- soit par un effet spécifique de la matière organique enfouie croissant avec le temps et avec l'allongement de la période culturale

- soit par une maîtrise insuffisante des problèmes techniques posés par la culture continue.

Concernant la première explication on peut en effet faire valoir que, malgré les progrès accomplis dans ce domaine, le rôle, sur le sol, de la matière organique enfouie n'a pas encore été pleinement élucidé. Certains de ses aspects sont encore assez mal connus, en particulier, l'humification et les incidences sur la vie microbienne du sol. Il se peut que ces effets prennent de plus en plus d'importance avec le temps et qu'on ne puisse envisager, pour cette raison, de cultiver pendant de nombreuses années consécutives sans se préoccuper de fournir au sol une fertilisation organique suffisante.

Mais, par ailleurs, on ne saurait affirmer que, dans le cadre des essais étudiés, tous les facteurs de production, et, en particulier, la fertilisation minérale, aient été portés à leur optimum pour la culture continue. Dans ce dernier cas, en effet, les exportations sont plus importantes que dans la rotation avec sole de régénération. Il est possible que les fumures appliquées dans les essais, même en F2, soient insuffisantes pour certains éléments (potasse, soufre, oligoéléments). A l'appui de cette hypothèse, on peut noter qu'à Nioro, sur un essai voisin de l'essai rotation-assolement, l'essai "approche minérale", la culture continue est pratiquée depuis six ans sans qu'on ait observé la moindre baisse sur les rendements en fonction du temps ; la principale différence entre les deux essais consiste en ce que la fumure minérale appliquée sur le deuxième essai est plus importante et plus complète que sur le premier. Il se peut également que d'autres facteurs moins bien connus liés au retour fréquent du sorgho sur le même terrain (tous les deux ans) interviennent ; sécrétions racinaires toxiques, développement des parasites (nématodes et Fusarium, en particulier) etc...

Des études complémentaires incluant, notamment, un bilan analytique complet sur les sols des essais, seront donc nécessaires pour trancher entre ces deux hypothèses. Celles-ci ne s'excluent d'ailleurs pas et peuvent jouer concurremment.

Quoiqu'il en soit les résultats de ces essais incitent à la prudence, et militent en faveur du maintien des rotations avec soles de régénération et enfouissement de matière végétale, tant que les problèmes posés par la culture continue n'auront pas été totalement résolus et que le rôle de la fertilisation organique n'aura pas été mieux élucidé.

82.- Rôle de la fumure verte dans le système cultural

Malgré l'amélioration que procure la fumure verte, tant sur le sol que sur les rendements, on peut se demander si, d'un point de vue économique, ces augmentations sont suffisantes pour justifier la vulgarisation de cette technique pour toutes les écologies et tous les systèmes de culture. Pour l'exploitation agricole, la sole de fumure verte représente en effet un certain travail et surtout une superficie peu productive. Il est certain que, malgré les différences de rendements, les rotations continues sont beaucoup plus payantes, pour l'exploitant, que les rotations interrompues par une sole "régénération". On serait donc tenté, dans un souci d'amélioration de la productivité et d'intensification de la culture, de supprimer cette sole "improductive" et ceci d'autant plus facilement que la pression démographique est plus élevée.

En fait la question n'est pas si simple car deux des fonctions de la fumure verte prennent, du point de vue économique une importance primordiale :

- . la fonction travail du sol
- . le rôle de la sole fourragère.

821 - La fumure verte en tant que modalité de travail du sol

La fumure verte représente une modalité particulièrement intéressante de travail du sol puisqu'à l'action du labour proprement dite, s'ajoute l'effet sur la structure de la matière verte enfouie (facteurs biologiques) et que, d'autre part, sous certaines conditions, son effet sur le profil cultural est beaucoup plus durable que celui d'un labour ordinaire. Mais il y a plus : la fumure verte est, en fait, dans les régions à courte saison des pluies, la seule modalité possible de travail profond du sol.

En raison de la brièveté de la saison des pluies, de la soudaineté de son apparition et de la nécessité impérieuse d'un semis précoce, il est en effet pratiquement impossible dans les zones sahéliennes et sahélo-soudaniennes d'effectuer un labour de préparation en début de saison. A fortiori, est-il impossible, dans ces mêmes régions, d'effectuer un labour de fin de campagne avec ou sans enfouissement de pailles. Cette question a déjà été évoquée précédemment.

En voulant, en effet, profiter de la première pluie importante pour réaliser un labour, l'agriculteur court le risque d'avoir à retarder son semis de 2 à 3 semaines, ce qui ne peut être envisagé.

Dans ces zones où le labour en humide est impossible ou hasardeux, on pourrait envisager d'effectuer un travail de préparation en sec (labour ou dent sous-soleuse en passage croisé) puisque cette technique a donné, expérimentalement, de bons résultats. Malheureusement elle exige des forces de traction très élevées et ne peut être pratiquement réalisée que sur des sols particulièrement sableux. Sa vulgarisation est difficilement envisageable. Pour ces régions désertées le labour de fumure verte reste finalement la seule méthode sûre de réalisation d'un travail profond du sol au cours de la rotation. Connaissant l'importance de ce dernier facteur dans l'amélioration de la porosité du sol, de l'enracinement et des rendements, il serait illogique de se priver de la seule chance de le faire intervenir. Il se trouve de surcroît, que la résultante d'action sur le profil cultural, et les rendements du labour de fumure verte est plus importante et plus durable que toute autre forme de travail du sol (du moins quand les normes, définies plus haut, de culture, d'enfouissement et de reprise du terrain sont parfaitement respectées).

822 - La jachère ou l'engrais vert en tant que sole fourragère

Les besoins nutritifs du bétail de trait peuvent être, la plupart du temps, couverts par les résidus de récolte (fanés d'arachide, graines de coton, pailles de riz, sons de mil etc...) à condition que la culture atteigne un degré suffisant d'intensification. Il est cependant préférable de disposer d'une certaine marge de sécurité sous forme de sole fourragère. Ceci devient indispensable lorsque vient s'ajouter au bétail de trait un cheptel de rente. Quelle est alors la formule la plus intéressante de sole fourragère ?

Les études menées à l'IRAT-Sénégal sur les cultures fourragères permettent de donner une réponse sans équivoque à cette question. On peut la formuler ainsi :

. La jachère annuelle fournit à Bambey, dans de bonnes conditions de fertilité (travail du sol et fertilisation minérale) une production de l'ordre de 3 à 4 t/ha de matière sèche, soit à peine de quoi nourrir un boeuf de travail pendant six mois. A Séfa la production peut atteindre 8 à 9 t/ha. La deuxième année d'installation voit souvent une baisse de production (modification de la flore) baisse qui est rattrapée les années suivantes. La jachère de longue durée, exploitée annuellement par fauche ne produit pas sensiblement plus que la jachère de première année.

. La durée (plus de sept mois) l'exceptionnelle aridité de la saison sèche constituent un handicap sérieux pour l'installation de prairies temporaires. Un certain nombre de plantes d'introduction, - surtout les graminées, - se sont, malgré tout, montrées capables de surmonter cet handicap et de fournir à Bambey une production de l'ordre de 5 à 6 t/ha de matière sèche à partir de la deuxième année d'exploitation soit à peine plus qu'une jachère naturelle améliorée par le travail du sol et l'engrais. Le supplément de rendement ne compense pas les frais élevés d'installation et d'entretien de cette prairie.

A Séfa, les productions sont plus importantes, mais les rapports de production et les conclusions sont sensiblement les mêmes. La vulgarisation de la prairie temporaire paraît donc prématurée.

Le rôle de ces prairies temporaires dans l'amélioration du profil cultural a déjà été souligné ; les graminées pérennes telles que *Cenchrus setigerus* et *Cenchrus ciliaris* installées après un labour améliorent très nettement la structure de la zone correspondant au travail du sol.

L'exploitation de la jachère annuelle, par fauche, peut fort bien se combiner avec la technique de la fumure verte ; on peut par exemple effectuer une fauche à la fin du mois d'août, ce qui correspond au début de la croissance, et enfouir les regains ; ou, dans le but d'accroître la production fourragère, retarder la fauche jusqu'en fin septembre (début de l'épiaison). Le labour d'enfouissement sera réalisé peu après. Dans ce dernier cas le manque à gagner par rapport à une fauche tardive (début novembre) sera peu important et la qualité de la production fourragère sera certainement meilleure.

L'exploitation de la jachère annuelle par pâturage est par contre peu conseillée en raison d'une part, du gaspillage inévitable de fourrage et, d'autre part, de l'effet de tassement sur le sol humide.

. Les mils et sorghos offrent, de loin, les meilleures ressources pour la production fourragère. Dans les essais réalisés à Bambey en 1967 des niveaux de production de matière sèche de 14 t/ha pour le sorgho, 11 t/ha pour le mil sanio et 10 t/ha pour le mil souna ont été atteints avec une fertilisation modérée.

Or les conditions optima d'exploitation des mils et sorghos fourragers correspondent aux techniques actuellement préconisées pour les cultures de mil et sorgho engrais vert. Le semis en lignes à 50 cm d'écartement peut être adopté dans les deux cas. La fauche peut intervenir pour le sorgho et le mil sanio à la fin de la saison des pluies, soit fin septembre début octobre, elle précèdera alors de peu l'épiaison et procurera ainsi un fourrage d'excellente qualité ; le manque à gagner de la production ne sera pas très important et il sera possible, à cette date, de réaliser un labour en enfouissant les résidus de coupe et les plateaux de tallage. Le mil souna se prête encore mieux à la combinaison des deux objectifs : production fourragère et fumure verte. Le stade début épiaison se situe en effet pour cette plante fin août-début septembre. Il est recommandé d'effectuer une fauche à cette date. Après cette fauche, le regain est important. On pourra soit le couper, soit l'enfouir fin septembre.

En résumé, le problème de la sole fourragère dans l'exploitation pose à nouveau celui de la fumure verte. Ces deux notions ne doivent pas être dissociées, il serait en effet tout à fait regrettable, pour obtenir un faible supplément de production fourragère, de laisser passer l'occasion d'effectuer un labour de fin de campagne avec enfouissement de matière verte (si faible en soit la quantité) et de perdre ainsi un important bénéfice pour le sol.

Inversement il ne paraît pas nécessaire, dans la plupart des cas, de sacrifier une partie importante de la production fourragère pour accroître la quantité de matière verte à apporter au sol.

Les deux techniques sont parfaitement conciliables et les combinaisons possibles entre les deux, très nombreuses. Cette souplesse dans les modalités de réalisation permettra, suivant les situations de mettre l'accent tantôt sur la production fourragère, tantôt sur l'amélioration du profil cultural, sans jamais sacrifier complètement un objectif pour l'autre.

9.- LES TRAVAUX DE PREPARATION DU SOL AUTRES QUE LE LABOUR

On distinguera ici deux types de travaux :

- le "pseudo-labour" correspondant à des travaux effectués à une profondeur inférieure ou égale à celles des labours, sans qu'il y ait retournement du sol
- le sous-solage profond.

91.- Les "pseudo-labours"

Parmi les instruments de pseudo-labour qui ont été expérimentés on peut citer : la dent sous-soleuse type GOUVY (travaillant à une dizaine de centimètres de profondeur), les appareils à dents rigides ou souples, les appareils à disques : déchaumeurs ou pulvérisateurs. La comparaison avec le labour est assez délicate car il y a non seulement différence dans la modalité de travail, mais aussi dans la profondeur de travail.

Au Sénégal, des expériences ont comparé, à différents niveaux de fertilisation, l'action du labour et celle d'un pseudo-labour à la dent sous-soleuse GOUVY (à Bambey) ou au canadien (Boulel, Nioro-du-Rip, Sinthiou-Malème). Il s'agit des essais "Travail du sol x Fertilisation" déjà précédemment évoqués.

Les résultats concernant arachide et sorgho figurent dans le tableau n° 10. Il s'agit de la moyenne des résultats obtenus sur plusieurs années. La comparaison est faite partout au niveau fumure forte.

Comme on peut s'en rendre compte, l'action du pseudo-labour à la dent sous-soleuse en sec ou au canadien en humide n'est pas négligeable et procure assez souvent, des améliorations de rendements sensibles allant de 7 à 24% du témoin. Les gains sont toutefois nettement moindres que dans le cas du labour à la charrue et les résultats moins constants.

Au Sénégal, dans les essais "Modes de préparation x Dates de semis", on a comparé les effets du labour et ceux d'un scarifiage à la houe "patte d'oie" réalisé en sec ou en humide, par rapport à un témoin non travaillé.

Les résultats figurent dans le tableau n° 11. Le protocole des essais a subi quelques modifications entre 1967 et 1968.

Tableau n° 10

Effets comparés des différents travaux du sol sur les rendements en arachide et en sorgho

Culture	Localisation Sol	Années de comparaison		Conditions de réalisation			Rendements kg/ha			Plus value % du T.	
		Période	Nom- bre	Té- moïn	Dent	Charrue	Té- moïn	Dent	Char- rue	Dent	Char- rue
Arachide (Gousses)	Bambey Sol Dior	1961- 68	7	Iler	Dent sous- soleuse Gouvy en en croisé à sec	A versoir passage à sec	1127	1205	1545	+ 7	+ 37
	Boulel Sol F.T.L.	1965- 67	2	Iler	Canadien en croisé à sec	A versoir A sec ou en humide	1445	1692	1735	+17	+ 20
	Nioro du Rip Sol F.T.L.	1966	1	Iler	Canadien en croisé à sec	A versoir en humide	2178	2357	2291	+ 8	+ 5
	Sinthiou Malème Sol F.T.L.	1965- 68	2	Baba	Canadien en croisé à sec	A versoir en humide	2527	2392	2586	- 6	+ 2
Sorgho (Grains)	Bambey Sol Dek	1961- 64	4	Iler	Dent sous- soleuse en sec	Charrue à versoir en humide	1217	1358	1702	+12	+ 40
	Boulel Sol F.T.L.	1966- 68	2	Iler	Canadien en croisé à sec	A versoir en humide	1383	1613	2043	+17	+ 48
	Sinthiou Malème Sol F.T.L.	1967	1	Daba	Canadien en croisé à sec	A versoir en humide	1798	2221	2793	+24	+ 56
	Nioro du Rip Sol F.T.L.	1967	1	Iler	Canadien en croisé à sec	A versoir en humide	2719	2612	3358	- 4	+ 23

Le travail à la houe en sec a été effectué en 1967 avec la "patte d'oie" et en 1968 avec le canadien. Le scarifiage à la houe en humide a été réalisé les 2 années à la "patte d'oie". Pour la première date de semis, la moyenne était calculée, en 1967, sur des labours réalisés à trois époques différentes : en fin de saison des pluies précédente, en fin de saison sèche et en début d'hivernage ; en 1968 on ne faisait intervenir que les deux premiers types de labours.

Comme on peut s'en rendre compte, le scarifiage à la houe est toujours inférieur au labour. La comparaison avec un témoin non travaillé est possible pour le scarifiage en sec ; elle n'est favorable à ce dernier traitement que dans un cas sur quatre, alors que dans tous les cas le labour apporte une plus value sensible.

Tableau n° 11

Effets comparés du labour et du scarifiage à la houe sur les rendements de différentes cultures (kg/ha)

Localisation sol	Culture	Année	1ère date de semis			2ème date de semis		
			Témoin	Houe		Moyenne des labours	Houe en humide	Labour
				en sec	en humide			
Niéro Sol F.T.L.	Sorgho	1967	-	3894	3675	4017	-	3020
		1968	2054	1810	-	2563	2165	2612
Sol F.T.L.	Arachide (gousses)	1967	-	2302	2310	2584	-	2136
		1968	2296	2564	-	2390	2354	2406
Sinthiou	Maïs (grains)	1967	-	1747	1962	2338	-	1801
		1968	1322	1258	-	1678	1597	1925
Malème Sol F.T.L.	Cotonnier (Coton grains)	1967	-	2642	2314	3015	-	2539
		1967	1594	1439	-	1761	1752	1984

Des observations du même ordre ont été faites au Niger où l'on comparait à Tarna, en sol dunaire et sur arachide et mil les traitements suivants :

- Témoin, simple nettoyage
- Labour à 10 cm à la charrue 10' Arara
- Sous-solage à 20 cm au pic fouilleur
- Scarifiage à 5 cm à la houe manga

L'essai a été mis en place en 1965. Le scarifiage donne dans chaque cas environ 50% du rendement des labours. Un essai similaire est en cours à Magaria et donne, ne première année, les mêmes renseignements.

92.- Le sous-solage profond

Quelques essais ont été réalisés à Bambey au Sénégal, sans qu'il y ait comparaison systématique avec d'autres travaux du sol et, en particulier avec le labour.

Si, dans les sols sableux, il est à peu près certain que le sous-solage peut avoir une action favorable sur le sol et la végétation il n'en est pas moins vrai que cette action est éphémère. Il pourrait difficilement en être autrement dans des sols dont la cohésion et la stabilité structurale sont faibles à l'état humide. Cette technique onéreuse nécessitant de puissants moyens de traction ne doit donc être envisagée ici que dans des cas particuliers.

En Côte d'Ivoire, le sous-solage a fait l'objet d'une étude plus approfondie. On passera successivement en revue :

- l'action sur le sol
- l'action sur l'enracinement et les rendements.

921- L'action sur le sol

Dans les semis effectués, l'action du sous-solage n'a pas eu d'influence décelable à l'oeil sur l'ensemble du sol (structure, humidité). Elle s'est traduite par un ameublissement très localisé (zone de passage des pièces travaillantes) et souvent fugace. Il faut noter que l'action du sous-solage peut se présenter de façon très différente suivant les parcelles. Sur une coupe verticale perpendiculaire à l'axe de travail, nous avons observé les deux cas suivants :

a) une galerie à la base à partir de laquelle s'amorcent deux plans faisant un angle d'environ 45° avec l'horizon et remontant vers la surface, déterminant un cône à ouverture dirigée vers la surface. Dans le volume ainsi défini, la terre est ameublie, fragmentée, aussi bien dans l'horizon humifère que dans les horizons inférieurs extrêmement fermes.

b) une galerie à la base se rétrécissant rapidement vers le haut et se continuant jusqu'à la surface par une fente étroite aux parois plus ou moins lisses. La galerie est remplie de terre meuble, dont une partie vient de l'horizon supérieur. La fente est souvent vide.

Si dans le cas a) on crée des conditions de sol vraisemblablement favorables à l'enracinement, ceci est beaucoup moins évident dans le cas b).

922.- Action sur l'enracinement et les rendements

L'action sur l'enracinement est directement liée à celle sur le sol que nous venons de voir.

L'action du sous-solage sur l'enracinement dépend :

- de la persistance des **transformations subies** par le sol
- des **façons culturales** qui ont suivi le sous-solage
- du type de système racinaire de la plante cultivée (pivotant ou fasciculé).

Dans le cas où il n'y a plus de traces du sous-solage, nous n'avons jamais noté d'influence sur l'enracinement.

Dans le cas où l'effet du sous-solage est encore visible dans sa totalité (corps sous-soleur et étauçon), quelles que soient les façons superficielles, on observe :

- Pour les systèmes fasciculés (riz) une mise à profit de la zone ameublie en profondeur qui est très exploitée par les racines, dans presque tous les cas.

- Pour les systèmes pivotants (coton) le pivot ne bénéficie de l'effet d'ameublissement que si le semis a été effectué exactement à l'aplomb de la raie de sous-solage. Il suffit qu'il y ait un décalage d'une dizaine de centimètres pour que le pivot ne puisse pas pénétrer dans la zone sous-solée.

Dans le cas où seule la zone ameublie par le corps sous-soleur subsiste, l'utilisation de cette zone dépend des façons qui ont suivi le sous-solage.

- si le sous-solage a été suivi d'un labour ameublissant les 25 premiers centimètres du sol, le système racinaire bénéficie de l'ameublissement en profondeur avec les différences faites dans le cas précédent entre riz et coton.

- si il n'y a pas d'ameublissement superficiel (par exemple, simple travail à la daba), le système racinaire ne profite absolument pas de l'effet du sous-solage dans le cas des systèmes pivotants du cotonnier, il en profite très faiblement dans le cas des racines fasciculées du riz.

Nous pouvons dire en conclusion que l'effet du sous-solage sur les cotonniers est très aléatoire et nécessite, pour qu'il soit important, une mise en place des cultures très soignée. Par contre, il est plus net sur l'enracinement du riz, mais il est certainement moins intéressant étant donné l'importance et l'éparpillement du système racinaire de cette graminée.

Dans aucun cas, que ce soit sur coton, sur maïs ou sur riz, le sous-solage n'a permis de mettre en évidence des augmentations de rendement.

10.- LES AUTRES TRAVAUX DU SOL

Il s'agit des travaux d'entretien et des travaux de récolte.

101.- Les façons d'entretien

Les sarçlo-binages peuvent être réalisés avec deux types d'instruments :

- les machines travaillant en tous sens : herbes sarçleuses à dents flexibles ("Weeder") et houes rotatives ("Rotary-hoe"). Leur rôle dans la lutte contre l'herbe est très efficace mais leur action sur le sol est pratiquement nulle car leur travail est superficiel.

- les machines travaillant en lignes : houes équipées de diverses pièces travaillantes (sarçleuse, bineuses, butteuses). Elles peuvent travailler le sol à plus grande profondeur dans les interlignes des cultures.

Dans leur effet bénéfique sur les cultures, il est difficile de faire la part du sarçlage (destruction des adventices) et du binage (travail du sol). Le sarçlage a naturellement un rôle principal. Quant au binage, son action est présumée bénéfique parce qu'il brise la croûte qui se forme à la surface du sol après toute pluie importante ; il se pourrait qu'il y ait alors une réduction de l'évaporation en même temps qu'une meilleure aération du sol en profondeur et un accroissement de la perméabilité.

Des expérimentations sur l'intérêt de binages plus ou moins profonds et plus ou moins fréquents ont débuté récemment au Sénégal.

102.- Les travaux de récolte

La récolte des gousses d'arachide nécessite un arrachage préalable. En culture manuelle, on sectionne le pivot, à l'iler ou à la daba, à quelques centimètres au-dessous du plateau formé par l'ensemble des gousses et on retourne le pied. Le travail du sol est donc limité et localisé. En culture attelée, on passe sous la ligne d'arachide une lame souleveuse de 350 mm de large à 4 ou 5 cm de profondeur. L'intérêt pour le sol, de cette opération culturale ne paraît pas, dans ce cas, aussi négligeable qu'on pourrait le croire à priori.

La récolte de l'arachide est souvent suivie en culture traditionnelle, d'un glanage pour ramasser les gousses restant en terre. Ce glanage produit une pulvérisation poussée du sol en surface qui favorise grandement le développement de l'érosion éolienne en saison sèche. Cet exemple illustre très bien ce qui a été dit plus haut sur la distinction qu'il y a lieu de faire entre les notions de profondeur et d'intensité du travail du sol.

11.- CONCLUSION

Comme dans les pays tempérés, le travail profond du sol se révèle être, dans les zones tropicales, le moyen le plus efficace pour créer le profil cultural. Les conséquences sur le plan agronomique en sont importantes ; meilleur développement racinaire favorisant la croissance végétale et entraînant les augmentations de rendements sensibles sur la plupart des cultures. Son intérêt économique est donc notable.

Les labours constituent les modalités de travail profond du sol les plus efficaces et les plus généralisables. Parmi les labours, les labours d'enfouissement de matière végétale (pailles ou matière verte) se révèlent particulièrement intéressants, car à l'action du labour proprement dit, s'ajoute, sur la structure, l'effet spécifique de la matière végétale enfouie. Leur action sur le sol et les rendements est par ailleurs nettement plus durables que celle des labours ordinaires.

Dans les zones sahéliennes et sahélo-soudaniennes, les labours d'engrais vert ou de jachère constituent bien souvent les seules modalités possibles de travail profond du sol au cours de la rotation culturale. Il est possible dans tous les cas de combiner heureusement production fourragère et création du profil cultural./.

R E S U M E

Les opinions des agronomes divergent en ce qui concerne l'intérêt d'un travail profond du sol pour la zone tropicale sèche. Une mise au point s'impose donc pour tenter de mieux appréhender l'incidence du travail du sol sur le sol même et sur les cultures.

Contraintes pédoclimatiques en zone tropicale sèche

Celles-ci sont assez sévères. En raison de la faible durée de la saison des pluies et des baisses de rendements entraînés par les retards au semis, le travail de préparation du sol est souvent difficilement réalisable en début de saison des pluies. Il est par ailleurs impossible, la plupart du temps, pendant la saison sèche, par suite de la très forte cohésion du sol.

Essai d'analyse des mécanismes d'action du travail du sol sur le sol et les cultures

Le rôle du travail du sol peut s'envisager sous 3 aspects :

- lutte contre les adventices
- modification des propriétés physiques du sol
- incidence de ces modifications sur l'enracinement des cultures.

Le premier point représente un aspect bien connu et important du labour; un labour bien fait peut économiser un ou deux binages, ce qui est essentiel dans une zone où la lutte contre l'herbe constitue le souci majeur des paysans et le premier goulot d'étranglement de la production agricole. Ce rôle du labour, important dans la pratique agricole, n'est cependant pas suffisant pour rendre compte des augmentations de rendements observées dans des expérimentations soignées.

Les caractéristiques des sols modifiés par le travail du sol sont les suivantes :

- ameublissement
- régime hydrique
- stabilité structurale
- granulométrie
- matière organique et vie microbienne
- structure et porosité.

Les modifications qu'entraîne le travail du sol pour ces différentes propriétés sont examinées et leur incidence sur l'enracinement et la production des cultures est appréciée. Il apparaît que ce sont les changements qualitatifs et quantitatifs de la macrostructure et de la porosité qui sont susceptibles de rendre le mieux compte, dans la généralité des cas, de l'amélioration de la croissance et de la production végétale observée après réalisation des travaux profonds de préparation du sol. X

Des liaisons très étroites ont en effet été mises en évidence entre porosité et développement racinaire, système racinaire et rendements et finalement porosité et rendements. La qualité de la porosité semble d'ailleurs avoir autant d'importance que sa valeur globale, déduite des mesures de densité apparente. La porosité est souvent très faible dans les sols sableux et inférieure au seuil de 40% considéré par beaucoup d'auteurs comme une valeur minimum pour un enracinement satisfaisant. Ceci explique que le travail profond du sol puisse avoir une action très importante, même en sol sableux.

Effets des labours sur les cultures

Pour chaque culture on examine séparément les effets de deux types de labours : labours ordinaires et labours avec enfouissement de matière végétale. Les cultures sont les suivantes : arachide, mil, sorgho, maïs, riz, cotonnier. Dans tous les cas, les labours, qu'ils soient avec ou sans enfouissement, procurent des plus values importantes. Le nombre de résultats expérimentaux est assez variable suivant les cultures.

Ce nombre est particulièrement important pour l'arachide : 18 résultats expérimentaux avec labours ordinaires, dont 17 favorables, apportent une plus value moyenne de 310 kg/ha ou 29% en valeur relative; les résultats concernant les labours d'enfouissement sont à la fois plus nombreux et plus variables : 52 comparaisons annuelles dont 40 favorables au labour; la plus value moyenne est de 84 kg/ha, ou 6 % en valeur relative.

Sur sorgho il y a 12 résultats concernant les labours ordinaires; tous sont positifs; la plus value moyenne est de 622 kg/ha ou 52% en valeur relative. Les résultats concernant les labours d'enfouissement sont moins nombreux mais vont dans le même sens.

Pour chacune des cultures suivantes : mil, maïs, riz, cotonnier, les résultats sont encore peu nombreux mais néanmoins tous positifs. Les plus values peuvent être très importantes dans certains cas : c'est ainsi que les labours d'enfouissement sur maïs (3 résultats) procurent une plus value moyenne de 1056 kg/ha ou 117% en valeur relative.

Dans l'ensemble les résultats expérimentaux confirment donc largement ce que laissait prévoir l'analyse des mécanismes d'action du labour. Beaucoup de ces résultats, notamment dans le cas de l'arachide, sont acquis sur sols très sableux. Etant donné le nombre encore restreint d'expérimentations pour les cultures autres qu'arachide et sorgho, il est difficile de dire si les labours d'enfouissement procurent ou non des plus values de rendement supérieures à celles des labours ordinaires. Bien que la différence entre les deux types de labour ne soit pas considérable, il semble qu'elle soit à l'avantage des labours d'enfouissement pour toutes les cultures sauf l'arachide.

Dans ce dernier cas, en effet, les effets des labours ordinaires de préparation sont à la fois plus réguliers et plus importants que ceux du labour d'enfouissement. Il y aura lieu de rechercher les causes de cette différence. X

Interactions entre labours et engrais minéral

Dans le cas des labours ordinaires, sur trente essais, un seul cas d'interaction, statistiquement significatif, a été mis en évidence, sur sorgho en sol sableux : l'apport de fortes doses d'azote a été nettement valorisé par le travail profond. Pour les labours d'enfouissement, sur 71 résultats annuels concernant l'arachide avec fumure minérale faible, on ne note pas un seul cas d'interaction significatif. Par contre avec fumure minérale forte et emploi d'un phosphate naturel à haute dose, on note, dans certains essais, une action nettement plus forte de ce phosphate lorsqu'il y a labour d'enfouissement (interactions positives et significatives).

Modalités de réalisation des labours

Sont étudiés successivement :

- les facteurs communs aux deux types de labours : instruments utilisés, forces de traction, profondeur de travail, humidité du sol, époque de travail et interaction avec la date de semis, modelé du terrain par les labours;

- les facteurs propres aux labours d'enfouissement : nature du matériel végétal enfoui, durée de la sole de régénération, quantité de matière végétale enfouie, conditionnement de la plante avant enfouissement;

... le problème de la reprise des labours pour la préparation du lit de semences.

Rémanence d'action des labours

Pour les labours ordinaires, il y a peu de résultats concernant les effets résiduels; il semble que ceux-ci soient habituellement peu importants. Il en est de même pour les labours d'enfouissement lorsque la première culture est une arachide; par contre lorsque c'est une céréale les effets résiduels peuvent être importants; l'action résiduelle peut se prolonger encore si à une céréale succède une autre céréale. X

Place des labours dans la rotation et rôle de la sole de régénération

Dans les régions à très courte saison des pluies (Nord et Centre Sénégal, par exemple), les labours de préparation sont habituellement impossibles en raison des retards qu'ils provoquent pour le semis et des baisses de rendements qui s'ensuivent. La seule modalité régulièrement possible de labour est le labour d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert, parfois celui de labour d'enfouissement de pailles de céréale à court cycle.

Dans les régions à saison des pluies plus étalée, les labours de préparation du sol, soit en début, soit en fin de saison des pluies deviennent possibles. On peut, théoriquement, envisager la suppression de la jachère et de l'engrais vert et passer à la culture continue intensive, surtout lorsqu'il y a possibilité de réaliser des enfouissements de matière organique sous forme de pailles de céréales à court cycle. Certaines expériences de culture continue semblent cependant montrer que tous les problèmes posés par la culture continue ne sont pas encore entièrement maîtrisés : au bout de plusieurs années les rendements de la céréale baissent dans la rotation continue par rapport à ceux de la rotation avec engrais vert. Celui-ci constitue donc une assurance qu'il vaut mieux ne pas supprimer tant que l'on n'est pas certain d'avoir amené les autres facteurs de production à leur optimum. La pratique de la jachère enfouie ou de l'engrais vert se combine par ailleurs fort bien avec celle de la sole fourragère annuelle. X

Travaux de préparation du sol autres que le labour

Les effets des pseudo-labours à la dent sous-soleuse, du scarifiage à la houe et du sous-solage profond sont passés en revue. Toutes ces techniques présentent l'intérêt de pouvoir être appliquées en sec; elles apportent des plus values variables mais généralement inférieures à celles procurées par le labour.

Autres travaux du sol

Les façons d'entretien et les travaux de récolte sont rapidement évoqués. Les binages paraissent avoir assez peu d'intérêt en tant que travail du sol; l'arrachage de l'arachide à la lame souleveuse en culture attelée produit sur le profil cultural une action non négligeable, bien qu'assez superficielle.

Conclusion

Comme dans les pays tempérés, le travail profond du sol se révèle être, dans les zones tropicales, le moyen le plus efficace pour créer le profil cultural. Les conséquences sur le plan agronomique en sont importantes : meilleur développement racinaire favorisant la croissance végétale et entraînant les augmentations de rendements sensibles sur la plupart des cultures. Son intérêt économique est donc notable.

Les labours constituent les modalités de travail profond du sol les plus efficaces et les plus généralisables. Parmi les labours, les labours d'enfouissement de matière végétale (pailles ou matière verte) se révèlent particulièrement intéressants, car à l'action du labour proprement dit, s'ajoute, sur la structure, l'effet spécifique de la matière végétale enfouie. Leur action sur le sol et les rendements est par ailleurs nettement plus durable que celle des labours ordinaires.

Dans les zones sahéliennes et sahélo-soudaniennes, les labours d'engrais vert ou de jachère constituent bien souvent les seules modalités possibles de travail profond du sol au cours de la rotation culturale. Il est possible dans tous les cas de combiner heureusement production fourragère et création d'un profil cultural.