

CC/BN

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES
VIVRIERES

L'amélioration du profil cultural
dans les sols sableux et sablo-argileux de la
zone tropicale sèche Ouest-africaine et
ses incidences agronomiques

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

Tome III

Août 1970

C. CHARREAU
R. NICOU

CHAPITRE IV

LES EFFETS DE L'INTERVENTION HUMAINE SUR LE PROFIL CULTURAL ET LES RENDEMENTS AGRICOLES ; LE TRAVAIL DU SOL AVEC OU SANS ENFOUISSEMENT DE MATIERE VEGETALE

-0-0-0-0-0-

TOME III

1. Introduction
2. Contraintes pesant sur la réalisation des travaux de préparation du sol
3. Les labours
 31. Les divers types de labours et leurs modes d'action sur le sol
 32. Les effets directs des labours sur le sol et les cultures
 33. Les effets résiduels des labours sur le sol et les cultures
 34. Les effets cumulatifs des labours sur le sol et les cultures

TOME IV

35. Modalités de réalisation des labours
36. Reprise des labours et préparation du lit de semences
37. Interactions entre labours et engrais minéral
4. Travaux de préparation du sol autres que les labours
 41. Les pseudo-labours
 42. Combinaison de pseudo-labours et de labours
 43. Le sous-solage profond
5. Les autres travaux du sol
 51. Les façons d'entretien
 52. Les travaux de récolte
6. Conclusion

S O M M A I R E

CHAPITRE IV

LES EFFETS DE L'INTERVENTION HUMAINE SUR LE PROFIL CULTURAL ET LES RENDEMENTS AGRICOLES : LE TRAVAIL DU SOL AVEC OU SANS ENFOUISSEMENT DE MATIERE ORGANIQUE

-o-o-o-o-o-o-

TOME III

	<u>Pages</u>
1. Introduction	167
2. Contraintes pesant sur la réalisation des travaux de préparation du sol	169
21. Contraintes pédoclimatiques	169
22. Contraintes économiques	174
3. Les labours	176
31. Les divers types de labours et leur mode d'action sur le sol	176
311. Description	176
312. Mode d'action sur le sol	179
312 1. Facteurs intervenant avant la réalisation du labour	179
312 2. Facteurs intervenant pendant et après la réalisation du labour	181
32. Les effets directs des labours sur le sol et les cultures	182
321. Les effets directs du labour sur le sol	182
321 1. Effets sur la structure du sol	182
321 11. Observations morphologiques	182
321 12. Mesures de porosité	183
321 13. Mesures d'ameublissement	186
321 14. Mesures de stabilité structurale	187
321 15. Evolution de la structure au cours de la saison des pluies	187
321 2. Effets directs des labours sur le régime hydrique des sols	190

321 21.	Réduction de l'évaporation et conservation du stock d'eau du sol pendant la saison sèche	190
321 22.	Amélioration de l'influence de l'eau dans le sol	191
321 23.	Amélioration de l'utilisation, par la plante, des réserves hydriques du sol	194
321 3.	Effets des labours sur la composition granulométrique et chimique de la couche travaillée	198
321 4.	Labour et susceptibilité à l'érosion	200
321 5.	Effets du labour sur la matière organique et la vie microbienne	202
321 6.	Conclusion sur les effets directs du labour sur le sol	203
322.	Les effets directs des labours sur les cultures	203
322 1.	Les effets des labours sur les adventices des cultures	203
322 2.	Effets des labours sur l'enracinement des cultures	205
322 3.	Effets directs des labours sur le développement végétatif et le rendement des cultures	210
322 31.	Résultats obtenus sur le mil	211
322 32.	Résultats obtenus sur le sorgho	212
322 33.	Résultats obtenus sur le maïs	213
322 34.	Résultats obtenus sur le riz pluvial	213
322 35.	Résultats obtenus sur cotonnier	215
322 36.	Résultats obtenus sur arachide	216
322 37.	Résultats obtenus sur niébé	220
322 38.	Récapitulation des effets des labours sur les rendements des différentes cultures	220
33.	Les effets résiduels des labours sur le sol et les cultures	222
331.	Effets résiduels de première année	222
331 1.	Effets résiduels de 1ère année sur le sol	222
331 11.	Facteurs secondaires de conservation du profil: pluviométrie, techniques culturales associées à la plante test, caractéristiques du labour	223

331 12. Facteurs principaux de conservation du profil: types de labour et nature de la plante test	224
331 2. Effets résiduels de 1ère année sur les cul- tures	229
331 21. Effets résiduels après mil	229
331 22. Effets résiduels après sorgho	229
331 23. Effets résiduels après maïs	230
331 24. Effets résiduels après riz	231
331 25. Effets résiduels après cotonnier	234
331 26. Effets résiduels après arachide	236
331 3. Conclusion sur les effets résiduels de première année du labour	240
332. Effets résiduels de deuxième année	241
332 1. Effets résiduels de deuxième année sur le sol	241
332 2. Effets résiduels de deuxième année sur les cultures	242
333. Evolution pluriannuelle des effets du labour d'en- fouissement sur le sol et les cultures	244
334. Conclusion sur la remanence d'action des labours	246
34. Effets cumulatifs des labours sur le sol et les cultures	246

1 - INTRODUCTION

D'après ce qui vient d'être vu, les facteurs naturels : climats, sols et végétation de type herbacé ne peuvent suffire, par eux-mêmes, à créer une structure favorable au développement du système racinaire et à la croissance végétative des plantes cultivées dans les sols à dominante sableuse de la zone tropicale sèche Oues-africaine. On peut alors penser à recourir à ces moyens d'intervention plus puissants que constituent les facteurs mécaniques, associés ou non aux facteurs biologiques. En pays tempérés, où ils sont utilisés depuis longtemps, les agronomes s'accordent en effet à leur reconnaître un rôle essentiel dans la création et la conservation d'un profil cultural satisfaisant.

Malgré les bouleversements récents introduits par le développement des herbicides, qui ont quelque peu réduit son rôle, le travail du sol conserve une place de choix parmi les facteurs de productivité agricole et peu d'agriculteurs mettent sérieusement en doute son utilité, voire sa nécessité.

Or, dans les systèmes de culture traditionnelle de la zone tropicale sèche Oues-africaine, il se trouve que le travail profond du sol est à peu près inconnu.

Cette affirmation demanderait bien sûr à être nuancée en fonction des variétés de climats, 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 5cm 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, a été et reste encore 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 du travail du sol sur le sol lui-même et les cultures.

Pour ce faire, on s'efforcera d'analyser les modifications des propriétés physiques du sol résultant de l'intervention des facteurs mécaniques et d'expliquer, par ces modifications, celles qui sont observées dans le comportement des plantes. Même dans le cas des labours d'enfouissement de matière végétale où les facteurs mécaniques n'interviennent plus seuls, mais sont associés aux facteurs biologiques, interférant ainsi avec les propriétés chimiques et la matière organique des sols, on ne considérera que les propriétés physiques et on tentera de caractériser leurs répercussions sur la croissance des plantes. Les incidences sur le bilan humique des sols et leurs conséquences agricoles seront étudiées ultérieurement.

On examinera d'abord les contraintes diverses pesant sur la réalisation des travaux de préparation du sol, puis l'action sur le sol et les cultures des labours avec ou sans enfouissement de matière végétale, celle des autres travaux de préparation du sol et enfin celles des façons d'entretien et des travaux de récolte.

2 - CONTRAINTES PESANT SUR LA REALISATION DES TRAVAUX DE PREPARATION DU SOL.-

Ces contraintes sont de deux sortes : pédoclimatiques et économiques.

21. Contraintes pédoclimatiques

La faible durée de la saison des pluies utiles est le principal facteur limitant dans la zone tropicale sèche Ouest-africaine de la production agricole. On a vu (II, 14) que pour l'ensemble de la zone elle variait de 60 à 150 jours.

Il est donc essentiel que l'agriculteur 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, sur les plantes les plus variées sont concordantes à ce sujet.

Diverses hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer cette nécessité des semis précoces.

Les plus courantes sont celles qui font appel aux liaisons entre la plante et divers éléments du climat : alimentation hydrique, pluie et floraison, durée d'ensoleillement, photopériodisme etc... D'autres font intervenir l'action érosive des pluies de début de saison, action aggravée par un semis retardé, laissant le sol nu. D'autres enfin, -et qui paraissent les plus probantes et les plus généralisables,- mettent l'accent sur les processus biologiques se déroulant dans le sol en début de saison des pluies. BLONDEL (9) a en effet montré que les premières pluies déclanchaient dans le sol un processus de minéralisation de l'azote très rapide et très fugace ("pic" de minéralisation) ainsi qu'une reprise "explosive" de la vie microbienne. La plantule bénéficie ainsi d'excellentes conditions de nutrition azotée et la radicelle se développe dans un milieu microbien favorable. Ces conditions fugaces ne se retrouvent pas par la suite : le taux d'azote minéral et les sources carbonées nécessaires à l'activité des microorganismes diminuent rapidement; l'activité biologique globale devient faible et l'équilibre microbien deviendrait moins favorable à la plantule (augmentation relative des saprophytes). C'est sans doute principalement pour ces dernières raisons que, très généralement, la croissance des plantes semées dès les premières pluies est plus rapide que celles des plantes à semis retardé; dans les cas extrêmes on peut même observer un blocage presque complet de la croissance peu après la levée, et ceci en présence de fumures minérales convenables.

Quelles que soient les validités respectives de ces divers arguments, - qu'il conviendrait d'examiner dans chaque cas particulier, - un fait n'en paraît pas moins bien établi : la nécessité des semis précoces. Certaines plantes, comme le sorgho et le maïs, peuvent se montrer plus tolérantes que d'autres maïs, d'une manière générale, la règle souffre peu d'exception et les retards au semis sont pénalisés par des baisses de rendements proportionnelles à la longueur du retard. Cette règle n'est pas ignorée dans les systèmes de culture traditionnels puisque les paysans sénégalais, par exemple, ont coutume de semer le mil en sec, de façon à ce qu'il lève dès la première pluie, n'hésitant pas à courir le risque d'avoir à recommencer le semis une ou plusieurs fois en cas de sécheresse prolongée.

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, insuffisantes pour que le semis soit effectué dans de bonnes conditions et assuré de réussite, mais tout à fait suffisantes pour permettre d'effectuer les travaux de préparation du sol alors que celui-ci se trouve à un taux d'humidité convenable. Cela n'entraîne donc pas de véritable retard dans la date de semis.

Par contre, au Sénégal, en raison d'un certain retard de progression du Front intertropical (1) vers le Nord-ouest, 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, alors qu'elle est de quarante à Djénné (Mali), de quarante quatre à Maiduguri (Nigéria) et de cinquante et un à Fort-Lamy (Tchad), localités qui sont comparables par ailleurs à Bambey, tant en ce qui concerne la hauteur moyenne annuelle de pluies (600-700 mm), que la durée de la saison des pluies utile (autour de 120 jours). (22).

(1) Surface des contacts des vents de mousson provenant de l'Atlantique et des vents secs du Nord-est, issus des anticyclones Nord-africains.

Concrètement, cela signifie que, dans le Nord et le Centre du Sénégal, il est assez rare de pouvoir travailler le sol en humide avant la pluie de semis. Celle-ci se caractérise par une hauteur d'eau variant de 20 à 40 mm; 20 si elle tombe tardivement en saison et que la probabilité d'être suivie, dans un délai assez court, par d'autres pluies, est forte; 40 dans le cas contraire (hivernage précoce). Si l'on profite de cette pluie pour travailler le sol, cela revient pratiquement à prendre le risque de repousser la date de semis d'un délai variable suivant les localités et les années, avec toutes les conséquences de baisse de rendement que cela peut entraîner. A moins de travailler sur de petites surfaces ou de disposer d'un équipement important (hors de portée du paysan moyen) il est en effet impossible de semer aussitôt après avoir labouré ni même le lendemain. Or, passé un délai de deux jours après la pluie, le semis n'est pas recommandé car, l'évaporation étant très forte et la capacité de rétention pour l'eau du sol, faible, l'humidité du sol, dans l'horizon superficiel, sera devenue insuffisante pour assurer une germination et une levée convenables. Il faut alors attendre la prochaine pluie importante qui peut n'intervenir que beaucoup plus tard.

On a cherché à apprécier le risque encouru par le paysan sénégalais lorsqu'il choisit cette solution. Pour ce faire, on a rassemblé quelques données extraites d'un recueil édité par l'Aménagement du territoire (1) et concernant la pluviométrie de plusieurs stations du Sénégal. Y figure, notamment, la répartition, par fréquence, des délais séparant les deux premières pluies "utiles" de la saison, la deuxième pluie "utile" se définissant comme une pluie (ou un groupe de pluies rapprochées) supérieure à 20 mm.

TABLEAU N° IV-1

Caractéristiques pluviométriques de quelques stations du Sénégal

Données pluviométriques Stations	Valeurs moyennes de la saison des pluies				Répartition par fréquence des délais séparant les 2 premières pluies importantes de la saison (sur 10 cas)				
	Hauteur d'eau mm	Date début	Date fin	Durée	Moins de 5 j	5 à 10 j	10 à 15 j	15 à 20 j	Plus de 20 j
Louga	481	14-7	28-9	76	0,8	2,6	2,2	2,2	2,2
Linguère	512	5-7	9-10	97	1,6	3,4	1,8	1,6	1,6
Diourbel	684	25-6	8-10	104	1,5	1,8	0,6	2,7	3,4
Kaolack	792	19-6	18-10	121	1,5	2,1	1,2	1,8	3,4
Kaffrine	762	19-6	11-10	115	0,6	2,3	3,2	2,3	1,6
Tamba	964	9-6	14-10	127	2,2	4,7	2,2	0,6	0,3
Kolda	1290	8-6	21-10	135	0,6	3,4	4,1	1,6	0,6
Ziguinchor	1543	13-6	22-10	132	3,0	4,0	1,5	0,6	0,9

A la lecture de ce tableau, il apparaît que le risque encouru par le paysan est d'autant plus grand que la pluviométrie est plus faible et la saison des pluies plus courte. C'est ainsi que l'agriculteur du Nord et du Centre Sénégal court 3 à 6 fois sur 10 le risque d'avoir à retarder son semis de plus de 15 jours, tandis que pour l'agriculteur du Sénégal oriental ou de la Casamance ce risque est seulement de 1 à 2 fois sur 10.

Le risque est encore aggravé pour le premier agriculteur du fait que la date de la première pluie utile est nettement plus tardive et la saison des pluies plus courte que dans les zones orientales et méridionales. Dans la pratique, il est tout à fait impossible à cet agriculteur d'effectuer ce labour de préparation sans risque de compromettre gravement sa récolte.

Il est assez difficile de vouloir tracer une frontière nette entre les zones où le labour de préparation est possible et celles où il est à proscrire en raison des aléas climatiques. Les chiffres du tableau ne fournissent à ce sujet qu'une indication générale; il serait nécessaire, pour une meilleure appréciation des risques, de préciser davantage la définition des critères pluviométriques et de compléter l'analyse fréquentielle. Il convient également, pour chaque plante, de peser les avantages d'une préparation du sol et les inconvénients d'un semis retardé. Tel est, entre autres, l'objet d'une série d'essais mis en place au Sénégal et dont les résultats seront exposés plus loin. On se contentera d'admettre pour l'instant que, dans l'exemple sénégalais et d'après les chiffres du tableau, le travail de préparation en humide est possible dans toute la zone orientale et méridionale (stations de Tambacounda, Kolda, Ziguinchor) alors qu'il est déconseillé dans les zones Nord et Centre (stations de Louga, Linguère, Diourbel). Entre les deux s'étend une zone d'incertitude correspondant au Sine Saloum et pour laquelle la réponse devra être recherchée dans l'examen détaillé des données expérimentales et de l'analyse fréquentielle des pluies.

Devant la sévérité des contraintes pesant sur la réalisation des travaux de préparation du sol en humide dans la région septentrionale de la zone, les agronomes ont été incités à porter leur attention sur les travaux de préparation du sol effectués en fin de saison sèche, avant que le sol ne soit humidifié par les pluies. Le sol se trouve alors dans un état de dessèchement extrême; l'humidité dans les 20 centimètres superficiels correspond à des valeurs de p^F comprises entre 4,8 et 6,5; il faut descendre jusqu'à environ 1 mètre de profondeur pour trouver une humidité supérieure à la valeur du p^F 4,2. En même temps que le sol se dessèche, il devient plus cohérent. On a présenté plus haut (II, 222) un tableau (N° II-17) comparant les forces de résistance à la pénétration en saison sèche et en saison humide dans divers sols du Sénégal. Nous pensons utile de rappeler ici ces valeurs.

Tableau n° IV-2

Forces de résistance à la pénétration en saison sèche et en saison humide

Sols et Horizons	Argile + Limon %	Humidité %			Saison sèche F en kg				Saison des pluies F en kg			
		Capacité de rétention.	pF 4,2	Fin de saison sèche	Nombre d'essais	Moyenne	Maximum	Minimum	Nbre d'essais	Moyenne	Maximum	Minimum
Dior 0-20	3-7	5-6	1,5-2,0	0,3-2,0	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
Dek 0-20	8-12	8-9	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	18	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 compacité existant entre les sols à l'état humide et les mêmes sols à l'état sec. En considérant les sols à l'état humide comme sols meubles, les rapports de forces de résistance à la pénétration en saison humide sur les mêmes forces en saison sèche définiront les coefficients d'ameublissement de ces sols en saison sèche. Les valeurs moyennes de ce coefficient sont pour l'horizon 0-20 cm de 0,28 pour le sol Dior et de 0,14 pour le sol Dek; pour l'horizon 20-40, ces valeurs deviennent : 0,26 pour le sol Dior et 0,21 pour le Dek.

Ces différences observées dans les forces de résistance à la pénétration se retrouvent dans les efforts nécessités par la traction des instruments aratoires mesurés, au Sénégal, par LE MOIGNE (53).

C'est ainsi 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 23 cm de large, demande une force de traction de 90 à 110 kg, soit un effort spécifique de 30 à 36 kg par dm² de surface de sol travaillée; 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 7,5 cm de profondeur sur 23 cm de large demande un effort de traction moyen de 140 kg, avec des pointes à 240 kg. Ces chiffres correspondent à un effort spécifique moyen de 82 kg par dm² de surface de sol travaillée et un effort spécifique maximum de 145 kg/dm².

En faisant le rapport des efforts spécifiques en saison humide et en saison sèche, on constate que les valeurs obtenues varient entre 0,21 et 0,44, chiffres qui ne sont pas très éloignés de ceux obtenus en faisant le rapport de forces de résistance à la pénétrométrie en sol Dior humide et sec, (valeur moyenne : 0,28).

En sol Dek humide (capacité de rétention) un labour à la charrue de 10 pouces sur une largeur de 24 à 25 cm et une profondeur de 15 à 16 cm demande une force de traction de 220 à 250 kg, soit un effort spécifique dépassant 50 kg/dm². Lorsque le même sol Dek est pris en saison sèche, il est desséché et durci à un point tel qu'il est impossible de labourer car la charrue ne terre pas.

En dehors même des labours, tous les travaux de préparation du sol effectués en sec nécessitent des efforts de traction très élevés. Des essais ont été faits avec des dents rigides équipées de pointes "Diamant Gouvy". Ces pointes sont des petits socs de 85 mm de long sur 38 mm de large, présentant un angle d'entrure de 25,5°. Trois de ces dents étaient montées ensemble sur un même bâti. Pour travailler à une profondeur de 6 à 8 cm seulement en sol Dek, il a fallu développer une force de traction de 90 à 105 kg (soit 30 à 35 kg par pièce travaillante). Avec la même force de traction, on descend à 10-11 cm en sol Dior et 4-5 cm seulement en sol Ban (20% d'argile environ).

Quelque soit le mode de préparation du sol effectué : labour ou pseudo-labour, le travail du sol en saison sèche pose donc avant tout le problème de la force de traction, C'est ici qu'interviennent pour le paysan de nouvelles contraintes, à caractère économique cette fois.

22. Contraintes économiques

En culture motorisée, le problème des forces de traction ne se pose pas. Même les travaux les plus durs, comme par exemple le sous-solage à 1 mètre de profondeur en saison sèche, peuvent être aisément réalisés si l'on dispose de l'équipement nécessaire. Malheureusement, les conditions économiques qui prévalent actuellement pour les agriculteurs des zones tropicales sont très défavorables à la motorisation. Le matériel (y compris les pièces de rechange) étant entièrement importé coûte en effet plus cher à l'achat que dans les pays tempérés; ce matériel travaille dans des conditions beaucoup plus difficiles et est beaucoup plus coûteux à entretenir. Par ailleurs, les agriculteurs de ces pays sont des agriculteurs pauvres : les productivités, qu'elles soient rapportées à la surface ou au nombre de personnes actives, sont incomparablement plus faibles qu'en pays tempérés; elles pourraient difficilement supporter les frais élevés nécessités par l'achat et l'entretien des tracteurs. De surcroît, l'infrastructure technique (spécialistes qualifiés, réseau de stock de pièces de rechange et d'ateliers de réparation) indispensable à leur fonctionnement fait à peu près totalement défaut actuellement.

Plusieurs expériences tentées dans les années 1950, tant au Sénégal que dans d'autres pays d'Afrique tropicale sèche, ont montré que la motorisation intégrale, pour séduisante qu'elle fût sur le plan technique, ne pouvait pour les raisons économiques énoncées plus haut, être généralisée au stade actuel et devait être réservée à des cas particuliers.

Certes il est possible et souhaitable qu'à long terme la situation évolue. Cependant à court terme et moyen terme, la seule possibilité offerte au paysan pour effectuer les travaux de préparation du sol est le recours à la traction animale (le travail manuel étant naturellement toujours possible mais de portée limitée). L'IRAT ayant le souci de dégager des solutions techniques qui soient immédiatement applicables en milieu paysan a donc été amené à placer la plupart des études concernant le travail du sol dans la perspective de la culture attelée; certaines expérimentations ayant un caractère plus théorique ont, au contraire, été réalisées au tracteur.

Comme on aura l'occasion de le préciser plus loin, les forces de tractions susceptibles d'être fournies par les attelages en zones tropicales sèches ne sont pas considérables. Ces forces sont en effet grossièrement proportionnelles aux poids des attelages et les animaux de ces régions ont, comparativement aux zones tempérées, des formats assez réduits, même lorsqu'ils sont convenablement nourris toute l'année (ce qui est l'exception).

La plupart des labours et pseudo-labours, même réalisés à des valeurs d'humidité optima du sol, requièrent habituellement des forces de traction qui ne peuvent être fournies que par des attelages bovins. Les attelages équinés et asins ne conviennent bien que pour les travaux de semis et d'entretien.

3 - LES LABOURS

Après avoir défini les différents types de labour et caractérisé leurs modes d'action sur le sol, on étudiera les effets directs et résiduels des labours sur le sol et les cultures, les diverses modalités de réalisation des labours et les interactions entre labours et engrais minéral.

31. Les divers types de labours et leurs modes d'action sur le sol

311. Description

On distinguera deux grandes catégories de labours suivant qu'il y a ou non enfouissement de matière végétale : les labours ordinaires et les labours d'enfouissement.

Les labours ordinaires de préparation sont réalisés soit en début, soit en fin de saison des pluies sur un sol qui a été entièrement débarassé de ses récoltes et sur lequel il ne reste pratiquement aucun résidu végétal.

Les cultures de zone tropicale sèche se prêtent en effet assez mal à l'enfouissement des pailles et résidus de récolte. Le principal obstacle réside dans la longueur du cycle cultural, très généralement supérieur au cycle pluviométrique : la récolte se fait en début de saison sèche (Octobre à Décembre) et le sol est alors trop desséché et trop cohérent pour qu'un labour puisse être effectué. La date de réalisation de ce labour pourrait être reportée au début de saison des pluies suivante mais alors la décomposition de la matière végétale enfouie n'aurait pas le temps de se produire avant le semis de la culture suivante, ce qui pourrait faire craindre des accidents végétatifs en cours de culture; la préparation du lit de semences se révélerait sans doute très difficile sur un terrain soufflé et irrégulier et entraînerait une levée défectueuse. Pour ces raisons, cette solution n'a jamais été mise en pratique jusqu'à présent.

On a par contre envisagé de transformer les pailles en compost ou en fumier et de les incorporer au sol au cours d'une saison des pluies ultérieure. La fabrication du compost et du fumier se heurte, en milieu paysan à un certain nombre de difficultés pratiques, du fait des faibles possibilités de transport et d'arrosage; ces problèmes ont été bien étudiés dans le cas du fumier, mais peu en ce qui concerne le compost. Il y a très peu d'expérimentations mettant en jeu cette forme de matière organique. Les expérimentations utilisant le fumier sont beaucoup plus nombreuses mais l'action des labours d'enfouissement de fumier sur le sol et les cultures ne sera pas étudiée dans ce chapitre, et sera réservée à un chapitre ultérieur.

On ne considère en effet ici que les effets des labours sur les propriétés physiques des sols et les conséquences en découlant pour la croissance et la production des plantes. Or, dans le cas des labours d'enfouissement de fumier, s'il y a bien une action sur les propriétés physiques du sol au moins aussi marquée que pour les autres formes de labours, les incidences sur les propriétés chimiques et le bilan humique des sols ne peuvent plus, comme dans le cas d'enfouissement de matière végétale produite sur place, être considérées comme secondaires et les effets sur les rendements des cultures ne sauraient être attribués exclusivement ou essentiellement aux modifications des propriétés physiques des sols. Il y a notamment apport de fortes quantités d'azote organique provenant de sources extérieures au champ, ce qui entraîne une nette incidence sur le bilan humique du sol; pour cette raison, l'étude des labours d'enfouissement de fumier sera réservée à un chapitre ultérieur, traitant de l'évolution de la matière organique des sols et de son influence sur la production agricole.

L'enfouissement direct des pailles est possible pour les céréales dont le cycle végétatif est plus court que le cycle pluvio-métrique : c'est le cas du maïs (90 à 110 jours) et du riz pluvial (105-115 jours) dans la zone méridionale, des mils hâtifs "Souna" (90 à 100 jours) dans les zones Nord et Centre du Sénégal; les sorghos hâtifs pourraient également rentrer dans cette catégorie mais ils sont peu répandus au Sénégal. Les céréales traditionnelles : mils et sorghos tardifs, ont par contre un cycle trop long (plus de 150 jours) pour que les pailles puissent être enfouies en fin de saison des pluies. Ces pailles restent sur le terrain pendant toute la saison sèche, souvent couchées sur le sol. Elles sont en partie utilisées pour la fabrication de clayonnages; elles sont plus ou moins pâturées et piétinées par le bétail et mangées par les termites. En fin de saison sèche, les résidus sont brûlés sur place ou exportés du terrain. Le raccourcissement du cycle des céréales traditionnelles est actuellement l'un des objectifs prioritaires proposé aux sélectionneurs, dans le double but :

- d'assurer à la plante une meilleure sécurité pour son alimentation hydrique pendant la période critique allant de la floraison à la maturation du grain;

- de permettre de réaliser dans de bonnes conditions les labours d'enfouissement de pailles.

Ce programme est en cours de réalisation au Sénégal.

Pour le cotonnier, le problème est le même que pour les céréales traditionnelles : la récolte se poursuivant jusqu'en décembre ou janvier, en milieu de saison sèche, il ne peut être question d'enfouir les tiges; celles-ci sont habituellement brûlées sur place.

Quant aux légumineuses alimentaires : arachide et niébé, leur cycle végétatif est généralement égal ou inférieur à 120 jours. On pourrait donc envisager, au moins dans les zones méridionales à saison des pluies suffisamment étalées, d'enfouir les pailles. Mais celles-ci constituent un précieux aliment pour le bétail et sont toujours exportées en totalité (exception faite des produits de la défoliation qui restent sur le terrain). A condition de débarasser rapidement le terrain de sa récolte, on peut alors effectuer, si le sol est encore suffisamment humide un labour ordinaire de "fin de campagne" ou de "fin de cycle".

Les difficultés rencontrées dans la réalisation des labours ordinaires de préparation et dans les opérations de restitution au sol de résidus de récolte sous forme de pailles, fumier et compost, expliquent que les agronomes oeuvrant en zone tropicale sèche se soient intéressés de longue date aux possibilités offertes par la jachère "travaillée" et par l'engrais vert. Il semblait en effet particulièrement intéressant de profiter de la période de repos ou "sole de régénération" pour réaliser concurremment deux objectifs :

- travailler le sol à une époque choisie par l'agriculteur, sans contraintes serrées de calendrier;

- enrichir le sol en matière organique et améliorer le bilan humique.

Les deux opérations paraissaient même, au départ, indissociables car il régnait un climat généralisé de défiance vis à vis du travail du sol et des dégâts érosifs qu'il était susceptible d'entraîner et que seule, croyait-on, l'incorporation de matière végétale pouvait limiter.

Dès les années 1950, BOUFFIL, PELISSIER et TOURTE (11) mettaient en place, à Bambey, des expérimentations comparant divers modes de travail du sol sur la jachère en fin de saison des pluies et obtenaient des plus values de rendement allant de 19 à 33% sur les cultures suivantes d'arachide et de mil ainsi que sur prairie naturelle. Ces résultats encourageants incitèrent les expérimentateurs à tenter peu après le remplacement de la jachère par une culture de mil hâtif susceptible de fournir un plus fort tonnage de matière verte. Là encore l'opération se solda par une plus value significative de 16% sur la récolte d'arachide qui suivit, plus value obtenue par rapport au précédent cultural témoin constitué d'une jachère brûlée avant la mise en culture. (92 .

A partir de là de nombreuses expérimentations faisant intervenir la fumure verte ont été réalisées tant au Sénégal que dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest. Par fumure verte nous entendons toute incorporation au sol de matière végétale jeune, non lignifiée dont le taux d'humidité global au moment de l'enfouissement est supérieur à 60% et généralement compris entre 70 et 80%. La jachère enfouie en fin de saison des pluies répond donc à cette définition, aussi bien que les autres cultures d'engrais vert proprement dites.

En raison de la trop faible durée de la saison des pluies, celles-ci ne peuvent être traitées en cultures dérobées, comme c'est le cas en pays tempérés. Il faut donc considérer ici l'engrais vert comme une "sole de régénération" ou "sole de repos du sol" remplaçant la jachère et interrompant la rotation culturale pendant une durée variable ne dépassant pas, habituellement, une année. Dans les expérimentations, on opposera au témoin constitué par la jachère naturelle, brûlée avant mise en culture et ne subissant ensuite aucun travail profond de préparation du sol, les traitements de fumure verte représentée par diverses modalités de jachère ou d'engrais vert, suivies d'un labour d'enfouissement en fin de saison des pluies. Les cultures d'engrais vert les plus couramment pratiquées sont celles de nils et sorghos semés à très forte densité et enfouis en vert, avant épiaison.

312. Modes d'action sur le sol

On distinguera les facteurs qui interviennent avant et après la réalisation du labour.

312.1 Facteurs intervenant avant la réalisation du labour

L'évolution du sol au cours de la saison culturale qui précède la réalisation du labour peut avoir une certaine incidence sur la qualité de ce dernier. Cette évolution est influencée principalement par :

- la couverture du sol par la végétation
- l'action du système racinaire sur le sol.

Si l'on oppose, en effet, les deux cas extrêmes que constituent, d'une part, un sol maintenu nu pendant toute la saison des pluies, et, d'autres part, un sol ayant porté une culture céréalière de belle venue, on admettra que la qualité du labour sans enfouissement réalisé en fin de saison des pluies puisse être très différente dans les deux cas. Dans le premier cas la structure du sol aura été en grande partie détruite pendant l'hivernage; le labour aura un aspect émietté; le labour "fondra" rapidement sous l'action des premières pluies. Dans le deuxième cas, au contraire, le sol aura conservé sa structure;

les racines constitueront une armature qui donnera aux nottes une certaine cohérence et permettront au labour de mieux résister à l'action des pluies. Ces observations ont été faites notamment par POULAIN (79) sur les essais "Structure-Humus" de Boulel et Tiénaba, au Sénégal.

Dans la pratique courante, les oppositions sont moins tranchées mais des différences peuvent néanmoins s'observer. Concernant la couverture du sol par la végétation, elles intéressent surtout les cultures d'engrais vert. Trop souvent en effet ces cultures sont négligées ou mal réalisées : semis trop tardifs, mode de semis inadéquat, éclaircissage insuffisant, sarclo-binages absents ou au contraire trop fréquents, absence ou insuffisance de fumure minérale (en particulier azotée) sont autant de raisons qui font que la végétation démarre mal ou reste souffreteuse. La protection du sol est alors mal assurée pendant toute la durée de la saison des pluies : voulant, en principe, "régénérer" le sol, on commence ainsi par le dégrader, ce qui est, pour le moins, paradoxal. Des expériences répétées prouvent cependant, qu'en respectant certaines règles culturales simples, - qui seront détaillées plus loin, - il est parfaitement possible de réussir régulièrement des engrais verts à développement végétatif rapide et important. Il faut toutefois pour cela considérer l'engrais vert comme une technique de culture intensive et lui accorder les mêmes soins, au départ, qu'une culture de rapport. La méconnaissance de cette règle peut expliquer, pour une bonne part, les quelques échecs ou demi-réussites rencontrés dans l'application de cette technique.

L'action du système racinaire sur la structure du sol est souvent considérée comme essentielle par beaucoup d'auteurs et peut justifier, à elle seule, l'introduction dans la rotation des plantes améliorantes non directement productives telles que prairies temporaires et engrais verts. C'est ainsi que, - pour s'en tenir aux zones tropicales, - BERGER et BERTRAND (2) accordent une importance primordiale au rôle joué par le système racinaire de Dolichos lablab, traité comme engrais vert, dans l'amélioration des sols et des rendements en culture irriguée à Madagascar.

Dans les sols à dominante sableuse de zone tropicale sèche, par contre, nous avons vu (III, 321 2) qu'en l'absence de travail du sol préalable l'action structurante des racines d'une végétation de type herbacé était faible et qu'il y avait peu de différences à cet égard entre les divers types de formations herbacées à base graminéenne : cultures céréalières, jachères ou engrais vert. Ces formations auront toutefois, par leurs racines, une action structurante plus marquée que les cultures de légumineuses : arachide et niébé, et de cotonnier. Il ne faut donc pas s'attendre à ce qu'il y ait une influence spécifique nette de la jachère ou de l'engrais vert à cet égard.

On notera seulement que, pour ces deux formations, l'influence du système racinaire est moins localisée et intéresse une profondeur généralement moins grande que dans le cas d'une culture céréalière.

Lorsqu'il y a eu un travail profond de préparation du sol avant l'installation de la culture céréalière, de la jachère ou de l'engrais vert, l'action racinaire sur le sol est alors, dans tous les cas, très nettement renforcée. Les différences entre les formations paraissent alors s'accroître au bénéfice de la jachère et des cultures à forte densité : nil engrais vert et riz pluvial.

312.2 Facteurs intervenant pendant et après la réalisation du labour

Dans les deux types de labours l'action prépondérante sera celle des facteurs mécaniques amenant un bouleversement complet de la structure du sol dans l'horizon travaillé. Cependant, pour les labours d'enfouissement, à cette action viendra s'ajouter l'action spécifique de la matière végétale enfouie qui influera sur diverses propriétés du sol : biologiques, chimiques et physiques. Seule l'influence sur les propriétés physiques sera étudiée dans ce chapitre, les autres n'étant prises en considération que dans la mesure où elles interfèrent avec la première.

Il faut signaler que, du point de vue pratique, les labours d'enfouissement sont plus difficiles à exécuter correctement que les labours ordinaires, en raison des quantités parfois importantes de matière végétale qui occasionnent des bourrages et des efforts de traction plus élevés. Ces difficultés sont encore accrues en expérimentation sur parcelles de superficie réduite; c'est pourquoi dans beaucoup d'expérimentations anciennes, ou bien les labours d'enfouissement ont été mal exécutés, ou bien des procédés d'enfouissement inadéquats ont été utilisés (par exemple : creusement à la bêche d'une ou de plusieurs tranchées dans la longueur de la parcelle et placement de la matière végétale au fond de la tranchée). Ces fautes techniques rendent à peu près inexploitable les résultats de ces essais.

Sans entrer dans le détail des modalités pratiques de réalisation de ces labours, dont l'examen sera fait plus loin, il est bon de souligner ici que les difficultés évoquées plus haut ont en grande partie disparu et qu'il est maintenant possible, en expérimentation comme en grande culture, d'effectuer des labours d'enfouissement dans d'aussi bonnes conditions que les labours ordinaires.

32. Les effets directs des labours sur le sol et sur les cultures

Par effets directs, on entend ceux qui interviennent au cours de la saison culturale qui suit la réalisation des labours. On distinguera ces effets des effets résiduels qui se manifesteront au cours des années ultérieures, tant qu'un autre travail du sol n'aura pas été réalisé.

321. Les effets directs des labours sur le sol

Ces effets se manifestent sur les caractéristiques suivantes :

- Structure
- Régime hydrique
- Granulométrie
- Susceptibilité à l'érosion
- Matière organique et vie microbienne.

321.1 Effets sur la structure

La notion de structure, prise ici dans son sens le plus large d'arrangement des particules terreuses, est assez difficile à cerner. On peut l'appréhender de plusieurs manières :

- Observations morphologiques
- Mesures de porosité
- Mesures d'aneublissement
- Mesures de stabilité structurale.

On examinera également l'évolution, au cours de la saison culturale, de la structure créée par le labour.

321.11 Observations morphologiques

L'aspect du profil cultural après exécution du labour dépend beaucoup des conditions de sa réalisation, et en particulier de l'état d'humidité du sol au moment de son exécution. Cette dernière caractéristique influe notamment sur la taille et la forme des mottes, ainsi que sur la proportion de matériau à structure particulaire ou grumeleuse dans lequel elles sont emballées. Il y a, de toute façon, un contraste très marqué avec l'horizon sous jacent à structure continue, et à cohésion forte dès qu'il est un peu desséché. Le même contraste s'observe avec le sol témoin non travaillé dont seuls les quelques centimètres superficiels présentent un début de structure fragmentaire (grumeleuse ou nuciforme) et une cohésion d'ensemble un peu moins élevée.

Le fond du labour est toujours bien marqué mais on n'observe de senelle de labour, au sens strict du terme, c'est-à-dire un lissage provoqué par le passage du soc, que dans certaines conditions : teneur en argile à ce niveau supérieure à 10 ou 15% et d'humidité du sol très proche de la capacité de rétention.

Les labours d'enfouissement diffèrent dans leur aspect des labours sur sol nu, même lorsqu'il y a fauche préalable et que l'enfouissement ne concerne que le plateau de tallage et le système racinaire des graminées ou céréales; ils sont généralement moins fondus et moins émiettés, mais, s'ils sont médiocrement réalisés, peuvent présenter un aspect plus soufflé et plus irrégulier.

Les examens de profils culturaux effectués au cours de la saison sèche qui suit la réalisation des labours d'enfouissement montrent que la matière végétale reste bien identifiable mais qu'elle est en partie décomposée et détruite par la mésofaune (surtout termites). Ils révèlent en outre que le sol présente, au contact de cette matière végétale, un aspect très caractéristique; il se développe une structure que DEFFONTAINES (27,28) a qualifié de structure "mie de pain" ou "pierre ponce"; il y a formation d'agrégats cohérents; des zones entières ont un aspect caverneux, avec de nombreuses galeries.

Le développement de cette structure très typique paraît lié à l'activité de la mésofaune, et notamment des termites; ceux-ci prolifèrent sur la matière végétale enfouie et, par le forage de galeries, complètent l'action du labour en divisant et aérant le sol. Le développement de cette structure et de cette macroporosité semble généralement d'autant plus marqué que la quantité de matière végétale enfouie est plus importante.

Ces observations ont pu être faites, en particulier, sur les essais "Structure-Humus" de Boulel et Tiénaba, conduits par POULAIN et MARA (81), essais qui permettent de comparer le labour sur sol nu et différents labours avec enfouissement : tiges et feuilles seules, racines et plateau de tallage seuls, plante entière, quantités variables de matière verte, jachères et engrais vert.

Lorsqu'il y a très peu de matière végétale incorporée (comme c'est le cas du traitement avec enfouissement du plateau de tallage et du système racinaire seuls), le développement de la structure "mie de pain" bien que plus faible que dans les autres traitements, n'est cependant pas nul, alors que tel est le cas pour le labour sur sol nu.

322.12 Mesures de porosité

Pour apprécier quantitativement la modification de macrostructure induite par le labour, l'un des meilleurs moyens est de recourir à la mesure de densité apparente. C'est ce qu'ont fait BLONDEL, NICOU et THIROUIN sur de nombreux essais de travail du sol implantés au Sénégal.

Le tableau n° IV-3 regroupe un certain nombre de mesures de densité apparente effectuées en divers emplacements et sur différents sols du Sénégal, en comparant à un témoin non travaillé un sol labouré (1). La méthode utilisée a été celle du cylindre (8cm de hauteur et 250 ml de volume). Les mesures ont été effectuées dans l'horizon superficiel soit de 5 à 15cm, soit de 0, à 10cm. Elles ont été faites sur sol humidifié par les premières pluies de sorte que l'enfoncement ne présentait pas de difficultés même sur sol témoin et que par ailleurs l'irrégularité du foisonnement sur labour avait été quelque peu nivelée.

Tableau n° IV-3

Valeurs de densité apparente dans les horizons superficiels de sols témoins et de sols labourés au Sénégal

	Labours ordinaires					Labours d'enfouissement				
	Année	Densité apparente		Comp. stat.	Source	Année	Densité apparente		Comp. stat.	Source
		Témoin	Labours				Témoin	Labours		
Louga Sol sableux dunaire	-	-	-	-	-	1967	1,59	1,55	-	(69)
						1968	1,61	1,46	×	(69)
Bamby Sol Dior sableux	1964	1,62	1,50	×	(7)	1968	1,53	1,42	×	(69)
	1965	1,64	1,47	×	(8)					
	1967	1,57	1,51	×	(75)	1969	1,51	1,48	x	(69)
	1968	1,54	1,54	0	(67)					
Bamby Sol Dek sablo-argileux	1964	1,61	1,43	×	(7)	1968	1,59	1,42	×	(69)
Sinhiou Malène Sol F.T.L. sur grès sablo-argileux	1967	1,52	1,50	-	(73)	1968	1,57	1,48	×	(69)
	1968	1,53	1,49	-	(67)					
	1969	1,49	1,48	-	(67)					
Nioro-du-Rip Sol F.T.L. sur grès sablo-argileux	1967	1,50	1,40	×	(75)					
	1968	1,52	1,43	-	(67)	-	-	-	-	-
	1969	1,54	1,42	-	(67)					
S é f a Sol F.T.L. sur grès sablo-argileux	-	-	-	-	-	1969	1,46	1,38	×	(74)

(1) = Il s'agit en fait, la plupart du temps, d'une moyenne correspondant à plusieurs traitements de labours.

Comme on le voit, les labours, qu'il s'agisse de labours ordinaires ou de labours d'enfouissement, entraînent une baisse sensible de la densité apparente. Celle-ci est la plupart du temps statistiquement significative. Cependant, suivant les conditions de réalisation et les modalités de mesure de la densité, les différences entre témoins et sols labourés peuvent être plus ou moins accusées. Il ne paraît pas y avoir de différence systématique, à ce point de vue, entre labours ordinaires et labours d'enfouissement. On notera que les valeurs de densité apparente sur les sols témoins sont très élevées et toujours supérieures, sauf à Séfa, à 1,50. Les valeurs de porosité correspondantes sont de 38 à 43%, c'est-à-dire faibles et défavorables, d'après la plupart des auteurs, au développement du système racinaire. Le labour permet de gagner plusieurs points de porosité et de se placer dans une gamme allant de 42 à 48% de porosité.

On a vu précédemment (III, 31) l'importance de ce facteur pour le développement racinaire et les liaisons étroites qui existent entre porosité, système racinaire, croissance végétale et rendements des cultures. On peut donc penser que, dans l'action globale du labour sur le sol, cette modification de propriété jouera un rôle essentiel dans les augmentations de rendements observées.

En dehors de la porosité globale, CHARREAU et NICOU (74) ont mesuré les porosités mottières sur deux essais de labours de fin de saison des pluies l'un sur sol nu à Séfa l'autre avec enfouissement de matière verte à Bambey. Les prélèvements de mottes ont été effectués au cours de la saison sèche suivante à deux profondeurs : 0-20cm, correspondant à la profondeur du labour et 20-40cm, en dessous du fond du labour.

A Séfa sur sol nu, il n'est apparu aucune différence significative de porosité mottière entre couche labourée et couche non travaillée. A Bambey, par contre, après enfouissement de matière verte, la porosité mottière était, en moyenne, dans le premier cas de 41,8%, contre 35,2% dans le second. La différence, soit 6,6% était significative à P 0,05.

Ces mesures de porosité mottière sont trop nombreuses pour que les résultats obtenus soient généralisables. Elles confirment bien, cependant, les observations faites sur profils culturaux, montrant, après labour d'enfouissement, le développement d'une porosité biologique et d'une structure typique dite "mie de pain", phénomènes qui n'apparaissent pas dans le cas des labours ordinaires.

321.13 Mesures d'ancublissement

Dans un sol non travaillé il se produit, au cours de la saison sèche, un développement important de la cohésion, corrélatif à l'assèchement du profil par évaporation. Les mesures pénétrométriques faites à intervalles réguliers permettent de rendre compte de ce phénomène, qui a été décrit précédemment (II, 32).

Lorsque le sol a été labouré en fin de saison des pluies, le développement de cohésion ne se produit pas dans la couche travaillée mais uniquement dans les horizons sous jacents ; les horizons superficiels restent meubles et cet ancublissement se conserve pendant toute la saison sèche. Des relevés de profils pénétrométriques effectués en fin de saison sèche mettent en évidence de très grandes différences de comportement entre sols labourés et sols témoins, et ceci alors que les profils hydriques sont très voisins dans les deux cas. Le graphique n° IV-1 fournit quelques exemples de ces phénomènes. Les relevés de profils pénétrométriques ont été faits à Bambey et Séfa et comparés à des témoins travaillés, des sols labourés, avec ou sans enfouissement de matière végétale. Dans tous les cas la résistance à la pénétration est beaucoup plus forte sur le témoin. Les différences sont particulièrement accusées à Séfa, où le sol est plus argileux ; à 20cm de profondeur le rapport des forces nécessaires à la pénétration peut être de 1 à 30 et même davantage entre témoin et sol labouré.

Ces différences s'atténuent considérablement lorsque le sol est humidifié par les premières pluies ; la cohésion du sol témoin diminue rapidement. Peu de mesures de pénétrométrie ont été faites sur sol humide. Cependant toutes indiquent que le rapport des forces de pénétration entre sol témoin et sol labouré s'abaisse au niveau de 2 et tend même parfois vers 1. On serait tenté d'en déduire qu'à partir de ce moment le sol témoin n'offre guère davantage de résistance à la pénétration des racines que le sol labouré. Ce serait une conclusion erronée car, comme indiqué précédemment (III, 31), les phénomènes ne se placent pas à la même échelle et les résistances mécaniques à la pénétration rencontrées par un barreau métallique de 2cm de diamètre et des racines de quelques dixièmes de mm de diamètre peuvent difficilement se comparer. A défaut d'utiliser des méthodes plus fines de mesures de pénétrométrie, on peut considérer que les racines elles-mêmes constituent le meilleur pénétromètre. Or comme on le verra plus loin, ces racines réagissent très différemment sur sol labouré et sur sol témoin, alors même que les mesures de pénétrométrie à l'aide du barreau métallique n'indiquent que des différences très faibles entre les deux sols. Il faut donc considérer cette mesure comme un simple test global d'ancublissement et de structure, valable surtout lorsque le sol est desséché.

GRAPHIQUE N° IV - 1

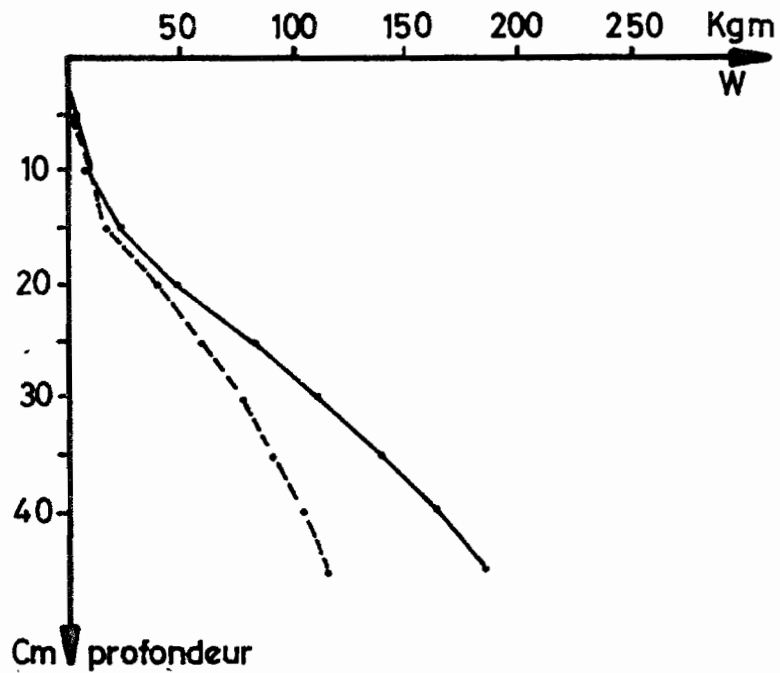
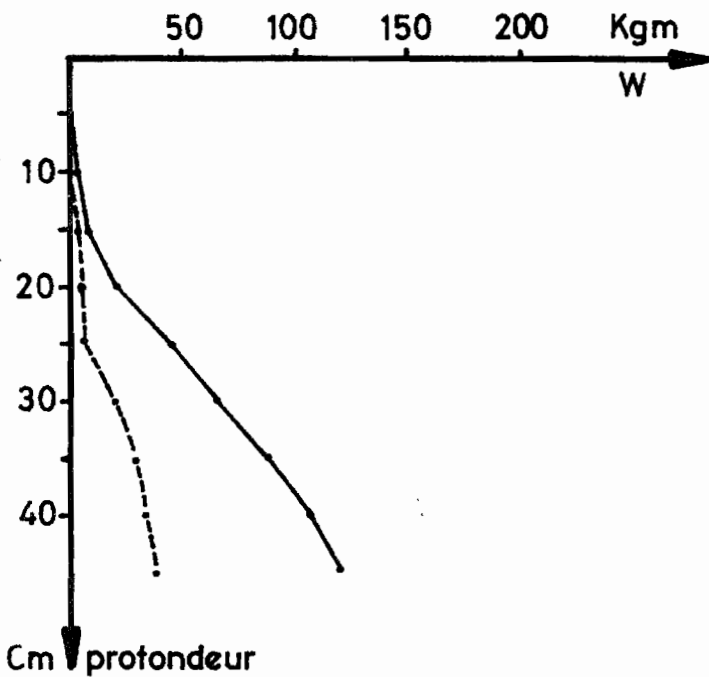
Courbes de résistance à la pénétration en
saison sèche sur sols témoins et sur sols labourés

D'après R. NICOU

BAMBEY

SANS ENFOUISSEMENT (1966)

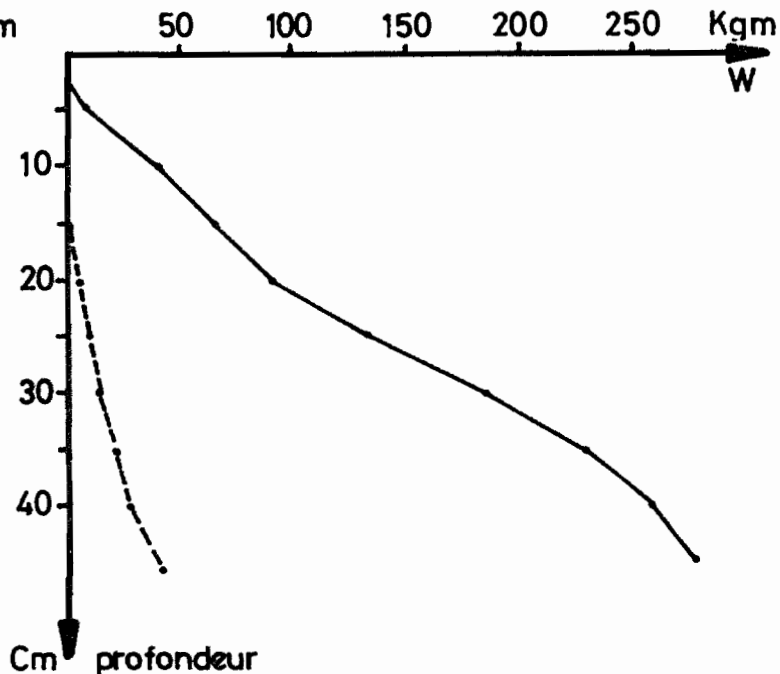
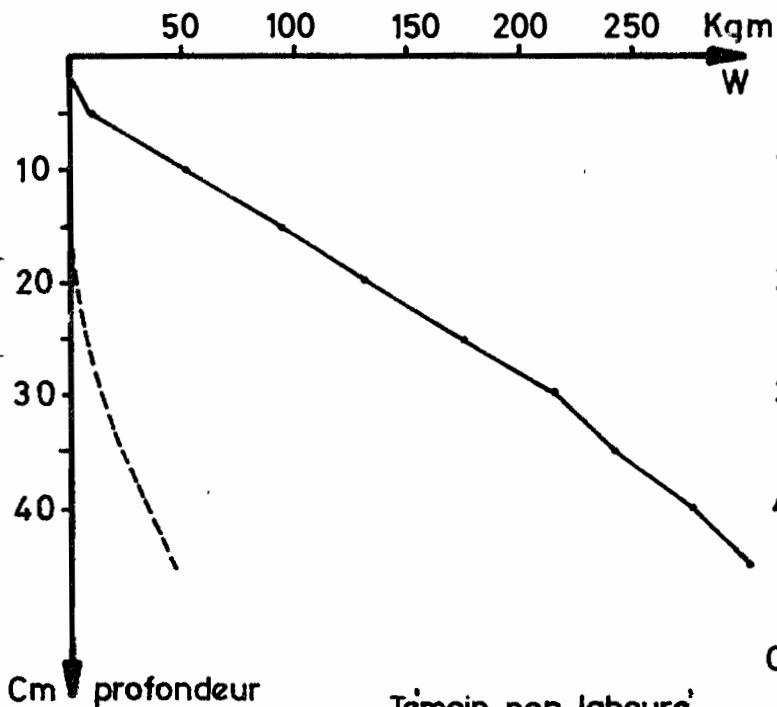
AVEC ENFOUISSEMENT (1969)



SEFA

SANS ENFOUISSEMENT (1965)

AVEC ENFOUISSEMENT (1966)



_____ Témoin non labouré
----- Labour

Les différences de résistance à la pénétration entre sol témoin et sol labouré, atténuées pendant la saison des pluies, réapparaissent au cours de la saison sèche suivante. Ce test peut alors servir à mesurer les effets résiduels du labour et on verra plus loin tout le parti que l'on peut tirer de son utilisation dans ce domaine.

321.14 Mesures de stabilité structurale

Comme indiqué précédemment (I, 22) les mesures de stabilité structurale sont délicates à utiliser pour des sols à dominante sableuse. Il serait nécessaire de mettre au point une méthodologie adaptée au cas particulier de ces sols, ce qui, à notre connaissance, n'a pas encore été fait. Pour cette raison, les mesures de stabilité structurale ont été peu employées.

Il est peu probable que les labours sur sol nu aient une influence importante sur cette caractéristique du sol; par contre, les labours d'enfouissement de matière végétale la modifient certainement; il serait intéressant de connaître l'importance et la durée de cette modification; les études ultérieures devront répondre à ces questions.

Les quelques mesures de stabilité structurale qui ont été faites montrent qu'il y a peu d'agrégats formés mais que ceux-ci sont assez stables (II, 222).

321.15 Evolution de la structure au cours de la saison des pluies.

Si les petits agrégats paraissent assez stables, il n'en est pas de même de la macrostructure ou de l'assemblage global des éléments terreux créé par le labour. Il se produit sous l'effet des pluies un tassement du sol dont on peut suivre le développement dans le temps en effectuant périodiquement des mesures de densité apparente. Certains résultats de ce genre ont été mentionnés plus haut (II, 311); ils seront repris et complétés ici.

NICOU (72) a comparé, en 1969, en deux situations, l'évolution de la densité apparente sur un sol nu non travaillé et sur un sol nu labouré. L'emploi d'un désherbant chimique total a permis d'éviter de perturber le sol sur les deux parcelles. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous; chaque résultat est la moyenne de 6 mesures.

A Nioro du Rip la densité du sol non travaillé est anormalement faible. On ne peut expliquer ce phénomène que par la présence d'une jachère de très longue durée à cet emplacement, jachère peut-être installée sur travail du sol; l'enracinement des espèces perennes a conservé et amélioré la porosité.

Tableau n° IV-4

Evolution comparée de la densité apparente pendant la saison des pluies sur sol nu labouré ou non (horizon 5-15cm)

Localisation	Date	Pluviométrie cumulée mm	Densité appar. Sol nu	
			Ténoin sans travail	Après labour
Nioro-du-Rip	11/7	48,5	1,37	1,35
	29/7	259,7	1,41	1,36
	19/8	596,7	1,40	1,37
	9/9	799,0	1,46	1,40
Sinthiou-Malène	25/6	80,6	1,52	1,39
	8/7	132,6	1,51	1,40
	24/7	187,1	1,52	1,45
	8/8	384,3	1,54	1,45

La densité apparente augmente au cours de l'hivernage mais l'évolution est plus lente sur la parcelle labourée. Après 800 mm de pluie au début du mois de Septembre, l'effet du labour est encore très sensible.

A Sinthiou-Malène où le terrain était cultivé depuis longtemps, la densité apparente est élevée sur le témoin et elle varie peu au cours de l'hivernage. Sur parcelle labourée; elle augmente progressivement, mais après 384 mm de pluie au début du mois d'Août, l'écart avec le témoin reste important.

Il y a donc bien, dans les deux cas tassement du sol et augmentation de la densité apparente sur sol labouré sous le seul effet des pluies. Mais le processus est à la fois moins rapide et moins important que d'autres mesures, faites sur sol cultivé, auraient pu le faire supposer.

On a cité en effet plus haut (II, 311) un exemple très démonstratif d'évolution comparée, sous culture d'arachide de la densité apparente sur témoin non travaillé et sur sol labouré (en sec).

Sur cet exemple, un mois et demi après le début des pluies, soit 180 mm de pluie cumulée, la densité apparente sur labour, dont la valeur initiale était de 1,47, était parvenue au niveau du témoin, soit 1,64. La densité apparente sur le témoin non travaillé n'avait pas varié pendant cette période.

L'évolution sur sol labouré a été beaucoup plus rapide et plus importante que dans le cas du sol nu précédemment cité. Les mesures ont été faites à Bamby, sur sol particulièrement sableux, ce qui peut expliquer la fragilité de la macrostructure créée par le labour et la rapidité d'évolution de la densité apparente.

De nombreuses autres mesures d'évolution de la densité apparente au cours de l'hivernage ont été faites depuis; elles intéressent diverses conditions de sols, de cultures, de modalités de labours et de situations géographiques au Sénégal. Les prélèvements ont été faits habituellement en début et en milieu de saison des pluies. Bon nombre de ces résultats ont été rassemblés dans le tableau n° IV-80 figurant en annexe.

On constate que l'évolution est assez variable suivant les lieux, les sols, les années et les types de labour. Il est difficile, d'après ces seuls résultats, de tirer une loi générale de variation, chaque cas devant être examiné en particulier. On peut cependant noter que :

- d'une manière générale, la densité apparente sur le témoin varie peu mais, quand elle varie, c'est assez souvent dans le sens d'une baisse;

- sur les sols labourés, l'augmentation de la densité apparente au cours des deux premiers mois de l'hivernage est, dans l'ensemble, plus marquée que dans le cas des sols nus, sans végétation.

Ces deux faits paraissent pouvoir s'expliquer par une même cause : l'intervention des binages mécaniques. Ceux-ci, réalisés seulement sur les sols cultivés, sont en effet susceptibles de modifier l'évolution de la densité apparente : abaissement momentané et localisé peu après le binage; augmentation plus importante ensuite.

Dans le cas d'un sol nu labouré et traité aux herbicides, les alternances de pluies et de sécheresse favorisent la formation d'une croûte de battance durcie, protégeant la structure des horizons sous-jacents. Cette croûte est détruite par les binages mécaniques; le piétinement des hommes et des animaux, à l'occasion des opérations de binage favorise en outre le tassement du sol.

Pour vérifier cette hypothèse, des expériences ultérieures étudieront, en comparaison, l'évolution de la densité apparente sur un sol nu labouré traité aux herbicides, avec ou sans intervention, au cours de l'hivernage, de binages mécaniques.

321.2 Effets directs des labours sur le régime hydrique des sols

Une des hypothèses les plus fréquemment avancées pour expliquer l'action du labour sur la croissance végétale concerne l'amélioration du régime hydrique des sols et de l'alimentation en eau des cultures par le travail du sol.

Il est, de fait, d'observation courante dans les pays de zone tropicale sèche que les cultures installées sur sol labouré résistent généralement beaucoup mieux à une période de sécheresse que les mêmes cultures sur sol non travaillé. Dans certains cas, cependant, lorsque la période de sécheresse se prolonge par trop, le plus grand développement végétatif des cultures installées sur labours peut, à la longue, en raison de besoins en eau accrus, jouer en leur défaveur. Mais ceci est assez exceptionnel et, en règle générale, l'action du labour est très bénéfique à ce point de vue.

Cette amélioration de l'alimentation hydrique des plantes consécutive au labour fait intervenir trois mécanismes possibles :

- Réduction de l'évaporation et conservation du stock d'eau du sol
- Amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol
- Amélioration de l'utilisation, par la plante, des réserves hydriques du sol.

321.21 Réduction de l'évaporation et conservation du stock d'eau du sol pendant la saison sèche .

Ce mécanisme ne joue que dans le cas des labours réalisés en fin de saison des pluies.

Dès 1959, GAUDEFROY-DEMOLBYNES et CHARREAU (43) avaient mis en évidence une réduction de l'évaporation et un maintien du stock d'eau du sol par des travaux du sol réalisés en fin de saison des pluies. Il ne s'agissait pas, en l'occurrence, d'un véritable labour mais d'une incorporation superficielle de paille de jachère, "un mulching", opération réalisée au "rotavator". Ce mulch artificiel jouant le rôle d'écran avait réduit l'évaporation plus tôt et dans des proportions plus importantes que le mulch naturel créé par dessèchement poussé des horizons superficiels d'un sol non travaillé. Un mois après l'arrêt des pluies, environ, les profils hydriques se sont trouvés, dans les deux cas, figés dans un état de pseudo-équilibre qui a duré jusqu'à la fin de la saison sèche. Des relevés de profils hydriques effectués à ce moment jusqu'à 1 m de profondeur montrèrent que le gain d'humidité dû au travail du sol variait entre 15 et 55 mm suivant la nature texturale du sol, soit entre le quart et la moitié de la réserve d'eau utile du sol sur cette profondeur, ce qui est loin d'être négligeable.

Des observations comparables ont été faites après labours réalisés en fin de saison des pluies, mais les relevés de profils hydriques ont rarement dépassé 40cm de profondeur, ce qui ne permet pas d'évaluer la conservation du stock d'eau en dessous de cette limite. Les humidités à la base de la couche labourée et en dessous du fond de labour, soit entre 20 et 40 cm de profondeur, sont assez souvent supérieures à celles qui sont observées aux mêmes niveaux dans les témoins non travaillés. Les différences sont de l'ordre de 2 à 3 points d'humidité dans les sols Dior de Bambey et 4 à 5 points dans les sols beiges de Séfa (69,19). Le phénomène a été observé derrière tous les types de labours : avec ou sans enfouissement, mais il est loin d'être général. Il semble en effet que plusieurs conditions doivent être remplies pour conserver un stock d'eau appréciable dans le sol pendant la saison sèche :

- la date d'exécution du labour ne doit être ni trop précoces, -de façon à ce que le mulch ne soit pas détruit par les pluies ultérieures, - ni trop tardive, pour que les réserves hydriques du sol soient encore suffisamment importantes;

- la modalité de réalisation doit être telle que le mulch superficiel constitue un écran efficace contre l'évaporation; ceci est le cas lorsque le labour est bien fermé et la terre assez émiettée en surface.

Ce sont les labours d'enfouissement de pailles (mil hâtif ou maïs) qui paraissent remplir le plus souvent ces conditions.

La question est maintenant de savoir quelle est l'incidence agronomique réelle de cette amélioration de la conservation du stock d'eau dans le sol pendant la saison sèche. On peut supposer que cette réserve supplémentaire pourra être utilisée avec profit par la plante en cas de période de sécheresse, après le semis. Toutefois aucune observation précise n'a pu être faite à ce sujet.

Il ne semble pas qu'on puisse accorder, actuellement, une grande importance agronomique à ce processus : il n'interviendrait que de façon secondaire, dans un nombre de cas assez restreint.

321.22 Amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol.

Il s'agit là d'un rôle habituellement reconnu au labour. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour le mettre en évidence et en mesurer l'importance; les plus courantes sont les mesures comparatives effectuées sur témoin non travaillé et sur sol labouré de :

- perméabilité in situ
- relevés de profils hydriques
- ruissellement.

La première méthode a été utilisée au Sénégal en faisant appel à la procédure de MUNTZ (60). Elle est assez critiquable en elle-même, en raison de son caractère assez conventionnel et n'a pas donné de résultats exploitables.

La seconde a été mise en oeuvre à Bambey surtout pour suivre la progression du front d'humidité en début de saison des pluies sur sols très sableux. Cette progression est beaucoup plus régulière sur les témoins non travaillés où le front est presque horizontal, tandis que, sur sol labouré, il dessine de nombreuses sinuosités. La position du front est souvent légèrement plus profonde dans le cas des sols labourés, mais ceci n'implique pas forcément une infiltration plus importante : cette différence peut dans bien des cas, s'expliquer par le foisonnement et la diminution de la densité apparente entraînés par le labour. Cette observation a été corroborée par des mesures d'humidité volumiques.

En Haute Volta, dans un essai de façons culturales mis en place à Saria (34) il est constaté que les parcelles labourées ont un profil hydrique beaucoup plus fluctuant et variable que les parcelles non labourées : elle sont généralement plus humides en profondeur et plus sèches en surface. Les réalisateurs de l'essai en concluent que le labour semble avoir une influence bénéfique sur le drainage.

C'est finalement la troisième méthode, fondée sur la mesure du ruissellement, qui a le mieux mis en évidence l'amélioration de l'infiltration sur les sols labourés. Cette méthode a été utilisée en particulier à Séfa, en 1968, dans une expérience en case d'érosion, réalisée par CHARREAU et SEGUY (20). Dans cette expérience, on compare le ruissellement sur deux sols nus : l'un non travaillé, l'autre labouré (labour d'enfouissement de pailles de maïs). Les sols étaient traités aux désherbants totaux et n'ont subi aucune intervention au cours de la saison des pluies. Cette expérience a été évoquée plus haut et les courbes de ruissellement sur les deux parcelles ont été présentées (graphique n° III-3a). Pour une pluviométrie de 729 mm en 1968, 578 mm se sont infiltrés sur sol labouré contre 459 mm sur le témoin non travaillé, soit une amélioration globale de l'infiltration de 26 %.

Le labour a également influencé le nombre de ruissellement et leur répartition par classes de hauteur 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. La linéarité des courbes de ruissellement cumulé en fonction de la pluviométrie cumulée et l'écart entre les deux courbes, qui va en s'accroissant (graphique n° III-3a) montrent que l'amélioration de l'infiltration s'est maintenue pendant toute la saison des pluies.

Des examens de profils culturaux réalisés à la fin de la saison des pluies permirent d'ailleurs d'observer que, sous une mince couche superficielle à structure particulière, la macrostructure créée par le labour s'était conservée intacte en profondeur. Il est probable que, sans enfouissement de matière végétale, l'action du labour ne se serait pas maintenue de façon aussi nette.

Cette amélioration de l'infiltration observée à Séfa sur des sols en pente faible (2%) peut ne pas avoir la même importance dans d'autres situations pédoclimatiques : topographie plane, pluies moins fortes, sol plus perméable. Ces conditions sont à peu près celles de Bambey où il est rare, sur ce relief dunaire aplani, d'observer des ruissellements importants, sinon très localisés. On ne saurait donc faire de cette amélioration de l'infiltration sur le labour une règle générale en zone tropicale sèche Ouest-africaine. Cette zone comporte en effet d'importantes superficies à relief peu accentué, et à sols sableux très perméables; les phénomènes de ruissellement y sont relativement rares; ils sont faibles et localisés et le problème de l'infiltration de l'eau dans le sol ne s'y pose pas de façon aigüe.

Pour les autres régions de la zone où les phénomènes de ruissellement peuvent prendre une certaine ampleur, il importe d'apprécier l'incidence agronomique d'une amélioration de l'infiltration de l'eau dans les sols. Elle ne se traduit pas forcément, en effet, par des effets bénéfiques pour la plante : ceux-ci n'interviennent que lorsque les réserves hydriques du sol sont insuffisantes et l'alimentation en eau déficitaire. Pour reprendre l'exemple de Séfa, tel n'est pas le cas pendant la majeure partie de l'hivernage, où la pluviométrie est largement supérieure à l'évapotranspiration potentielle et l'humidité du sol toujours voisine de la capacité de rétention. Dans ces conditions, le surplus d'eau qui s'infiltré dans le sol, grâce au labour, n'est pas réellement utile à la plante mais contribue à augmenter le lessivage vertical. Ceci est cependant un moindre mal et doit être préféré à l'augmentation du ruissellement, susceptible, sur pentes longues, d'aggraver dangereusement l'érosion.

Il y a cependant des périodes de sécheresse et de déficit des réserves hydriques du sol. C'est à ce moment qu'une amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol peut être très bénéfique pour la plante. Ces périodes peuvent se situer au milieu de la saison des pluies mais elles interviennent le plus souvent en début de saison des pluies, lorsque le régime des pluies n'est pas encore bien établi, et en fin de saison, si celle-ci se termine prématurément ou si le cycle végétatif de la plante est trop long par rapport au cycle des pluies.

Pour l'infiltration des premières pluies, les labours de fin de cycle présentent un intérêt particulier par rapport aux labours de préparation en début de saison. A défaut de labour on peut aussi favoriser cette infiltration en effectuant un pseudo-labour aux dents en sec: cette technique, recommandée par la CFDT au Mali, permet d'effectuer ensuite, sur sol humide, le labour de préparation à plus grande profondeur.

Cependant là encore, si l'on se fonde sur les résultats de l'expérimentation en cases d'érosion menée pendant quinze ans à Séfa, il n'y a pas lieu, semble-t-il, de s'exagérer l'importance du ruissellement pour les toutes premières pluies : sauf cas de tornades violentes, de pentes très fortes ou de sols très peu perméables celles-ci s'infiltrent en totalité dans le sol sec. Il faut attendre que le sol soit suffisamment humidifié et sa structure superficielle suffisamment modifiée par les premières pluies, pour que le ruissellement apparaisse. Il suffit habituellement, pour cela, d'une hauteur d'eau de 50 à 100 mm de pluies cumulées.

L'amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol par le labour ne paraît donc jouer, dans la pratique agronomique, un rôle aussi général et aussi important qu'on aurait pu, initialement le penser, bien que ce rôle puisse être décisif dans certaines conditions particulières.

Reste à examiner le dernier mécanisme pouvant expliquer la meilleure résistance des plantes à la sécheresse après labours, même lorsque les problèmes de ruissellement ne se posent pas.

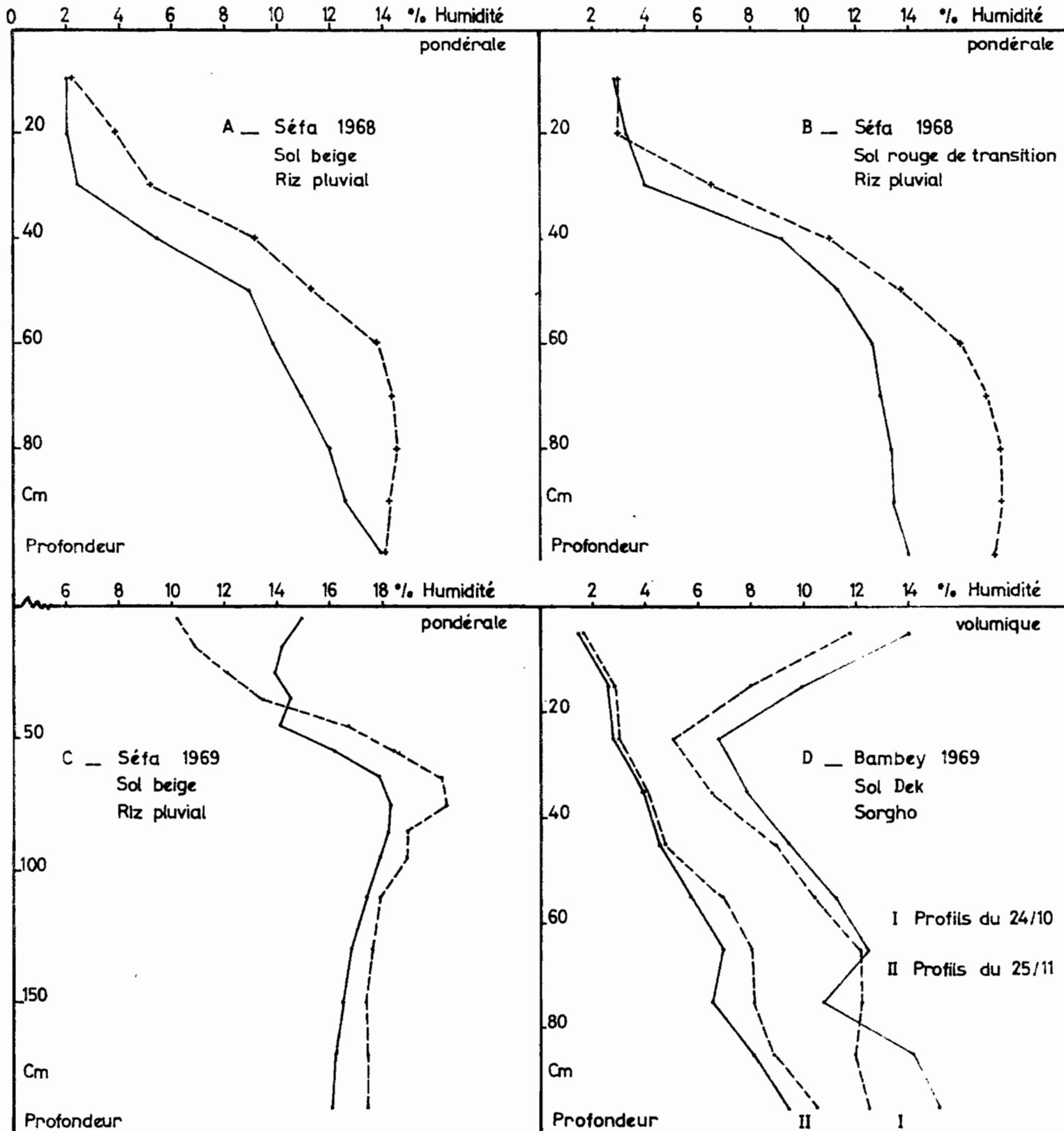
321.23 Amélioration de l'utilisation, par la plante, des réserves hydriques du sol.

On a examiné plus (III, 31) l'influence que pouvaient exercer les propriétés physiques des sols et, en particulier, la porosité, sur le développement des systèmes racinaires des végétaux. Or, ainsi que l'ont montré un certain nombre d'auteurs dont MAERTENS (56), la répartition de l'enracinement dans le profil a des répercussions très nettes sur l'utilisation des réserves hydriques du sol et notamment, les couches profondes du sol.

On peut donc s'attendre à ce que le labour, par les modifications de porosité et de structure qu'il entraîne pour le sol, et l'amélioration consécutive de l'enracinement pour la plante, ait un rôle important dans ce domaine. Ceci pourrait suffire à expliquer, en dehors de toutes autres considérations, que lors de périodes de déficit en eau, l'alimentation hydrique des plantes soit mieux assurée sur sol labouré que sur témoin non travaillé.

Graph: IV-2 _Comparaison des profils hydriques sous labour (—) et sous grattage superficiel (-----) après périodes de sécheresse

D'après SEGUY (1970): A et B ; NICOU , SEGUY , HADDAD (1970): C ; CHOPART (1970) : D.



Divers résultats obtenus au Sénégal viennent à l'appui de cette hypothèse.

En 1968, SEGUY (90) mit en place à Séfa plusieurs essais sur différents types de sols dans le but d'étudier comparativement le comportement du riz en présence ou absence de labour de préparation.

Au mois d'Août intervint une sécheresse d'une sévérité exceptionnelle pour ce lieu et cette époque de l'année. Des profils hydriques furent relevés à la fin de cette période de sécheresse sur sol beige et sur sol rouge de transition. Sur les graphiques IV-2a et IV-2b, on peut comparer les profils hydriques des témoins (grattage) et des sols labourés. Il apparaît que dans les deux situations, le sol sous labour est nettement plus asséché que sous grattage superficiel (témoin) et ceci jusqu'à plus d'un mètre de profondeur. Les différences de stock d'eau entre les deux traitements, se situent pour cette profondeur, entre 30 et 40 mm (tableau n° IV-5).

Tableau n° IV-5

Comparaison des stocks d'eau du sol sous labour
et sous grattage à Séfa en 1968

Profondeur cm	Sol beige			Sol rouge		
	Labour	Grattage	Différence	Labour	Grattage	Différence
0-30	9,0	15,5	6,5	13,0	17,0	4,0
30-50	21,7	32,0	10,3	31,5	37,0	5,5
50-100	88,5	103,7	15,2	100,3	127,1	26,8
0-100	119,2	151,2	32,0	144,8	127,1	36,3

Dans ces essais la profondeur du labour était de 30 cm et la majeure partie de la masse racinaire se trouvait dans la couche 0-30. Cependant l'exploitation plus poussée des réserves hydriques ne concerne pas la seule couche labourée : bien au contraire, l'opposition entre grattage et labour tient surtout à la différence d'exploitation, par le riz, des réserves hydriques des horizons profonds du sol où l'on trouve pourtant fort peu de racines. Tout se passe comme si le système racinaire du riz installé sur labour "pompe" plus efficacement l'humidité des couches inférieures.

Cette fourniture d'eau supplémentaire a permis au riz installé sur labour de résister beaucoup mieux à la sécheresse que le riz sur sol non travaillé. Ces résultats ont été confirmés l'année suivante par NICOU, SEGUY et HADDAD (73) sur riz pluvial à Séfa.

Un essai avait été mis en place pour étudier comparativement l'enracinement de 4 variétés de riz pluvial sur sol labouré et sur témoin non travaillé (grattage superficiel). Des relevés de profils hydriques ont été effectués fin Juillet alors que le riz se trouvait au stade montaison. On a fait la moyenne des humidités pour trois variétés, la quatrième ayant un comportement un peu particulier. Ces profils moyens ont été figurés sur le graphique IV-2c. On constate que, comme en 1968, l'exploitation des réserves hydriques est globalement plus poussée sous labour. Mais un fait nouveau intervient : l'assèchement ne se fait pas aux mêmes niveaux. Sur grattage les racines exploitent préférentiellement les couches superficielles (0-40 cm), alors que sur labour, ce sont les couches profondes, et en particulier le niveau 40-80 cm, qui sont exploitées.

Des calculs de bilan ont été faits et figurent dans le tableau IV-6.

Tableau n° IV-6

Comparaison des stocks d'eau du sol sous labour
et sous grattage à Séfa en 1969 (mm)

Profondeur cm	Grattage mm	Labour mm	Différence mm
0-40	69,5	86,5	+ 17,0
40-80	121,3	106,4	- 14,9
80-200	340,6	323,6	- 17,0
0-200	531,4	516,5	- 14,9

Les différences de bilan sont respectivement de 17 mm pour les couches supérieures (0-40) et 32 mm pour les couches profondes (40-200). Le phénomène ne semble pas dû au hasard car, pour les trois variétés, les courbes de profils hydriques accusent les mêmes différences entre les traitements labour et grattage.

Des résultats analogues ont été trouvés par CHOPART (21) à Bambeï, sur sorgho. Il s'agissait d'étudier l'enracinement du sorgho en deux conditions de fertilité :

- un témoin non travaillé et non fumé
- un traitement avec labour de préparation et fumure minérale forte.

On ne peut donc pas dissocier ici l'action du travail du sol et celle de la fumure; cependant, par analogie avec les résultats des études précédentes, on peut estimer que l'essentiel des différences observées dans l'exploitation des réserves hydriques du sol est imputable au labour.

Des relevés de profils hydriques ont été effectués périodiquement sur cet essai. Il est intéressant de comparer sur le graphique IV-2d ceux qui ont été faits à la récolte du sorgho (24 Octobre) et ceux qui ont été réalisés un mois plus tard (25 Novembre). Entre les deux dates, il n'est pas tombé de pluie et les différences de stocks d'eau du sol sont dues uniquement à l'évapotranspiration. Bien que la récolte des grains soit effectuée, les feuilles restent vertes et la plante est physiologiquement encore active. On constate que les humidités qui étaient plus élevées sous labours au moment de la récolte (en raison d'une nature de sol un peu plus argileuse et d'une capacité de rétention un peu plus forte) deviennent, un mois plus tard, plus faibles que sous grattage. Les bilans ont été calculés et fournissent les résultats suivants (tableau n° IV-7).

Tableau n° IV-7

Evolution comparée des stocks d'eau du sol sous sorgho, labouré ou non à Bambey en 1969 (mm)

Profondeur cm	Labour (+ fumure)			T é m o i n			Différence d'évapotranspiration entre labour et tém.
	Profil du 24/10	Profil du 25/11	Dif-férence	Profil du 24/10	Profil du 25/11	Dif-férence	
0-50	71,5	22,8	48,7	60,0	23,4	36,6	12,1
50-100	95,4	54,7	40,4	89,0	64,4	24,6	15,8
0-100	166,9	77,5	89,1	149,0	87,8	61,2	27,9

Le sorgho installé sur labour (et ayant reçu une fumure minérale) a donc extrait, en un mois, d'une couche de sol de un mètre d'épaisseur, 28 mm d'eau de plus que le témoin.

Tous ces exemples .. confirment que le labour peut jouer, indirectement, un rôle important dans l'alimentation hydrique des plantes, par le biais d'un meilleur enracinement et d'une possibilité d'exploitation plus poussée des réserves hydriques des couches profondes du sol.

Ce mécanisme d'intervention sur le régime hydrique nous paraît à la fois plus important et plus général que les deux autres précédemment cités. C'est à lui, dans la majorité des cas, qu'on doit faire appel pour expliquer la meilleure résistance à la sécheresse des plantes installées sur labour.

321.3 Effets des labours sur la composition granulométrique et chimique de la couche travaillée.

Le labour, en remontant les éléments terreux des horizons plus profonds du sol et en les mélangeant à ceux des horizons superficiels, est susceptible de modifier la composition granulométrique de ceux-ci. Encore faut-il que la texture des horizons profonds soit différente de celle des horizons superficiels. Tel n'est pas le cas pour les sols développés sur matériau sableux d'origine éolienne, comme ceux de Bambey, où l'enrichissement en argile avec la profondeur est faible et très progressif. Par contre, les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols ferrallitiques présentent habituellement un gradient d'augmentation de la teneur en éléments fins bien marqué dès la surface. A 30 cm de profondeur la teneur en argile peut être double de ce qu'elle est à 5 cm. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, d'observer des modifications de la composition granulométrique dans l'horizon superficiel après labour. C'est ainsi que COINTEPAS (23) note qu'à Séfa, dans une jachère de trois ans, un labour réalisé à la charrue à disques remonte la teneur en argile de 8,9 à 12% en surface. Pour des sols dont les horizons superficiels sont très sableux, cette augmentation relative de la teneur en éléments fins peut être regardée comme bénéfique.

Cependant, en sens inverse, il est souvent fait état du danger de remonter, par le labour, des couches "stériles" à la surface du sol. Il n'y a pas lieu, à notre avis, de surestimer ce danger pour les sols de la zone étudiée. Il convient à ce sujet de tenir compte de la répartition dans le profil de la matière organique et des éléments minéraux. Les sols du type "Dior" de Bambey sont uniformément pauvres en ces éléments et l'enrichissement en surface est peu marqué; le taux de décroissance de la matière organique avec la profondeur est très progressif. Le danger d'appauvrissement de la couche arable par remontée de couche "stériles" sous-jacentes est donc à peu près inexistant. Par contre, sur sols ferrugineux tropicaux lessivés ou sols ferrallitiques, comme ceux de Séfa, il y a un contraste marqué entre l'horizon superficiel (0-10cm) et les horizons sous-jacents, tant en ce qui concerne la teneur en matière organique que la richesse minérale. Cet horizon est en effet enrichi, aux dépens des horizons profonds, par les chutes annuelles de feuilles et de débris végétaux.

Comme l'indiquent CHARREAU et FAUCK (17), le défrichement et la mise en culture de ces sols se traduit à la fois par un appauvrissement global en matière organique et en éléments minéraux et par une nouvelle répartition de ces éléments dans les 30 premiers centimètres du profil : uniformisation des teneurs et diminution du contraste entre horizon superficiel (0-10cm) et horizons sous-jacents (10-30cm). Il n'est pas douteux que les travaux culturaux, et en particulier le labour, ont joué un rôle important dans ce phénomène.

A ce sujet, COINTEPAS (23), dans l'expérience déjà mentionnée, observe après réalisation du labour et concurremment à la remontée du taux d'argile en surface, un abaissement de la teneur en carbone de 0,76 à 0,65 %.

L'homogénéisation de la couche arable n'est pas, en soi, une mauvaise chose, bien au contraire. Il est toutefois nettement préférable que ce processus soit progressif. C'est pourquoi il ne paraît pas recommandé, sur de tels sols, de labourer à grande profondeur aussitôt après défrichement : il vaut mieux augmenter progressivement, année par année, la profondeur du labour.

Le rôle de l'homogénéisation de la couche superficielle par le labour intervient également pour l'incorporation au sol d'engrais minéraux épandus en surface. Ce rôle peut être particulièrement intéressant, comme on le verra, pour des éléments comme le phosphore migrant difficilement dans le sol : celui-ci se trouve ainsi placé, grâce au labour, dans une position favorable à son absorption par le système racinaire.

Le labour est par ailleurs souvent accusé de favoriser l'érosion et l'appauvrissement en éléments fins de la couche arable du sol.

Dans le but de mesurer cet éventuel appauvrissement, des analyses granulométriques sont effectuées périodiquement au Sénégal sur des terrains d'essais où peuvent être comparés des traitements avec et sans labour. Il y a une dizaine d'essais qui sont ainsi suivis, ces essais étant répartis dans tout le Sénégal.

Jusqu'à présent on n'a pu noter, à cet égard, aucune différence significative entre témoin et sol labouré. Les résultats les plus probants sont sans doute ceux d'un essai combinant différents traitements de travail du sol et de fertilisation minérale, implanté par NICOU (67) à Bambey en 1961, en sol dunaire très sableux. L'essai est en rotation biennale arachide-nil depuis cette date. Chaque année les mêmes parcelles subissent les mêmes traitements.

Il est donc possible de tester sur plusieurs années, les effets cumulatifs du labour par rapport à un témoin non travaillé. Des analyses granulométriques portant sur la fraction "Argile + Linon" dans l'horizon 5-15 cm (les labours réalisés aux boeufs étant peu profonds) ont été effectuées en 1967 et 1969 soit respectivement après 7 et 9 labours annuels. Les résultats en sont les suivants (Tableau n° IV-8)

Tableau n° IV-8

Comparaison des teneurs en éléments fins (Argile + Linon)
à Banbey, en sol Dior, sur témoin non travaillé et sol labouré

Année de pré- lèvement	Nombre de labours depuis début de l'essai	Teneurs en A + L %	
		Témoin Grattage à liler	Labour (en sec)
1967	7	3,4	3,2
1969	9	3,8	3,9

Il n'y a aucune différence significative entre témoin et sol labouré.

Des études analogues ont débuté récemment en Haute-Volta et n'ont pas montré, jusqu'à présent, d'influence nocive du labour à cet égard; les études sont cependant trop peu avancées pour qu'on puisse accorder beaucoup d'importance aux résultats obtenus.

Ceci amène à traiter, de façon plus globale le problème du labour et de l'érosion.

321.4 Labour et susceptibilité à l'érosion

Il s'agit là d'un des arguments majeurs avancés par les détracteurs du travail profond du sol en général, et du labour en particulier, pour la zone tropicale sèche. Les mises en garde contre la charrue "dévastatrice de sols" ne manquent pas dans la littérature agronomique tropicale. Par contre les faits expérimentaux pouvant venir à l'appui de cette théorie, sont très peu abondants, voire inexistants. Nous n'avons, pour notre part, connaissance d'aucun exemple précis, dans ce domaine, pour la zone qui nous occupe.

On peut admettre que le labour peut influencer, sinon la stabilité structurale, mesurée seulement sur les très petits agrégats, du moins la "détachabilité" des éléments du sol et sa susceptibilité à l'érosion. Encore faudrait-il pouvoir mesurer avec précision cette influence : ceci n'est guère possible que dans des expériences mettant en oeuvre le simulateur de pluie ou les parcelles de mesure du ruissellement et de l'érosion par la méthode des cuves.

Cette dernière méthode a été utilisée à Séfa en 1968 par CHARREAU et SEGUY (20) pour comparer ruissellement et érosion sur sols nus, traités aux désherbants totaux, l'un non travaillé, l'autre labouré. L'année précédente, les parcelles avaient été cultivées en maïs; le labour effectué en Octobre 1967 était un labour d'enfouissement de tiges de maïs, après récolte du grain; il avait été réalisé dans le sens de la pente (2%). La parcelle témoin avait été débarrassée de ses pailles en fin de saison sèche.

Mention a été faite précédemment (IV, 321 2) des résultats de cette expérience concernant le ruissellement. Les courbes cumulées du ruissellement et de l'érosion en fonction de la pluviométrie cumulée figurent également plus haut (graphique n° III-3a). On peut noter, sur ce graphique, que les courbes cumulées du ruissellement et de l'érosion sur la parcelle 1 (labouré) sont constamment inférieures à celles de la parcelle 2 (témoin).

L'érosion peut être considérée comme le produit de deux facteurs :

- le volume de ruissellement
- la turbidité spécifique ou charge solide de la nappe ravinante.

Dans cette expérience, on a vu (III, 321 2) que le volume du ruissellement était inférieur sur labour à ce qu'il était sur témoin non travaillé : 151 mm contre 271 mm. Ceci est en accord avec le rôle améliorateur de l'infiltration de l'eau dans le sol habituellement reconnu au labour.

Mais, fait plus surprenant, le second facteur : la turbidité spécifique, est également plus faible sur labour. En moyenne annuelle elle est en effet de 4,28 g/l contre 6,68 g/l sur témoin non travaillé.

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 à provoquer des attérissements locaux.

En l'absence d'observations et de mesures suffisamment précises, il est difficile de trancher entre les deux hypothèses, bien que la seconde paraisse plus favorable. Ces faits demandent à être confirmés.

On voit donc que les résultats de cette expérience viennent contredire les hypothèses habituellement avancées concernant l'influence du labour sur l'érosion. Il serait, certes, abusif de vouloir tirer d'une expérience unique une règle générale; mais il est d'ores et déjà certain que le labour ne se traduit pas, ipso facto, par une aggravation de l'érosion. Dans bon nombre de cas, c'est le contraire qui doit être vrai : le labour, soit par son action directe, (comme dans l'expérience précitée), soit par son action indirecte sur la plante, en favorisant le développement végétatif et la couverture du sol, soit par les deux actions conjuguées, doit jouer un rôle améliorateur dans la conservation du sol. Des expérimentations ultérieures devraient pouvoir confirmer ce point de vue.

La fâcheuse et tenace réputation du labour, et plus généralement, du travail profond du sol, dans ce domaine tient, semble-t-il, à une confusion qui a longtemps été faite; en zone tropicale, entre profondeur de travail et intensité de travail. Ce dernier facteur, conduisant à un émiettement susceptible d'aggraver dangereusement l'érosion 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. Il est possible également que dans les cas où le ruissellement joue par lui-même un rôle actif en tant qu'agent érosif (cas des pentes longues et fortes) les pertes en terre soient plus élevées sur sols labourés. Mais, avec un aménagement rationnel du paysage et une répartition judicieuse des champs dans l'espace, ces cas devraient être l'exception.

321 5 Effets du labour sur la matière organique et la vie microbienne

La répétition des labours ordinaires, 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 labour et, plus généralement, le travail profond du sol, entraîne une modification de la population microbienne du sol et influe par là sur certains processus biochimiques.

Nous manquons d'observations et de mesure précises dans ce domaine.

On peut cependant faire état de mesures d'azote nitrique effectuées périodiquement dans un essai de techniques culturales à Saria en Haute Volta (34) pendant la première partie de l'hivernage: les teneurs en azote nitrique ont été constamment supérieures, sur certains traitements de labours, à celles des témoins non travaillés. Il semble qu'ici les labours aient favorisé la nitrification.

L'influence des labours d'enfouissement sur ces propriétés biologiques du sol sera examinée ultérieurement.

321 6 Conclusion sur les effets directs du labour sur le sol.

Le labour a, comme on le voit, des incidences multiples et complexes sur les propriétés du sol. Toutes ces incidences sont susceptibles d'influer, à des degrés divers suivant les circonstances, sur la croissance végétale et la production agricole. Cependant, celles qui paraissent jouer, -et de loin,- le rôle le plus important et le plus général dans ce domaine, sont celles qui ont trait aux modifications de structure et de porosité quantitative et qualitative. Ces caractéristiques influent, en effet, directement, comme on l'a vu (III,31) sur l'enracinement des végétaux. On peut donc s'attendre à ce que le labour entraîne, de ce seul fait, une amélioration du système radiculaire des végétaux, avec toutes les conséquences que cela comporte pour leur alimentation hydrique et minérale, et en fin de compte pour les rendements agricoles. Ces incidences seront confirmés par l'examen des effets des labours sur les cultures.

322. Les effets directs des labours sur les cultures

Ceux-ci se manifestent sur :

- les adventices des cultures
- l'enracinement des plantes cultivées
- le développement végétatif et les rendements agricoles.

322 1 Effets des labours sur les adventices des cultures.

L'enherbement des cultures constitue un des problèmes majeurs auquel le paysan de la zone tropicale sèche Ouest-africaine doit faire face. Le développement des mauvaises herbes est, en effet, particulièrement important dans ces régions; toutes les cultures sont sarclées et, habituellement, quatre à six sarclages sont nécessaires, en cours de cycle végétatif, pour assurer une maîtrise correcte de l'herbe.

Par ailleurs le paysan est très mal armé pour cette lutte incessante contre l'envahissement par l'herbe. Il ne peut, actuellement, utiliser les herbicides, en raison de leur prix de revient trop élevé. Leur emploi commence cependant à être envisagé en culture intensive, et pour des cultures à rentabilité satisfaisante, telles que le riz pluvial.

Pour les sarclobinages mécaniques, le paysan ne dispose, bien souvent que d'un équipement insuffisant en culture attelée. A supposer même qu'il ait un équipement, les techniques actuelles de culture ne permettent pas de réaliser tous les binages mécaniquement: la quasi totalité des binages sur la ligne doivent être effectués manuellement; il en est de même des derniers binages dans les inter-lignes, quand le couvert végétal est devenu trop important pour qu'on puisse y faire passer des attelages. Dans ces conditions, il n'y a rien d'étonnant à ce que le défaut d'entretien des cultures soit considéré comme une des causes essentielles et habituelles des médiocres rendements observés en agriculture traditionnelle. Ce défaut d'entretien peut tenir à un nombre insuffisant de sarclobinages, à une réalisation défectueuse de ceux-ci, ou, bien souvent, à des retards dans leur exécution.

Après des études détaillées de temps de travaux sur des exploitations agricoles, MONNIER (59) a regroupé les travaux en trois blocs homogènes bien distincts par la période d'exécution et les conditions pédoclimatiques correspondantes. Le 2ème bloc est constitué par les façons superficielles d'enblavure et d'entretien. Il dure de 60 à 70 jours et c'est à l'intérieur de ce bloc que se situent les principaux goulots d'étranglement au point de vue main d'oeuvre; c'est donc lui qui conditionne, en grande partie, les dimensions et la structure de l'exploitation en fonction de la main d'oeuvre disponible.

C'est dire toute l'importance qu'il convient d'accorder à ce problème de la lutte contre les adventices. Or, dans l'arsenal des techniques de lutte, le labour peut occuper une place de choix. En enfouissant les graines à une profondeur suffisante pour qu'elles ne puissent germer, il diminue très sensiblement les risques d'envahissement par l'herbe.

Au Sénégal, on estime généralement que le labour permet de supprimer, suivant les cas, un ou deux sarclobinages. De toutes manières, il facilite très sensiblement les travaux de sarclage. Sur le plan économique cela peut suffire à justifier son application, même dans les cas rares où il ne provoque pas, par ailleurs, d'augmentation de rendement.

Cependant, pour jouer un rôle efficace dans la maîtrise de l'herbe, il est nécessaire que le labour soit correctement réalisé et, notamment, suffisamment fermé. Cette dernière condition est particulièrement importante dans le cas des labours d'enfouissement de matière verte, pour éviter les repousses des végétaux enfouis.

322 2 Effets des labours sur l'enracinement des cultures

Depuis 1964, de nombreuses observations de profils culturaux ont été faites au Sénégal pendant les saisons de culture en comparant témoins non travaillés et sols labourés. Toutes ces observations sont concordantes et font ressortir une nette influence du labour sur le développement racinaire de toutes les plantes cultivées : nil, sorgho, maïs, riz pluvial, arachide, cotonnier. On observe en particulier une fasciculation plus importante et une densité plus grande de petites racines.

On a cherché à étayer par des mesures quantitatives ces impressions visuelles.

Les premiers travaux en ce sens ont été réalisés par BLONDEL (7). Celui-ci a procédé à Banbey en 1964 à deux séries de mesures :

- l'une en sol Dior très sableux, sur arachide
- l'autre, en sol Dek, sablo-argileux, sur sorgho.

Il a utilisé la procédure des sondages verticaux précédemment décrite (I, 26).

Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous exprimés en mg de racines pour un nombre défini de prélèvements. Les chiffres n'ont donc qu'une valeur comparative.

Tableau n° IV-9

Influence du labour sur le poids de racines de l'arachide et du sorgho à Banbey

S o l	Culture	Profondeur cm	Poids de racines mg sur	
			Grattage superfic.	Labour
Dior Très sableux	Arachide	0-10	35	138
		10-20	32	148
		0-20	67	286
Dek sablo- argileux	Sorgho	0-10	123	201
		10-20	56	97
		20-40	16	23
		0-40	195	321

Depuis cette date, de nombreuses autres mesures ont été faites sur diverses plantes, en utilisant une procédure légèrement différente : celle des prélèvements horizontaux (I, 26). Les poids de racines sont ramenés à un volume connu de terre, ce qui permet de calculer la densité d'occupation racinaire, exprimée en g/dm^3 . Les résultats obtenus sur céréales (sorgho, maïs, riz pluvial) ont été rassemblés dans le tableau n° IV-81, figurant en annexe.

A l'examen du tableau, il apparaît que, d'une façon très générale, le labour augmente la densité d'occupation racinaire. Toutefois, pour une même culture, les résultats peuvent être assez variables d'un lieu à un autre et d'une année à l'autre. L'augmentation de la densité d'occupation racinaire est observée habituellement à tous les niveaux de prélèvement (à quelques exceptions près) mais elle est souvent plus marquée, en valeur relative, dans l'horizon 10-20 cm. C'est d'ailleurs, à ce niveau intermédiaire (ou dans la couche 5-15), que sont apparues les meilleures corrélations de l'enracinement avec la porosité ou avec le rendement (III, 24 et III, 31).

Les labours d'enfouissement ont, sur les densités d'occupation racinaire, la même influence que les labours ordinaires. On note également que si le labour provoque une réaction identique de l'enracinement pour les diverses espèces de céréales étudiées, il agit de même, à l'intérieur d'une même espèce, pour différentes variétés. L'exemple le plus probant est celui du riz pluvial à Séfa en 1969. Les résultats, très démonstratifs, de cet essai ont été repris sur le graphique n° IV-3.

Ce dernier essai a fait, par ailleurs, l'objet d'une étude plus poussée de l'enracinement par la méthode des prélèvements globaux (I, 26). Cette étude a été conduite par NICOU, SEGUY et HADDAD (73). Les mesures ont porté non seulement sur les poids secs et humides des racines principales mais aussi sur leur longueur et sur leur rayon moyen; des estimations de surfaces racinaires ont été également calculées. Ces résultats concernant longueurs et surfaces des racines principales et secondaires figurent dans le tableau n° IV-10.

On observe que le labour double la longueur des racines principales; mais surtout il augmente dans des proportions importantes, quoique variables suivant les variétés, la longueur des racines secondaires, c'est-à-dire la ramification de l'enracinement.

Tableau n° IV-10

Action du labour sur les longueurs et surfaces des racines principales (RP) et secondaires (RS) du riz pluvial à Séfa (prélèvement de 32 décimètres cubes)

Variétés	Trai- te- ments	Longueur m.			Surface dm ² .		
		R.P.	R.S	Total	R.P	R.S	Total
63 - 83	Ténoin	64	619	683	10	23	33
	Labour	162	1580	1742	25	60	85
Iguape Cateto	Ténoin	111	2399	2510	17	60	77
	Labour	165	3400	3565	28	85	113
Taïchung native n° 1	Ténoin	67	3266	3333	9	62	71
	Labour	192	4478	4670	24	84	108
	Ténoin	80	4530	4610	12	85	97
	Labour	189	8575	8764	25	162	187

La surface racinaire est le paramètre le plus important et le plus significatif de l'enracinement. Elle représente en effet la surface de contact sol-racines, qui intervient directement dans les échanges sol-plante. On peut dire que ce paramètre intègre pratiquement toutes les autres données de l'enracinement. On voit que, dans tous les cas, cette surface de contact est notablement augmentée par le labour, dans des proportions allant de 50 à 150%. L'augmentation de surface porte aussi bien sur les racines principales que sur les racines secondaires. Au total, dans cet essai, l'action du labour sur l'enracinement du riz pluvial se traduit par une augmentation des valeurs suivantes :

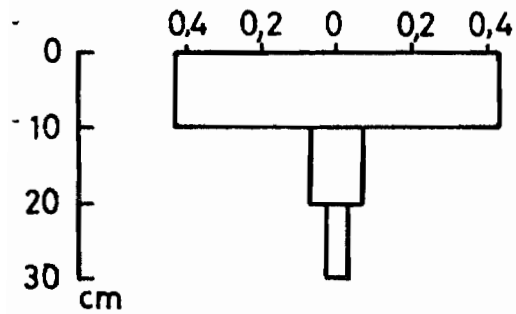
- longueur des racines principales
- nombre de racines principales
- longueur totale pour un volume de sol donné
- surface de contact sol-racine pour un volume de sol donné
- poids frais et sec.

Ces augmentations sont plus ou moins accusées suivant les variétés mais elles se manifestent sur toutes les variétés étudiées.

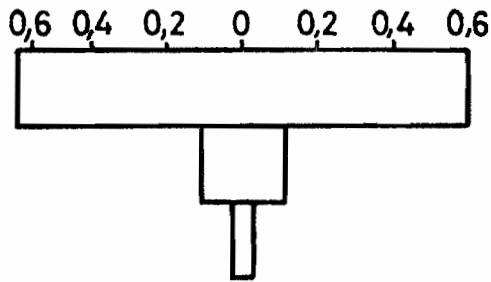
Influence du labour sur les densités d'occupation racinaires (g/dm³) de différentes variétés de riz pluvial

D'APRES NICOU, SEGUY, HADDAD, (1970)

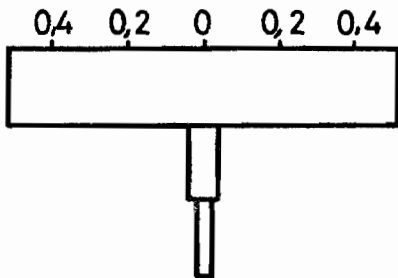
GRATTAGE



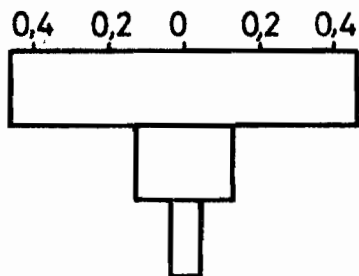
63-83



IGUAPE

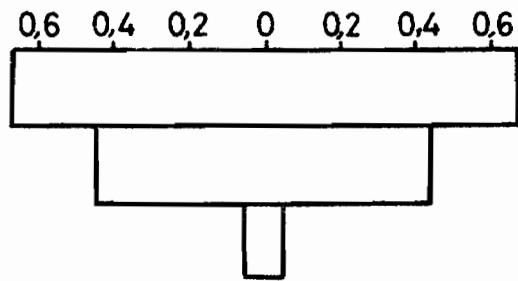


TN1

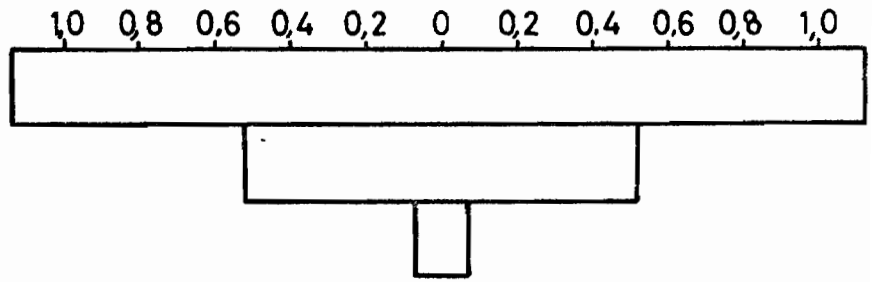


IR8

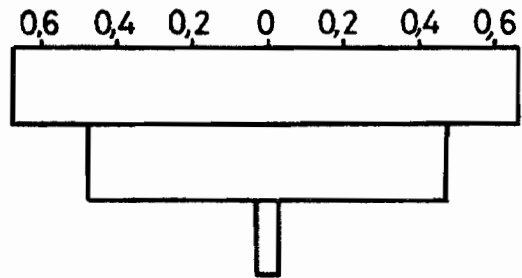
LABOUR



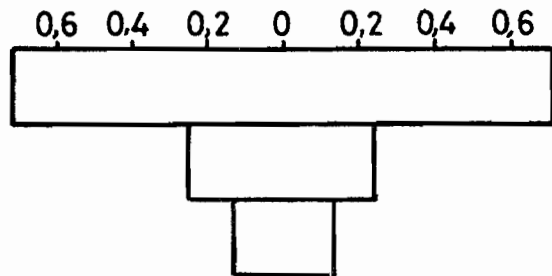
63-83



IGUAPE



TN1



IR8

Une étude analogue a été conduite par CHOPART (21) à Banboy, sur sorgho. Il s'agissait de comparer l'enracinement de la variété 63-83 (pailles relativement courtes) sur un témoin non travaillé et non fumé, et sur un traitement comportant labour de préparation et fumure minérale forte. Il est donc impossible, dans cette étude, d'isoler l'action du labour, comme cela a pu être fait dans les études précédentes. Cependant, se fondant sur les résultats de ces dernières, on fera sans grands risques d'erreur, l'hypothèse que l'essentiel des réactions observées sur l'enracinement est imputable au labour.

Les résultats obtenus à la récolte sont résumés dans le tableau n° IV-11.

Tableau n° IV-11

Action conjuguée du labour et de la fumure minérale sur les principales caractéristiques de l'enracinement du sorgho 63-18 à Banboy (par pied)

Traitements	Racines adultes			Poids sec g			Longueur totale kn	Surface totale m ²	Rapport parties aériennes / racines
	Nbre	Dia- mètre moyen mm	Long. moyen cm	Raci- nes adul- tes	Radi- cel- les	Total			
Témoin	165	1,18	43,7	32,1	34,0	66,1	32,5	8,6	12,3
Labour + Fumure	322	1,05	47,8	54,4	48,0	102,4	43,8	12,0	20,5

On voit donc, d'après ces exemples, que le labour n'entraîne pas seulement le développement quantitatif du système racinaire, exprimé par les mesures pondérales, mais qu'il influe également sur la qualité de l'enracinement, sur son degré de finesse et de ramification, traduits par les paramètres de longueurs et de surface racinaires. A poids égal d'enracinement, il peut y avoir une amélioration de la surface de contact sol-racine, si la ramification du système est plus poussée, et la proportion de fines racines plus importante.

En dehors des aspects quantitatif et qualitatif de l'enracinement, le labour modifie également la répartition de celui-ci dans le profil. Cet aspect de la question est cependant moins bien connu que les précédents.

En 1965, DEFFONTAINES (28) observant des profils culturaux à Séfa note que le labour crée, dans le profil, une discontinuité qui, souvent, n'est pas perceptible visuellement mais à laquelle les racines des plantes cultivées paraissent sensibles : la densité de racines est considérablement augmentée dans la couche labourée, mais elle peut être plus faible, dans l'horizon sous-jacent, que dans un sol non travaillé. Le fond du labour peut donc, dans certains cas, jouer le rôle d'écran au développement racinaire.

Une observation analogue a été faite par BLONDEL (9) à Séfa en 1966 sur nil. En procédant à des comptages de racines, celui-ci a observé que la totalité des racines se trouvait concentrée dans l'horizon 0-20 cm correspondant à la couche travaillée par le labour.

Concernant l'arachide, le pivot est, d'une manière générale, peu sensible à la discontinuité créée par le fond du labour et pénètre toujours en profondeur. Dans certains cas, la fasciculation secondaire peut être plus réduite dans l'horizon compact, sous le labour, qu'à la profondeur correspondante sous le témoin.

Toutefois ces observations paraissent constituer l'exception plutôt que la règle. Partout ailleurs, en effet, aucune observation de ce genre n'a pu être faite : l'enracinement est bien augmenté dans de fortes proportions dans la couche labourée, mais il n'est pas diminué pour autant dans les horizons sous-jacents par rapport au témoin; c'est l'inverse qui est habituellement vrai. Les mesures de densité d'occupation racinaire viennent d'ailleurs corroborer ces impressions visuelles (Tableau n° IV-81). Les labours n'ont pas dépassé 20 cm de profondeur (sauf parfois à Séfa). Or quand l'action du labour se manifeste sur la densité d'occupation racinaire dans la couche 0-20 cm, on constate qu'elle se manifeste également dans la couche 20-30 cm, c'est-à-dire en dessous de la limite du labour. A Séfa même, les observations de DEFFONTAINES et BLONDEL n'ont pas été confirmées depuis.

On retiendra que, d'une manière générale, le labour augmente l'enracinement dans de fortes proportions dans la couche labourée et plus faiblement dans les horizons sous-jacents. Dans certains cas, le fond du labour pourrait jouer le rôle d'écran au développement racinaire : ceci interviendrait surtout dans les sols à horizons profonds plus argileux (cas de Séfa) où le lissage créé par le labour peut être plus accentué.

Pour résumer l'action du labour sur l'enracinement des plantes cultivées on peut dire que celle-ci est très marquée et très bénéfique, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Grâce à un système racinaire plus développé et ramifié, la plante peut mieux assurer son alimentation hydrique et minérale, même lorsque les conditions de milieu sont difficiles.

Les corrélations étroites trouvées entre enracinement, développement végétatif et rendements agricoles, corrélations mentionnées précédemment (III, 24); viennent confirmer cette manière de voir.

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que l'action du labour se traduise, presque toujours, comme on va le voir, par des augmentations substantielles de rendements pour toutes les plantes cultivées.

322 3 Effets directs des labours sur le développement végétatif et le rendement des cultures.

A partir d'essais de types très variés, on s'efforcera de dégager l'effet global des labours sur les différentes cultures.

Les résultats détaillés des diverses expérimentations sont mentionnés dans des tableaux figurant en annexe, où les résultats sont regroupés par zones écologiques. Dans ces tableaux on a toutefois distingué les deux sources principales d'obtention des résultats: essais statistiques, avec répétitions, et champs de pré vulgarisation ou de comportement, sans répétitions. Dans ce dernier cas l'absence de répétitions dans l'espace est compensée par une superficie beaucoup plus importante des parcelles (habituellement 900 m², mais pouvant varier de 300 à 1500 m²) et par des répétitions dans le temps (sur des parcelles différentes).

On a distingué 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. Les conditions de réalisation peuvent être assez variables; dans les tableaux détaillés, figurant en annexe, on s'est efforcé, pour chaque essai, d'en fournir les principales caractéristiques, non seulement pour les labours, mais aussi pour les témoins. Ceux-ci correspondent en effet à la culture traditionnelle effectuée manuellement. Le travail du sol est alors généralement superficiel, mais il peut l'être plus ou moins suivant le type d'outil employé: de simple grattage avec l'"iler", il peut aller jusqu'à un véritable labour superficiel avec certaines "dabas". Les comparaisons, entre essais, de l'effet du labour, n'ont pas toujours, de ce fait, la même valeur.

Seules seront prises en considération ici les données concernant les rendements en grains. Les pesées de tiges et feuilles n'ont pas en effet été réalisées sur une proportion suffisante d'essais pour qu'elles puissent être mentionnées ici.

On peut cependant admettre, comme règle générale, que lorsque le labour provoque une augmentation de rendement sur une culture il entraîne un accroissement au moins proportionnellement équivalent du poids de l'appareil végétatif. Inversement, quand le rendement n'augmente pas ou même baisse légèrement après labours, il est fréquent qu'il y ait, malgré cela, un accroissement de la production de tiges et feuilles. Ceci est notamment le cas de l'arachide.

On examinera d'abord les effets des labours sur les céréales : nil, sorgho, maïs et riz pluvial, puis sur le cotonnier, enfin sur les légumineuses : arachide et niébé.

322 31 Résultats obtenus sur nil

Ils concernent trois pays : Sénégal, Mauritanie, Niger, et sont exposés en détail dans les tableaux IV-82 et IV 83, en annexe. Ces résultats sont repris sous une forme résumée dans le tableau IV-12

Tableau n° IV-12

Résumé des effets directs des labours sur les rendements du nil

S O L S E T PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	TYPE D'EXPE- RIMENTATION	LABOURS ORDINAIRES					LABOURS D'ENFOUISSEMENT								
			Nombre de résultats annuels	Rende- ments moyens	Plus values moyennes sur labours	Nombre de résultats annuels	Rende- ments moyens	Plus values moyennes sur labours	Posi- tifs	des té- moins kg/ha	%	Posi- tifs	des té- moins kg/ha	%		
															Total	Posi- tifs
Sols peu évolués sur sables dunaires	Mauritanie	Essais statistiques	1	1	1472	+ 342	+ 23									
300-700 mm	Sénégal	Essais stat.	8	8	960	+ 220	+ 23	4	3	828	+ 301	+ 36				
	Niger	Ess. statist.	5	5	815	+ 461	+ 57									
F.T.L. sur grès du C.T.	Sénégal	Ess. statist.	3	3	1215	+ 108	+ 9									
700-1000 mm																
F.T.L. sur grès du C.T.	Sénégal	Champs de Prévulgarisation	5	4	2103	+ 179	+ 9	1	1	1546	+ 623	+ 40				
1000-1400																
ENSEMBLE (Moyennes pondérées)			22	21	1245	+ 254	+ 21	5	4	971	+ 365	+ 38				

Comme on le voit, ces effets sont importants, en particulier pour les labours d'enfouissement. On note également que l'action des labours est très marquée sur sols sableux. Ceci rejoint des observations faites au Sénégal dans la région de Tiénaba, proche de Bambey, où les sols sont particulièrement sableux et pauvres (1 à 2% d'argile), même en présence de fumier et de fortes doses d'engrais minéral, les rendements du mil restent très médiocres; seul le labour suffisamment profond permet d'obtenir une récolte honorable.

322 32 Résultats obtenus sur sorgho

Les essais mentionnés concernant le Sénégal et la Haute Volta. D'autres résultats ont été obtenus au Niger, mais sur des sols qui n'entrent pas dans le cadre de cette étude (vertisols ou sols hydromorphes argileux). Les données complètes figurent dans les tableaux IV-84 et IV-85 en annexe; elles sont reprises sous forme résumée dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-13

Tableau résumé des effets directs des labours sur les rendements du sorgho

S O L S E T PLUVIOMETRIE MOYENNE	LOCALI- SATION	TYPE D'EXPE- RIMENTATION	LABOURS ORDINAIRES					LABOURS D'ENFOUISSEMENT							
			Nombre de résultats annuels	Rendts moyens des té- moins kg/ha	Plus values moyennes sur labours kg/ha	%	%	Nombre de résultats annuels	Rendts moyens des té- moins kg/ha	Plus values moyennes sur labours kg/ha	%	%			
													To- taux	Posi- tifs	moins
Sols peu évo- lués sur sables dunaires 600-700 mm	Sénégal	Essai stat. tique	1	1	386	+ 546	+ 141								
F.T.L. Inter- grade Vertisols sur sables et calcaires 600-700 mm	Sénégal	Ess. statist. Champs Prév.	5	5	1354	+ 530	+ 39								
F.T.L. à taches ou concrétions sur grès du CT ou granites	Sénégal	Ess. statist. Champs. Prév.	6	6	2045	+ 318	+ 35	1	1	1431	+ 626	+ 43			
sablo-argileux et sablo-limon. 800-1100 mm	Haute Volta	Essais sta- tistiques	5	5	1245	+ 419	+ 34								
Ferral. moy. désaturé sur grès Sablo- limoneux 1100-1200 mm	Hte-Volta	Essai statis- tique	1	1	1010	+ 256	+ 25								
ENSEMBLE (Moyennes pondérées)			46	39	1874	+ 536	+ 29	2	2	2039	+ 532	+ 26			

Il y'a une certaine disproportion entre le nombre de résultats concernant les labours ordinaires (46) et les labours d'enfouissement (2). Néanmoins tous les résultats concordent et montrent une action très importante des labours sur les rendements du sorgho. Cette action se manifeste sur les types de sols les plus variés.

Cependant à Darou, dans le Sine-Saloun (Sénégal), l'IRHO obtient des effets dépressifs des labours d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert sur le sorgho qui suit; par rapport au témoin venant après jachère brûlée, de 1034 kg/ha l'effet dépressif est de 131 kg/ha soit 13% (moyenne sur 7 ans) (1). Cette anomalie peut s'expliquer par des conditions particulières de réalisation des essais qui seront examinées plus loin, à propos de l'arachide. Dans ce cas précis, il peut s'y ajouter une autre raison : le fait que la plante engrais vert soit ici un sorgho, ce qui amène à la succession sorgho sur sorgho; ainsi qu'on l'a vu précédemment (III, 422 2) cette succession n'est pas recommandée sur sol sableux argileux, en raison, notamment, des incidences parasitaires (*Fusarium* et nématodes).

322 33 Résultats obtenus sur maïs

Ils concernent uniquement le Sénégal (Tableau IV-86 et IV-87 en annexe). Le maïs n'est cultivé que dans la zone méridionale du Sénégal : Casamance et Sénégal oriental. Traditionnellement le maïs est une culture de "case"; la culture du maïs en plein champ, n'est étudiée au Sénégal que depuis une époque assez récente. C'est pourquoi les résultats sont encore peu nombreux : 6 pour les labours ordinaires et 12 pour les labours d'enfouissement. Ces résultats sont résumés dans le tableau n°-IV-14.

L'action des labours d'enfouissement est ici particulièrement importante et nettement supérieure à celle des labours ordinaires.

322 34 Résultats obtenus sur riz pluvial

De même que la culture du maïs la culture du riz pluvial est cantonnée, au Sénégal, à la zone méridionale. Les résultats concernant les effets des labours sont assez récents et encore peu nombreux : 11 pour les labours ordinaires et un seul pour les labours d'enfouissement; ils ont tous été obtenus en Casamance (tableaux n° IV-88 et IV-89 en annexe).

(1) Essai jachère-Engrais vert 1ter sur sol hydromorphe, résultats de 1961 à 1967; moyenne de 4 labours d'enfouissement (1 de jachère, 3 d'engrais vert); comparaison sur traitements recevant la fumure minérale.

Tableau n° IV-14

Tableau résumé des effets directs des labours sur les rendements
du maïs

SOLS ET PLUVIOMETRIE MOYENNE	LOCALI- SATION	TYPE D'EXPE- RIMENTATION	LABOURS ORDINAIRES					LABOURS D'ENFOUISSEMENT				
			Nombre de	Rendts	Plus values	Nombre de	Rendts	Plus values				
			résultats	moyses	moyses	résultats	moyses	moyses				
			annuels	des té-	sur labours	annuels	des té-	sur labours				
			To	Posi-	moins	kg/ha	%	To	Posi-	moins	kg/ha	%
			taux	tifs	kg/ha	kg/ha	%	taux	tifs	kg/ha	kg/ha	%
SOLS F.T.L. à tâches sur grès du C.T. sablo-argiloux 800-1300	SENEGAL Zone orient- tale et Casanance	Essais sta- tistiques Champs de Prévulgar- sation	3	3	2395	+ 502	+ 21	5	5	1887	+ 1155	+ 61
			3	3	1791	+ 634	+ 35	7	5	1180	+ 838	+ 71
ENSEMBLE (Moyennes pondérées)			6	6	2093	+ 568	+ 27	12	10	1474	+ 970	+ 66

Tableau n° IV-15

Tableau résumé des effets directs des labours sur les rendements
du riz pluvial (paddy)

SOLS ET PLUVIOMETRIE MOYENNE	LOCALI- SATION	TYPE D'EXPE- RIMENTATION	LABOURS ORDINAIRES					LABOURS D'ENFOUISSEMENT				
			Nombre de	Rendts	Plus values	Nombre de	Rendts	Plus values				
			résultats	moyses	moyses	résultats	moyses	moyses				
			annuels	des té-	des labours	annuels	des té-	des labours				
			To	Posi-	moins	kg/ha	%	To	Posi-	moins	kg/ha	%
			taux	tifs	kg/ha	kg/ha	%	taux	tifs	kg/ha	kg/ha	%
F.T.L. sur grès du C.T. sablo- argileux 1100-1600 mm	Casanance	Champs de Prévulgar.	5	5	981	+ 1691	+ 172	1	1	1547	+ 705	+ 46
Ferral. moyt. désat. sur grès du C.T. Sablo- argileux 1300-1600 mm	Casanance	Champs de comporten.	5	5	1144	+ 1207	+ 106					
Gris hyd. sur coll. sablo- argileuses 1300 mm	Casanance	Champs de comporten.	1	1	0	+ 2170	-					
ENSEMBLE (Moyennes pondérées)			11	11	966	+ 1515	+ 157	1	1	1547	+ 705	+ 46

On note un effet spectaculaire des labours de préparation sur les rendements du riz. Dans certains essais les rendements du témoin étaient nuls. Ces témoins ne subissaient, il est vrai, qu'un simple grattage pour enlever les résidus végétaux; il n'y avait aucun travail du sol, même superficiel. Ceci peut expliquer que les différences observées soient aussi importantes. L'unique résultat disponible pour les labours d'enfouissement indique une plus valeur moindre que pour les labours ordinaires. Ceci demanderait à être... confirmé.

322 35 Résultats obtenus sur cotonnier

Ils intéressent la Haute Volta et le Sénégal. Dans ce dernier pays la culture du cotonnier est d'extension récente et cantonnée dans la zone Sud orientale. Les résultats complets figurent dans les tableaux n° IV-90 et IV-91 en annexe. Ils sont rapportés, sous forme condensée, dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-16

Tableau résumé des effets directs des labours sur les rendements du cotonnier (coton grain)

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	TYPE D'EXPE- RIMENTATION	LABOURS ORDINAIRES					LABOURS D'ENFOUISSEMENT										
			Nombre de résultats annuels	Rendts des té- noins	Plus values sur labours	Nombre de résultats annuels	Rendts des té- noins	Plus values sur labours										
			To taux	Posi- tifs	noins kg/ha	%	To taux	Posi- tifs	noins kg/ha	%								
Sols ferrugineux tropic. lessivés à taches et con- crétions sur grès et granits sablo-argileux et sab.-linoneux 800-1100 mm	SENEGAL	Essais sta- tistiques	4	4	1749	+ 463	+ 26											
		Champs de Prévulgar.	1	1	1666	+ 652	+ 39	12	10	1240	+ 423	+ 34						
	Haute-Volta	Ess. statist.	1	1	1593	+ 59	+ 4											
Ferral. faibles désat. sur grès sablo-linoneux 1100-1200 mm	HAUTE VOLTA	Essais sta- tistiques	1	1	1148	+ 467	+ 32											
ENSEMBLE (Moyennes pondérées)			7	7	1629	+ 433	+ 27	12	10	1240	+ 423	+ 34						

Les plus values dues aux labours sont importantes et comparables pour les deux types de labours : avec ou sans enfouissement.

322 36 Résultats obtenus sur arachide

Il s'agit là de la culture qui a été la plus anciennement et la plus abondamment étudiée. Aussi les résultats concernant l'influence des labours sur l'arachide sont-ils assez nombreux : 31 pour les labours ordinaires et 113 pour les labours d'enfouissement. On peut s'étonner d'une telle disproportion. Elle provient du fait que les labours d'enfouissement de jachère et d'engrais vert ont été étudiés bien avant les labours ordinaires de préparation. Il y avait à cela deux raisons : d'une part, les contraintes pédoclimatiques qui pesaient sur la réalisation des labours de préparation, d'autre part les doctrines agronomiques anciennes tendant à associer obligatoirement, dans les pays tropicaux, l'action d'incorporation de matière organique à celle de travail du sol. Alors que les essais d'engrais vert et de jachère enfouie ont démarré dès 1950, il a fallu attendre 1961 pour que soient mis en place les premiers essais de labours de préparation sur arachide.

Les résultats détaillés de cet ensemble d'essais figurent dans les tableaux IV-92 et IV-93 en annexe. Ces résultats ont été obtenus principalement au Sénégal et au Niger, mais aussi au Mali et en Haute-Volta. Tous ces essais sont très variés et tous les résultats n'ont pas la même valeur. Nous avons cependant tenu à les faire tous figurer et n'avons écarté, pour le calcul des moyennes, que deux essais (un au Mali, un en Haute-Volta) dont les conditions de réalisation paraissaient trop imprécises. Ces résultats ont été repris dans le tableau IV-17 de façon à permettre la comparaison, par zone écologique, de l'influence des deux types de labours.

À la lecture du tableau, plusieurs constatations peuvent être faites :

- les labours agissent favorablement, dans l'ensemble, sur les rendements de l'arachide, mais cette action est à la fois moins constante et plus faible que pour les autres cultures;
- il existe, à ce sujet, une nette différence entre les deux types de labours : les labours ordinaires ont une action plus régulière et plus importante que les labours d'enfouissement, les plus values moyennes étant respectivement de 19 et 7 %;
- Pour les labours ordinaires, l'action est très variable suivant les écologies et les situations. On notera la régularité et l'importance des réponses obtenues sur les sols sableux du Nord et du Centre Sénégal. Pour les labours d'enfouissement, les effets sont également assez réguliers, mais ils sont moins accusés que ce soit dans un sens ou dans l'autre.

Tableau n° IV-17

Tableau résumé des effets directs des labours sur les rendements de l'arachide

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	TYPE D'EXPE- RIMENTATION	LABOURS ORDINAIRES				LABOURS D'ENFOUISSEMENT					
			Nombre de résultats annuels	Posi- tifs	Rendts moyens des té- moins kg/ha	Plus values moyennes sur labours kg/ha	Nombre de résultats annuels	Posi- tifs	Rendts moyens des té- moins kg/ha	Plus values moyennes sur labours kg/ha		
			To- taux	%	%	%	To- taux	%	%	%		
Peu évolués sur sables dunaires 450-700 mm	SENEGAL (Nord et Centre)	Ess. Stat. Champs Prév.	13	13	965	+ 393	+ 41	16	9	1481	+ 39	+ 3
								20	18	1155	+ 103	+ 9
	NIGER	Ess. Stat.	8	5	1740	+ 84	+ 5	1	0	2199	+ 406	- 18
Peu évol. sur matériau d'ap- port limono- sableux 500-600 mm	NIGER	Ess. Stat.	2	2	666	+ 566	+ 85					
F.T.L. Interg. Vertisols sur sab. et calcai- re . 600-700mm	SENEGAL (Centre)	Ess. Stat. Champs. Prév.						1	0	1508	- 225	- 15
								4	3	1031	+ 246	+ 24
F.T.L. sur grès du CT. Sable- argileux 700-1000 mm	SENEGAL (S.Saloun)	Ess. Stat. Champs. Prév.	6	6	1821	+ 247	+ 14	11	10	1805	+ 205	+ 11
								28	18	1792	+ 98	+ 5
F.T.L. sur grès du CT.S-argileux 900-1100 mm	SENEGAL (zone o- rientale)	Ess. Stat. Champs.Prév.	2	1	2527	+ 59	+ 2	7	4	2195	+ 22	+ 1
								11	9	2091	+ 240	+ 11
F.T.L. sur grès du CT.S-argileux 1200-1400 mm	SENEGAL (Casanance)	Ess. Stat. Champs Prév.						6	5	2127	+ 195	+ 9
								3	1	2245	- 116	- 5
Peu évol.hydron, sur mat. sablo- argileux gravil- lonnaire 1400 mm	SENEGAL (Zone orientale)	Champs de Prévulgarisa- tion						5	4	1031	+ 371	+ 36
ENSEMBLE (Moyennes pondérées)			31	27	1412	+ 274	+ 19	113	81	1661	+ 119	+ 7

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, et que leur influence sur les rendements, pour les autres cultures, est, souvent, plus forte.

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. Ceci ne semble pas, cependant, général. Il se peut, par ailleurs, que la matière végétale enfouie et non entièrement décomposée gêne dans certains cas, le développement du système racinaire de l'arachide. A l'appui de cette hypothèse, on verra plus loin que l'effet résiduel des labours d'enfouissement peut être plus important, sur arachide, que leur effet direct.

Quoiqu'il en soit, une étude plus approfondie serait nécessaire pour élucider ce point.

L'IRHO a, de son côté, conduit, au Sénégal un certain nombre d'expérimentations sur les effets des labours d'enfouissement de jachère et d'engrais vert sur les rendements de l'arachide. Les résultats sont exposés dans le tableau IV-94 - en annexe. Les différences entre les précédents jachère brûlée et jachère enfouie ou engrais vert sont peu accusées mais il y a, dans ces essais, une proportion nettement plus élevée de cas favorables à la jachère brûlée (50 sur 68 soit 74%) et un effet moyen dépressif des labours d'enfouissement, assez faible il est vrai (- 146 kg/ha soit - 7% du témoin).

Cette divergence avec les résultats des essais de l'IRAT tient probablement à des différences dans les modes de conduite des essais.

L'accent a été mis plus haut, en effet, sur les nombreux facteurs qui interviennent pour la réussite de cette technique complexe que constitue l'engrais vert et en particulier sur la double nécessité d'obtenir un développement végétatif suffisant pour fournir protection du sol et enracinement corrects, et d'effectuer un véritable labour assurant un mélange intime de la matière végétale et de la terre retournée, sur toute la surface de la parcelle.

Or il semble que ces deux conditions aient été rarement remplies dans les essais de l'IRHO utilisant nil et sorgho engrais vert. L'insuffisance de la fertilisation minérale (surtout azotée) et peut être quelque défauts de technique culturale ont fait que, dans la plupart des essais, même ceux de Darou où l'écologie est favorable aux céréales, le développement végétatif de l'engrais vert a été ~~notamment~~ insuffisant. L'aspect était le plus souvent souffreteux et les tonnages dépassaient rarement 15 t/ha en vert.

D'autre part, la technique d'enfouissement utilisée jusqu'en 1964 consistait à faucher l'engrais vert, à creuser quelques tranchées dans la parcelle, parallèlement aux lignes de semis, à coucher les tiges dans les tranchées et à reboucher le tout. Cette technique est naturellement assez éloignée de celle d'un véritable labour d'enfouissement et on ne peut s'attendre à en retrouver tous les effets sur le sol. Depuis 1965 les techniques de fertilisation et d'enfouissement ont été normalisées mais les résultats sont encore insuffisamment nombreux pour qu'on puisse juger de leur évolution. On note cependant sur certains essais une amélioration de l'effet des engrais verts ces dernières années (Jachère-Engrais vert 1ter sur sol hydromorphe à Darou).

A l'appui de ces observations, on peut noter que les essais de l'IRHO faisant intervenir non plus le sorgho ou le nil engrais vert, mais la jachère sont souvent favorables à l'enfouissement. Or dans les essais de l'IRAT cette différence entre jachère enfouie et engrais vert est rarement observée (la comparaison de ces deux formes de fumure verte sera détaillée plus loin). Le fait qu'elle se manifeste dans les essais de l'IRHO pourrait s'expliquer par deux raisons notées plus haut : couverture du sol et enracinement mieux développé pour la jachère, enfouissement intéressant toute la surface de la parcelle.

Enfin une troisième et dernière raison pourrait expliquer cet effet légèrement dépressif des labours d'enfouissement sur arachide dans les essais de l'IRHO : les très nombreuses interventions faites sur ces essais à l'occasion du démariage de l'arachide, des comptages et observations diverses, des prélèvements pour diagnostic foliaire. Il s'agit là, certes, de scrupules inhérentes à la réalisation d'essais précis mais on peut penser que, dans le cas où des traitements de labours sont étudiés, le piétinement consécutif à tous ces passages peuvent entraîner, sur ces sols légers, un tassement préjudiciable à l'effet des labours.

Quoiqu'il en soit de cette divergence de résultats, on retiendra surtout que dans les deux cas, la réponse de l'arachide aux labours d'enfouissement est faible : légèrement positive dans les essais IRAT (+ 7%), légèrement négative dans les essais IRHO (-7%).

Notons pour terminer que les labours sur arachide, même lorsqu'ils ne se traduisent pas par une augmentation du poids de gousses, provoquent très généralement un accroissement de vigueur végétative et de production de fanes.

Par ailleurs on a pu observer dans certains essais une action très sensible du labour sur la grosseur des graines d'arachide, caractère considéré pourtant comme très stable. Dans un essai sur sol Dior à Bambey (82), en 1965, le poids de 100 graines passait de 42,1 g sur témoin non travaillé à 50,8 g sur labour.

322 37 Résultats obtenus sur Niébé

Divers essais combinant travail du sol et fertilisation ont été réalisés en sol Dek à Bambey entre 1962 et 1965. Le parasitisme important et encore mal contrôlé à cette époque n'a pas permis d'obtenir des renseignements utilisables.

322 38 Récapitulation des effets des labours sur les rendements des différentes cultures.

Les résultats précédents montrent que les labours ont une influence favorable sur toutes les cultures. 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 tableau n° IV-18 et les graphiques IV-4 et IV-5 résument sous une forme synthétique, l'ensemble des résultats obtenus.

Au vu de ces résultats on peut estimer que le labour joue, en zone tropicale sèche, un rôle semblable à celui qu'il joue en zone tempérée et constitue un facteur important de l'amélioration des rendements.

Tableau n° IV-18

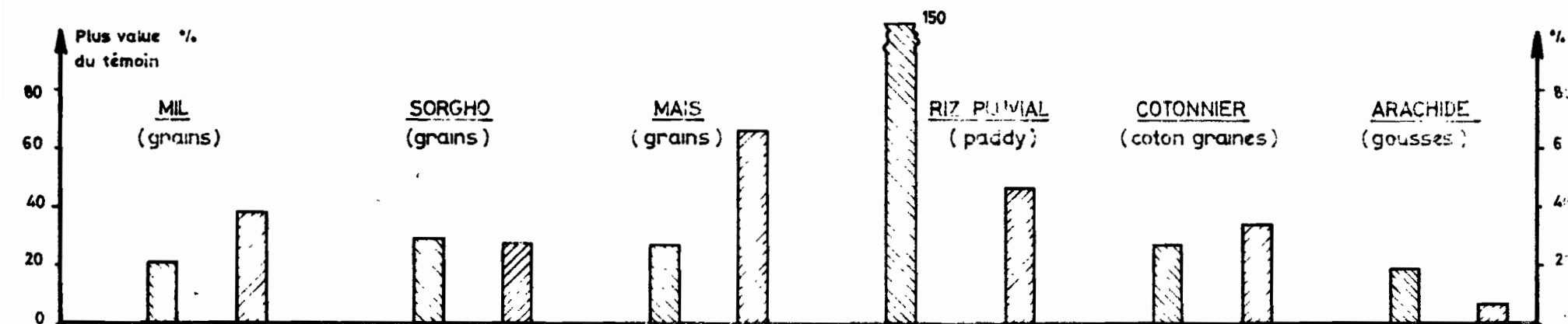
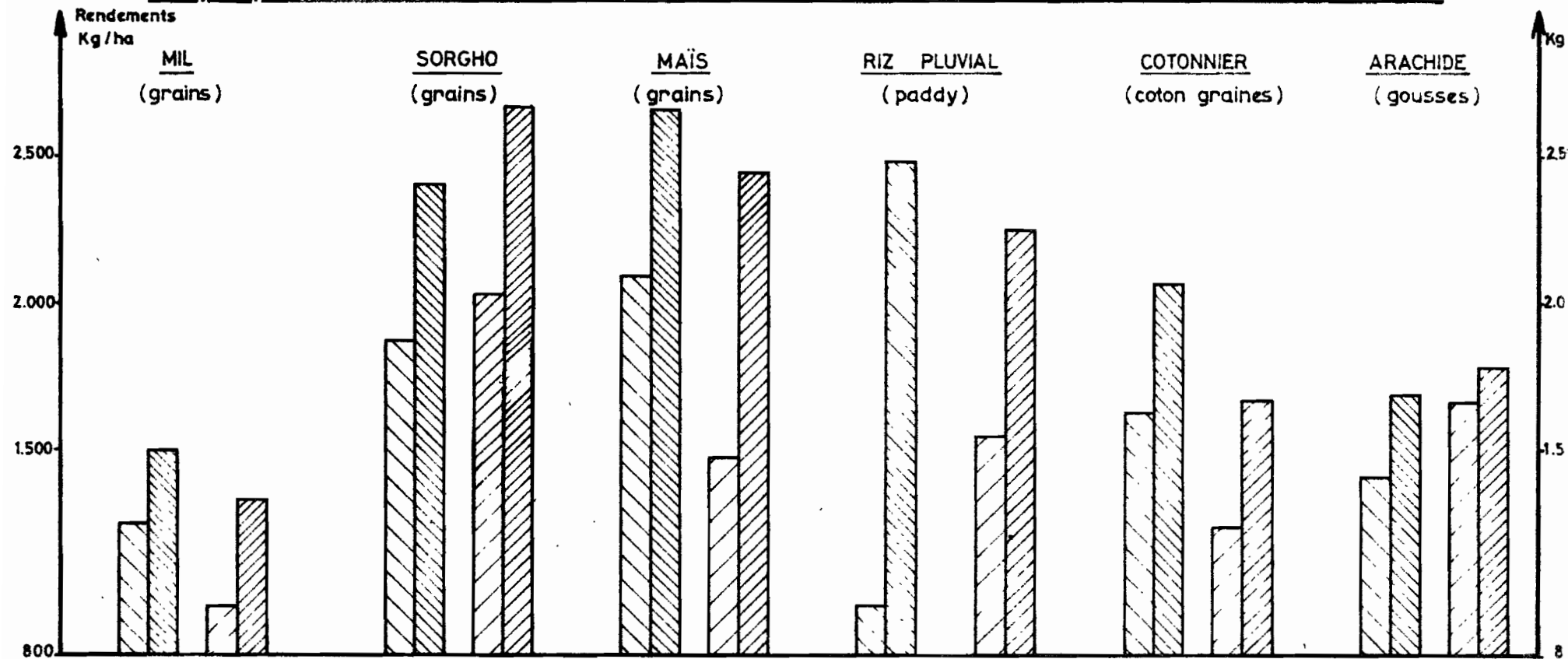
Tableau récapitulatif des effets moyens des labours sur les rendements des cultures dans la zone tropicale sèche de l'Ouest africain (essais de l'IRAT; sols à dominante sableuse).

CULTURES	Labours ordinaires						Labours d'enfouissement					
	Nombre de résultats annuels			Rendt des témoins	Plus values sur labour		Nombre de résultats annuels			Rendt des témoins	Plus values sur labour	
	To-taux	Positifs	%	kg/ha	kg/ha	%	To-taux	Positifs	%	kg/ha	kg/ha	%
Mil (grain)	22	21	95	1245	+ 256	+ 21	5	4	80	971	+ 365	+ 38
Sorgho (grain)	46	39	85	1874	+ 536	+ 29	2	2	100	2039	+ 532	+ 26
Maïs (grain)	6	6	100	2093	+ 568	+ 27	12	10	83	1474	+ 970	+ 66
Riz pluvial (paddy)	11	11	100	966	+1515	+157	1	1	100	1547	+ 705	+ 46
Cotonnier (coton grain)	7	7	100	1629	+ 433	+ 27	12	10	83	1240	+ 423	+ 34
Arachide (gousses)	31	27	87	1412	+ 274	+ 19	113	81	71	1661	+ 119	+ 7

A cet égard, les labours d'enfouissement de matière verte et de pailles, 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.

L'ensemble de ces résultats expérimentaux vient confirmer ce que laissait prévoir l'analyse des effets des labours sur le sol et l'enracinement des plantes: amélioration de la structure et de la porosité favorisant le développement racinaire et, par ce biais, de la croissance végétative et de la production agricole.

Graphique IV-4 Effets comparés des labours sur les rendements des différentes cultures



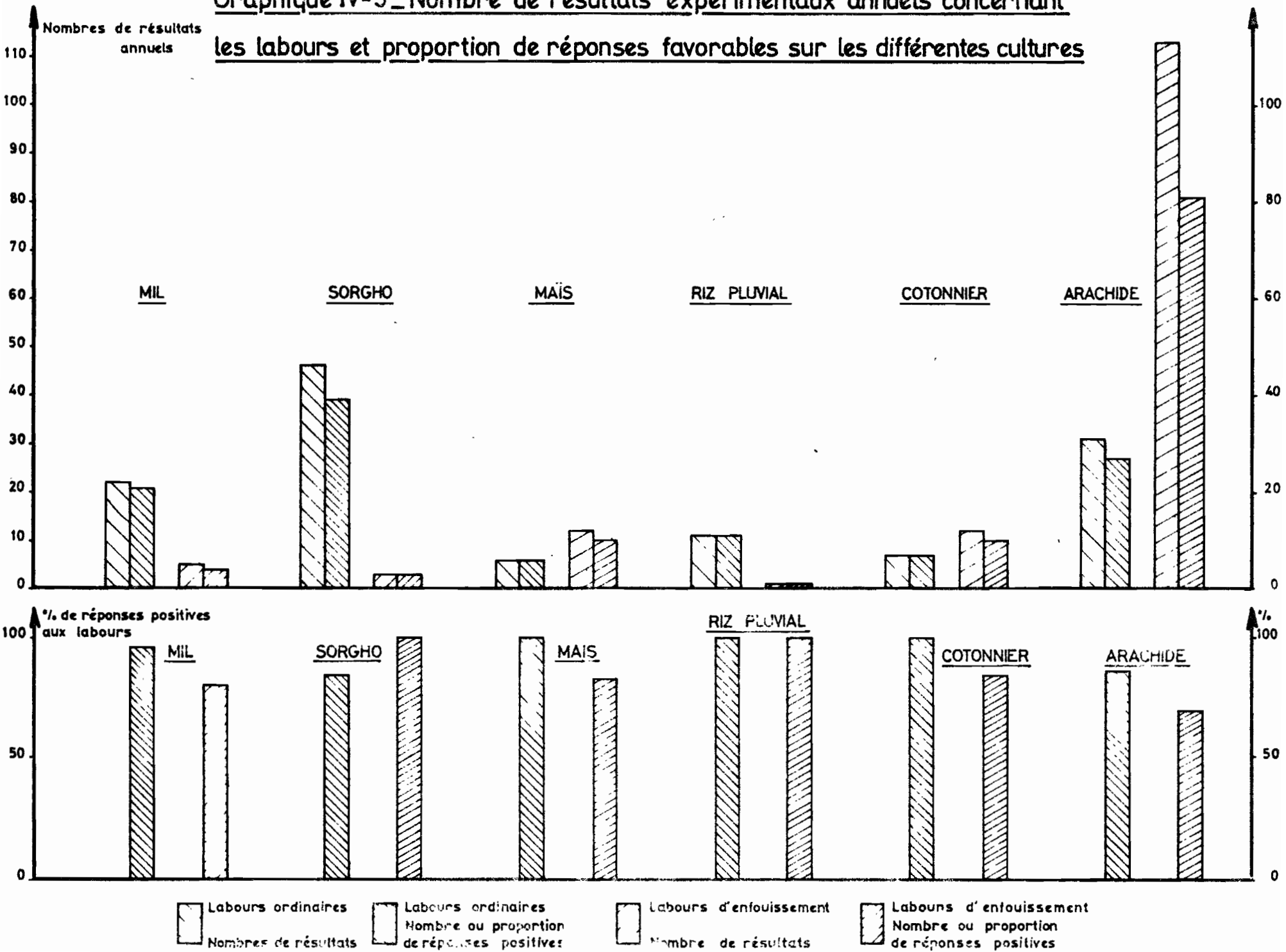
Témoin Rendement
 Labour Rendement ou plus valeur %

Témoin Rendement
 Labour Rendement ou plus valeur %

Expérimentation avec labours ordinaires

Expérimentation avec labours d'enfouissement

Graphique IV-5_ Nombre de résultats expérimentaux annuels concernant les labours et proportion de réponses favorables sur les différentes cultures



On examinera maintenant les effets résiduels des labours, c'est-à-dire la manière dont se conservent, dans le temps, les effets sur le sol et les rendements, ainsi que les effets cumulatifs produits sur sols et cultures par les actions répétées, dans le temps, des labours.

33. Les effets résiduels des labours sur le sol et les cultures

On étudiera ces effets au cours de la première puis de la deuxième année qui ont suivi la culture test c'est-à-dire celle qui a été précédée d'un labour. Le schéma de succession est ainsi le suivant :

<u>Année 0</u>	<u>Année 1</u>	<u>Année 2</u>
Labour - Culture test	2ème culture	3ème culture
Effet direct	Effet résiduel de 1ère année	Effet résiduel de 2ème année

Au cours de ces trois années n'intervient aucun autre travail profond du sol que le labour qui a précédé la culture test. On examinera ensuite l'évolution pluriannuelle de la structure du sol et des rendements dans différentes rotations.

331. Effets résiduels de première année

331 1 Effets résiduels de première année sur le sol

L'examen des profils culturaux effectués pendant la saison sèche qui suit la culture test fait apparaître sur l'épaisseur de la couche labourée, la superposition de deux horizons :

- un horizon superficiel, épais de 3 à 7 cm environ; dont la structure a été en grande partie détruite par les pluies et les façons d'entretien; elle est à nouveau fondue ou particulière et ne se distingue guère de celle du témoin non labouré;

- un horizon sous jacent dont la limite inférieure correspond au fond du labour; dans cet horizon les éléments structuraux créés par le labour sont plus ou moins bien conservés.

Dans tous les cas, la conservation de la structure est nettement meilleure sous la ligne de semis que dans les interlignes.

Le degré de conservation de la structure dans cet horizon dépend d'un certain nombre de facteurs qui sont les suivants, classés approximativement dans l'ordre de l'importance croissante :

- la répartition des pluies pendant l'hivernage précédent et l'agressivité de ces pluies;
- les caractéristiques du labour et son modelé
- les techniques culturales associées à la plante test
- le type de labour: avec ou sans enfouissement de mat.organique
- la nature de la plante test.

Pour la commodité de l'exposé et malgré le caractère un peu arbitraire de cette démarche, on classera ces facteurs en deux groupes : facteurs secondaires et principaux.

331 11 Facteurs secondaires de conservation du profil: pluviométric, techniques culturales associées à la plante test, caractéristiques du labour.

L'allure de la pluviométrie et l'agressivité des pluies pendant l'hivernage exercent une influence directe et indirecte sur l'évolution du sol. L'agressivité des pluies agit directement sur le tassement du sol, la battance et la dégradation de la structure. L'abondance et la répartition des pluies interviennent indirectement par le biais de la croissance végétale, du développement du système racinaire et du couvert végétal. C'est pourquoi, sur des labours identiques, avec les mêmes techniques culturales et la même plante on peut observer, pendant deux années consécutives, sur le même sol, une évolution très différente du profil cultural, si l'allure de la saison des pluies diffère d'une année à l'autre.

C'est, en particulier, ce qu'a noté SEGUY (90) à Séfa au cours des années 1968 et 1969. Il a procédé les deux années à des essais de labour de préparation sur riz. Les labours ont été réalisés de la même façon les deux années et sur les mêmes emplacements. En 1968, la pluviométrie a été très déficitaire et de faible agressivité; en 1969, au contraire, elle fut abondante et les pluies, notamment celles de début de saison, furent très agressives. SEGUY procéda au cours des deux hivernages à des observations périodiques de profils culturaux et à des mesures de densité apparente. Il mit ainsi en évidence, au cours de l'hivernage 1968, une très bonne conservation de la structure et de la porosité créées par le labour. Celles-ci se maintiennent presque intactes jusqu'à la récolte. Pendant la saison des pluies suivante, au contraire, le tassement du sol fut beaucoup plus rapide et la reprise en masse plus accentuée; les porosités baissèrent assez vite dans les différentes couches et, à la récolte, avaient presque rejoint le niveau du témoin non travaillé. Les effets du labour sur la croissance végétale du riz et les rendements furent cependant très importants dans les deux cas. On peut penser que pour la seconde année, même si, quantitativement, la porosité a baissé au cours du temps il a dû subsister une modification qualitative de cette porosité (proportion plus élevée de pores de gros diamètre) dont a continué à bénéficier le système racinaire.

Les caractéristiques du labour et son modelé influent sur la capacité de résistance à la destruction par les pluies et par les piétinements consécutifs à l'exécution des binages.

Un labour motteux résistera mieux qu'un labour déjà érietté au moment de sa réalisation; un labour dressé avec un foisonnement important, sera préférable à un labour jeté ou couché. Un labour à plat résistera beaucoup mieux à l'érosion qu'un labour en billons dans ces sols à dominante sableuse. Il n'est pas jusqu'à l'orientation du labour par rapport à la direction habituelle des pluies qui ne puisse avoir son importance ; lorsque les bandes de terre sont retournées face à cette direction privilégiée, l'attaque du labour par les pluies est beaucoup plus marquée.

Les techniques culturales associées à la plante test ont également une grande incidence sur la conservation du profil. Et tout d'abord la date de semis. Si, une fois le labour exécuté, le semis est plus ou moins retardé, la conservation de la structure en est gravement affectée. Nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur ce point important et de le détailler davantage.

Les façons d'entretien jouent également un grand rôle. Plus elles sont nombreuses et plus elles risquent de tasser le sol et de détruire la structure créée par le labour. Autant que le nombre de binages, leur répartition dans le temps et les conditions de leur réalisation (type d'outil, humidité du sol) semblent avoir d'importance. Quand il s'agit d'arachide, les façons de récolte influent également sur le profil cultural : la lame souleveuse travaille le sol sur 5 à 10 cm de profondeur; ce travail intéresse environ le tiers de la superficie du champ.

332 12 Facteurs principaux de conservation du profil types de labours et nature de la plante test.

Ce sont les deux derniers facteurs cités qui paraissent avoir le plus d'importance sur la conservation du profil cultural :

- le type de labour : avec ou sans enfouissement
- la nature de la plante test.

Ce sont également ceux qui se prêtent le mieux à des observations précises et c'est pourquoi leur étude a été davantage poussée que celle des facteurs précédents.

Les comparaisons entre labours ordinaires et les labours d'enfouissement ont malheureusement rarement pu être faites dans les mêmes essais. Malgré cela les observations faites sur des essais différents sont suffisamment nombreuses et intéressent des situations suffisamment diversifiées pour qu'on puisse souligner le grand intérêt de l'incorporation de matière végétale pour la conservation du profil cultural créé par le labour.

Partout où de la matière organique a été enfouie la conservation de la structure et de la porosité est nettement plus visible. La reprise en masse est moins accentuée. Le fond du labour, souligné par quelques débris de matière organique non décomposée est mieux marqué, la différence de compacité avec la couche sous-jacente est plus accusée. Il semble, à l'examen comparé des profils, que le degré de conservation du profil cultural soit en relation directe avec la quantité de matière végétale enfouie.

Celle-ci joue d'abord un rôle mécanique d'armature du sol et protège celui-ci contre le tassement par les pluies et le piétinement. Cet aspect du problème revêt d'autant plus d'importance que les labours sont exécutés plus tôt en saison et qu'ils risquent davantage d'être exposés aux pluies de la fin d'hivernage. C'est sans doute pour cette raison qu'il apparaissait dangereux, il y a une vingtaine d'années, de vouloir travailler le sol sans en même temps enfouir une quantité notable de matière organique, car les labours sur engrais vert ou jachère étaient à cette époque réalisés très tôt en saison, (mi-Août ou début septembre).

Ce rôle d'armature continue à se manifester les années suivantes car la matière organique se décompose progressivement et libère des espaces vides qui peuvent être utilisés par des racines; elle contribue ainsi au maintien de la porosité.

La nature de la plante test est sans doute le facteur déterminant dans la conservation du profil cultural. On note à cet égard une opposition assez tranchée entre les céréales d'une part et les autres plantes : cotonnier et arachide. Dans le premier cas la structure du sol est souvent bien conservée, alors que dans le second il y a une tendance à la reprise en masse généralisée.

En dehors des techniques culturales associées à la plante, deux éléments entrent en jeu pour expliquer le rôle joué par la nature de la plante dans la conservation du profil cultural :

- le développement du couvert végétal
- l'action du système racinaire.

Il semble qu'ici, ce soit le second élément qui soit prépondérant. Dans de bonnes conditions de fertilité, en effet, le développement du couvert végétal peut être regardé comme satisfaisant pour toutes les cultures à l'exception toutefois du maïs qui couvre imparfaitement le sol, même en fin de saison. On ne peut donc dire qu'arachide et cotonnier se caractérisent par une protection du sol insuffisante.

Par contre, ainsi qu'on l'a vu plus haut. (III,23), l'action du système racinaire sur le sol est beaucoup plus marquée dans le cas de céréales que dans celui de l'arachide et du cotonnier. Les racines fasciculées des céréales (et en général des graminées) tissent un réseau qui maintient et conserve les éléments structuraux créés par le labour; une telle action se manifeste de façon beaucoup moins évidente pour l'arachide et le cotonnier.

Il y a naturellement de nombreuses interactions entre ces divers facteurs de conservation du profil et notamment entre les deux dernières catégories étudiées : type de labour et nature de la plante test. Tel l'exemple du maïs qui, s'il est précédé d'un labour d'enfouissement, conserve efficacement le profil cultural alors que ce n'est pas le cas lorsqu'il n'a subi qu'un labour ordinaire de préparation.

Les mesures de pénétrométrie et de densité apparente viennent appuyer et préciser ces diverses observations concernant l'influence du type de labour et de la plante test sur les effets résiduels, des labours sur le sol.

De nombreux relevés pénétrométriques ont été effectués, au Sénégal, sur différents essais à la fin de la saison sèche qui a succédé à la culture test (sol très sec).

Le graphique IV-6 fournit un exemple de courbes pénétrométriques obtenues après culture de riz précédée ou d'un labour.

Une vue d'ensemble des résultats obtenus est donnée dans le tableau n° IV-95 en annexe. Les résultats sont classés suivant la nature de la culture test. On a choisi de présenter dans ce tableau les valeurs comparées des forces de résistance à la pénétration de 0 à 15 cm de profondeur, sur les parcelles ayant été labourées un an ou un an et demi avant, et sur parcelles non travaillées. Le rapport de ces forces, ou coefficient de cohésion, est d'autant plus bas que l'aneublissement, et donc la structure, créée par le labour sont mieux conservés.

A partir de ces données, les moyennes des coefficients de cohésion ont été calculées pour chaque plante test. Ces moyennes sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-19

Comparaison des indices de conservation de l'aneublissement (coefficient de cohésion) après différentes cultures tests.

NATURE DE LA PIANTE TEST	Labours ordinaires		Labours d'enfouissement	
	Nombre de résultats	Moyenne des coefficients de cohésion	Nombre de résultats	Moyenne des coefficients de cohésion
Mil	3	76	2	54
Sorgho	4	64	2	58
Maïs	3	126	4	51
Riz	4	30	0	-
Cotonnier	2	89	0	-
Arachide	5	79	4	74

L'examen du tableau confirme bien ce qui avait pu être déduit de l'observation des profils culturaux :

- Conservation de l'aneublissement après une année de culture dans tous les cas sauf un : celui du maïs précédé de labour ordinaire (la cohésion devient au contraire plus forte que sur témoin)
- Aneublissement mieux conservé après labour d'enfouissement qu'après labour ordinaire, la différence étant parfois très marquée (maïs).
- Meilleure conservation de l'aneublissement après céréales qu'après arachide ou cotonnier (sauf exception du maïs après labour ordinaire).

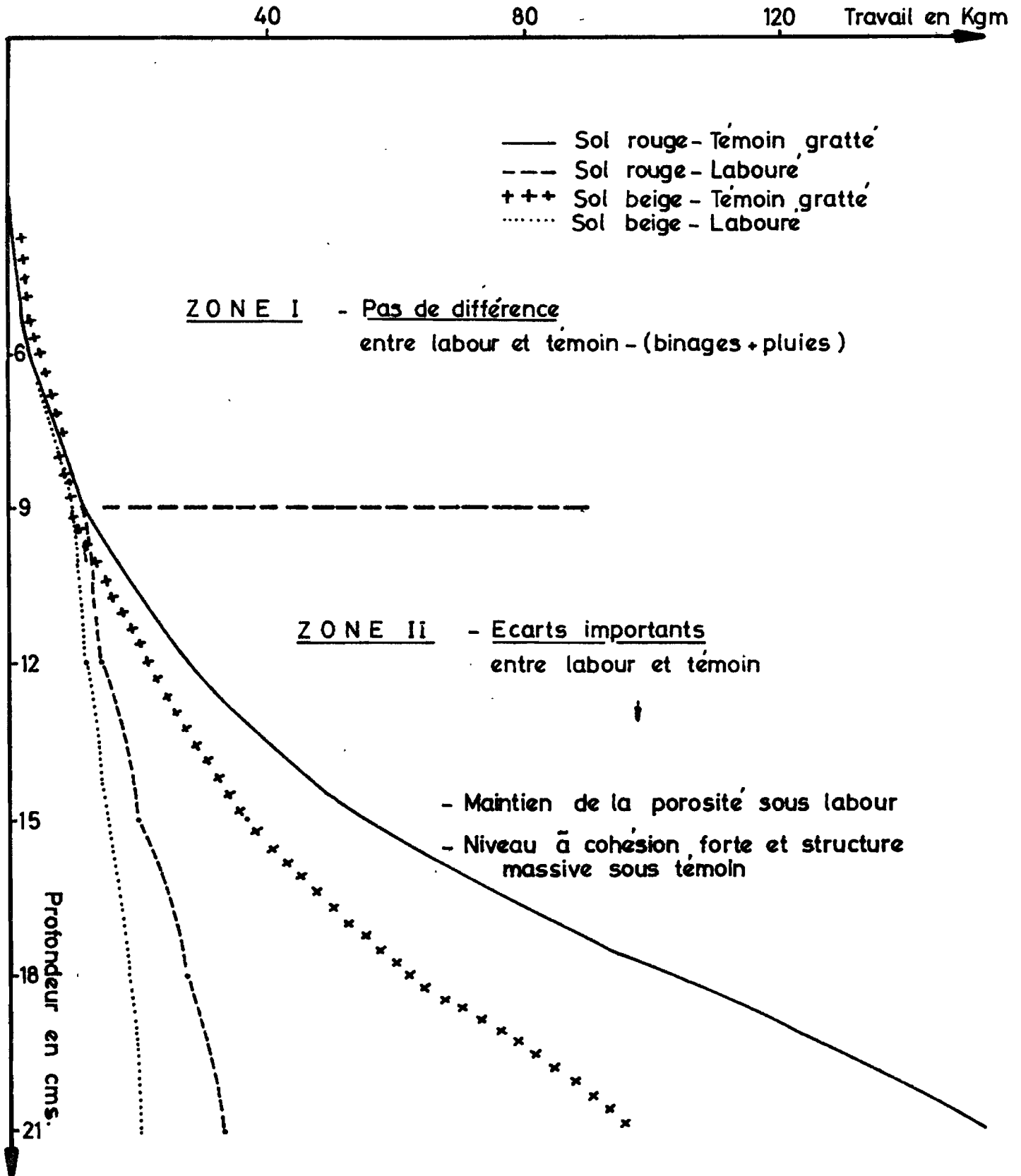
On notera également, dans le cas de l'arachide, que la mesure pénétrométrique se révèle plus sensible que les impressions visuelles et tactiles ressenties lors de l'observation des profils culturaux. Celles-ci auraient amené assez facilement l'observateur à conclure que l'effet résiduel du labour après arachide était quasi nul alors que les mesures montrent que la conservation de l'aneublissement de la structure, bien que plus faible qu'ailleurs, n'est cependant pas négligeable.

Outre les relevés pénétrométriques, des mesures de densités apparentes permettant le calcul des porosités, ont été réalisées peu après les relevés pénétrométriques, au début de saison des pluies, au moment du semis de la culture suivante. Elles ont été rassemblées dans le tableau ci-dessous.

GRAPHIQUE IV - 6

Conservation de l'effet d'ameublissement du labour de préparation
après culture de riz sur deux sols de Sêfa (Casamance)

D'après SEGUY (1970)



Le tassement du sol étant toujours important dans l'horizon tout à fait superficiel, on a choisi de présenter dans ce tableau les mesures de porosité dans l'horizon sous jacent allant de 5 à 20 cm (généralement 5-15). C'est en effet dans cet horizon que les différences entre témoin et sol labouré apparaissent le plus nettement

Tableau n° IV-20

Conservation de la porosité créée par le labour après différentes cultures (mesures effectuées l'année suivante)

PLANTE	LOCALISATION	S O L	E S S A I	TYPE DE LABOUR	ANNEE DE LA CULTURE	POROSITE % DANS L'HORIZON 5-20 CENTIMETRES		COMPARAISON STATISTIQUE	S O U R C E
MIL	Banbey	Dior	Régénération Profil	Enfouis.	1968	43.8	45.3	-	NIGOU (69)
SORGHO	Banbey	Dior	Profond. travail x	Ordinaire	1967	39.2	41.5	+	POULAIN(85)
	Banbey	Dek	Doses d'azote	Ordinaire	1967	38.1	40.4	+	TOURTE
M A I S	Sinthiou	F.T.L.	Régén. du Profil	Enfouis.	1969	43.8	45.6	+	NIGOU (69)
	Malène	F.T.L.	Régén. du Profil	Enfouis.	1969	43.8	50.5	+	NIGOU (74)
R I Z	Séfa	Rouge	Techn. Culturelles	Ordinaire	1968	41.0	50.0	++	SEGUY (90)
		Beige	" "	"	1968	40.0	50.0	++	
		Rouge de T	" "	"	1968	44.0	52.0	++	
		Gris	" "	"	1968	46.0	51.0		
	Néna	Rouge	Techn. Culturelles	Ordinaire	1968	48.0	51.0	-	SEGUY (90)
		Beige	" "	"	1968	48.0	50.0	-	
ARACHIDE	Banbey	Dior	SxPxKxLabours	Ordinaire	1966	39.6	38.9	0	POULAIN(82)

Comme on le voit la conservation de la porosité après création est souvent assez bonne. Elle peut même être remarquable, comme pour le riz pluvial à Séfa; on notera dans ce cas particulier la très bonne convergence entre les mesures de porosité et celles de pénétrabilité. Pour l'arachide, le seul exemple disponible ne montre pas de conservation de la porosité.

En résumé on retiendra donc, qu'après la culture test, il existe toujours une conservation de l'état structural créé par le labour, mais que le degré de conservation de cet état structural peut être très variable et dépend principalement de la nature de la plante test et du type de labour (avec ou sans enfouissement).

Il est important de voir maintenant quel peut être l'effet de cette structure résiduelle sur les rendements des cultures suivantes.

331 2 Effets résiduels de première année sur les cultures
On les étudiera en fonction de la nature de la plante.

331 21 Effets résiduels après mil

Dans les essais le mil a toujours été suivi d'une culture d'arachide. C'est donc sur cette plante que seront testés les effets résiduels de première année du labour qui a précédé la culture du mil. Les effets résiduels sur les rendements en gousses ont pu être mesurée dans 7 essais au Sénégal (Tableau n° IV-21).

Tableau n° IV-21

Effets résiduels, sur l'arachide, de la succession mil-arachide,
du labour ayant précédé la culture de mil
(gousses)

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	NOM DE L'ESSAI	TYPE DE LABOUR AYANT PRECEDE LE MIL	ANNEE DE LA CULTU- RE (ara- chide)	RENDEMENT TEMOIN kg/ha	EFFETS RESIDUELS DU LABOUR			COMPA- RAISON STATIS- TIQUE	S O U R C E
						kg/ha	%			
Peu évolués sur sables dunaires 1450-650 mm	Louga Banbey	Régén. Prof.	Enfouis	1969	1474	+ 123	+ 8	0		NICOU (69)
		Régén. Prof.	Enfouis	1969	1558	+ 324	+ 21	+		
F.T.L. sur grès du C.T. Sab.-argileux 700-1300 mm	Boulél Boulél Séfa Séfa Séfa	Conserv. Prof.	Ordin.	1968	2220	+ 17	+ 1	0		NICOU (70)
		Conserv. Prof.	Ordin.	1969	1301	+ 496	+ 28	++		NICOU (70)
		Champs Prév.	Enfouis	1968	2983	+ 275	+ 9	-		POCTHIER (70)
		Champs Prév.	Enfouis	1969	1223	- 21	- 2	-		POCTHIER (70)
		Régén. Prof.	Ordin.	1969	1511	+ 304	+ 25	++		NICOU, THIROUEN (74)
E N S E M B L E (Moyennes)					1024	+ 220	+ 13	-		

Aux modifications de structure observées sur le sol corres-
pondants donc des effets résiduels sur les rendements de l'arachide
qui peuvent être sensibles et statistiquement significatifs.

331 22 Effets résiduels après sorgho

Dans la plupart des essais c'est l'arachide qui suc-
cède au sorgho. On trouve cependant un cas de succession sorgho sur
sorgho. Les résultats complets figurent dans le tableau IV-96 en
annexe. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-22

Tableau résumé des effets résiduels du labour sur la deuxième culture de la succession sorgho-arachide ou sorgho-sorgho

S O L S	NATURE DE LA CULTURE	LOCALISATION et PLUVIOMETRIE	TYPE D'ESSAI	TYPE DE LABOUR AVANT SORGHO	NOMBRE DE RESULTATS		RENDEMENT MOYEN TÊMOIN kg/ha	EFFET RESIDUELS MOYEN DU LABOUR				
					Totaux	Positifs		kg/ha	%			
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux	Arachide	S. Saloun	Champs Prév.	Ordinaire	7	5	1807	+	92	+	5	
		700-1000mm	Sénégal Or.	Champs de prévilgar.	Ordinaire	4	3	2441	+	123	+	5
		1000-1200mm	E N S E M B L E (Moyennes pondérées)			11	8	2037	+	104	+	5
F.T.L. sur grès du C.T. Sab.-argileux	Sorgho	Sénégal oriental 1000 mm	Essais statistiques.	Enfouis.	1	1	1618	+	705	+	43	

Comme on le voit, l'effet résiduel de première année est beaucoup plus marqué sur sorgho que sur arachide, mais il s'agit alors de l'effet résiduel d'un labour d'enfouissement tandis que pour l'arachide, on a affaire à des labours ordinaires. Cet effet résiduel apparaît également, dans l'enracinement du sorgho. Des mesures de densité d'occupation racinaire ont été effectuées sur le sorgho de deuxième année dans l'essai mentionné dans le tableau ci-dessus : la densité d'occupation racinaire passe de 0,51 g/dm³ sur le témoin à 0,70 g/dm³ sur les parcelles ayant été labourées deux ans avant (69).

Concernant la succession sorgho-arachide, l'IRHO, dans un essai implanté à Darou (1) ne trouve pas, sur arachide, d'effet résiduel du labour d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert qui a précédé le sorgho. En moyenne sur 6 ans (1962-67) le témoin est de 2394 contre 2357 kg/ha pour le traitement labour. Ce dernier n'est supérieur au témoin qu'une année sur six.

331 23 Effets résiduels après maïs

Ceux-ci n'ont été testés que sur céréales : mil, sorgho et riz, et ne concernent que des labours d'enfouissement. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

(1) Essai jachère-Engrais vert 1ter sur sol hydromorphe.

Tableau n° IV-23

Effets résiduels de première année du labour sur différentes plantes succédant à un maïs

S O L S	NATURE DE LA CULTURE	LOCALISATION ET PLUVIOMETRIE	DESIGNATION DE L'ESSAI	TYPE DE LABOUR AVANT MAÏS	ANNEE DE LA 2 ^{ème} CULTURE	RENDEMENT TEMOIN kg/ha	EFFET RESIDUEL DU LABOUR		COMPARAISON STATISTIQUE	SOURCE
							kg/ha	%		
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux	Mil	Séfa 1300 mm	Régén.Prof.	Enft.	1969	2030	+ 91	+ 4	0	NICOU (74)
	Sorgho	Sinthiou M. 1000 mm	Régén.Prof.	Enft.	1969	2325	+ 590	+ 25	++	NICOU (69)
	Riz	Séfa 1300 mm	Champs de Prévulgar.	Enft.	1969	1546	+ 234	+ 15	-	POCHTIER (73)

Les effets résiduels sont sensibles sur riz et sur sorgho, moins nets sur nil. Ils se traduisent également par une amélioration de l'enracinement; dans les essais "Régénération du profil" de Sinthiou Malène et Séfa les densités d'occupation racinaire mesurées sur sorgho et nil sont les suivantes (en g/dm³) :

		Témoin	Effet résiduel labour
Sinthiou	Sorgho	0,66	0,86
Séfa	Mil	0,28	0,32

331 24 Effets résiduels après riz

Seul l'effet résiduel des labours ordinaires de préparation sur riz a été testé.

En 1968, SEGUY (90) mettait en place à Séfa en Moyenne Casamance et à Néna et Sindian en Basse Casamance des essais destinés à tester l'influence d'un labour de préparation sur le riz pluvial. Ces essais étaient implantés sur divers types de sols. Ils étaient bâtis sur un modèle très simple et comportaient seulement deux parcelles de 200 m² chacune, l'une travaillée très superficiellement (témoin), l'autre labourée.

Après la récolte des examens de profils culturaux, accompagnés de relevés pénétrométriques et de mesures de porosité furent effectués. Les résultats en ont été mentionnés plus haut (IV, 331 12) (tableaux IV-19 et IV-20; graphique IV-6). Ils mettent en évidence l'excellente conservation, après culture de riz de la structure créée par le labour de préparation.

En Juin 1969 chaque parcelle fut alors subdivisée en deux de façon à présenter les quatre combinaisons suivantes :

<u>Préparation 1968</u>	<u>Préparation 1969</u>	<u>Traitement 1969</u>
Grattage superficiel	Grattage superficiel	Témoin
	Labour	Effet direct
L a b o u r	Grattage superficiel	Effet résiduel
	Labour	Effet cumulatif

Les parcelles furent à nouveau semées en riz pluvial (variété 63-83). Des observations de profils culturaux accompagnées de mesures de densité apparente, de développement végétatif et de densités d'occupation racinaires furent effectuées en cours de campagne. On trouvera dans le tableau n° IV-24 les valeurs des densités racinaires et celles des rendements en paddy avec les différents traitements.

Tableau n° IV-24

Valeurs comparées des densités d'occupation racinaires et de rendements en paddy dans les essais de techniques culturales sur riz en Casamance (1969)

LOCALI- SATION	TYPES DE SOLS (40)	DENSITE D'OCCUPATION RACINAIRE g/dm ³ DANS L'HORIZON 0-30 cm				RENDEMENTS EN QUINTAUX DE PADDY			
		Témoin	Labour résiduel	Labour direct	Labour cumulatif	Témoin	Labour résiduel	Labour direct	Labour cumulatif
S é f a	Rouge	1.66	2.44	2.50	3.22	15.7	23.5	23.7	29.0
	Beige	1.48	1.44	2.41	2.15	0	30.2	27.0	32.0
	Rouge de trans.	0.76	1.31	1.46	1.97	18.0	33.9	31.2	37.2
	Gris de bas f.	1.17	2.00	2.24	2.32	0	18.5	19.9	23.5
N é n a	Rouge	1.02	1.20	2.02	2.26	3.0	4.0	14.5	14.5
	Beige	1.74	1.59	2.13	2.00	2.0	8.0	17.0	24.0

On note que, comme l'année précédente, l'effet des différents traitements labour est très important, tant sur le système racinaire du riz, que sur son développement végétatif (1) et sa production en paddy. En l'absence de travail du sol préalable, les productions sont nulles sur certains sols. On remarque également, pour chaque point d'essai, une certaine corrélation entre les valeurs de densité d'occupation racinaire et les rendements en paddy.

Mais ce qui est particulièrement important à noter ici est l'importance de l'effet résiduel du labour de l'année précédente à Séfa, tant en ce qui concerne le système racinaire que les rendements: cet effet est tout à fait comparable à l'effet direct du labour de l'année.

Ceci est à rapprocher des observations sur les sols mentionnées plus haut, faisant ressortir après culture de riz une bonne conservation de la structure créée par le labour de préparation.

A Néma, par contre, où les sols sont très dégradés par la culture, plus sableux et plus pauvres en matière organique, où par ailleurs la pluvionétrie est très forte (1600 mm) et agressive, la conservation de la structure est plus éphémère et l'effet résiduel sur les rendements peu marqué.

Les données concernant les rendements sont reprises sous une autre forme dans le tableau IV-25 de façon à comparer, en valeur absolue et relative les effets directs, résiduels et cumulatifs des labours.

Tableau n° IV-25

Comparaison des effets résiduels, directs et cumulatifs des labours sur les rendements en paddy en Casanance.

Localisation	Types de sols	Rendement témoin kg/ha	Effets des labours					
			Résiduel		Direct		Cumulatif	
			kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Séfa	Rouge	1570	+ 780	+ 50	+ 800	+ 51	+ 1350	+ 85
	Beige	0	+3020	-	+ 2700	-	+ 3200	-
	Rouge de trans.	1800	+1590	+ 88	+ 1320	+ 73	+ 1920	+ 107
	Gris de bas-f.	0	+1850	-	+ 1990	-	+ 2350	-
	Moyenne	1685	+1810	+ 107	+ 1703	+ 101	+ 2200	+ 131
	Rouge	300	+ 100	+ 33	+ 1150	+ 383	+ 1150	+ 383
	Beige	200	+ 600	+ 300	+ 1500	+ 750	+ 2200	+ 1100
	Moyenne	250	+ 350	+ 140	+ 1325	+ 530	+ 1675	+ 670
Moyenne générale		645	+1323	+ 205	+ 1577	+ 244	+ 2025	+ 314

(1) Mesures non mentionnées dans le tableau n° IV-24 pour ne pas le surcharger.

Comme on le voit, en moyenne sur les 6 essais, l'effet résiduel du labour sur riz se traduit par un triplement du rendement. Cependant la répétition du labour chaque année accroît encore cette plus value.

331 25 Effets résiduels après cotonnier

Il n'y a pas d'exemple, dans les essais de l'IRAT, où l'effet résiduel d'un labour de préparation sur cotonnier ait été testé sur la culture suivante.

Par contre ces exemples existent pour les labours d'enfouissement. Il s'agit dans tous les cas de résultats concernant les champs de pré vulgarisation de Casamance et du Sénégal oriental.

Le cotonnier a été précédé d'une jachère brûlée, sans travail (témoin) ou d'une jachère enfouie. Le cotonnier succédant à la jachère brûlée n'a subi que des binages superficiels. Au contraire, pour le cotonnier succédant à la jachère enfouie, il y a eu un buttage en milieu de saison. Après récolte du coton, les billons sont détruits par passage de dents en sec et le terrain égalisé. L'effet résiduel testé sur la culture suivante est donc celui du labour d'enfouissement auquel s'ajoute le travail du sol réalisé au moment du buttage puis de l'égalisation du terrain.

La nature de la culture succédant au cotonnier a varié suivant les situations : arachide, maïs, sorgho, riz ou autre cotonnier. Les effets résiduels, sur les rendements de cette culture, du labour d'enfouissement et du buttage sur le cotonnier sont rassemblés dans le tableau n° IV-26.

On peut juger, d'après ces résultats, de l'importance des effets résiduels du labour d'enfouissement de jachère et du buttage après cotonnier. Ils se manifestent sur toutes les plantes mais plus particulièrement sur les céréales. On ne peut malheureusement pas rapprocher ces effets résiduels sur les cultures des effets résiduels sur le sol après culture de cotonnier car les quelques mesures et observations qui ont pu être faites à ce sujet se rapportaient à d'autres conditions (labour ordinaire, pas de destruction des billons).

Dans les mêmes essais, sur certaines de ces cultures, on peut comparer l'effet résiduel du labour d'enfouissement à l'effet direct labour de préparation. La comparaison est présentée dans le tableau n° IV-27.

Tableau n° IV-26

Effet résiduel du labour d'enfouissement de jachère et du buttage sur cotonnier, sur les rendements de la culture suivante d'après POCHIER (78)

Sols et Pluvionétrie	Nature de la culture	Localisation	Année de comparaison	Rendement du témoin kg/ha	Plus value sur labour	
					kg/ha	%
Sols ferrugineux tropicaux lessivés sur grès du Continental Terminal Sablo-argileux 900 - 1100 mm	Arachide	Missirah	1968	2416	+ 329	+ 14
		Missirah	1969	2463	+ 122	+ 5
		Moyenne	1968-69	2440	+ 226	+ 9
Sénégal oriental	M a ï s	Maka	1967	1977	+ 525	+ 27
		Maka	1968	1567	+ 921	+ 59
		Moyenne	1967-68	1772	+ 723	+ 41
Sénégal oriental	Cotonnier	Maka	1969	1666	+ 326	+ 20
	Sorgho	Sinthiou	1969	1337	+ 1937	+ 145
	R i z	Vélingara	1969	3064	+ 1230	+ 40

Tableau n° IV-27

Comparaison de l'effet direct du labour de préparation et de l'effet résiduel du labour d'enfouissement de jachère dans la rotation Jachère-Cotonnier- Culture

Sols et Pluvionétrie	Nature de la culture	Localisation	Année de comparaison	Rendement du témoin kg/ha	Plus values sur labour kg/ha		Plus values sur labour %	
					Effet résid.	Effet direct	Effet résid.	Effet direct
F.T.L. sur grès du C.T.	Arachide	Missira	1969	2463	+ 122	+ 196	+ 5	+ 8
Sablo-argileux 900 - 1100mm	Coton.	Maka	1969	1666	+ 326	+ 652	+ 20	+ 39
900 - 1100mm	Riz	Véling.	1969	3064	+ 1230	+ 257	+ 40	+ 8

Sur riz, l'effet résiduel semble plus important que l'effet direct. Pour arachide et cotonnier il y a au contraire avantage à refaire un labour de préparation. Ces résultats isolés demandent à être confirmés.

331 26 Effets résiduels après arachide

La culture succédant à l'arachide est habituellement une céréale; cependant, il peut s'agir parfois d'une autre arachide. Tel est le cas d'un essai sur arachide continue mis en place par POULAIN (82) à Bambey en sol Dior. Il s'agit d'un essai factoriel "SxPxKxLabours" où chaque année on peut effectuer la comparaison entre 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
- Labour effectué une année sur deux : effet résiduel du labour de l'année précédente.

Tableau n° IV-28

Evolution des rendements de l'arachide (gousses, kg/ha) sur les différents traitements de l'essai SxPxKxLabours sur arachide continue à Bambey en sol Dior - D'après POULAIN (82)

Année	Trai- tements	Témoin non travaillé	Labour une année sur deux		Labour chaque année
			Labour de l'année	Labour de l'année pré- cédente	
1965		866	1279	-	-
1966		256	565	367	517
1967		733	902	706	973
1968		827	1073	601	946
1969		999	1269	1096	1307

Tableau n° IV-29

Evolution des réponses de l'arachide (gousses kg/ha) aux labours en fonction des combinaisons de traitement sur le même essai -
D'après POULAIN (82)

Années	Réponses Facteurs (1)	Réponses moyennes		Réponse avec labour de l'année		Réponse avec labour de l'année précédente	
		Absence	Présence	Absence	Présence	Absence	Présence
1965	La	+ 413 ^{xx}	//////	//////	//////	//////	//////
1966	Lp	+ 32	+ 111	- 48	//////	//////	//////
	La	+ 229 ^{xx}	//////	//////	+ 310 ^{xx}	+ 150	//////
1967	Lp	+ 22	- 27	+ 72	//////	//////	//////
	La	+ 218 ^{xx}	//////	//////	+ 169 ^{xx}	+ 267 ^{xx}	//////
1968	Lp	- 177 ^{x*}	- 226 ^{xx}	- 127 ^x	//////	//////	//////
	La	+ 296 ^{xx}	//////	//////	+ 246 ^{xx}	+ 345 ^{xx}	//////
1969	Lp	+ 68	+ 97	+ 38	//////	//////	//////
	La	+ 240 ^x	//////	//////	+ 270 ^x	+ 211 ^x	//////

Les tableaux IV-28 et IV-29 fournissent l'évolution des rendements et des effets, suivant les différents traitements.

Comme on le voit, il n'y a pas d'effet résiduel du labour de l'année précédente sur le rendement de l'arachide. Il y a une seule réponse significative, en 1968, et elle est négative. Les mesures pédonométriques effectuées sur cet essai (Tableau IV-95 en annexe) mettent pourtant en évidence un certain effet résiduel d'aneublissement.

Il n'y a pas davantage d'effet cumulatif du labour par rapport à son effet direct annuel.

La conclusion pratique découlant de ces résultats est que, pour un tel système de culture, c'est le labour répété chaque année qui permet d'atteindre, sur plusieurs années, les meilleurs rendements.

Le cas le plus habituel, cependant, est qu'à l'arachide succède une céréale. Il n'existe pas, à notre connaissance, d'essais permettant de tester l'effet résiduel sur la céréale d'un labour ordinaire sur arachide. Dans les essais de techniques culturales, les traitements de labours sont en effet répétés chaque année sur les différentes cultures, de sorte que les effets résiduels ne sont pas testés.

(1) La = Labour de l'année

Lp = Labour de l'année précédente.

Les résultats sont par contre assez nombreux lorsque c'est un labour d'enfouissement qui a précédé l'arachide. C'est, qu'en effet, la succession culturale : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide a été préconisée au Sénégal dès 1954, par TOURTE et alt. (96) et y a été très étudiée. Au cours de la rotation de 4 à 5 ans il n'y avait qu'un seul labour d'exécuté : le labour d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert sur la sole de régénération. On testait ensuite l'effet résiduel de ce labour sur la céréale et la deuxième arachide de la rotation.

Le tableau n° IV-97, figurant en annexe, présente l'ensemble des effets résiduels du labour d'enfouissement sur la céréale de la rotation dans les essais de l'IRAT en Afrique de l'Ouest. Le tableau est résumé ci-dessous pour le Sénégal

Tableau n° IV-30

Résumé des effets résiduels du labour d'enfouissement sur la céréale de la rotation : Régénération-Arachide-Céréale-Légumineuse au Sénégal

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALISA- TION	TYPE D'EXPERIMEN- TATION	NATURE DE LA(2) CEREALE	NOMBRE DE RESUL		RENDEMENTS MOYENS TEMOINS kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS	
				TATS ANNUELS			kg/ha	%
				Totaux	Positifs	kg/ha	%	
Peu évolués sur sa- bles dunaires 450 - 700 mm	Nord et Cen- tre Sénégal	Ess. Stat;	Mil	15	8	800	+ 69	+ 9
		Champs de Prév vulgarisation	Mil	15	11	934	+ 119	+ 12
F.T. Intergrade verti- sols sur sables et calcaires (Dek) 650 mm	Centre Séné- gal (Banbey Dek)	Ess. Stat.	Sorgho	1	0	2072	- 295	- 14
		Champs. Prév.	Sorgho	2	0	2588	- 248	- 10
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 700-1000 mm	Sine Saloun	Ess. Stat.	M - S	11	6	777	+ 97	+ 12
		Champs.Prév.	M - S	13	12	1775	+ 350	+ 25
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 900-1000 mm	Sénégal oriental	Ess. Stat.	M - S	7	6	839	+ 129	+ 15
		Champs.Prév.	M - S	5	5	1232	+ 221	+ 22
F.T.L. sur grès du C.T. Sblo-argileux 1300 mm	Casanance (Séfa)	Ess. Stat.	M - R	4	3	1828	+ 72	+ 4
		Champs.Prév.	M	1	1	3130	+ 202	+ 6
FTL sur grès cambrien sablo-argileux grav. 1300-1400 mm	Sénégal oriental (Kédougou)	Champs.Prév.	M - S	4	3	441	+ 311	+ 71
E N S E M B L E (Moyennes pondérées)			M - S - R	78	55	1037	+ 141	+ 14

- (1) La sole de régénération durait habituellement un an, mais parfois deux.
 (2) M = Mil; S = Sorgho; R = Riz pluvial.

Dans 70% des cas, le labour d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert qui a précédé l'arachide fait encore sentir ses effets bénéfiques sur la céréale qui suit. Ces effets s'observent dans toutes les situations écologiques étudiées au Sénégal, sauf à Banbey en sol Dek (où les résultats sont par ailleurs peu nombreux). Parmi les 18 essais ayant donné lieu à interprétation statistique complète, on note six cas où les plus values dues à l'effet résiduel des labours sont significatives. Ces plus values sont cependant, dans l'ensemble, assez modestes. Elles sont en moyenne de 141 kg/ha, soit 14% du témoin. On note cependant qu'elles peuvent être sensiblement plus importantes dans certains cas : ainsi des champs de pré vulgarisation du Sine Saloun où elles atteignent 350 kg/ha, soit 25% de témoin. Il s'agit là d'expérimentations assez récentes (1965-68) où le nil, très sensible aux attaques parasitaires, a été remplacé par des variétés de sorgho nouvellement sélectionnés, plus résistantes et plus productives, répondant mieux aux améliorations du milieu.

De même que pour les effets du labour, la plus value de rendement induite par ses effets résiduels doit pouvoir être reliée à une amélioration de l'enracinement. Dans le cas particulier qui nous occupe, une seule mesure a été faite : à Banbey, en sol Dior, sur nil succédant à l'arachide, elle même précédée ou non d'un labour d'enfouissement. Après labour, la densité d'occupation racinaire du nil dans l'horizon 10-20 cm est de 1,91 g/dm³ contre 1,59 g/dm³ sur le témoin (69). Ce résultat, malheureusement unique, vient appuyer l'hypothèse précédemment énoncée.

Les effets résiduels du labour d'enfouissement sur céréale succédant à l'arachide sont également testés, au Sénégal, dans les essais de l'IRHO. Le tableau IV-99 en annexe présente l'ensemble des résultats obtenus. Ceux-ci diffèrent assez nettement des résultats précédents puisque pour les 42 résultats annuels des essais analysés, il y en a seulement 19 qui sont favorables aux labours. Les variations, dans un sens ou dans l'autre, sont dans l'ensemble, faibles (1). En moyenne l'effet résiduel du labour se traduit par une légère moins-value de 45 kg/ha, soit 4% du témoin.

Cette divergence avec les résultats précédents peut s'expliquer par les mêmes considérations qui ont été développées plus haut à propos des effets directs des labours d'enfouissement sur arachide (IV, 322 36).

(1) Sauf dans le cas de l'essai "Sorgho Engrais vert" implanté à Darou, sur sol rouge, où l'effet dépressif résiduel du labour est très marqué et atteint 445 kg/ha soit 46% du témoin.

331 3 Conclusion sur les effets résiduels de première année du labour

Comme on a pu s'en rendre compte, aux effets résiduels observés sur le sol, correspondent, pour toutes les plantes, des effets résiduels sur les rendements. Ceux-ci sont variables suivant le type de labour et la succession culturale. Le tableau n° IV-31 présente, sous forme résumée, l'ensemble des effets résiduels obtenus sur la deuxième culture.

Tableau n° IV-31

Résumé des effets résiduels de première année des labours sur différentes cultures en fonction du précédent cultural et du type de labour

Nature de la culture	Précédent cultural ou culture test	Type de labour avant culture-test	Nombre de résultats annuels		Rendement moyen témoin kg/ha	Effet résiduel labour	
			Totaux	Positifs		kg/ha	%
Mil	Maïs	Enfouissement	1	1	2030	+ 91	+ 4
	Arachide	"	56	38	971	+ 109	+ 11
Sorgho	Sorgho	Enfouissement	1	1	1618	+ 705	+ 43
	Maïs	"	1	1	2325	+ 590	+ 25
	Cotonnier	"	1	1	1337	+ 1937	+ 145
	Arachide	"	20	15	1604	+ 250	+ 16
Maïs	Cotonnier	Enfouissement	2	2	1772	+ 723	+ 41
Riz	Riz	Ordinaire	6	6	645	+ 1323	+ 205
	Maïs	Enfouissement	1	1	1546	+ 234	+ 15
	Cotonnier	"	1	1	3064	+ 1230	+ 40
	Arachide	"	2	2	1323	+ 191	+ 14
Cotonnier	Cotonnier	Enfouissement	1	1	1666	+ 326	+ 20
Arachide	Mil	Ordinaire	2	1	1898	+ 192	+ 10
	Mil	Enfouissement	4	3	1810	+ 175	+ 10
	Sorgho	Ordinaire	11	8	2037	+ 104	+ 5
	Cotonnier	Enfouissement	2	2	2440	+ 226	+ 9
	Arachide	Ordinaire	4	2	704	- 11	- 2

Des effets résiduels importants sont observés sur sorgho, maïs, riz et cotonnier; il sont moins sensibles, mais cependant non négligeables sur mil et arachide.

Il apparaît également à l'examen du tableau, que beaucoup de combinaisons n'ont pas été testées, alors que quelques unes entre elles l'ont été un grand nombre de fois. Concernant l'influence du précédent cultural on peut noter que l'effet résiduel est habituellement plus important après céréale qu'après arachide, ce qui confirme ce que laissait prévoir l'examen des profils culturaux. Par contre les données disponibles concernant les effets résiduels après labour ordinaire sont trop peu nombreuses et ne permettent pas de faire la comparaison entre les deux types de labours, sauf dans un cas : celui de la succession nil-arachide. Il y a alors égalité entre les deux types de labours.

332. Effets résiduels de deuxième année

Ces effets ont été testés uniquement sur labours d'enfouissement et principalement sur la rotation : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide. Cependant quelques résultats commencent à être disponibles pour d'autres successions culturales.

332.1 Effets résiduels de deuxième année sur le sol

L'examen des profils culturaux effectué après la récolte de la seconde culture montre que l'action du labour d'enfouissement est encore plus ou moins marquée sur la structure du sol et l'ameublissement. Là encore la nature des deux cultures qui se sont succédées après labour constitue le facteur dominant de l'état de conservation du profil cultural. A ce point de vue, les successions culturales se classent dans l'ordre décroissant suivant :

- Céréale-Céréale
- Céréale-Arachide
- Arachide-Céréale
- Arachide-Arachide.

Le trop petit nombre d'observations qui ont été faites en deuxième année après cotonnier et niébé ne permet pas de situer ces deux plantes dans le classement ci-dessus; il semble cependant que leur comportement soit proche de celui de l'arachide.

Les mesures de pénétronétrie effectuées pendant la saison sèche qui suit la deuxième culture confirment partout l'effet résiduel d'ameublissement du labour. Là encore des mesures s'avèrent plus sensibles que l'observation visuelle puisqu'elles font ressortir des différences importantes de cohésion même dans le cas des successions comportant une arachide. Les mesures ont été réalisées uniquement sur les essais "Régénération du Profil" par NICOU (69). Les résultats en sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-32

Effets résiduels d'ameublissement du labour d'enfouissement
deux ans après exécution dans différentes successions culturales

Localisation	Première culture	Deuxième culture	Année de la 2ème culture	Forces de résistance à la pénétration à 15 cm en kg		
				Témoin	Labour	Coef. cohésion %
Banbey - Dior	Arachide	Mil	1966-67	216	160	74
Banbey - Dek	Arachide	Sorgho	1966	765	290	38
Banbey - Dior	Mil	Arachide	1969	342	263	77
Sinthiou-Malène	Sorgho	Sorgho	1968	180	146	81
Sinthiou-Malène	Maïs	Sorgho (1)	1969	270	168	62
Séfa	Mil	Arachide	1969	472	270	57
Séfa	Maïs	Mil	1969	346	273	76

332 2 Effets résiduels de deuxième année sur les cultures

Ces essais intéressent la troisième culture de la succession après réalisation du labour. Comme indiqué plus haut, les résultats disponibles dans ce domaine concernent presque uniquement la deuxième arachide de la rotation quadriennale : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide.

On a recensé 56 résultats annuels provenant d'essai implantés au Sénégal. Le détail est exposé dans le tableau n° IV-98 en annexe. Une vue d'ensemble synthétique en est fournie dans le tableau n° IV-33.

On note que cet effet résiduel est surtout sensible dans les zones "médianes" : Sine Saloum et Sénégal oriental; en Casamance il est très peu accentué et dans les zones Nord et Centre il est même légèrement dépressif. Dans l'ensemble il y a une proportion de 63 % de cas favorables au labour; la plus valeur moyenne est assez modeste : 157 kg/ha, soit 9% en valeur relative.

Les essais IRHO au Sénégal fournissent des résultats quelques peu différents (tableau n° IV-100 en annexe) : la proportion de cas favorables au labour est seulement de 31% et l'effet résiduel moyen est légèrement dépressif : -102 kg/ha soit - 5% en valeur relative. Il y a très peu de variations dans l'ensemble entre les traitements excepté dans la zone Nord où l'effet dépressif peut être plus marqué.

(1) Dans cette succession, après récolte du sorgho, a été effectué une série de mesures de densités apparentes sur le sol. Celles-ci traduisent également la conservation de la structure créée par le labour. Les densités apparentes sont les suivantes :

Témoin : 1,46; Moyennes des labours : 1,39 ; Différence significative à P 0,01

Tableau n° IV-33

Résumé des effets résiduels sur la deuxième arachide du labour d'enfouissement dans la rotation : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALISATION	TYPE D'EXPERIMENTATION	Nbre de résultats annuels		Rendements moyens témoin kg/ha	Plus values sur labours	
			To-taux	Positifs		kg/ha	%
Sols peu évolués sur sables d'origine dunaire 450-700 mm	Nord et Centre Sénégal	Ess. Stat.	4	1	1461	- 55	- 4
		Champs Prév.	9	3	1065	- 14	- 4
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 700-1000 mm	Sine Saloum	Ess. Stat.	11	7	1757	+ 103	+ 11
		Champs Prév.	12	3	1420	+ 374	+ 26
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 900-1000 mm	Sénégal oriental	Ess. Stat.	7	4	2253	+ 43	+ 2
		Champs Prév.	5	5	1940	+ 347	+ 10
Peu évolués hyd. sur nat. sablo-arg. gravillonnaire 1300-1400 mm	Sénégal oriental	Champs de Pré vulgarisation	2	2	1123	+ 310	+ 20
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 1300-1400 mm	Casamance	Ess. Stat.	4	4	2257	+ 143	+ 6
		Champs Prév.	1	1	2662	+ 7	0
E N S E M B L E (Moyennes pondérées)			55	35	1658	+ 172	+ 9

La deuxième arachide de la rotation peut être remplacée par un niébé. Trois essais installés dans la zone Nord et Centre du Sénégal (tableau IV-98 en annexe) fournissent quatre résultats annuels permettant de mesurer l'effet résiduel du labour d'enfouissement; celui-ci est de 150 kg/ha pour un témoin de 989 kg/ha en moyenne, soit une plus value relative de 15%; 2 résultats sur 4 sont favorables au labour.

Enfin il existe un résultat concernant l'effet résiduel de deuxième année du labour d'enfouissement sur l'arachide de la rotation Régénération-Sorgho-Sorgho-Arachide (69). Les résultats sont les suivants :

- Témoin : 2489 kg/ha de gousses
- Labours : 2665 " " "

La différence de 176 kg/ha ou 7% du témoin est significative.

333. Evolution pluriannuelle des effets du labour d'enfouissement sur le sol et les cultures

Les observations de profils culturaux associées à des mesures de résistance à la pénétration ont permis de noter que l'effet du labour sur la structure du sol persistait pendant deux ou trois ans après son exécution et s'atténuait progressivement au cours du temps. Le graphique n° IV-7 illustre bien cette disparition progressive de l'effet d'aneublissement et la reprise en masse du profil. Les mesures pénétrométriques ont été effectuées sur les différentes séries de l'essai "Régénération du profil" à Sinthiou-Malène en mars 1970. Toutes les mesures sont rapportées à un même témoin, de façon à ce que les séries soient comparables entre elles.

Le rythme de disparition des effets résiduels du labour d'enfouissement sur le sol est assez variable suivant les sols et les rotations adoptées. La reprise en masse est parfois beaucoup plus rapide que dans l'exemple cité. Ceci est notamment le cas dans la rotation quadriennale autrefois couramment pratiquée : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide.

Malgré cela, en grande culture notorisée, il a été noté que la pratique de l'engrais vert facilitait nettement les opérations de culture tout au long de cette rotation et en particulier :

- le labour en sec
- les travaux d'entretien au cours de la saison des pluies, grâce à une meilleure portance des tracteurs
- l'arrachage de l'arachide, grâce à un moindre durcissement des sols. (TOURTE, GAUDEFROY-DENOMBYNES, FAUCHE, 1954) (96).

Les effets résiduels sur les cultures évoluent également de façon assez variable suivant la rotation choisie. Le tableau n° IV-34 résume cette évolution pour les principales rotations.

Graph. IV-7- Disparition progressive au cours du temps de l'effet d'ameublissement du labour d'enfouissement

(Relevés pénétrométriques de Mars 1970 à Sinthiou-Malème, par NICOU)

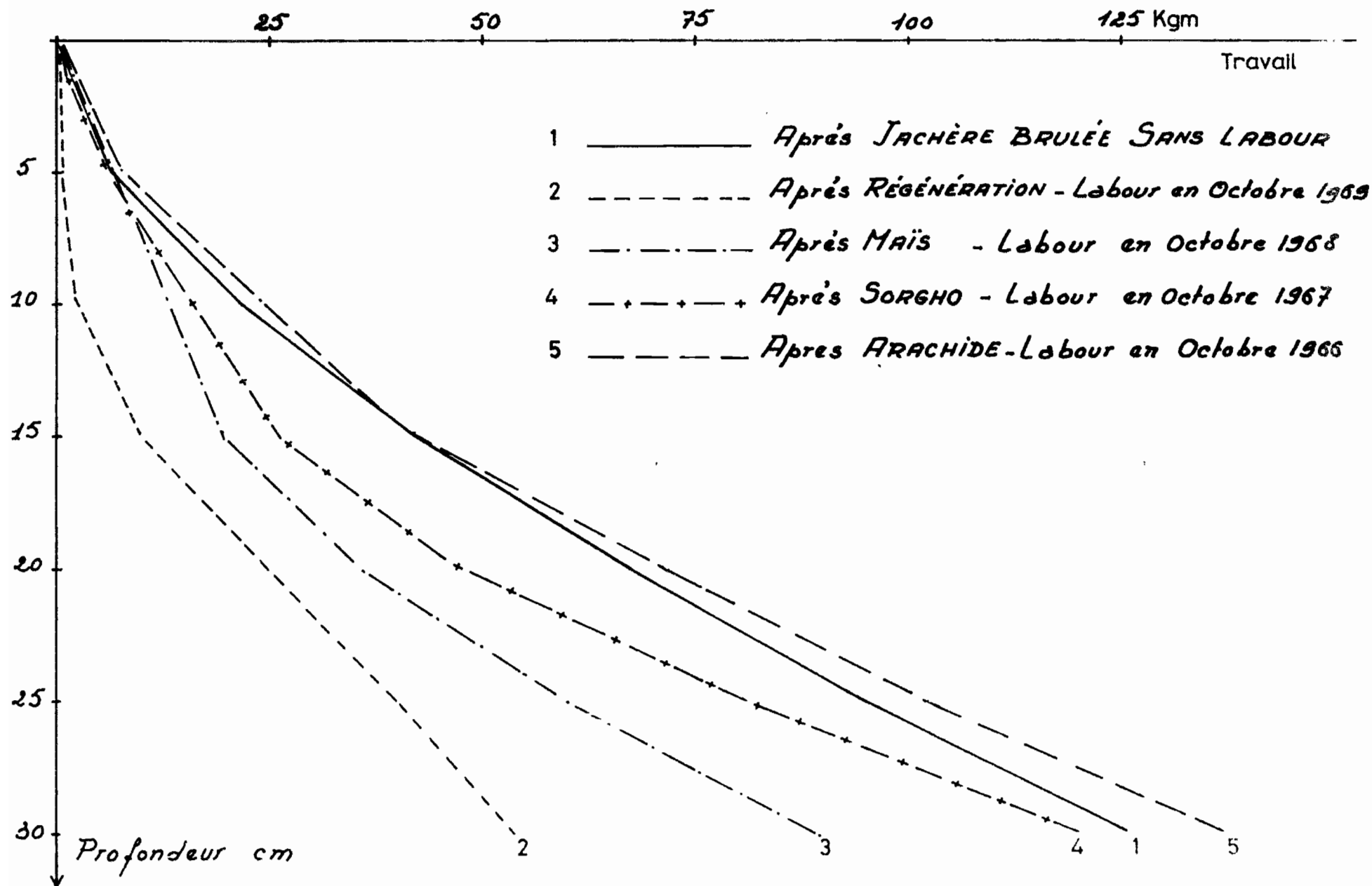


Tableau n° IV-34

Evolution des plus values de rendement apportées par le labour d'enfouissement dans différentes rotations

Successions culturales	Nbre de résultats annuels		Rendement moyen témoin kg/ha	Plus values sur labours	
	Totaux	Positifs		kg/ha	%
1. Arachide	113	81	1661	+ 119	+ 7
2. Mil	56	38	971	+ 109	+ 11
3. Arachide	56	35	1655	+ 157	+ 9
1. Mil	5	4	971	+ 365	+ 38
2. Arachide	4	3	1810	+ 175	+ 10
1. Maïs	12	10	1474	+ 970	+ 66
2. Sorgho	1	1	2325	+ 590	+ 25
1. Sorgho	3	3	1520	+ 359	+ 24
2. Sorgho	1	1	1618	+ 705	+ 43
3. Arachide	1	1	2489	+ 176	+ 7

Les données du tableau sont reprises sous forme graphique (IV-8). On voit, d'après ces résultats, qu'il y a tout intérêt à faire suivre le labour d'enfouissement par une céréale et non par une arachide, ainsi qu'il était de règle autrefois. Ceci ressort, en particulier, de la comparaison des deux rotations : arachide-mil-céréale et mil-arachide. Le gain est alors double :

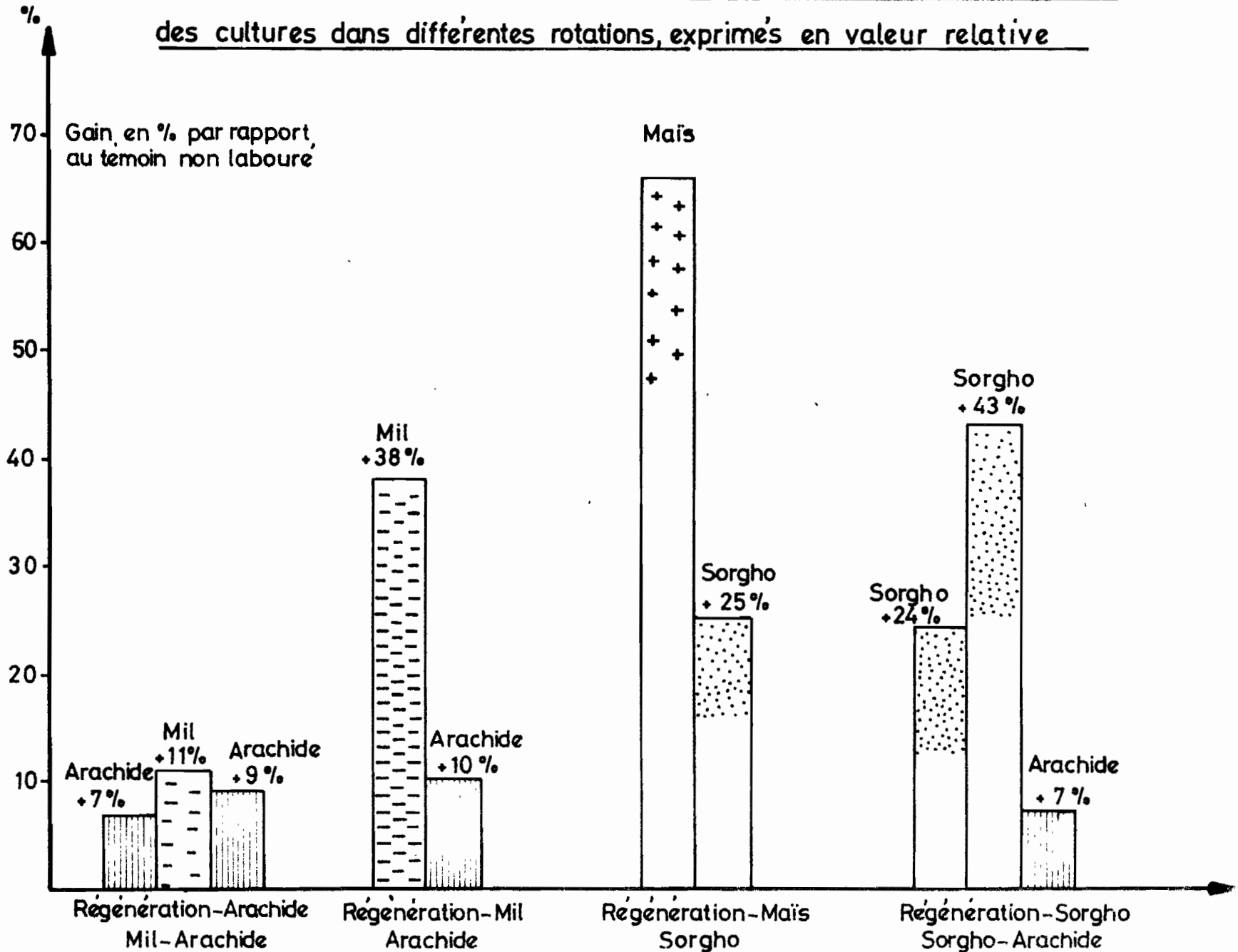
- sur la céréale, où l'effet direct du labour d'enfouissement est plus important que l'effet résiduel de première année;

- sur l'arachide où l'effet résiduel de première année est plus importants que l'effet direct.

Ces facteurs doivent être pris en considération pour la définition de nouvelles rotations.

GRAPHIQUE N° IV - 8

Effets directs et résiduels des labours d'enfouissement sur les rendements des cultures dans différentes rotations, exprimés en valeur relative



334. Conclusion sur la rémanence d'action des labours

On peut retenir à ce sujet, les éléments suivants :

- Concernant les labours ordinaires, l'effet d'aneublissement 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. Des effets importants sont observés dans la succession : riz-riz. Dans la succession nil-arachide, l'effet résiduel du labour de préparation sur nil est sensible sur arachide. Par contre, en arachide continue, on n'a pas noté d'influence sur les rendements, sinon une année, 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 pénétronomie et d'enracinement permettent cependant de déceler un certain effet résiduel qui peut persister pendant trois ans. Cet effet se traduit par des améliorations de rendements assez modestes sur les deuxième et troisième cultures.

Après une céréale, au contraire, le profil cultural est beaucoup mieux conservé. La conservation de l'aneublissement 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 surtout lorsqu'il s'agit encore d'une céréale.

- Sur la comparaison des effets rémanents des labours ordinaires et 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 doit être beaucoup plus marquée dans le cas des labours d'enfouissement.

34. Effets cumulatifs des labours sur le sol et les cultures

La plupart des essais étudiant l'influence des labours ordinaires de préparation sur différentes cultures testent en fait non pas l'effet direct des labours (sauf l'année de mise en place de l'essai) mais leur effet cumulatif. Ces essais sont en effet en rotation et les mêmes traitements sont appliqués chaque année sur les mêmes parcelles; seule la nature de la plante cultivée change d'une année à l'autre.

On a relaté plus haut (IV, 321 3) les résultats de mesures et d'observations effectuées sur le sol après plusieurs années où les labours avaient été répétés chaque année. Ces observations et mesures n'avaient pas mis en évidence d'évolution défavorable du sol, au cours de ces périodes, à la suite des labours répétés; en particulier il n'y avait pas de variation significative du taux d'éléments fins (argile + limon).

Il y a par contre peu d'essais autorisant la comparaison entre les effets directs, résiduels et cumulatifs des labours. Deux résultats disponibles dans ce domaine ont été également mentionnés plus haut (IV 331 2); ils concernent les successions culturales : arachide continue à Bambey (82) et riz-riz en Casamance (90). On a vu que, dans les deux cas, l'effet cumulatif du labour était du même ordre que son effet direct, et qu'il lui était même légèrement supérieur en Casamance; par contre l'effet résiduel était nul ou négatif à Bambey, alors qu'il était positif et très important en Casamance.

Un autre résultat obtenu en culture continue d'arachide en 1969 à Bambey met par contre en évidence un effet cumulatif hautement significatif du labour.(67)

L'essai travail du sol mis en place depuis 1961 a été transformé de manière à pouvoir comparer l'effet direct du labour effectué sur un terrain travaillé jusque là à la dent, à l'effet cumulatif du labour effectué tous les ans depuis 9 ans.

Les résultats ont été les suivants :

Témoin	977 kg/ha
Effet direct	+ 351 kg/ha
Effet cumulatif	+ 638 kg/ha

Il y a donc intérêt à labourer tous les ans à Bambey alors que cela ne paraît pas obligatoire en Casamance.

Dans un cas, on a pu tester également l'effet cumulé d'un labour ordinaire s'ajoutant à un labour d'enfouissement réalisé un an auparavant. Il s'agit de l'essai "Régénération du profil" implanté à Sêfa (74) dont une série a vu, à l'exception du témoin non travaillé, ses parcelles subir deux labours successifs: un labour d'enfouissement en Octobre 1967 après la culture de maïs (après enlèvement des pailles). U Une culture de mil a été effectuée ensuite en 1968? Les résultats des deux cultures figurent dans le tableau n°-IV-35.

Tableau n° IV-35

Effets cumulatifs, sur mil, de deux labours successifs
comportant diverses modalités de réalisation

Traitements de 1968	Rendements maïs 1967 kg/ha	Rendements Mil 1968 kg/ha
Jachère brûlée (non travaillée)	709	2030
Jachère enfouie	1898	2420
Jachère fauchée, mulchée, enfouie	2169	2222
Mil Engrais vert	2673	2118
Mil EV, fauché exporté, repousses enfouies	2454	2064
Maïs, pailles enfouies	2002	1781

Il est intéressant de noter ici que, malgré l'action, que l'on pouvait croire à priori 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.

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 font également ressortir l'influence des différents traitements de 1966 sur l'ameublissement. Les coefficients de cohésion sont en effet les suivants (par rapport au témoin jachère brûlée)

Jachère enfouie	58 %
Jachère fauchée, mulchée enfouie	45 %
Mil Engrais vert	59 %
Mil EV fauché, exporté, repousses enfouies	50 %
Maïs, pailles enfouies	44 %.

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

- (1) Aménagement du Territoire, 1967
Quelques données pluviométriques de 16 stations du Sénégal
(Période 1932-1965)
Minist. du Plan et du Dévelop. Aménag. du Terr. Dakar
- (2) BERGER M., BERTRAND R., 1967
Expérimentation relative à Dolichos Lablab (Antaka) en culture
cotonnière intensive dans le périmètre irrigué du Bas-Mangoky.
Actes du colloque sur la Fertilité des sols tropicaux, Tana-
narive (Madagascar) 19-25 Nov. 1967; 118, II, 1472-1489.
- (3) BERTRAND R., 1967
Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et
du sol en pays baoulé (Côte d'Ivoire).
Actes du colloque sur la Fertilité des sols tropicaux, Tana-
narive (Madagascar) Nov. 1967, 106, II, 1281-1295
- (4) BERTRAND R.,
Observations de profils culturaux sur les essais de travail du
sol (Station de Ferkessédougou)
IRAT/Côte d'Ivoire; rapport an. d'act. Div. d'Agropédologie
- (5) BIRIE-HABAS J., THIROUIN H., 1965
Compte rendu d'un essai de techniques culturales sur maïs
IRAT/Sénégal, rapport annuel; Station agron. de Séfa; 118-119
- (6) BLONDEL D., 1964
Etude de l'évolution du profil cultural sous une rotation qua-
driennale et de l'influence du travail du sol sur les cultures
IRAT/Sénégal; doc. miméo.
- (7) BLONDEL D., 1965
Influence du travail du sol sur le profil cultural et les cul-
tures.
IRAT/Sénégal; rap. an. Div. d'Agropédologie, 427-436.
- (8) BLONDEL D., 1965
Premiers éléments sur l'influence de la densité apparente du sol
sur la croissance racinaire de l'arachide et du sorgho. Ses con-
séquences sur les rendements
C.R. du Coll. OAU/STRC sur la conservation et l'amélioration
de la fertilité des sols; Khartoum, Nov. 1965; 173-181
- (9) BLONDEL D., 1966
Premiers résultats sur la dynamique de l'azote dans deux sols du
Sénégal. Rap. de Recherches 1966.
IRAT/Sénégal, doc. miméo. 51 pages.

- (10) BONFILS P., 1963
Evolution de la matière organique dans deux sols du Sénégal.
L'Agron. trop., XVIII, 1254-1279.
- (11) BOUFIL F., PELISSIER J., TOURTE R., 1950
Les terres à arachide du Sénégal. Premiers enseignements à tirer
d'essais sur les façons culturales
Ann. du CRA Bambey, 1950, 33-36
- (12) BOUYER S., 1950
Phosphates et arachide
Ann. du CRA Bambey, 1950, 19-32.
- (13) CGOT., 1954
Rapport annuel de la Station agronomique de Séfa
- (14) CHARREAU C., 1963
Compte rendu de mission en Casamance et au Sénégal oriental
IRAT/Sénégal, doc. miméo., 51 pages
- (15) CHARREAU C., 1969
Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance
L'Agron. trop. XXIV, 9, 836-842.
- (16) CHARREAU C., 1969
Projet "Erosion et ruissellement en Casamance" - Dispositifs
de contrôle et lutte - Etudes à poursuivre
IRAT/Sénégal; doc. miméo., 22 pages
- (17) CHARREAU C., FAUCK R., 1970
Mise au point de l'utilisation agricole des sols de la région
de Séfa (Casamance)
L'Agron. trop. XXV, 2, 151-191.
- (18) CHARREAU C., NICOU R., 1964
Note sur le rôle et la nature de la sole de régénération dans
la rotation. Résumé de la doctrine du CRA Bambey
IRAT/Sénégal; doc. miméo., 16 pages
- (19) CHARREAU C., NICOU R., THIROUIN H., 1964-69
Comptes rendus d'un essai "Labour de fin de cycle" à Séfa
IRAT/Sénégal; rap. ann. Div. des Techniques culturales.
- (20) CHARREAU C., SEGUY L., 1969
Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1968
L'Agron. trop. XXIV, 11, 1055-1097.
- (21) CHOPART J.L., 1970
Morphologie et croissance de l'enracinement du sorgho (Sorghum
vulgare) en deux conditions de fertilité. Première étude.
IRAT/Sénégal; doc. miméo., 97 pages.

- (22) COCHEME J., FRANQUIN P., 1967
Une étude d'agroclimatologie de l'Afrique sèche au Sud du Sahara
en Afrique occidentale
Projet conjoint d'Agroclimatologie FAO/UNESCO/OMM: FAO, Rome
- (23) COINTEPAS J.P., 1958
Bilan des études chimiques et pédologiques entreprises à la
Station expérimentale de Séfa
ORSTOM, doc. miméo., 110 pages
- (24) CRA Bambeý, 1960
Principaux résultats expérimentaux obtenus en Haute-Volta jus-
qu'en 1959. Essais de préparation du sol.
ORSTOM, doc. miméo., 9-10.
- (25) CRA Bambeý, 1960
Principaux résultats obtenus en Haute-Volta jusqu'en 1959. Es-
sais "Nature d'engrais vert à Saria" (1951-57)
ORSTOM; doc. miméo., 11-12.
- (26) CRA Bambeý, 1961
Compte rendu de l'essai de rotation de M'Pesoba (Mali)
IRAT/Sénégal, rap. ann. d'act. Div. des Techniques culturelles
- (27) DEFFONTAINES J.P., 1964
Mission "Profil cultural" Sénégal - Juin 1964
IRAT/Sénégal, doc. miméo., 16 pages
- (28) DEFFONTAINES J.P., 1965
Observations sur le profil cultural du sol en conditions diverses
IRAT/Sénégal; doc. miméo., 26 pages
- (29) DUPONT de DINECHIN B., d'ARONDEL de HAYES J., 1964-65
Comptes rendus de l'essai "Mise au point d'une sole de régéné-
ration"
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (30) DUPONT de DINECHIN B., d'ARONDEL de HAYES J., 1967
Compte rendu de l'essai "Profondeur de labour" à Farako Ba
IRAT/Haute Volta; rap. ann. d'act.
- (31) DUPONT de DINECHIN B., d'ARONDEL de HAYES J., 1968
Compte rendu de façons culturales sur sol faiblement ferrali-
tique à Farako Ba
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (32) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1964
Compte rendu de travail du sol sur sorgho à Saria
IRAT/Haute Volta; rap. ann. d'act.

- (33) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1964-67
Compte rendu d'essais de façons culturales à Saria
IRAT/Haute Volta; rap. ann. d'act.
- (34) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1965
Compte rendu d'essais de façons culturales à Saria
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (35) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1966
Compte rendu d'essai "Profondeur de labour" à Saria
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (36) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1966-68
Comptes rendus d'essais de façons culturales sur sol ferrugineux
profond à Saria
IRAT/Haute-Volta, rapp. ann. d'act.
- (37) FAUCHE J., 1960
Compte rendu de l'essai Jachère-Engrais vert 1955 à Bambey
CRA Bambey, archives Div. Techniques culturales
- (38) FAUCHE J., NICOU R., 1953-1968
Comptes rendus des essais "Rotation x Engrais" de Nioro du Rip
et Sinthiou Malène
IRAT/Sénégal; rap. ann. d'act. de la Div. des Techniques
culturales.
- (39) FAUCHE J., NICOU R.; 1962
Compte rendu de l'essai "Engrais vert Dior 1960"
IRAT/Sénégal; rap. ann. d'act. Div. des Techniques culturales
- (40) FAUCK R., SEGUY L., TOBIAS C., 1969
Notice de la carte des sols de la région de Séfa (Casamance)
ORSTOM/IRAT, doc. minéo., 51 pages
- (41) FAURE J., 1956
Compte rendu des essais Engrais vert LA N°1 et LA N°3
Archives du CRA Bambey, Division des Sols.
- (42) FERTE, LESCURE, 1966
Compte rendu d'essai de formes de jachères avec ou sans fumure
minérale sur sol dunaire rouge à Kolo
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (43) GAUDEFROY DEMOMBYNES P., CHARREAU C., 1961
Possibilité de conservation de l'humidité dans le sol pendant
la saison sèche; influence corrélative sur le degré d'ameublissement
du sol.
L'Agron. trop. XVI, 3, 238-254

- (44) HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969
Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques.
Masson et Cie, éd. 2ème éd., Paris.
- (45) IRHO/Sénégal, 1956-66
Comptes rendus de l'essai Jachère 1bis sur sol beige à Darou.
IRHO/Sénégal, rapp. ann. d'act. Station de Darou.
- (46) IRHO/Sénégal, 1960-66
Comptes rendus de l'essai "Jachère-Engrais vert-Couverture" à Darou
IRHO/Sénégal, rapp. ann. de campagne.
- (47) IRHO/Sénégal, 1961-66
Comptes rendus de l'essai "Jachères-Engrais vert sur sol hydromorphe" à Darou
IRHO/Sénégal, rapp. ann. d'act., Station de Darou.
- (48) IRHO/Sénégal, 1965-66
Comptes rendus de l'essai "Longueur optimum de jachère sur sol hydromorphe à Darou"
IRHO/Sénégal, rapp. ann. d'act. , Station de Darou.
- (49) IRHO/Sénégal, 1966
Compte rendu de l'essai "Comparaison assolement" à Darou
IRHO/Sénégal, rapp. ann. , Station de Darou, 108-114.
- (50) JACQUINOT L., 1964
Phosphatage de fond avec phosphate naturel.
L'Agron. trop. XIX, 12, 1033-1072
- (51) JACQUINOT L., 1966
Utilisation de la valeur "L" dans l'étude du phosphate assimilable d'un sol
IRAT/Sénégal, doc. minéo. , 8 pages
- (52) LE MOIGNE M., 1965
Problèmes de sarclo-binage au Sénégal
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 6 pages
- (53) LE MOIGNE M., 1965-66
Comptes rendus de travaux de préparation du sol
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. du Machinisme agricole.
- (54) LE MOIGNE M., 1966
Possibilité de travail en "sec" en culture attelée bovine
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 7 pages

- (55) LE MOIGNE M., 1967
Problèmes d'enfouissement de matière verte en traction animale
au Sénégal
Actes du Coll. sur la Fert. des Sols trop., Tananarive (Mada-
gascar). Nov. 1967; 144, II, 1774-79.
- (56) MAERTENS C., 1964
Influence des propriétés physiques des sols sur le développement
radiculaire et conséquences sur l'alimentation hydrique et azotée
des cultures
Science du Sol, 2.
- (57) MONNIER G., 1965
Action des matières organiques sur la stabilité structurale des
sols
Ann. Agron., 16, 4, 327-400 et 16, 5, 471-534.
- (58) MONNIER J., 1967
Problèmes pratiques posés par le labour d'enfouissement d'engrais
vert en culture attelée bovine au Sénégal.
Actes du Coll. sur la Fert. des Sols trop. Tananarive (Mad.)
Nov. 1967, 145, II, 1780-89.
- (59) MONNIER J., 1970
Résultats de l'étude d'un modèle ou schéma d'exploitation
valable pour le Sénégal oriental
IRAT/Sénégal, doc. mimeo., 10 pages.
- (60) MUNTZ A., FAURE L., LAINE E., 1905
Etude sur la perméabilité des terres, faite en vue de l'ir-
rigation.
Ann. Dir. Hydraulique, Paris, 33-45
- (61) NABOS J. et coll., 1965-68
Comptes rendus d'essais "Façons préparation de fin de saison
sèche sur sols de banquettes incultes de la Maggia, à Kawara"
IRAT/Niger, rapp. d'act.
- (62) NABOS J. et coll., 1968
Compte rendu d'essai "Mode de préparation en sol dunaire à
Magaria"
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (63) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1964-1966
Comptes rendus d'un essai "Nature d'engrais vert et mode d'en-
fouissement" à Tarna
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.

- (64) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1964-69
Comptes rendus des essais "Modalités de préparation du sol du-
naire" à Tarna
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (65) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1967
Compte rendu d'un essai de façons préparatoires de début et de fin
d'hivernage à Tarna.
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (66) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1967-68
Comptes rendus d'essais "Façons d'entretien sur arachide" à Tarna
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (67) NICOU R., 1962-69
Compte rendu des essais "Travail du sol x Fertilisation" de
Banbey, Boulel et Nioro-du-Rip
IRAT/Sénégal, rapp. ann. Div. des Techniques culturales
- (68) NICOU R., 1963 - 1966
Comptes rendus de l'essai "Régénération x Traitements" à Banbey
(2ème rotation)
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act., Div. des Tech. culturales
- (69) NICOU R., 1965-68
Compte rendu des essais "Régénération du profil" de Louga, Ban-
bey et Sinthiou Malène
IRAT/Sénégal; rapp. ann. de la Div. des Techn. culturales.
- (70) NICOU R., 1965-68
Compte rendu des essais "Conservation du profil" de Banbey et
Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann., Div. des Techniques culturales.
- (71) NICOU R., 1967-69
Compte rendu des essais "Mode de préparation $\frac{1}{2}$ Dates de semis"
de Nioro du Rip et Sinthiou malène
IRAT/Sénégal, rapp. ann. , Div. des Techniques culturales
- (72) NICOU R., 1969
Action du labour sur la porosité
IRAT/Sénégal, rapp. ann. division des Techn. culturales
- (73) NICOU R., SEGUY L., HADDAD G., 1970
Comparaison de l'enracinement de quatre variétés de riz pluvial
en présence ou absence de travail du sol
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 20 pages

- (74) NICOU R., THIROUIN H., 1964-69
Comptes rendus des essais "Régénération du profil" de Séfa
IRAT/Sénégal; rapp. ann. Div. des Techn. culturelles
- (75) NICOU R., THIROUIN H., 1968
Mesures sur la porosité et l'enracinement. Premiers résultats
IRAT/Sénégal, doc. miméo., 52 pages
- (76) NOURRISSAT P., 1965
Compte rendu d'essais de traction animale
IRAT/Sénégal, Div. des Etudes d'Agro-pastorales, 7-29
- (77) PARE J., 1969
Etude de dispositifs anti-érosifs adaptés aux conditions de la
Casamance
IRAT/Paris; doc. miméo., 63 pages
- (78) POCTHIER G. et coll., 1964-69
Compte rendu des essais d'amélioration foncière (champs de précul-
garisation ou d'appréciation des potentialités).
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la SARV.
- (79) POULAIN J.F., 1965
Contribution à l'étude des mécanismes d'action de la fumure verte
Effets sur le sol et les rendements
Coll. sur la Conserv. et l'Amélior. de la Fert. des Sols
OAU/STRC, Khartoum (Nov. 1965), 131-148.
- (80) POULAIN J.F., MARA M., 1960-1969
Comptes rendus de l'essai "Régénération du sol" de Thiénéba
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Division d'Agropédologie.
- (81) POULAIN J.F., MARA M., 1961-69
Compte rendu des essais "Structure-Humus" de Thiénaba et Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie
- (82) POULAIN J.F., MARA M., 1965-69
Compte rendu des essais "S x P x K x Labours" à Bambey
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie.
- (83) POULAIN J.F., MARA M., 1965-69
Compte rendu des essais "Régénération x Phosphates" de Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie
- (84) POULAIN J.F., MARA M., 1965-69
Compte rendu des essais "Doses Phosphore x Soufre" de Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie.

- (85) POULAIN J.F., TOURTE R., 1969
Influence de la préparation profonde du sol en sec sur la réponse des mil et sorghos à la fumure azotée (sols sableux de la zone tropicale sèche).
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 25 pages. Comm. à la Conférence OUA/STRC de Zaria sur les céréales (Nigeria, 13-16 Oct. 1969)
- (86) RENAUT G., 1967-68
Compte rendu d'essais de sous-solage sur riz et maïs à la Station de Ferkessédougou
IRAT/Côte d'Ivoire, rapp. ann. d'act. de la Div. d'Agronomie.
- (87) RENAUT G., 1967-68
Comptes rendus d'essais de travail réduit sur riz et maïs à la Station de Ferkessédougou
IRAT/Côte d'Ivoire ; rapp. ann. d'act. Div. d'Agronomie.
- (88) REYNARD A., 1967
Compte rendu d'un essai "Travail du sol x Fertilisation sur mil" en sol de Diéri
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Secteur Fleuve.
- (89) ROOSE E., 1967
Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal
L'Agron. trop., XXII, 2, 123-152.
- (90) SEGUY L., 1970
Influence des facteurs pédologiques et des techniques culturales sur la croissance et la production du riz pluvial en Casamance (Sénégal méridional)
IRAT/Paris, doc. minéo. 2 tomes.
- (91) SILVESTRE P., 1961
Monographie des recherches conduites à Bambey sur l'arachide
L'Agron. trop., XVI, 6, 623-730.
- (92) TOURTE R., 1951
Préparation du sol et enfouissement de la végétation naturelle comme engrais vert. Leur influence sur les rendements du mil au Sénégal.
Ann. du CRA Bambey, 1951, 120-125.
- (93) TOURTE R., 1961
Les instruments de désherbage à traction animale
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 7 pages
- (94) TOURTE R., FAUCHE J., 1952
Note sur trois années d'essais de techniques culturales dans les centres expérimentaux hors Sénégal.
Ann. du CRA Bambey, 1952, 33-48.

- (95) TOURTE R., FAUCHE J., BOUYER S., 1967
L'amélioration foncière des sols en Afrique occidentale sèche
Ann. du CRA Bambey, 1957 (1ère partie), 55-103.
- (95)bis TOURTE R., FAUCHE J., NICOU R., 1951-1961
Comptes rendus de l'essai "Rotation Dior" à Bambey
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Div. des Techn. culturelles.
- (96) TOURTE R., GAUDEFRY-DEMOMBYNES P., FAUCHE J., 1954
Perfectionnement des techniques culturelles au Sénégal
Ann. du CRA Bambey, 1954, 1-111
- (97) TOURTE R., NICOU R., BONLIEU A., 1961
Compte rendu d'essais de préparation du sol
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Div. des Techn. culturelles 55-61
- (98) TOURTE R.; VIDAL P., JACQUINOT L., FAUCHE J., NICOU R., 1964
Bilan d'une rotation quadriennale sur sole de régénération au Sénégal
L'Agron. trop. , XIX, 12, 1033-72.
- (99) THIROUIN H., 1965
Conduite de l'engrais vert en vue de son enfouissement.
IRAT/Sénégal; rapp. ann. Secteur Casamance
- (100) VIDAL P., 1963
Croissance et nutrition minérale des mils Pennisetum cultivés au Sénégal
Thèse Fac. des Sciences, Dakar
L'Agron. trop., XVIII, 6-7, 591-668.
- (101) WERTS R., 1960
Bilan sur 4 et 6 ans de l'effet d'une sole de régénération Jachère ou engrais vert (Essai E4 - 1955)
CGOT - Station expérimentale de Séfa - Note technique n° 11
- (102) WERTS R., 1961
Comptes rendus de l'essai de rotation 1965 (F1) et de l'essai "Influence du traitement de l'engrais vert" 1958 (F5)
CGOT, Station agronomique Séfa, Note technique n° 19.

R E S U M E

Les facteurs biologiques ne paraissant pas seuls, capables d'améliorer nettement les propriétés physiques du sol et de créer un profil cultural satisfaisant, il convient de rechercher, si cet objectif ne peut être atteint par une intervention humaine plus poussée faisant jouer les facteurs mécaniques (travail du sol) employés seuls ou en association avec les facteurs biologiques (enfouissement de matière végétale).

Par ailleurs 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.

Les effets directs du labour sur le sol

Les effets du labour se manifestent sur les caractéristiques du sol suivantes :

- Structure
- Régime hydrique
- Granulométrie
- Susceptibilité à l'érosion
- Matière organique et vie microbienne

Il apparaît que le labour a des incidences multiples et complexes sur les propriétés physiques du sol. Cependant celles qui semblent jouer le rôle le plus important ont trait aux modifications de structure et de porosité quantitative et qualitative. Ces caractéristiques agissant en effet sur l'enracinement des végétaux, le labour entraîne, de ce seul fait, une amélioration du système racinaire des végétaux, avec tout ce que cela comporte pour leur alimentation hydrique et minérale et donc les rendements agricoles.

En ce qui concerne l'action du labour sur la susceptibilité à l'érosion, il semble que sa fâcheuse réputation soit due à une confusion, longtemps faite en zone tropicale sèche, entre profondeur et intensité de travail. Dans la plupart des cas il joue au contraire un rôle améliorateur dans la conservation du sol.

Les effets direct du labour sur les cultures.

Ils se manifestent sur :

- les adventices des cultures
- l'enracinement des plantes cultivées
- le développement végétatif et les rendements agricoles

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.

L'action du labour sur l'enracinement des plantes cultivées est très marquée tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Il agit à la fois sur le poids, la longueur et la surface des racines ainsi que sur leur répartition dans le profil. Des liaisons très étroites ont été mises en évidence entre porosité, développement racinaire et rendements.

Pour chaque culture on examine ensuite séparément les effets sur les rendements des deux types de labours : labours ordinaires et labours d'enfouissement de matière végétale. Le tableau suivant résume sous une forme synthétique, l'ensemble des résultats obtenus :

Tableau récapitulatif des effets moyens des labours sur les rendements des cultures dans la zone tropicale sèche de l'Ouest Africain (essais de l'IRAT, sols à dominante sableuse).

C u l t u r e s	Labours ordinaires						Labours d'enfouissement							
	Nombre de résultats annuels			Rendement des témoins	Plus values sur labour			Nombre de résultats annuels			Rendement des témoins	Plus values sur labour		
	To- taux	Posi- tifs	%	noins kg/ha	kg/ha	%	To- taux	Posi- tifs	%	noins kg/ha	kg/ha	%		
Mil (grain)	22	21	95	1245	+ 256	+ 21	5	4	80	971	+ 365	+ 38		
Sorgho (grain)	46	39	85	1874	+ 536	+ 29	2	2	100	2039	+ 532	+ 26		
Maïs (grain)	6	6	100	2093	+ 568	+ 27	12	10	83	1474	+ 970	+ 66		
Riz pluvial (paddy)	11	11	100	966	+1515	+157	1	1	100	1547	+ 705	+ 46		
Cotonnier (coton grain)	7	7	100	1629	+ 433	+ 27	12	10	83	1240	+ 423	+ 34		
Arachide (gousses)	31	27	87	1412	+ 274	+ 19	113	81	71	1661	+ 119	+ 7		

Les résultats montrent que les labours ont une influence favorable sur toutes les cultures. Cette influence est variable avec les sols, les années et les cultures. On peut donc estimer que le labour joue, en zone tropicale sèche, 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 pailles, 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.

Les effets résiduels des labours sur le sol et les cultures

Après un labour ordinaire, l'effet d'ameublissement sur le sol persiste 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. Des effets très importants sont observés sur la succession riz-riz.

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

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 se traduit par des améliorations de rendements assez modestes sur les deuxième et troisième cultures.

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 résultats disponibles, les effets sur les rendements de la deuxième culture peuvent être très importants surtout lorsqu'il s'agit encore d'une céréale.

Le tableau suivant illustre cette influence de la rotation sur la rémanence d'action du labour d'enfouissement.

Evolution des plus values de rendement apportées par le labour d'enfouissement dans différentes rotations.

Successions culturales	Nbre de résultats annuels		Rendement moyen témoin kg/ha	Plus values sur labours	
	Totaux	Positifs		kg/ha	%
1.- Arachide	113	81	1661	+ 119	+ 7
2.- Mil	56	38	971	+ 109	+ 11
3.- Arachide	56	35	1655	+ 157	+ 9
1.- Mil	5	4	971	+ 365	+ 38
2.- Arachide	4	3	1810	+ 175	+ 10
1.- Maïs	12	10	1474	+ 970	+ 66
2.- Sorgho	1	1	2325	+ 590	+ 25
1.- Sorgho	3	3	1520	+ 359	+ 24
2.- Sorgho	1	1	1618	+ 705	+ 43
3.- Arachide	1	1	2489	+ 176	+ 7

Modalités des réalisations 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.

Interactions entre labours et engrais minéral

Dans le cas des labours ordinaires un seul résultat d'essai met en évidence un cas d'interaction, statistiquement significatif sur sorgho en sol sableux : l'apport de fortes doses d'azote a été nettement valorisé par le travail profond. Cependant les résultats des champs de pré vulgarisation, plus nombreux et mieux répartis géographiquement, donnent à penser que l'importance de l'interaction dépend de la fumure de la culture, et de l'écologie considérée.

Il en est de même pour les labours d'enfouissement de matière verte.

Il a été prouvé dans un certain nombre de cas que l'enfouissement simultané d'une jachère ou d'un engrais vert et d'une forte dose de phosphate tricalcique, favorisait nettement l'action de cet engrais. Ceci s'expliquerait par le placement à bonne profondeur, grâce au labour, du phosphate naturel mis ainsi directement à la disposition des racines. Il en résulterait une action plus efficace de la fumure forte, plus riche en phosphate naturel, sur les céréales (à enracinement fasciculé), dans les zones à forte pluviométrie.

Travaux de préparation autres que les labours

Les pseudo-labours permettant de travailler le sol sans retournement, apportent des suppléments de rendement non négligeables sur toutes les cultures. Les effets sont dans tous les cas inférieurs à ceux du labour, mais ils peuvent constituer, pour le paysan, de bonnes solutions de remplacement. Le labour est en effet une opération assez longue à réaliser en culture attelée et qui ne peut être effectuée sur tous les champs de l'exploitation sans risques de perturber gravement le programme de travaux pour les différentes cultures. Les pseudo-labours présentent l'avantage de pouvoir être effectués en sec c'est-à-dire hors saison culturale. En humide, leur réalisation demande beaucoup moins de temps que pour un labour et perturbe moins le programme de travail de l'exploitation.

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 lane souleveuse en culture attelée produit sur le profil cultural une action non négligeable, bien qu'assez superficielle.

La destruction des billons en sec après une culture de cotonnier, constitue un véritable travail du sol, difficile à réaliser, mais dont l'influence sur les rendements semble intéressante.

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 des 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 propre-

ment 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.

Or dans les zones sahéliennes et sahélo-soudanaises les labours d'engrais vert ou de jachère constituent bien souvent, du fait de la courte durée de l'hivernage, les seules modalités possibles de travail profond du sol au cours de la saison de culture. La succession culturale prend donc une grande importance si l'on veut maintenir longtemps les effets bénéfiques de cet enfouissement.

A N N E X E S

TABLEAU N° IV- 80

Evolution de la densité apparente au cours de la saison des pluies dans les horizons superficiels de sols cultivés, labourés ou non

Localisation Sol	Culture	Dates des pré- lèvements	Pluvi- omé- trie ou nu- lée mm(1)	Valeurs de densité apparen- te sur :				Source	
				Té- moins	Labours ordina- res(2)		Labour d'en- fouis- sement (1)		
					Fin de cy- cle	En sec			Début d'hi- vern.
Bambey Sol Dior	Arachide	21/6/65	6	1,64		1,47		BLONDEL (7)	
		21/7/65	39	1,64		1,58			
		5/8/65	179	1,64		1,64			
	Arachide	8/7/67	52	1,57		1,51		NICOU (67)	
		7/8/67	242	1,57		1,53			
		25/7/68	92	1,54		1,54			
	Mil	17/7/68	72	1,53			1,42	NICOU (69)	
		12/8/68	140	1,51			1,44		
	Bambey Sol Dek	Sorgho	18/7/68	81	1,59			1,42	NICOU (69)
			13/8/68	139	1,58			1,46	
Nioro du Rip Sol F.T.L. sur grès sablo-argileux du C.T.	Sorgho	22/6/67	48	1,50	1,42	1,47	1,30	NICOU (71)	
		31/7/67	316	1,53	1,48	1,49	1,44		
		10/7/68	90	1,52	1,40	1,46	1,47		
		1/8/68	186	1,49	1,39	1,48	1,46		
		11/7/69	38	1,54	1,40	1,47	1,38		
		19/8/69	598	1,44	1,45	1,44	1,38		
Sinthiou Malème Sol F.T.L. sur grès sablo-argileux du C.T.	Maïs	23/6/67	148	1,52	1,54	1,58	1,37	NICOU (71)	
		20/7/67	345	1,60	1,64	1,66	1,62		
		29/6/68	89	1,53	1,45	1,60	1,49		
		23/7/68	153	1,52	1,48	1,58	1,52		
		25/6/69	59	1,49	1,42	1,53	1,48		
		23/7/69	187	1,50	1,48	1,55	1,58		
		29/6/68	89	1,57			1,49		NICOU (69)
		23/7/68	153	1,54			1,48		
Séfa Sol F.T.L. Sablo- argileux du C.T.	Maïs	30/6/69	82	1,46			1,38	NICOU (74)	
		27/7/69	464	1,53			1,44		

- (1) Il s'agit de la pluviométrie cumulée aux dates de prélèvements. Elle correspond au total de pluie qu'ont reçu les labours après leur exécution, sauf pour les labours de début d'hivernage qui ont reçu un peu moins de pluie que les autres.
- (2) Quand il y a plusieurs dates de semis, il s'agit toujours de la première
- (3) Moyennes de différents traitements d'enfouissement.

Tableau N° IV-81

Effets du labour sur l'enracinement de diversés céréales au Sénégal

Culture	Type de labours	Localisation essai	Année	Nombre de traitements (1) Labours	Variété	Densité d'occupation racinaire g/dm ³ (2)								Référence
						0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm		0-30 cm		
						Té- moin	La- bour	Té- moin	La- bour	Té- moin	La- bour	Té- moin	La- bour	
Sorgho	Ordinaires	Nioro du Rip Mode Prép.xDate semis	1967	3 (2,4,6)	51-69	3,24	3,85	0,49	0,48	0,15	0,08	1,29	1,47	NICOU (71)
			1968	3 (1,3,5)	51-69	1,97	1,65	0,42	0,35	0,16	0,15	0,85	0,72	
	Enfouisse- ment	Sinthiou Malème Régénération Profil	1967	5(8 à 12)	Locale	2,61	4,33	0,52	1,19	0,12	0,37	1,09	1,96	NICOU, THI- ROUIN (75)
Maïs	Ordinaires	Sinthiou Malème Mode Prép.xDates S.	1968	3 (1,3,5)	BDS	0,88	0,99	0,38	0,49	0,14	0,19	0,47	0,56	NICOU (71)
			1969	3 (1,3,5)	BDS	0,43	0,36	0,20	0,22	0,12	0,14	0,25	0,24	
	Enfouisse- ment	Sinthiou Régénération Profil	1968	5(8 à 12)	BDS	1,05	0,92	0,46	0,45	0,32	0,16	0,61	0,51	NICOU (69)
			1969	5(8 à 12)	BDS	0,55	0,50	0,41	0,25	0,14	0,13	0,36	0,29	
	Enfouisse- ment	Séfa Régénération Profil	1967	5(8 à 12)	ZI 10	2,72	4,23	1,24	2,90	0,18	0,30	1,21	2,26	NICOU, THIROUIN (74)
1968			5(8 à 12)	B D S	1,62	1,62	0,61	0,87	0,12	0,34	0,78	0,94		
			1969	5(8 à 12)	B D S	1,06	1,18	0,32	0,50	0,11	0,20	0,50	0,63	
Riz Pluvial	Ordinaires	Séfa Comparaison Labour/Grattage	1968	1	T N 1	0,65	0,61	0,15	0,30	0,07	0,15	0,29	0,35	SEGUY (90)
			1969	1	63-83	0,85	1,37	0,13	0,89	0,06	0,10	0,35	0,78	NICOU, SEGUY, HADDAD (73)
			1969	1	Iguape	1,20	2,26	0,22	1,04	0,07	0,14	0,50	1,15	
			1969	1	T N 1	1,04	1,35	0,08	0,96	0,04	0,05	0,39	0,79	
			1969	1	I R 8	0,93	1,42	0,27	0,49	0,08	0,26	0,43	0,72	

(1)- Les chiffres entre parenthèses indiquent les numéros des traitements "labours" qui ont été retenus pour le calcul de la moyenne

(2)- Pour les densités d'occupation racinaire on a considéré seulement les prélèvements perpendiculaires à la ligne.

T A B L E A U IV 32

INFLUENCE DU LABOUR DE PREPARATION SUR LES RENDEMENTS DU MIL

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALISA- TION	NOM DE L'ES- SAI	AN- NEE	CONDITIONS DE REALISATION			RENDEMENT TÉMOIN kg/ha	PLUS VALUE SUR LABOUR		Comp. statis- tique	SOURCE	
				Témoïn	Labour	Fumure		kg/ha	%			
	<u>Mauritanie</u> Kaédi	Travail du sol	1967	Iler	Tracteur Soc en sec	150 kg/ha 14-7-7	1472	+ 342	+ 23	+	REYLAND (66)	
	<u>Sénégal</u>	Travail du sol x Fertilisation	1961	Cover Crop	Tracteur disques en sec	150kg/ha 14-7-7	445	+ 405	+ 91	-	TCURTE NICCU BONLIEU (97)	
	<u>Sénégal</u> Banbey		1964	Iler	Boeufs-Soc en sec	600kg/ha 10-13-10	562	+ 144	+ 26	+	NICCU (67)	
Sols peu évo- lués sur sa- bles d'ori- gine dunaire 300 à 700 mm	Banbey	Conservation du profil	1967	Iler	Boeufs soc-LFC	Fumure forte éta	1530 ⁽¹⁾ 783 ⁽²⁾	+ 428	+ 28	+	NICCU (70)	
			1967				474 ⁽²⁾	+ 171	+ 22	0		
			1968			humide	lée	474 ⁽²⁾	+ 200	+ 42		0
			1968					1316 ⁽¹⁾	+ 61	+ 5		0
		Profondeur de travail x Azote Dior	1966	Iler	Tracteur soc.Moyen Ine 2 pro- fondeurs	Forte Moyenne d'Azote	1035	+ 242	+ 23	+	PCULAIN TCURTE (65)	
	<u>Niger</u> Tarna	Techniques culturales	1966	Nettoyage manuel	Boeufs-Soc En humide	Non préci- sé 45k/ha	796 1159	+ 358	+ 45	++	NABOS, H de FRANIS (64)	
			1967			d'urée + 45kg/ha	1476	+ 224	+ 15	++		
			1968			45kg/ha	173	+ 484	+ 280	-		
			1968			Super tri	470	+ 879	+ 187	++		
F.T.Intergrade Vertisol sur sables et cal- caire- 650 mm	<u>Sénégal</u> Banbey	Profondeur de travail x Azo- te	1966	Iler	Tracteur soc en sec Moy.2 prof d'Azote	Forte Moy.doses d'Azote	1536	+ 105	+ 71	0	PCULAIN TCURTE (65)	
F.T.L. sur grès du C.T. 600-1000 mm	<u>Sénégal</u> (Sine-Saloum Boulel	Conservation du Profil	1967	Iler	Boeufs Soc LFC, humide	Forte étalée	1779 776	+ 130	+ 71	0	NICCU (70)	
	Nioro du Rip	Travail du sol x Fertilis- ation	1965	iler	Boeufs.Soc En sec	Forte	1090	+ 101	+ 9	0	NICCU (67)	
	<u>Sénégal</u> (Casanance)											
F.T.L. sur grès du C.T. 1000-1400 mm	<u>Sénégal</u> Vélingara Séfa N'Diéba	Champs de Pré vulgarisa- tion "	1968	Daba	Boeufs Soc LFC, humide	Forte étalée	2350 2333	+ 487	+ 21	-	PCOTIER (70)	
			1969	"			2027	+ 115	+ 4	-		
			1967	"	"	"	1546	+ 623	+ 40	-		
			1968	"	"	"	1453	+ 231	+ 21	-		

(1) Mil Souma

(2) Mil Sanio

T A B L E A U IV- 63

INFLUENCE DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT DE MATIERE VEGETALE SUR LES RENDEMENTS DU MIL
AU SENEGAL

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALISA- TION (Sénégal)	NOM DE L'ESSAI	AN- NEE	PRECEDENT CULTURAL SUR TEMOIN	NATURE ET NOMBRE DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT				RENDE- MENT Ténoin kg/ha	PLUS VALUE SUR LABOURS		COMP. Statist tique	SOURCE
					Jachè- re	E.V.	Pail- les	Total		kg/ha	%		
Sols peu évo- lués sur sa- bles dunaires 400-700 mm	Louga	Régénération	1968	Jach.brûlée	2	2	1	5	294	+ 235	+ 80	-	NICOU (69)
		Profil	1969		2	2	1	5	810	+ 868	+107	+	
	Banbey (Dior)	"	1968	"	2	2	1	5	711	- 61	- 9	0	
		"	1969	"	2	2	1	5	1496	+ 162	+ 11	0	
Sol F.T.L. sur grès du C.T. 1300 mm	Séfa	Champs de Prévulgaris.	1968	Maïs	0	0	1	1	15461	+ 6231	+ 401	-	PCCHIER (70)

T A B L E A U IV- 64

EFFETS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT DE MATIERE VEGETALE SUR LES RENDEMENTS DU SORGHO

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALISA- TION (SENEGAL)	NOM DE L'ESSAI	AN- NEE	PRECEDENT CULTURAL SUR TEMOIN	NATURE ET NOMBRE DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT				RENDE- MENT Ténoin kg/ha	PLUS VALUE SUR LABOURS		COMP. STATIS TIQUE	SOURCE
					Ja- chère	E.V.	Pail- les	Total		kg/ha	%		
F.T. Intergra- de Vertisols sur sables et calcaires sablo-argileux 650 mm	Banbey (Dek)	Régénération du profil	1968	Jachère brûlée	2	2	1	5	481	+ 14	+ 3	0	NICOU (69)
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 1000 mm	Sinthiou Malène	Régénération du profil	1967	Jachère brûlée	2	2	1	5	1441	+ 626	+ 43	++	NICOU (69)
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 800 mm	Diaka	Champs de Prévulgaris- sation	1969	Maïs (pailles exportées)	0	0	1	1	2637	+ 438	+ 17	-	PCCHIER (70)

T A B L E A U IV- 95 (Suite)

INFLUENCE DES LABOURS ORDINAIRES DE PREPARATION SUR LES RENDEMENTS DU SORGHO

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALISA- TION	NOM DE L'ESSAI	AN- NEE	CONDITIONS DE REALISATION			RENDE- MENTS TEMPS kg/ha	PLUS VALEUR SUR LABOURS			SCOMP. STA- TISTI- QUE	SOURCE
				Ténoin	Labpur	Fumure		kg/ha	%			
	<u>Hte VOLTA</u>											
	Saria	Façons cultura- les (1)	50-56	Daba	Tract. plat	Néant	554	+ 88	+ 16	-		C.R.A. BANBEY
Sols Ferrugi- neux Tropicaux Lessivés avec ou sans con- crétions sur granites	Saria	Trav. du sol sur sols beiges pro- fonds	1964	Daba	Boeufs Soc en humide	30N, 40P205 30 K20	1143	+ 328	+ 29	+		(24)
Sablo-limon- neux	Saria	Façons cultura- les sur sols be- iges profonds	1965	Daba	Labours en humide Moyenne	22N, 31P205	1764	+ 627	+ 35	+		D. de DINECHIN MALCIEFFE (32)
350 mm	Saria	Faç. culturales sur sols Fx prof	1966	Daba	"	Non précis.	1261	+ 593	+ 47	+		D. de DINECHIN MALCIEFFE (34)
		Faç. cult. sur sols gravillon.	1967	"	Moyenne La- bours en hu- mide	22 N 31 P205	843	+ 314	+ 37	0		D. DINECHIN MALCIEFFE (36)
	<u>SENEGAL</u>											
Ferrugineux Tropicaux Lessivés à taches sur grès argiloux du Continen- tal Terminal	Sinthiou	Travail du sol × Fertilisation	1967	Iler	Boeufs ; Soc en humide	Forte étalée	1798	+ 995	+ 55	++		N I C C U (67)
Sablo-argileux	Sinthiou	Champs de Pré- vulgarisation	1967	Iler	Boeufs - Soc en humide	Forte éta- lée	2234	+ 270	+ 12	-		
			1968	"	"	"	1250	+1415	+113	-		
			1969	"	"	"	1337	+2042	+153	-		
	Missirah	"	1967	Iler	"	"	2805	+ 912	+ 33	-		
		"	1968	"	"	"	3249	+ 761	+ 23	-		
		"	1969	"	"	"	2573	+ 648	+ 25	-		
900-1100 mm	Maka	"	1967	"	"	"	2271	+ 249	+ 11	-		POGTHIER (78)
		"	1968	"	"	"	2367	+ 161	+ 7	-		
	Kotiaré	"	1968	"	"	"	1848	+ 803	+ 43	-		
		"	1969	"	"	"	2009	+ 662	+ 33	-		
	Vélingara	"	1967	"	"	"	2216	+ 153	+ 7	-		
		"	1968	"	"	"	2059	- 48	- 2	-		
	<u>Hte VOLTA</u>											
désaturés sur grès Cambriens Sablo-limon- neux	Karakoba	Façons cultura- les	1967	Daba	Tracteur et boeufs en humide Moyenne	Non préci- sée	1010	+ 256	+ 25	+		D. DE DINECHIN, D'ARCHEDEL DE HAYES (30)
1160 mm												

(1) Conditions de réalisation imprécises. Rendements faibles (moyenne sur 7 ans). Essai non comptabilisé dans la moyenne générale.

T A B L E A U IV-86

EFFETS DES LABOURS ORDINAIRES DE PREPARATION SUR LES RENDEMENTS DU MAIS

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION (SENEGAL)	NOM DE L'ES- SAI	AN- NEE	CONDITIONS DE REALISATION			RENDE- MENTS témoin kg/ha	PLUS VALUE SUR LABOUR		COMP. STA- TISTI- QUE	SOURCE
				Témoin	Labour	Fumure		kg/ha	%		
Ferrugineux Tropicaux les sivés à taches sur grès du C.Terminal	Sinthiou Malène	Modes Préparat. xDates de semis	1967	Dent en	Boeufs Soc	Forte	1747	+ 591	+ 33	+	N I C O U (71)
			1968	sec	Moyenne des	étalée	1322	+ 438	+ 33	+	
			1969	Daba		"		4116	+ 478	+ 12	
Sablo-argileux 800-100 mm	Maka	Champs de Pré- vulgarisation	1966	Daba	Boeufs Soc	Forte étalée	1830	+ 456	+ 25	-	PCCHIER (78)
			1967	"	en humide	"	1977	+ 525	+ 27	-	
			1968	"	"	"	1567	+ 921	+ 59	-	

T A B L E A U IV-87

EFFETS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT SUR LES RENDEMENTS DU MAIS

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION (SENEGAL)	NOM DE L'ESSAI	AN- NEE	PRECE- DENT CULTURAL SUR TE MOIN	NATURE ET NOMBRE DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT				RENDE- MENT DU TEMOIN kg/ha	PLUS VALUE SUR LABOUR		Comp. statis- tique	SOURCE
					Jachè- re	E.V.	Pail- les	To- tal		kg/ha	%		
	Sinthiou Malène	Régénération du Profil	1968	Jachère	2	2	1	5	2177	+1006	+ 47	++	N I C O U (69)
			1969	brûlée	2	2	1	5	3714	+1109	+ 30	++	
Sols ferrugi- neux tropicaux à taches sur grès du Conti- nental Termi- nal	Séfa	Régénération du Profil	1967	Jachère	2	2	1	5	709	+1530	+216	++	N I C O U THIROUIN (74)
			1968	brûlée	2	2	1	5	715	+ 630	+ 88	++	
			1969		2	2	1	5	2119	+1499	+ 71	++	
Sablo-argileux 800-1300 mm	Sindian	Champs de Pré- vulgarisation	1967	Jachère	1	0	0	1	901	+1729	+192	-	PCCHIER (73)
			1968	brûlée	1	0	0	1	725	- 101	- 15	-	
			1969		1	0	0	1	1330	+2726	+ 208	-	
	Maka	"	1966	"	1	0	0	1	1107	+ 100	+ 8	-	
			1967	"	1	0	0	1	649	- 432	- 67	-	
			1968	"	1	0	0	1	1176	+ 68	+ 6	-	
			1969	"	1	0	0	1	2283	+1775	+ 70		

T A B L E A U IV-85

INFLUENCE DES LABOURS ORDINAIRES DE PREPARATION SUR LES RENDEMENTS DU SORGHO

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	NOM DE L'ESSAI	AN- NEE	CONDITIONS DE REALISATION			RENDE- MENTS Ténoin kg/ha	PLUS VALUE SUR LABOURS		COMP. STA- TISTI- QUE	SOURCE
				Ténoin	Labour	Funure		kg/ha	%		
Peu évolués sur sables du- naires 650 mm	SENEGAL Danbey	Profondeur de travail x Azote	1967	Iler	Tracteur en sec-Très profond	Forté.Moyen ne des do- ses d'Azote	386	+ 546	+ 141	+	POULAIN TOURTE (69)
	Ferrugineux Tropical intergrade Vertisol sur sables et calcaires 650 mm	SENEGAL Banbey (Dek)	Travail du sol x Fertilisation	1961	Iler	Tracteur Disques en nouillé	150 kg/ha 14-7-7 300 kg/ha 14-7-7	550	+ 600	+ 109	-
1962				"	"	600 kg/ha 10-13-10	1484	+ 449	+ 30	++	
1963				"	"	600 kg/ha 10-13-10	1217	+ 529	+ 43	++	
1964				"	Boeufs-Soc en humide	600 kg/ha 10-13-10	1428	+ 668	+ 47	++	
		Profondeur de travail x Azote	1967	Iler	Tract.labour très profond	Funure forte Moyenne doses Azote	2090	+ 402	+ 191	++	POULAIN TOURTE (69)
			1964	Iler	Boeufs.La- bour au soc	Funure for- te étalée	1455	+1122	+ 77	-	POCTHIER (78)
			1965	"	"	"	2221	- 487	- 22	-	
			1966	"	en humide	"	2956	- 10	0	-	
			1967	"	"	"	1945	+ 431	+ 22	-	
1968	"	"	"	522	+1164	+ 223	-				
Sols Ferrugi- neux Tropicau	SENEGAL (S.Saloum) Boulal	Travail du sol x Fertilisation	1966	Iler	Boeufs-Soc en humide	Funure for- te étalée	1592	+ 354	+ 22	++	NICOU (67)
			1968	"	"	"	1727	+ 413	+ 24	++	
Lessivés à taches sur grès du Conti- nental Termi- nal Sablo-argileux 700-1000 mm	Boulal	Champs de Pré- vulgarisation	1967	Iler	Boeufs Soc en humide	Funure for- te étalée	2706	- 20	- 1	-	POCTHIER (78)
			1968	"	"	"	1645	+ 515	+ 31	-	
			1969	"	"	"	1663	+ 903	+ 54	-	
Nioro du Rip	SENEGAL Nioro du Rip	Travail du sol x Fertilisation	1967	Iler	Boeufs Soc en humide	Funure for- te étalée	2719	+ 639	+ 24	++	NICOU (67)
			2054	"	Noy.Labours	Funure for- te étalée	2378	+1381	+ 58	++	
K.Yorodou Toubacouta K.Samba	SENEGAL Nioro du Rip	Champs de Pré- vulgarisation	1867	Iler	Boeufs Soc en humide	Funure for- te étalée	3139	+ 404	+ 151	-	POCTHIER (78)
			1968	"	"	"	2555	+ 453	+ 18	-	
			1969	"	"	"	2098	+1128	+ 54	-	
			1965	"	"	"	1550	- 75	- 5	-	
			1967	"	"	"	1800	+ 500	+ 281	-	
			1967	"	"	"	2380	+ 108	+ 5	-	
			1968	"	"	"	2426	+ 100	+ 4	-	
1969	"	"	"	2207	+ 615	+ 27	-				

T A B L E A U IV-90

EFFETS DES LABOURS ORDINAIRES DE PREPARATION SUR LES RENDEMENTS DU COTONNIER (Coton graine)

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALISATION	NOM DE L'ESSAI	AN-NEE	CONDITIONS DE REALISATION			RENDEMENTS TENOINS kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS			COMP. STATIONNEMENT TISTIQUE	SOURCE
				Ténoin	Labour	Fumure		kg/ha	kg/ha	%		
Sols ferrugi-neux tropicaux à tâches sur grès du C.T. Sablo-argileux	SENEGAL											
	Thyssé	Travail du sol	1969	Daba	Boeufs- Soc	Forte étalée	1364	+ 679	+ 50	++	N I C O U (67)	
	Kkayenor	Fertilisation				en humide						
800-1000 mm	Maka	Champs de Pré-vulgarisation	1969	Daba	Boeufs- Soc	Forte étalée	1666	+ 652	+ 39	-	POCHIER (70)	
	Sinthiou	Modes de Prép.	1967	Daba	Boeufs -Soc	forte étalée	2642	+ 373	+ 14	+	N I C O U (71)	
F.T.L. à tâches sur grès Sablo-argileux 350 mm	HAUTE-VOLTA											
	TA	Façons cultu- rales	1967	Daba	Labour en	Non précé- sée	1593	+ 59	+ 4	0	D. DINECHIN, M.L.C.I.F.E.E.(36)	
	Saria											
Feral. noyt. dé saturés sur grès 1100-1200 mm	Hte-VOLTA											
	Parako Bâ	Façons cultu- rales	1969	Daba	Labour en	Non précé- sée	1148	+ 467	+ 32	++	D. DINECHIN, d'ARONDEL de HAYES (31)	

T A B L E A U IV-91

EFFETS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT DE MATIERE VEGETALE SUR LES RENDEMENTS DU COTONNIER (coton-grain)

SOL ET PLUVIOMETRIE	LOCALISATION (SENEGAL)	NOM DE L'ESSAI	AN-NEE	PRECEDENT CULTURAL SUR TENOIN	NATURE ET NOMBRE DES LABOURS D'ENFOUISSEMENTS				RENDEMENTS TENOINS kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS			COMP. STATIONNEMENT TISTIQUE	SOURCE
					Jachère	E.V.	Pail- les	To- tal		kg/ha	kg/ha	%		
Sols ferrugi-neux tropi- caux lessivés à tâches sur grès du Con- tinent	Maka	Champs de Pré-vulgarisation	1966	Jachère	1	0	0	1	1606	+ 316	+ 20	-		
			1967	brûlée	1	0	0	1	1240	+ 280	+ 23	-		
			1968		1	0	0	1	1622	+ 447	+ 28	-		
Sablo-argileux	Sinthiou	"	1968	"	1	0	0	1	1170	+ 354	+ 30	-		
			1969	"	1	0	0	1	376	+1166	+310	-		
			1967	"	1	0	0	1	1654	+ 797	+ 48	-	POCHIER (70)	
800-1100 mm	Missirah	"	1968	"	1	0	0	1	1515	+ 480	+ 32	-		
			1969	"	1	0	0	1	1111	+ 500	+ 45	-		
			1969	"	1	0	0	1	418	+ 502	+120	-		
800-1100 mm	Kotiari	"	1967	"	1	0	0	1	512	- 101	- 20	-		
			1968	"	1	0	0	1	206	- 204	- 10	-		
			1969	"	1	0	0	1	1654	+ 542	+ 33	-		

T A B L E A U IV- 92

EFFETS DES LABOURS ORDINAIRES DE PREPARATION SUR LES RENDEMENTS DE L'ARACHIDE (GOUSSES)

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALISATION	NOM DE L'ESSAI	AN- NEE	CONDITIONS DE REALISATION			RENDE- MENTS TEMPOINS kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS		COMP. STA- TISTI- QUE	SOURCE							
				Témojn	Labour	Fumure		kg/ha	%									
Sols peu évolués sur sables d'ori- gine dunaire 600-700 mm	SENEGAL Banbey (Dior)	Travail du sol	1961	Cover	Tracteur	150 kg/ha	1300	+ 400	+ 30	-	TOUMBE, NICOU BONLILU (67)							
		Fertilisation	1962	Ilér	Boeufs Soc	300 kg/ha												
		(Dispositif	1963	"	"	en sec						6-20-10	1707	+ 315	+ 19	++		
		Hany en 1967				335 kg/ha						1636	+ 624	+ 38	++			
		puis méthode				3-24-15						981	+ 606	+ 62	+			
		des couples)				1964						"	"	"	714	+ 311	+ 44	++
						1965						"	"	"	723	+ 492	+ 68	++
			1966	"	"	"						346	+ 315	+ 37	+			
			1969	"	"	"						977	+ 638	+ 65	++			
				SXPXxLabours	1965	Ilér						Tracteur en	Moye.nes des	866	+ 413	+ 47	++	POULAIN MARA (62)
				sur ar.continuel	1966	"						sec	fumures	311	+ 230	+ 74	++	
					1967	"						"	"	720	+ 219	+ 30	++	
					1968	"						"	"	714	+ 296	+ 42	++	
					1969	"						"	"	1047	+ 240	+ 23	++	
		FTL renaniés sur matériau d'apport Linono-sableux 500-600 mm	NIGER Tarna Tarna Magaria	Modalités et	1964	Nettoy						Boeufs Soc	150kg6-20-10	2153	+ 43	+ 2	-	NABOS, HUBERT DE FRAISE -(68)
profondeur de	1965			ge	en humide	Non préc.	1736	+ 507	+ 29	+								
différentes fa-	1966			manuel	"	Non préc.	2183	+ 352	+ 16	-								
çons préparatoi-	1967			"	"	75kg SupSinp	1626	- 39	- 2	0								
res	1968			"	"	"	1030	- 4	-	0								
				Labour FC x Fa-	1967	Nettoy.	Boeuf Soc	75 kg/ha Su-	1688	+ 76	+ 5	+	NABOS, H de FRAISE (65)					
				çons entretien		manuel	en humide	per Simple										
				Façons prép. x	1967	Nettoy.	Boeufs Soc	75kg/ha Su-	2021	+ 80	+ 4	+	NABOS, H. de FRAISE (66)					
				façons entretien		manuel	(2 sarclages)	per Simple										
				Modalités façon	1968	Nettoy.	Boeufs Soc	75kg/ha Su-	1430	- 343	- 23	0	NABOS et coll. (62)					
		préparatoires		manuel	en humide	per Simple												
Sols ferrugi- neux tropicaux lessivés à tâ- ches sur grès du C.T. Sablo-argileux 700-1000mm	SENEGAL Boulél Niouro Niouro	Travail du sol	1965	Ilér	Boeuf disq.	Forte	1736	+ 189	+ 11	+	N I C C U (67)							
		x Fertilisation	1967		Boeufs Soc	"	1155	+ 383	+ 34	+								
						en humide												
		Travail du sol	1966	Ilér	Boeufs Soc	Forte	2178	+ 113	+ 5	+	N I C O U (67)							
		x Fertilisation			en sec	étalée												
		Modes de prép.	1967	Ilér	Boeufs Soc	335 kg/ha	1855	+ 524	+ 28	+								
		x dates de semis	1968	"	en humide	3-24-15	2296	+ 99	+ 4	+	N I C O U (71)							
			1969	"	Moy.labours	"	1704	+ 169	+ 10	+								
		Travail du sol	1965	Daba	Boeufs Soc	Forte	2300	+ 300	+ 13	+	N I C C U (67)							
		x Fertilisation	1968	"	en sec	étalée	2754	- 103	- 7	0								

T A B L E A U IV- 93

EFFETS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT SUR LES RENDEMENTS DE L'ARACHIDE (Gousses)

S O L S	LOCALISA- TION	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COM- PARAI- SON	NOMBRE DE ROTATION COMPARÉES AVEC			Nbre de RE-RENDE- MENTS ANNUELS SUR LABOURS		PLUS VALEES COMP. STA- TISTI- QUE			SOURCE	
				Témoin	Jach. enfouissen.	Jach. Pail- les ou EVI	To- taux	Posi- tifs	kg/ha	kg/ha	%		
SENEGAL NORD													
et CENTRE													
Sols peu évo- lués sur sa- bles d'origi- ne dunaire 450-700 mm	Louga	Champ de Prévulgar.	1967-69	1	1	0	3	3	996	+ 187	+ 19	-	(78)
	Forbot	"	1966-69	1	1	0	4	4	1165	+ 114	+ 10	-	
	Thiénaba N	"	1966-68	1	1	0	3	2	1293	+ 19	+ 2	-	
	Thiénaba S	"	1966-69	1	1	0	4	4	770	+ 209	+ 27	-	
	Tip	"	1964-69	1	1	B	6	5	1414	+ 25	+ 2	-	
	Rotation Dior	(1)	1956-61	2	3	0	6	1	1558	- 145	- 91	-	(95) bil
Tech. culturales	"	1950	1	1	0	1	1	1059	+ 167	+ 19	++	(92)	
"	"	1950	1	1	0	1	1	980	+ 234	+ 25	++	(92)	
"	"	1950	1	1	0	1	1	748	+ 159	+ 21	0	(92)	
Jachère x E. Vert	(2)	1956	1	3	0	1	1	1888	+ 242	+ 13	+	(37)	
"	"	1958	1	3	0	1	0	2117	- 227	- 10	+	(37)	
Engrais vert Dior	"	1961	1	7	0	1	1	1111	+ 380	+ 34	++	(39)	
Régén. x Traitement	"	1960	1	2	0	1	1	2203	+ 459	+ 21	++	(98)	
"	"	1964	1	2	0	1	1	1679	+ 211	+ 12	0	(60)	
Régénération Profil	"	1965	1	4	1	1	0	1711	- 226	- 13	+	(69)	
"	"	1966	1	4	1	1	1	845	+ 93	+ 11	0	(69)	
NIGER													
Kolo		Fornes de jachères	1966	1	2	0	1	0	2199	- 406	- 18	-	(42)
SENEGAL CENTRE													
F.T. Intergrade		(3)											
Vertisols sur	Danbey	Régénération Profil	1965	1	4	1	1	0	1508	- 225	- 15	0	(69)
sables et cal- caires	(Dek)	Champs de Prévulg.	1965-68	1	1	0	4	3	1031	+ 246	+ 24	-	(78)
650 mm													
Hte-VOLTA													
F.T.L. sur	Saria	Engrais vert	(3) 1951-57	1	4	0	7	5	624	+ 57	+ 11	-	(25)
granites													
350 mm													
SENEGAL													
(S. Saloun)													
F.T.L. sur	Doulel	Champs de Prévulg.	1964-69	1	1	0	6	5	1757	+ 152	+ 9	-	(78)
près du Conti- nental Terniè- nal	K. Sanba	"	1964-69	1	1	0	6	5	1852	+ 334	+ 18	-	(78)
	K. Yorodou	"	1965-69	1	1	0	5	4	1918	+ 165	+ 9	-	(78)
Sabloargileux	Nioro	"	1964-69	1	1	0	6	3	2075	- 35	- 4	-	(78)
900-1100 mm	Nioro	Rotation x Engrais	1958-68	2	2	0	11	10	1805	+ 205	+ 11	+	(38)
	Toubacouta	Champ de Prévulg.	1964-68	1	1	0	5	1	1297	- 98	- 8	-	(78)

.../...

T A B L E A U IV- 93 (Suite et fin)

EFFETS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT SUR LES RENDEMENTS DE L'AMARCHIDE (GOUSSES)

S O U S	LOCALISATION	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COM- PARAI- SON	NOMBRE DE ROTA- TIONS COMPAREES AVEC			NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS			RENDE- MENTS	PLUS	VALUES	CCMP.	SOURCE
				Ténoin jach. brû- lée	Labours d' enfouissen. Jach. enf. ou EV	Pail- les	Totaux	Posi- tifs	kg/ha	kg/ha	STI- TISTI- QUE			
<u>SENEGAL</u>														
<u>ORIENTAL</u>														
F.T.L. sur	Sinthiou Mal.	Champs de Prévul.	1964-67	1	1	0	4	2	2294	+	209	+ 9	-	(78)
grès du C.T.	Maka	"	(4) 1968	1	0	1	1	1	1717	+	101	+ 6	-	(78)
Sablo-argileux	Kotiari	"	1965-68	1	1	0	4	4	1815	+	239	+ 13	+	(78)
	Missirah	"	1965-66	1	1	0	2	2	2425	+	375	+ 15	-	(78)
900-1100 mm	Sinthiou Mal.	Rotation x Engrais	(5) 1962-68	2	2	0	6	3	2299	+	16	+ 1	B	(38)
	S. Malène	Phosphate P.54	(6) 1959	1	2	0	1	1	1570	+	59	+ 4	C	(95)
<u>SENEGAL ORIENTAL</u>														
Peu évolués	Kédougou	Champs de Prévul.	1964-68	1	1	0	5	4	1031	+	371	+ 36	-	(78)
hyd. sur naté-														
riaux sablo-														
argileux grav.														
1300-1400 mm														
<u>MALI</u>														
F.T.L. sur	Pesoba	Rotation (7)	1955-61	1	1	0	7	?	2099	+	60	+ 3	0	(26)
grès Can-	Pesoba	Engrais vert (3)	1951	4	4	0	1	1	?	?	+ 3	0	(94)	
brien sablo-														
argileux														
1000-1100 mm														
<u>SENEGAL</u>														
(Casanance)														
F.T.L. sur	Séfa	Rotation F1	1956-59	2	3	0	4	3	1387	+	138	+ 10	-	(102)
grès du C.T.	Séfa	Jachère et EV. E4	1956	1	3	0	1	1	2255	+	328	+ 15	-	(101)
Sablo-argileux	Séfa	Jachère et EV. E4	1958	1	3	0	1	1	2960	+	80	+ 3	+	(101)
1300 mm	Séfa	Champs de Prévulg.	1964-66	1	1	0	3	1	2245	-	116	- 5	-	(78)
		Régén. du profil	1965	1	4	1	1	0	2755	-	197	- 7	C	(74)
		Régén. du profil	1966	1	4	1	1	0	3177	-	165	- 5	C	(74)

REMARQUES : (1) Pas d'apport d'engrais sur les traitements

(2) Résultats à dose d2 de fumure minérale

(3) Conditions de réalisations imprécises. Rendements faibles. Résultats non compris dans le tableau récapitulatif et le calcul des moyennes.

(4) Le précédent cultural ténoin est ici un maïs, avec pailles exportées et non une jachère brûlée.

(6) La comparaison intéresse la dose d2 de phosphate (500 kg/ha) et la moyenne de 2 compléments minéraux C1 et C2.

(5) Année 1963 non récoltée

(7) Années d'installation comprises dans la rotation. Conditions de réalisation imprécises. Résultats non compris dans le calcul des moyennes.

(8) Essai très hétérogène ; Résultats non compris dans le calcul de la moyenne.

T A B L E A U IV- 94

EFFETS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT DE JACHERE OU D'ENGRAIS VERT SUR LES RENDEMENTS DE L'ARACHIDE (GOUSSES) - D'APRES LES RESULTATS DE L'I R H O - SENEGAL (Rapports annuels)

S O L ET PLUVIOMETRIE	LOCALISA- TION	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COMPA- RAISON	NOMBRE DE ROTA- TIONS COMPAREES AVEC			DUREE DE LA SOLE DE RE- GENERATION		NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS		RENDE- MENT TERCIN kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS	
				Jach. brûlé	Labour d' enfouiss.	J.E. E.V	J.E. J.B.	Jou EV	To- taux	Posi- tifs		kg/ha	%
Peu évolués sur sables dunaires	Tivaouane	Enfouiss jachère	1958-64	1	1	0	2	2	7	4	1225	+ 135	+ 11
	Tivaouane	Mil Engrais vert	1958-65	2	0	2	1-2	1	3	1295	- 197	- 15	
	Louga	Jachère 1bis, 2e Rép.	1960-66	1	1	0	4	4	7	1	1465	- 150	- 10
50-600 mm	Ensemble	(Moyennes pondérées)							19	8	1343	- 110	- 8
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argi- leux à bion drainé	Darou	Comp.d'Asst.et d' enfouiss.Mil EV (1)	1964-68	1	5	0	2	1	5	0	2442	- 146	- 6
	Darou	Couverture Jach.EV	1961	1	1	1	2	2	1	1	2030	+ 135	+ 7
	Darou	Sorgho E.V. (2)	1965	1	1	1	2	2	1	0	3050	- 25	- 1
	Darou	Jachère pâturée	1959-68	1	0	1	2	1	10	2	2570	- 270	- 11
700-900 mm	Ensemble	(Moyennes pondérées)							18	4	2409	- 180	- 7
IF.T.L sur grès du C.T. Sablo-argi- leux à carac. d'hyd.	Darou	Jachère 1bis	1959-68	1	1	0	2	2	10	2	2404	- 164	- 7
	Darou		1959-68	1	1	0	3	3	10	2	2537	- 168	- 5
	Darou		1959-68	1	1	0	6	6	10	1	2532	- 170	- 7
	Darou	Brûlis jachère (3)	1967	4	4	0	12	12	1	1	2440	+ 45	+ 2
700-900 mm	Ensemble	(Moyennes pondérées)							31	6	2509	- 148	- 6
Totaux et moyennes générales pondérées									68	18	2190	- 146	- 7

(1) Comparaison en fumure annuelle.

(2) Elinination de l'année 1964

(3) Effet principal du labour : moyenne des autres traitements.

T A B L E A U N° IV-95

MESURES COMPARATIVES DES FORCES DE RESISTANCE A LA PENETRATION APRES DIFFERENTES CULTURES
PRECEDEES OU NON D'UN LABOUR.

PLANTE	LOCALISA- TION	SOL	DESIGNATION DE L' ESSAI	TYPE DE LABOUR	ANNEE DE CULTU- RE	FORCES DE RESISTANCE A LA PENETRATION SUR 15cm			COMPA- RAISON STATIS- TIQUE	S O U R C E
						Ténoip	Labour	Coeff de cohésion		
						kg/ha				
M I L	Danbey	Dior	Régénération Profil	Enfouist	1968	548	260	45	-	NICOU (74)
			" "	" "	1969	142	106	75	-	
	Danbey	Dek	Profondeur de travail x Azote	Ordinaire	1966	533	373	70	-	PCULAIN - TOURTE (85)
	Séfa	F.T.L.	Régénération Profil	Ordinaire	1966-67	307	306	79	-	NICOU-THIROUIN (74)
SORGHO	Danbey	Dek	Régénération Profil	Enft	1968	430	185	43	+	NICOU (69)
			Trav. du sol x Fertil.	Ord.	1967	239	104	77	-	NICOU (67)
	Niore	F.T.L.	Mode de Prép. x Date	Ord.	1967	266	133	50	-	NICOU (71)
			de semis	Ord.	1969	132	111	84	-	
Sinthiou Halène	F.T.L.	Travail du sol x Fert.	Régénération Profil	Enft	1967	239	105	44	-	NICOU (67)
			" "	Enft	1967	191	139	73	+	NICOU (69)
MAIS	Sinthiou Halène	F.T.L.	Modes Préparation x	Ord.	1967-68	200	270	135	-	NICOU (67)
			Dates de semis	Ord.	1969	245	268	109	-	
	Séfa		Régénération Profil	Enft	1968	255	133	52	++	NICOU (69)
				" "	Enft	1969	272	124	46	
RIZ	Séfa	Rouge Beige Rouge de Gris	Techniques cultura-	Ordinaire	1969	384	133	35	-	SEGUY (90)
			les	"	1969	251	101	40	-	
			"	"	1969	384	53	14	+	
			"	"	1969	272	80	29	-	
COTONNIER	Sinthiou M	F.T.L.	Modes de Préparation	Ord.	1967-68	185	164	89	-	NICOU (71)
ARACHIDE	Danbey	Dior	S x P x K x Labours	Ord.	1966	140	80	57	-	PCULAIN (82)
			" "	"	1967	420	265	63	+	
	Danbey		Trav. sol x Fertil.	Ord.	1967-68	56	77	79	+	NICOU (67)
				" "	Ord.	1969	57	66	115	
				Régénération Profil	Enft	1966-67	66	55	84	-
Danbey	Dek	Régénération Profil	Enft	1966	211	116	55	-	NICOU (69)	
	Séfa	F.T.L.	Régénération Profil	Enft	1966-67	309	288	74	-	NICOU (74) THIROUIN

TABLEAU N° IV-96

Effets résiduels de première année du labour sur la deuxième culture
des successions Sorgho-Arachide et Sorgho-Sorgho

Nature de la culture après sorgho	Sols et pluviométrie	Localisation	Désignation de l'essai	Type de labour avant sorgho	Année de la 2e culture	Rendement témoin kg/ha	Effet résiduel du labour		Comp. statistique	SOURCE				
							kg/ha	%						
Arachide	F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 700-1000mm	S. Saloum	Champs de Pré vulgarisation	Ord.	1968	1726	+ 30	+ 2	-	POCTHIER (78)				
		Boulel									1969	1384	- 31	- 2
		Boulel									1968	2341	- 137	- 6
		Nioro									1969	1570	+ 325	+ 21
		Nioro									1968	1892	+ 125	+ 7
		K. Samba									1968	1975	+ 187	+ 9
		K. Samba									1969	1758	+ 148	+ 8
Ensemble (Moyennes)						1807	+ 92	+ 5						
Arachide	F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 1000-1200mm	Sénégal	Champs de Pré vulgarisation	Ord.	1968	2565	+ 112	0	-	POCTHIER (78)				
		Oriental									1969	1778	- 129	- 7
		Haute Casamance									1968	2575	+ 537	+ 21
		Sinthiou M									1969	2847	+ 71	+ 2
		Vélingara									1968	2575	+ 537	+ 21
		Vélingara									1969	2847	+ 71	+ 2
Ensemble (Moyennes)						2441	+ 123	+ 5						
ENSEMBLE (Moyennes)						2037	+ 104	+ 5						
Sorgho	F.T.L. sur grès du CT Sablo-argileux 2000 mm	Sinthiou Malème	Régénération Profil	Enfouissement	1968	1618	+ 705	+ 43	++	NICOU (69)				

T A B L E A U IV- 97

EFFETS RESIDUELS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT SUR LA CEREALE SUCCEDANT A L'ARACHIDE DANS
LA ROTATION : REGENERATION- ARACHIDE - CEREALE - ARACHIDE

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALISATION	DESIGNATION DE L'ESSAI	Nombre de rotat.			Natu- re de la cé- réale	NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS	RENDt. DU TE- MOIN	PLUS VALUE SUR LABOURS	CCMP STA- TIS- TIQUE	SOURCE			
			ANNEE S DE COMPA- RAISON	comparées avec Témoillabours d' Jach.enfouiss, Jach. Pail- lées ou EV! les	1							0	1	
<u>SENEGAL</u>														
N. et Centre														
	Louga	Champs de Pré- vulgarisation	1960-69	1	1	0	M	2	2	426	+ 183	+ 43	-	
	Forbot	"	1967-69	1	1	0	M	3	2	1266	+ 249	+ 20	-	
Sols peu évolués sur sables d'ori- gine dunaire	Thiédaba N	"	1967-68	1	1	0	M	2	2	597	+ 130	+ 22	-	(78)
	Thiédaba S	"	1967-69	1	1	0	S-M	3	2	593	+ 83	+ 14	-	
	Tip	"	1965-69	1	1	0	M	5	3	1277	+ 33	+ 3	-	
450 - 700mm	Banbey (Dior)	Rotation Dior Tech. culturales " (2)	1956-61 1959 1951	1	2	0	M	6	1	732	- 72	- 10	+	(95bis)
		"	1951	1	1	0	M	1	1	525	+ 195	+ 27	++	(92)
		"	1951	1	1	0	M	1	1	510	+ 110	+ 22	++	(92)
		"	1951	1	1	0	M	1	1	605	+ 250	+ 36	++	(92)
		Jach. EV (3)	1957	1	3	0	M	1	0	862	- 2	0	0	(37)
		Engrais V. Dior	1962	1	7	0	M	1	1	603	+ 124	+ 18	0	(39)
		Rég. X Trait.	1961	1	2	0	M	1	1	1565	+ 326	+ 21	+	(90)
		"	1965	1	2	0	M	1	0	1037	- 53	- 5	0	(68)
		Régén. Profil	1966	1	4	1	M	1	1	995	+ 381	+ 38	+	(69)
		"	1967	1	4	1	M	1	1	751	+ 107	+ 25	0	(69)
F.T. Emerg. Ver- tisols sur sables et cal- caires 650 mm	Banbey (Dek)	Régén. Profil (C) Champs Prévulg.	1966 1965-66	1	4	1	S	1	0	2072	- 295	- 14	-	(69)
F.T.L. sur granites 850 mm	Hte-Volta Saria	Engrais vert	1951-57	1	4	0	M	7	4	510	+ 9	+ 2	-	(25)
<u>SENEGAL</u>														
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argi- leux 700-1000 mm	(S. Saloun) Boulel K. Samba K. Yorodou Tombacouta Niore	Champs de Prév. " " " " " " " " " "	1965-66 1965-66 1965-68 1965-68 1965-66	1	1	0	S M-S S S	2 2 4 3 2	2 2 4 3 1	1321 1243 1320 1233 2207	+ 557 + 513 + 272 + 359 + 123	+ 42 + 41 + 21 + 29 + 6	- - - - -	(70) (70) (70) (70) (70)
	Niore	Rotat. X Engrais	1958-68	2	2	0	M-S	11	6	777	+ 97	+ 12	0	(38)
<u>S. ORIENTAL</u>														
F.T.L. sur grès du C.T. Sablo-argileux 900-1000 mm	Sinthiou M Kotiarari Missirah	Champs de Prév. " " " "	1966-67 1966-67 1966	1	1	0	M-S M M	2 2 1	2 2 1	1318 623 1175	+ 208 + 206 + 275	+ 16 + 33 + 23	- - -	(70) (70) (70)
	Sinthiou M.	Rotat. X Eng. (5)	1962-67	2	2	0	M-S	5	4	818	+ 169	+ 21	0	(38)
	"	P 54 (6)	1956	1	2	0	M	1	1	751	+ 13	+ 2	0	(95)
	"	P 54	1960	1	2	0	M	1	1	1029	+ 42	+ 4	0	(95)

.../...

T A B L E A U N° IV- 97 (suite)

EFFETS RESIDUELS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT SUR CEREALES SUCCEDANT A L'ARACHIDE DANS LA
ROTATION ; REGENERATION - ARACHIDE - CEREALE - ARACHIDE

SOIS ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	DESIGNATION DE L' ESSAI	ANNEES DE COM- PARAI- SON	NOMBRE DE ROTAT. COMPAREES AVEC			NATU- RE DE LA CE- REALE	NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS		RENDT. DU TE- RCIN kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS		COMP. STA- TIS- TIQUE	SOURCE
				Tén.	Labours d'	Jach.		To- taux	Posi- tifs		kg/ha	%		
Peu évolués hyd. sur nat.	<u>S. ORIENTAL</u>													
Sablo-arg. grav. 1300 mm	Kédougou	Champs de Pré- vulgarisation	1965-60	1	1	0	S-M	4	3	441	+ 311	+ 71	-	(73)
F.T.L. sur grès du C.T.	<u>MALI</u>													
Sab.-argileu 1300 mm	M ¹ Pesoba	Rotation (7)	1955-61	1	1	0	S	7	?	1674	+ 164	+ 10	++	(26)
	M ¹ Pesoba	Engrais Vert (4)	1952	4	4	0	S	1	1	?	?	6	0	(94)
	<u>SENEGAL</u>													
F.T.L. sur grès du C.T.	(Casanance)													
Sab.-argileux 1300 mm	Séfa	Jach. et EV - E4	1957	1	3	0	R	1	1	1490	+ 2	+ 0	0	(101)
	Séfa	Jach. et EV - E4	1959	1	3	0	R	1	1	1165	+ 380	+ 33	+	(101)
	Séfa	Champs Prévu?	1965	1	1	0	M	1	1	3130	+ 202	+ 6	-	(70)
	Séfa	Régén. Profil	1966	1	4	1	H	1	0	2159	- 147	- 7	0	(74)
	Séfa	" "	1967	1	4	1	M	1	1	2499	+ 51	+ 2	0	(74)

(1) : M : Mil; S : Sorgho; R : Riz

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

(3) : Résultats à la dose d2 de fumure minérale

(4) : Conditions de réalisation imprécises. Pas d'engrais. Rendements faibles. Résultats non compris dans le tableau récapitulatif et le calcul des moyennes

(5) : Année 1965 non récoltée

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

(7) : Années d'installation comprises dans la rotation. Conditions de réalisation imprécises. Résultats non compris dans le calcul des moyennes.

(8) : Essai très hétérogène. Résultats non compris dans le calcul de la moyenne.

T A B L E A U N° IV-98

EFFETS RESIDUELS DES LABOURS D'ENFOUISSEMENT SUR LA LEGUMINEUSE SUCCEDANT A LA CEREALE
DANS LA ROTATION : REGENERATION - ARACHIDE - CEREALE - LEGUMINEUSE

SOLS ET PLUVIOMETRIE	LOCALI- SATION	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COMPA- RAISON	NOMBRE DE ROTAT. COMPARÉES AVEC			NATU- RE DE LA LE- GUMI- NEUSE (1)	NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS		RENDE- MENT DU TEMOIN kg/ha	PLUS VALUES SUR LABOURS			COM- PARAI- SON STAT.	SOURCE
				Tén.	Labours d'	Jach.		enfouisse- ment	To- taux		Posi- tifs	kg/ha	kg/ha		
SENEGAL N															
et CENTRE															
Sols peu évo-	Louga	Champ de Prévul-	1969	1	1	0	N	1	1	700	+ 225	+ 32	-		
lués sur sa-	Fombot	garisation	1968	1	1	0	N	1	0	647	- 124	- 19	-		
bles d'origi-	Thiénaba N	"	1968	1	1	0	A	1	0	2075	- 298	- 14	-	(70)	
ne dunaire	Thiénaba S	"	1968-69	1	1	0	A	2	2	407	+ 222	+ 46	-		
	Tip	"	1966-69	1	1	0	A	4	0	1295	- 155	- 12	-		
450-700 mm		Jachère- EV (2)	1958	1	3	0	A	1	0	1038	- 8	0	0	(37)	
	Danbey	Régén. X Trait.	1959	1	2	0	A	1	1	1923	+ 28	+ 2	0	(98)	
	(Dior)	Régén. Profil	1967	1	4	1	A	1	0	1194	- 238	- 20	0	(69)	
		Régén. Profil	1968	1	4	1	A	1	0	987	- 1	0	0	(69)	
F.T. Interg.	Danbey	Régén. Profil (4)	1967	1	4	1	A	1	0	1489	- 416	- 20	-	(69)	
Vertisols sur	(Dek)	Champs de Prév.	1966-67	1	1	0	N	2	1	1304	+ 249	+ 19	-	(70)	
sab. calcaires															
650 mm															
SENEGAL															
(S. Saloun)															
F.T.L. sur	Boulel	Champs de Prév.	1966-67	1	1	0	A	2	1	1365	+ 122	+ 9	-	(70)	
grès du C.T.	K. Sanba	"	1966-67	1	1	0	A	2	2	1998	+ 459	+ 23	-	(70)	
Sabl. argilleux	K. Yorodou	"	1966-69	1	1	0	A	4	3	1568	+ 70	+ 4	-	(70)	
700-1000 mm	Toubacouta	"	1966-67	1	1	0	A	2	2	1480	+ 257	+ 17	-	(70)	
	Nioro	"	1966-67	1	1	0	A	2	0	2023	- 216	- 11	-	(70)	
	Nioro	Rotat. X Engrais	1958-68	1	1	0	A	11	7	1757	+ 188	+ 11	6	(30)	
SENEGAL ONI															
ENT.L															
F.T.L. sur	Sinthiou M	Champs de Prév.	1967-68	1	1	0	A	2	2	2066	+ 102	+ 5	-	(70)	
grès du C.T.	Kotiaré	"	1967-68	1	1	0	A	2	2	1502	+ 668	+ 42	-	(70)	
Sabl. argilleux	Missirah	"	1967	1	1	0	A	1	1	2401	+ 197	+ 8	-	(70)	
900-1000 mm	Sinthiou M	Rotat. X Engrais (3)	1962-67	1	1	0	A	5	3	2234	+ 66	+ 3	-	(30)	
	S. Malène	P 54"	1957	1	2	0	A	1	1	2375	+ 10	+ 1	0	(95)	
	S. Malène	P 54	1961	1	2	0	A	1	0	2224	- 37	- 2	0	(95)	
Peu év. hyd.	SEN. CRINT.														
sur nat. sabl.															
arg. grav.	Kodougou	Champs de Pré- vulgarisation	1967-68	1	1	0	A	2	2	1123	+ 310	+ 20	-	(70)	
1300-1400 mm															
SENEGAL															
(Casanance)															
F.T.L. sur	ISéfa	Jach. et EV - E4	1958	1	3	0	A	1	1	2620	+ 340	+ 13	+	(101)	
grès du C.T.	ISéfa	Jach. et EV - E4	1960	1	3	0	A	1	1	2410	+ 22	+ 1	0	(101)	
sablo-argi- leux	ISéfa	Champs de Prév.	1966	1	1	0	A	1	1	2662	+ 7	0	-	(70)	
1300 mm	ISéfa	Régén. Profil	1967	1	4	1	A	1	1	1772	+ 105	+ 6	0	(74)	
	ISéfa	"	1968	1	4	1	A	1	1	2226	+ 96	+ 44	0	(74)	

(1) N : Ni6b6; A : Arachide

(2) Résultats à la dose d2 de fumure minérale

(3) Pas de résultats en 1963

(4) Essai très hétérogène : résultats non compris dans le calcul de la moyenne.

CC/EN

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES
VIVRIERES

L'amélioration du profil cultural
dans les sols sableux et sablo-argileux de la
zone tropicale sèche Ouest-africaine et
ses incidences agronomiques

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

Tome IV

Août 1970

C. CHARREAU
R. NICOU

CHAPITRE IV

LES EFFETS DE L'INTERVENTION HUMAINE SUR LE PROFIL CULTURAL ET LES RENDEMENTS AGRICOLES : LE TRAVAIL DU SOL AVEC OU SANS ENFOUISSEMENT DE MATIERE VEGETALE

-o-o-o-o-o-

TOME III

1. Introduction
2. Contraintes pesant sur la réalisation des travaux de préparation du sol
3. Les labours
 31. Les divers types de labours et leurs modes d'action sur le sol
 32. Les effets directs des labours sur le sol et les cultures
 33. Les effets résiduels des labours sur le sol et les cultures
 34. Les effets cumulatifs des labours sur le sol et les cultures

TOME IV

35. Modalités de réalisation des labours
36. Reprise des labours et préparation du lit de semences
37. Interactions entre labours et engrais minéral
4. Travaux de préparation du sol autres que les labours
 41. Les pseudo-labours
 42. Combinaison de pseudo-labours et de labours
 43. Le sous-solage profond
5. Les autres travaux du sol
 51. Les façons d'entretien
 52. Les travaux de récolte
6. Conclusion

S O M M A I R E

CHAPITRE IV

LES EFFETS DE L'INTERVENTION HUMAINE
SUR LE PROFIL CULTURAL ET LES RENDEMENTS AGRICOLES :
LE TRAVAIL DU SOL AVEC OU SANS ENFOUISSEMENT DE MATIERE ORGANIQUE

-o-o-o-o-o-o-

<u>TOME IV</u>	<u>Pages</u>
35. Modalités de réalisation des labours	249
351. Facteurs communs aux deux types de labours	249
351 1. Instruments utilisés	249
351 2. Forces de traction	250
351 3. Profondeur de travail	252
351 4. Humidité du sol	256
351 5. L'époque des labours et l'interaction avec les dates de semis	257
351 51. Cas des labours ordinaires	257
351 52. Cas des labours d'enfouissement	263
351 6. Préparation des terres et modelé du terrain	269
351 61. Labours à plat, en planches et en billons	269
351 62. Orientation des labours par rapport à la pente	273
352. Facteurs propres aux labours d'enfouissement	274
352 1. Nature du matériel végétal enfoui	274
352 11. Comparaison de l'enfouissement de pailles et de matière verte	274
352 12. Nature de la plante dans le cas de la fumure verte	277
352 121. Comparaison légumineuses/Céréales	277
352 122. Comparaison enfouissement Céréales/Jachère enfouie	279
352 2. Durée de la sole de régénération	285
352 3. Quantité de matière végétale enfouie	288

352 31.	Influence d'apport de matière verte sur sol nu	289
352 32.	Influence de la matière verte dans le cas d'un engrais vert	291
352 33.	Influence d'apports supplémentaires de matière verte dans le cas des engrais verts	293
352 34.	Conclusion sur l'aspect quantitatif de la matière verte enfouie dans son influence sur les rendements des cultures	295
352 4.	Conditionnement de la fumure verte avant enfouissement	296
352 41.	Conditions pratiques de réalisation et productions de matière verte	297
352 42.	Effets de la fauche sur l'enracinement de la jachère et de l'engrais vert	299
352 43.	Effets sur le sol	300
352 44.	Effets sur les rendements des cultures	301
352 45.	Conclusion sur le conditionnement de la matière verte avant enfouissement	303
352 5.	Modalités pratiques de réalisation des labours d'enfouissement	303
36.	Reprise des labours et préparation du lit de semences	305
361.	Cas des labours sans enfouissement	305
362.	Cas des labours d'enfouissement	307
37.	Interaction entre labours et engrais minéral	308
371.	Interaction entre labour et engrais minéral dans le cas des labours ordinaires	308
371 1.	Interaction entre labours et fumures minérales complètes	308
371 2.	Interaction entre labours et éléments minéraux isolés	310
371 3.	Conclusion sur les interactions entre labours ordinaires et engrais minéral	312
372.	Interaction entre labours et engrais minéral dans le cas des labours d'enfouissement	312
372 1.	Effets comparés de la fumure minérale après jachère brûlée et après labour d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert	312

372 11.	Effets comparés de fumures minérales complètes	312
372 12.	Interaction entre phosphate naturel et fumure verte	316
372 13.	Conclusion sur les interactions entre labours d'enfouissement de matière verte et doses d'engrais minéraux	319
372 2.	Interaction entre la durée de la sole de régénération et la fumure minérale	320
372 3.	Interaction entre la nature de la plante enfouie et la dose d'engrais minéral	322
372 4.	Interaction entre doses de matière verte et doses d'engrais minéral	323
4.	Travaux de préparation du sol autres que le labour	324
41.	Les pseudo-labours	324
42.	Combinaison de pseudo-labours et de labours	328
43.	Le sous-solage profond	329
5.	Les autres travaux du sol	332
51.	Les façons d'entretien	332
511.	Les instruments	332
512.	Sarclage et binage	332
513.	Le buttage	335
52.	Les travaux de récolte	336
6.	Conclusion	338

35. Modalités de réalisation 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 et de la préparation du lit de semence.

351. Facteurs communs aux deux types de labours

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

351 1 Instruments utilisés

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 fondus. Elle reste cependant parfaitement utilisable et convient bien, en particulier, pour les labours d'enfouissement. Elle présente par ailleurs d'indéniables avantages pratiques sur le soc dans des terrains qui sont insuffisamment dessouchés, ce qui est un cas fréquent.

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 véritable retournement; par ailleurs le travail reste trop superficiel (8 à 10 cm).

Pour les charrues à soc, la forme du versoir influe sur la qualité du travail réalisé. SEGUY (90), travaillant en Casamance, recommande, dans ces sols, l'adoption du versoir type "Corps Universel Américain", corps court cylindro-hélicoïdal. Un corps long présente l'inconvénient de comprimer fortement la bande de terre retournée sur la précédente, ce qui amène un émiettement assez poussé du sol, même lorsqu'on travaille dans des conditions d'humidité adéquate et à vitesse modérée.

La charrue de culture attelée vulgarisée au Sénégal est une charrue support avec une roue unique en bout d'âge, près du régulateur de traction. Sa longueur nominale est de 9 à 10 pouces; le versoir est du type cylindro-hélicoïdal. C'est un matériel robuste, mais de dimensions assez réduites. Beaucoup d'autres matériels ont été utilisés, présentant des caractéristiques voisines, généralement des versoirs hélicoïdaux.

Tels quels ces matériels peuvent donner satisfaction, mais il est certain qu'il serait possible de mettre au point des charrues de culture attelée beaucoup mieux adaptées au travail demandé, en particulier pour l'enfouissement de matière verte. 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.

En misant, à l'origine, sur du matériel de petit gabarit, on cherchait à diminuer à la fois l'effort de traction et le prix de revient. On s'aperçoit maintenant que l'effort de traction est beaucoup plus influencé par le rapport sol/machine que par une faible variation de poids du matériel tracté; d'autre part l'analyse des budgets d'exploitation fait ressortir que la part tenue par l'amortissement et l'entretien du matériel est encore très faible en comparaison des autres postes, et pourrait, sans dommage, augmenter (LE MOIGNE, 1967) (55). D'importantes marges de progrès existent dans ce domaine.

Pour les labours d'enfouissement, une amélioration très sensible consiste à adapter, sur la charrue standard, un rabatteur-convoyeur, de fabrication très simple, solidaire de l'âge et situé devant le versoir. Ce rabatteur couche la matière verte devant la machine et la dirige ensuite vers la raie de labour. Des essais de ce matériel ont été très satisfaisants; les bourrages sont nettement diminués, en particulier entre la roue support et le versoir; l'enfouissement est nettement amélioré, le supplément d'effort de traction est pratiquement nul (LE MOIGNE, 1967) (55).

351 2 Forces de traction

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 sèche, et en particulier au Sénégal, on considère, pour de multiples raisons évoquées plus haut (IV,22) 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 zones tropicales ne sont pas considérables. Ces forces sont en effet grossièrement proportionnelles aux poids des attelages et les animaux de ces régions sont, comparativement à ceux des zones tempérées, de formats assez réduits, même lorsqu'ils sont convenablement nourris toute l'année (ce qui est l'exception).

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

Les efforts "normaux" sont les efforts moyens qu'on peut demander à un attelage pendant plusieurs heures de travail consécutives sans qu'il s'ensuive de fatigue ou de baisse de poids excessives pour l'attelage. Les efforts instantanés ont été mesurés par NOURRISSAT (76) dans des conditions artificielles (câbles tendus brutalement). Comme on le voit, les chevaux et les ânes sont susceptibles de fournir des efforts instantanés très élevés proportionnellement à leur poids. Cependant, en conditions de travail normal, ils se fatiguent beaucoup plus vite que les bovins et les efforts moyens qu'on peut leur demander sont sensiblement moins élevés.

Tableau n° IV-35

Efforts de traction normaux et instantanés fournis par différents attelages - D'après NOURRISSAT (76) et HAMON

Attelages	Poids des animaux kg	Effort normal		Effort instantané		Effort instantanés 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

Il convient maintenant de confronter les possibilités de traction offertes par les attelages et les efforts nécessités par la réalisation des labours. Ce sont avant tout les caractéristiques du sol qui déterminent le niveau de ces efforts pour un labour à une profondeur donnée. Contrairement à une opinion assez couramment répandue, les labours d'enfouissement se distinguent assez peu, en effet, des labours ordinaires à ce point de vue. Les particularités qu'ils présentent seront cependant examinées plus loin.

Le problème des forces de traction nécessités par les labours dans les différents sols a été précédemment évoqué (IV,21). Nous rappellerons seulement ici que le niveau moyen des forces requises pour le labour avec les charrues habituellement utilisées en culture attelée est dans tous les cas assez élevé et de l'ordre de 100 kg au moins. En rapprochant cette valeur de celles des efforts normaux fournis par les attelages (tableau IV-35) on voit que seuls les attelages de bovins peuvent convenir pour la réalisation des labours. Les attelages asins et équins conservent tout leur intérêt pour les travaux de semis et d'entretien.

351 3 Profondeur de travail

Il s'agit là d'une question très controversée. Beaucoup d'agronomes travaillant en zone tropicale sèche, considéraient autrefois qu'il fallait travailler le sol le moins possible et, quand ce travail s'avérait indispensable, de cantonner aux horizons les plus superficiels. En fait, l'expérience acquise permet maintenant d'affirmer que cette opinion est doublement erronée : non seulement le travail du sol peut, comme nous l'avons vu, se révéler, un puissant facteur de productivité agricole mais encore il est souhaitable, dans la plupart des cas, de chercher à travailler le plus profondément possible : jusqu'à 25 ou 30 cm, par exemple. Cette dernière affirmation peut surprendre mais s'explique cependant assez aisément si l'on songe à ce qui a été dit plus haut, concernant le développement racinaire dans la couche labourée et le rôle d'écran joué parfois par le fond du labour. On conçoit alors l'intérêt d'offrir aux racines le plus de hauteur de sol possible pour leur développement. Cela est d'autant plus vrai que ce rôle d'écran joué par le fond du labour est plus net.

Le labour à grande profondeur (25 à 35 cm) ne paraît pas poser de problèmes particuliers pour les sols dont le profil est assez homogène et chez lesquels les horizons superficiels ne sont pas très contractés par rapport aux horizons sous jacents, qu'il s'agisse de texture, structure, matière organique ou teneur en éléments minéraux. C'est le cas de toute la zone Nord et Centre Sénégal et, en particulier, de Bamby. Par contre, pour les sols originellement forestiers ou fortement lessivés, comme en Casamance, il peut y avoir un contraste marqué entre l'horizon de surface sablo-argileux, assez riche en matière organique et éléments minéraux et l'horizon situé entre 20 et 40 cm, plus argileux mais plus pauvre en matière organique et éléments fertilisants. Dans ces conditions il paraît préférable d'homogénéiser progressivement le profil cultural en labourant un peu plus profondément chaque année, plutôt que de travailler à grande profondeur dès la première année. Il y a malheureusement peu d'expériences systématiques dans ce domaine.

A Bamby, POULAIN et TOURTE (85) ont mis en place, en sol Dior et en sol Dek, deux essais combinant 3 profondeurs de travail et 5 modalités d'apport d'azote.

Les traitements "Profondeur de travail" étaient les suivants :

- . P1 : Grattage superficiel à l'iler
- . P2 : Sous-solage à 40 cm sol Dior, à 30 cm en sol Dek; labour à la charrue bidisques à 25 cm; passage de la houe rotative.
- . P3 : Sous-solage à 70 cm en sol Dior, 60 cm en sol Dek; passage du pulvérisateur lourd ("Manouth") travaillant à 25 cm de profondeur en sol Dior et 20 cm en sol Dek; labour à la charrue bidisques à 40 cm; passage du rouleau cros-kill en sol Dek et de la houe rotative en sol Dior.

Comme on le voit, le facteur profondeur n'est pas seul en cause; pour travailler le sol en sec à la profondeur voulue, des opérations complexes ont été nécessaires pour réduire les énormes blocs de terre disloqués par le sous-solage. Les traitements P2 et P3 diffèrent non seulement par la profondeur de travail mais aussi par les modalités d'exécution de ce travail (1).

Par ailleurs, les profondeurs choisies sont très grandes et ne correspondent pas à la pratique courante.

Les essais ont été cultivés en mil en 1966 et en sorgho en 1967. Les rendements sur les traitements P1, P2 et P3 ont été calculés pour la moyenne des trois doses d'azote. Ils figurent dans le tableau ci-dessous .

Tableau n° IV-36

Influence de la profondeur de travail sur les rendements
du nil et du sorgho à Bambey - D'après POULAIN et TOURTE
(85)

Traitements "Profondeur"	Mil 1966 (kg/ha)		Sorgho 1967 (kg/ha)	
	Sol Dior	Sol Dek	Sol Dior	Sol Dek
P 1	1200	1794	421	2615
P 2	1481	2160	780	2727
P 3	1492	1900	1513	2828

Les traitements P2 et P3 se différencient peu entre eux sauf en ce qui concerne le sorgho en sol Dior.

Compte tenu des réserves formulées plus haut, on ne saurait généraliser ces résultats et les tenir pour caractéristiques des essais de profondeur de travail.

Plus caractéristiques à cet égard sont des essais de techniques culturales réalisés en Haute-Volta.

Le premier essai a été implanté en 1955 à Saria, sur sol ferrugineux tropical lessivé à caractères d'hydromorphie en profondeur, formé sur colluvions dérivées de granodiorites.

(1) Cette remarque vaut d'ailleurs pour tous les essais de profondeurs de labours; on ne modifie pas seulement le facteur profondeur mais, obligatoirement, d'autres caractéristiques (largeur attaquée notamment).

Il comporte six traitements qui sont indiqués dans le tableau ci-dessous ainsi que les résultats correspondants, obtenus sur sorgho en présence d'une fertilisation légère.

Tableau n° IV-37

Influence de la profondeur de labour sur les rendements du sorgho en Haute Volta (35)

Traitements Caractéristiques	Profond. de travail	Rendts sorgho kg/ha	
		Grains	Pailles
Labour tracteur fin d'hivernage	21	2319	8786
" " début "	21	2491	9384
" boeufs " "	15	2364	8243
" ânes " "	9	2129	7953
Scarifiage houe Manga	superficiel	2130	6286
Préparation traditionnelle daba	"	1764	6014

On note une décroissance assez régulière des rendements allant de pair avec une diminution de la profondeur de travail. L'analyse statistique sur les rendements en grains met en évidence, par les décompositions orthogonales, une supériorité des labours au tracteur sur les autres traitements, ainsi qu'une infériorité du travail à la daba sur tous les autres traitements.

En 1966 un essai (1) a comparé à un témoin travaillé à la daba 3 profondeurs de labours :

- Labour à l'âne : 7 cm
- Labour aux boeufs : 12 cm
- Labour au tracteur : 20 cm.

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.

(1) sur lequel nous ne possédons pas de renseignements détaillés.

Un autre essai de ce type a été mis en place à Saria en 1967 sur sol gravillonnaire; il a malheureusement été attaqué par le striga et on ne peut en tirer de conclusion valable.

Enfin un essai implanté à Farako Ba sur sol ferrallitique moyennement désaturé sur grès cambriens a testé, en 1967, l'effet de façons culturales sur sorgho après une culture à cycle long (Cotonnier), ne permettant pas de labour de fin d'hivernage. En 1966, l'effet positif du labour sur cotonnier avait été mis en évidence. (1). Parmi les traitements figuraient des labours réalisés soit aux boeufs, soit au tracteur, à des profondeurs différentes (2). L'ensemble des traitements et des rendements leur correspondant pour le sorgho en 1967 figure dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-38

Influence de la profondeur de labour et diverses modalités de travail du sol sur les rendements de sorgho en Hte-Volta
(30)

Traitement de préparation du sol			Rendements grains sorgho 1967 - kg/ha
Fin hivernage 1965	Début hivernage 1966	Début hivernage 1967	
Labour tracteur	Scarifiage	Lab. tract. + Scarifiage	1375
Labour tracteur	Scarifiage	Scarifiage	1305
Labour tracteur	Pulvérisage	Pulvérisage	1288
Labour boeufs	Scarifiage	Lab. boeufs + Scarifiage	1156
Labour boeufs	Scarifiage	Scarifiage	1034
Néant	Daba	Daba	1010

L'analyse statistique fait ressortir outre un effet global du labour et un effet cumulatif du labour, un effet positif de la profondeur de labour.

- (1) Nous ne possédons pas d'autres renseignements sur cette culture.
(2) Non précisées.

Outre ces résultats d'essais l'observation des résultats obtenus en grande culture plaide également en faveur de la profondeur du labour. C'est ainsi qu'à la station de Séfa, en Casarance, les améliorations notables constatées depuis 1963, tant en ce qui concerne la structure des sols que les rendements agricoles, paraissent largement imputables à une modification radicale dans les techniques culturales intervenue à cette époque et impliquant, notamment le remplacement des labours, ou plutôt des pseudo-labours superficiels (10cm) à la déchaumeuse, par de véritables labours aux disques ou au soc à une profondeur de 25 à 35 cm. Il faut également y ajouter une plus grande précocité dans les dates de semis.

Ajoutons pour terminer que l'attitude de défense de certains agronomes vis à vis du travail du sol en zone tropicale sèche paraît pouvoir s'expliquer en grande partie par une certaine confusion qui a manifestement été faite entre les notions de profondeur de travail et d'intensité de travail. Or, sans aller jusqu'à dire que ces notions sont contradictoires, on peut cependant reconnaître qu'elles sont largement indépendantes : on peut en travaillant à 30 ou 40 cm de profondeur, faire un labour motteux, n'émiettant pas le sol et, au contraire, en opérant sur 2 cm détruire complètement la structure, pulvériser le sol et le réduire en poudre (cas du rotavator travaillant à grande vitesse ou de certains pulvérisages trop poussés). L'intensité de travail du sol, dans les sols tropicaux sableux, est à proscrire absolument : détruisant la structure, déjà peu développée de ces sols, elle ouvre la voie à la dégradation du profil cultural et développement de l'érosion. La profondeur de travail du sol est au contraire à rechercher dans toute la mesure du possible. Il est certain, qu'à ce point de vue, la traction motorisée est nettement plus avantageuse que la traction bovine. Il est difficile, en effet, avec des animaux de format médiocre, de labourer à plus de 15-20 cm en sol sableux et 10-15 cm en sol sablo-argileux, même lorsque le sol est humide. Il faudrait pouvoir atteindre 25 cm, qui paraît être la profondeur optimum dans la plupart des cas. Cela n'est possible, en traction bovine, qu'en attelant deux paires de bœufs et avec d'autres char-rués.

351 4 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 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 rendements, 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 (44). 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 nottes 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).

351 5 L'époque des labours et l'interaction avec les dates de semis.

Le problème se pose différemment pour les labours ordinaires de préparation et pour les labours d'enfouissement. On examinera donc séparément ces deux cas.

351 51 Cas des labours ordinaires

Dans la majeure partie de la zone tropicale sèche, la saison des pluies est de courte durée (3 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 des semis précoces. Ceci d'autant plus que, -comme on vient de le voir-, la marge de temps disponible est assez réduite.

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

Il ressort de cet essai 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 grande facilité dans certains cas dans la lutte contre l'herbe
- Au total : meilleure protection du sol et rendements plus 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 Saloun 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 "Mode de préparation x Dates de semis" mis en place par NICOU (71) à Nioro-du-Rip et Sinthiou-Malène. Ces essais combinent, entre autres traitements, trois modalités de labour, différant par l'époque de réalisation et trois dates de semis. Les modalités de labours sont les suivantes :

- Labour de fin de campagne (ou de fin de cycle)
- Labour de saison sèche
- Labour de début d'hivernage.

Le témoin consiste en une préparation superficielle traditionnelle; elle est réalisée à l'iler à Nioro, et à la daba à Sinthiou.

Les dates de semis sont définies de la façon suivante :

- 1ère date : à la première pluie utile (environ 30 mm)
- 2ème date : dès la fin des préparations du sol en humide
- 3ème date : quinze jours environ après la deuxième date.

Les résultats des trois années ont été rassemblés dans le tableau IV-101 en annexe. Les moyennes de rendements pour les trois années figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-40

Influences combinées de l'époque des labours et des dates de semis sur les rendements de diverses cultures au Sénégal d'après NICOU (71)

Localisation	Culture	Labour de fin de cycle		Labour de saison sèche		Labour de début d'hivernage		Témoin
		Semis 1 ^{re} date	Semis 3 ^e date	Semis 1 ^{re} date	Semis 3 ^e date	Semis 2 ^e date	Semis 3 ^e date	
Nioro-du-Rip	Arachide	2257	1974	2312	1883	2282	1817	2086
	Sorgho	3500	2764	3136	2819	3258	2920	2216
Sinthiou-Malène	Maïs	3045	3436	2658	2647	2989	3392	2031
	Cotonnier	2316	1908	2207	1820	2280	2169	1643

A l'examen de ces résultats, plusieurs constatations peuvent être faites :

- Supériorité très nette des semis précoces pour toutes les cultures à l'exception du maïs, qui donne fréquemment de meilleurs rendements lorsque la date de semis est un peu retardée. Ceci peut tenir à une sensibilité particulière du maïs à la sécheresse pendant la première phase de sa croissance.

On note que le paysan, dans ces régions, a intérêt, pour toutes les cultures, sauf pour l'arachide, à effectuer un labour de préparation même s'il doit pour cela retarder la date de semis de deux à trois semaines (à condition de ne pas dépasser le 15 Juillet).

- Différences assez faibles, pour une même date de semis, entre les diverses époques de labours. Le labour en sec est toutefois inférieur aux labours en humide, sauf pour l'arachide.

La meilleure technique pour l'arachide, le cotonnier et le sorgho est celle d'un labour en humide semé précocement. Pratiquement, pour le paysan, il est difficile de labourer à la première pluie et de semer immédiatement. Dans la majorité des cas, c'est donc le labour de fin de cycle qui paraît la solution la plus avantageuse.

Pour l'arachide c'est même la seule possibilité en dehors du cas, -assez rare au Sénégal,- de pluies précoces permettant d'effectuer le labour avant que le cycle des pluies se soit réellement installé.

Les données du tableau n° IV-40 concernant les résultats obtenus au Sénégal sont reprises sous forme graphique (IV-9).

En Haute-Volta, trois essais installés à Saria sur différents sols permettent de comparer les effets des labours de fin de cycle et de début d'hivernage sur les rendements du sorgho (33). De ces essais sont extraits les résultats figurant dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-41

Comparaison des effets des labours de fin et de début d'hivernage sur les rendements du sorgho à Saria (Haute-Volta) en kg/ha de grain (33)

	Années		
	1964	1965	1967
Préparation du sol			
Préparation superficielle à la daba	1143	1764	843
Labour de fin d'hivernage	1598	2398	1298
Labour de début d'hivernage	1305	2491	938

Les deux modalités de labours manifestent leur supériorité par rapport au témoin non travaillé. Dans deux cas sur trois le labour de fin d'hivernage se trouve supérieur au labour de début d'hivernage. La différence est statistiquement significative en 1964.

Au Niger, également, on a comparé des dates de réalisation des labours de préparation (65). L'essai implanté en 1967 à Tarna, en sol dunaire, combinait factoriellement trois objets :

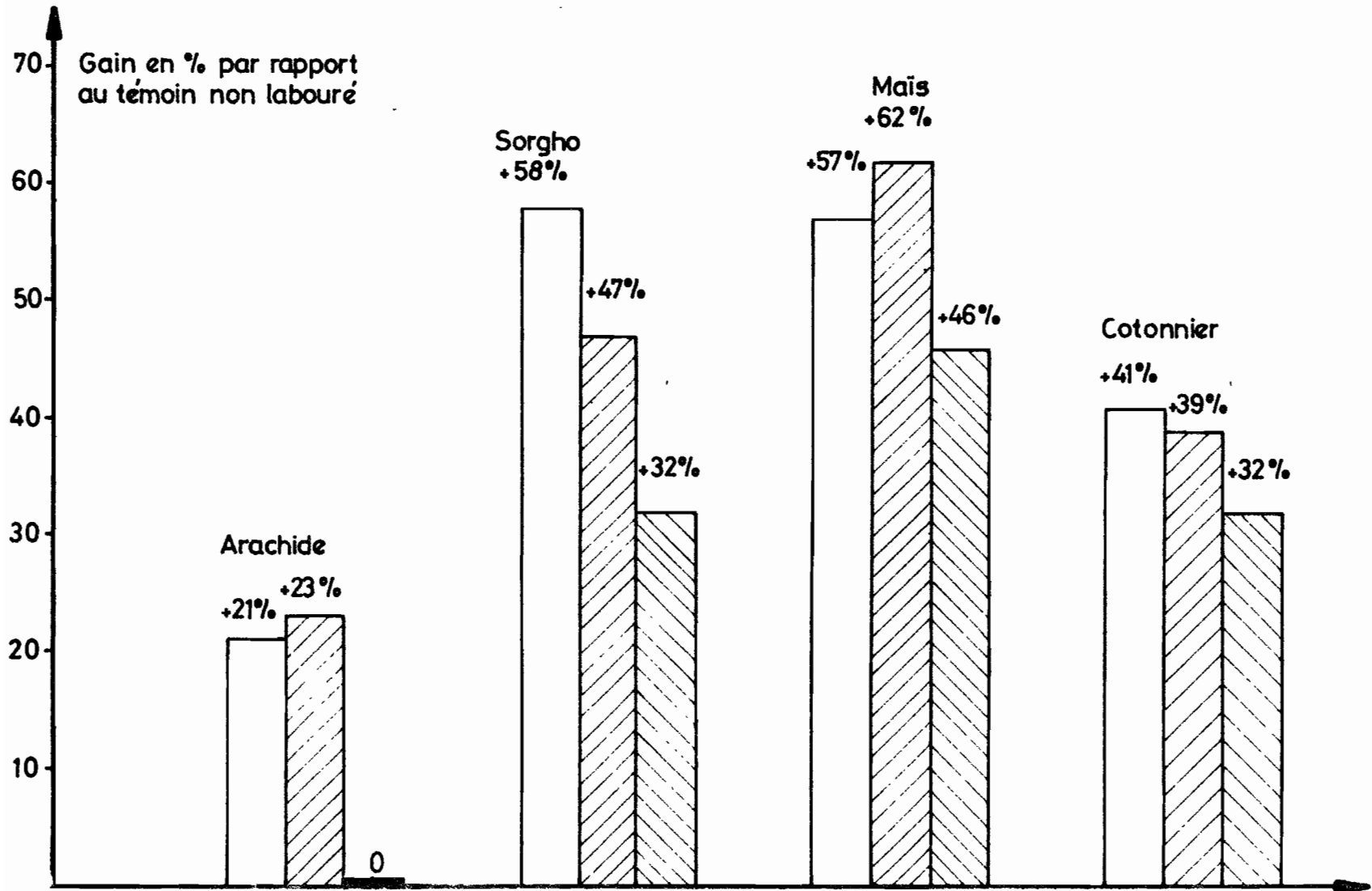
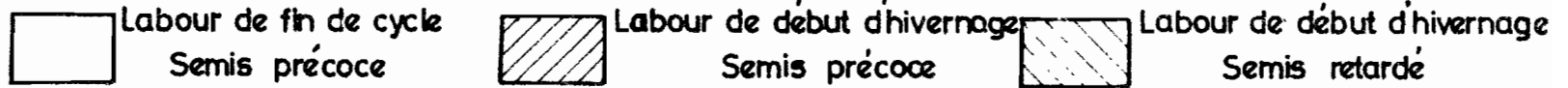
- Labour de fin d'hivernage
- Labour de début d'hivernage
- Fumure minérale faible de type économique.

chacun, à deux niveaux : absence et présence.

GRAPHIQUE IV - 9

Influences conjuguées de l'époque de réalisation des labours de préparation et des dates de semis sur les rendements des cultures

Moyenne Générale des résultats obtenus au Sénégal depuis 1964



On a retenu seulement ici les effets des labours en présence de fumure minérale, soit 4 traitements. Les résultats, concernant les rendements en gousses et en fanes d'arachides figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-42

Comparaison des effets simples et combinés des labours de fin et de début d'hivernage sur la production de l'arachide à Tarna, Niger (65)

Préparation du sol	Gousses kg/ha	Fanes kg/ha
Superficielles	1688	3423
Labour de fin d'hivernage	1804	3431
Labour de début d'hivernage	1724	3280
Combinaison des deux labours	1780	3224

L'action des labours est ici assez faible. On note une légère supériorité du labour de fin d'hivernage.

Le principal intérêt du labour de fin de cycle réside dans le fait qu'il autorise dans tous les cas, en milieu paysan, la précocité des semis.

En dehors de cet avantage pratique important, le labour de fin de cycle présente, par rapport au labour de début d'hivernage quelques particularités qui peuvent expliquer que, dans certains cas, il ait un effet plus important sur les rendements des cultures. Ces particularités sont les suivantes :

- 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'observation courante. Leur incidence agronomique peut être importante lorsque le début de saison est caractérisée par des pluies irrégulières, - ce qui est fréquent en zone tropicale sèche, - et lorsque les sols sont peu perméables ou situés sur une pente plus ou moins accentuée : elle se traduit alors, pour la plante, par de meilleures possibilités d'alimentation en eau.

Concernant la stabilité structurale, on a mentionné plus haut (III, 321 11) 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.

Pour terminer on notera que la combinaison des labours de fin de cycle et des semis précoces a 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 (déchaumeur et pulvérisateurs à disques) réalisé en début d'hivernage et entraînant un certain retard de semis. Ainsi que le rapporte CHARREAU (15), 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.

351 52 Cas des labours d'enfouissement

Il convient de distinguer ici les labours d'enfouissement de pailles de ceux d'enfouissement de matière verte (engrais vert ou jachère).

Pour les premiers, la date de réalisation des labours est fixée à quelques jours près et se situe obligatoirement entre la date de récolte et celle de la fin de la saison des pluies, cette dernière date correspondant à une conservation des réserves hydriques des horizons superficiels du sol encore suffisante pour que le labour puisse être exécuté dans de bonnes conditions. Comme on l'a vu, cet intervalle est assez court et ne dépasse pas deux à trois semaines pour les diverses céréales à court cycle; il est parfois nettement moindre (cas du nil hâtif dans les zones Nord et Centre Sénégal).

Par contre les labours d'enfouissement de matière verte peuvent être effectués à une époque très variable de la saison des pluies. C'est donc pour ce type de labour que se posent les problèmes de dates de réalisation.

Au début de l'utilisation de la technique d'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 reçût une certaine quantité d'eau après l'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/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 entraient en jeu et que, parmi ceux-ci la modification de la structure du sol jouait un rôle essentiel. Par ailleurs, diverses études montrèrent que la décomposition de la matière végétale n'exigeait pas de grandes quantités de pluies après enfouissement pour s'effectuer correctement.

VIDAL (100) réalise le 18 Septembre 1959 des enfouissements de nil et de jachère dont les rapports C/N sont respectivement de 45 et 64. Au moment de l'enfouissement l'humidité du sol est au voisinage de la capacité de rétention. Le 30 Mars 1960, il ouvre le sillon d'enfouissement, observe que les différents organes végétaux sont encore identifiables mais présentent des signes évidents d'altération. Les C/N sont tombés à 25 pour le nil et 31 pour la végétation naturelle. DOMERGUES, qui a procédé à l'analyse microbienne des échantillons prélevés, souligne l'abondance des germes cellulolytiques et de la microflore totale. Or la pluviométrie entre le 18 Septembre et le 30 Mars a été seulement de 30 mm. Ceci prouve bien que les phénomènes biologiques ne sont pas stoppés en cours de saison sèche malgré la faible humidité des horizons superficiels. DOMERGUES attribue un rôle primordial aux champignons, dans la dégradation de la matière végétale, lorsque l'humidité de l'horizon d'enfouissement se situe à un pF supérieur à 4,2.

BONFILS (10) a étudié, en bacs de végétation, la décomposition de feuilles et tiges de nil et plantes de jachère dans deux sols différents. Pour les plantes de jachère, il comparait à un témoin recevant seulement la pluie, un traitement comportant un apport supplémentaire d'eau en début de saison sèche (Novembre-Décembre). L'expérience a débuté le 18 Septembre 1960 (enfouissement de la matière verte placée par lots de 200 g dans des sacs de treillis de nylon, sous 5 cm de terre). La pluviométrie après l'enfouissement a été de 180 mm. L'apport d'eau supplémentaire a été de 50 mm. En fin de saison sèche (2 Juin 1961) la proportion de matière végétale décomposée était la suivante :

	<u>Sol Dior</u>	<u>Sol Dek</u>
Témoin	72 %	78 %
Apport d'eau supplémentaire	78 %	78 %

Les apports d'eau supplémentaires n'ont donc pas eu d'influence nette, sauf peut-être sur sol Dior en deuxième année.

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 peu ou pas d'eau 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 peut amener des conditions anaérobies dans le fond du sillon et induire des fermentations de la matière organique aboutissant dans certains cas, à la formation d'un véritable gley. Ce phénomène a été observé à plusieurs reprises à Sôfa.

A Banbey, BLONDEL (6) a pu faire, en terrain Dek, une série d'observations précises sur les labours d'enfouissement de nil' engrais vert réalisés à des dates différentes sur des bandes voisines :

- . Labour avec enfouissement du 1er Septembre 1963 : 175 mm de pluie après labour

- . Labour avec enfouissement du 15 Septembre 1963 : 100 mm de pluie après labour

- . Labour avec enfouissement du 30 Septembre 1963 : 80 mm de pluie après labour

- . Labour sans enfouissement du 30 Septembre : 80 mm de pluie après labour.

Les observations ont été faites en Mars 1964, soit 6 mois environ après réalisation des labours, au coeur de la saison sèche. Elles étaient accompagnées de mesures de pénétrométrie et de relevés de profils hydriques (graphiques n° IV-10 et IV-11). Les labours ont été réalisés à la charrue à disques.

L'examen des profils culturaux permet de noter :

- une microérosion en surface d'autant plus développée que le labour est plus précoce; il y a ségrégation de particules et de sables, développement d'une structure lamellaire dans le premier centimètre, colmatage des interstices créés par le labour. Les traces de battance sont faibles sur le labour du 30 Septembre;

- une reprise en masse du profil d'autant plus marquée que le labour est plus précoce. Sur le profil du labour du 1er Septembre, il n'y a pratiquement plus trace de la structure créée par le labour d'enfouissement; au contraire pour le labour d'enfouissement du 30 Septembre, on retrouve des nottes, parcourues de nombreuses galeries d'animaux, ainsi que des éléments polyédriques soufflés;

- 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.

La comparaison des labours du 30 Septembre avec et sans enfouissement montre en outre, qu'en l'absence de matière verte incorporée au sol, il ne se développe pas de microporosité tubulaire caractéristique de l'activité de la mésofaune.

Les courbes de pénétrométrie (graphique n° IV-10) traduisent bien la reprise en masse du sol sur les labours ayant reçu de fortes quantités de pluies. Le travail nécessaire à la pénétration est d'autant plus grand pour une profondeur donnée, que le labour a été réalisé plus précocement. Les forces de résistance à la pénétration sur les 20 cm sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les coefficients de cohésion ont été calculés en prenant pour base 100 le labour d'enfouissement du 1er Septembre.

Le graphique n° IV-11 met en évidence la discontinuité créée, dans les profils hydriques, par le fond du labour, ainsi que la meilleure conservation d'humidité sous les labours les plus tardifs.

Tableau n° IV-43

Forces de résistance à la pénétration sur 20 cm pour les labours exécutés à différentes dates

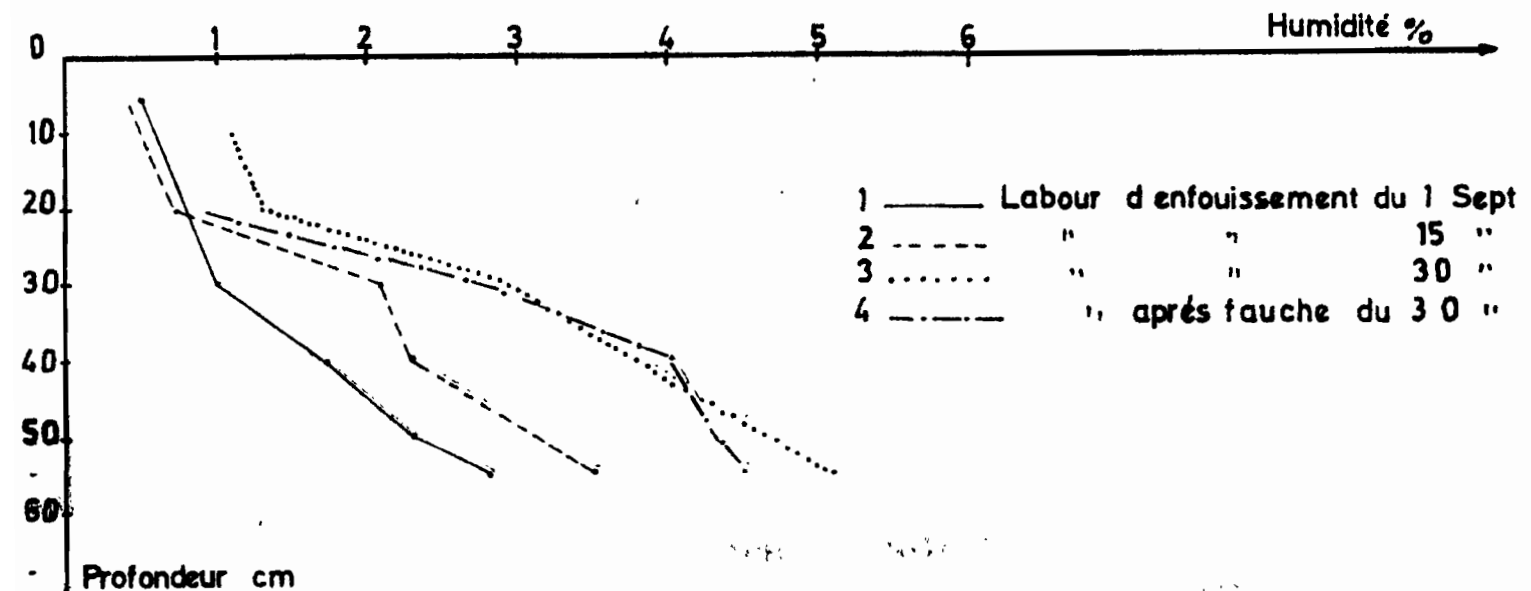
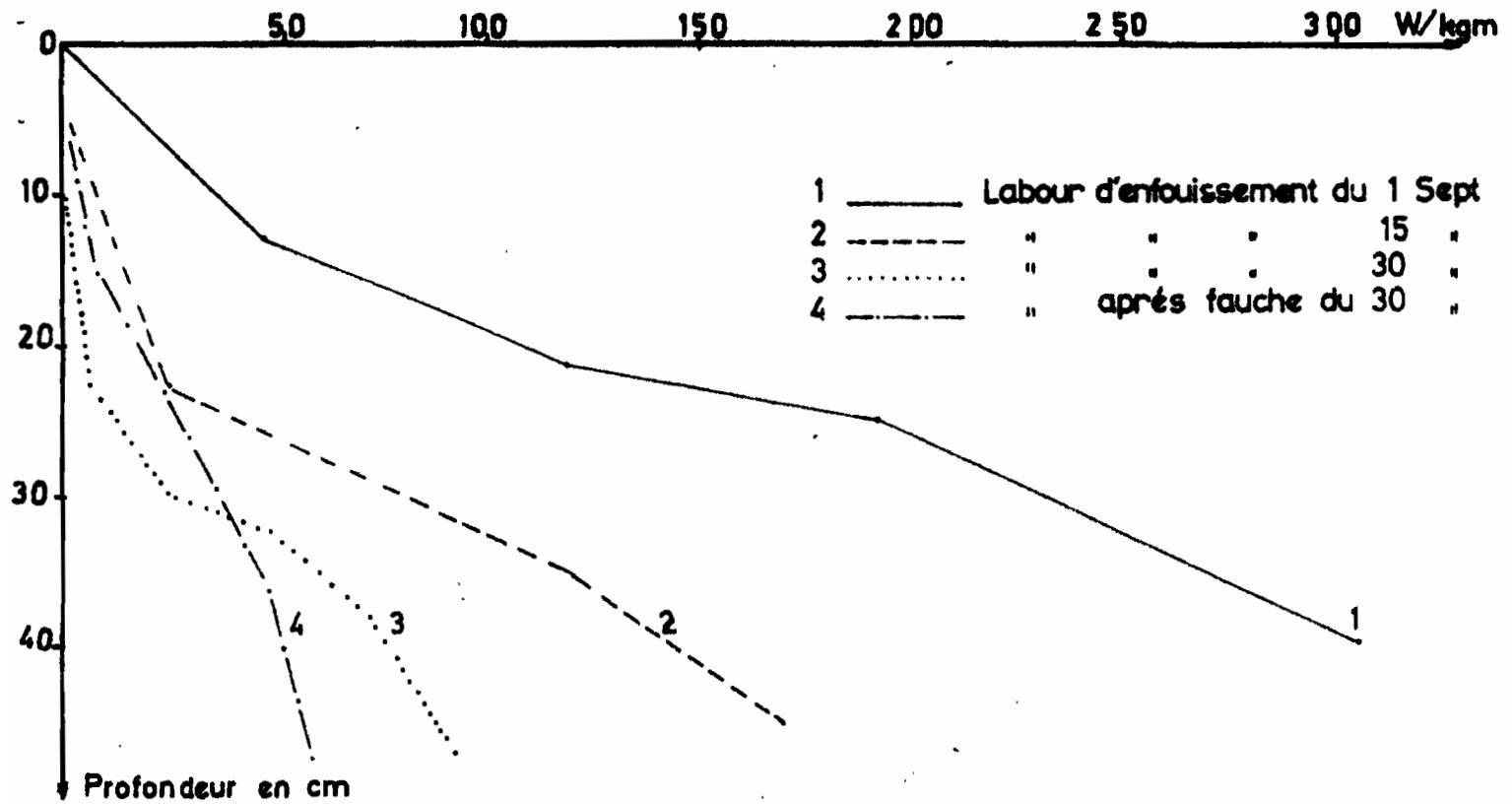
Numéro du traitement	Type de labour	Date de réalisation	Pluies après labour mm	Forces de résistance à la pénétration sur 20 cm	
				kg	Coef. de cohésion %
1	Enfouissement	1er Septembre	175	320	100
2	Enfouissement	15 "	100	96	18
3	Enfouissement	30 "	88	26	5
4	Ordinaire	30 "	87	87	17

Cet ensemble d'observations et de mesures montre bien le danger qu'il y a, pour le sol, à effectuer des enfouissements très précoces. Ceci est à rapprocher des observations faites par FAUCK et COINTEPAS en Casamance et reprises par ROOSE (89) sur le danger érosif de l'engrais vert; l'érosion mesurée en parcelles expérimentales, est en effet de 7,82 t/ha en moyenne sur 10 ans sous l'engrais vert alors qu'elle est seulement de 4,88 t/ha sous jachère; les maxima observés au cours de cette période (1954-1963) sont de 10,14 t/ha pour la jachère et 22,71 t/ha pour le sorgho engrais vert. On aurait pu, en s'en tenant à ces résultats bruts, conclure que l'engrais vert était une pratique favorisant l'érosion. En fait, l'analyse détaillée des résultats montre, comme on pouvait s'y attendre, qu'il y a une reprise très nette de l'érosion lorsque l'engrais vert est enfoui et que le sol est exposé nu aux pluies. Cette reprise est naturellement d'autant plus marquée que le labour d'engrais vert reçoit davantage de pluies, c'est-à-dire qu'il est réalisé plus précocement. En réculant 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 assez peu d'essais ayant mis en comparaison des dates de réalisation du labour d'enfouissement.

A Séfa (13) il est mentionné que des enfouissements précoces ayant reçu 338 mm de pluies ont donné de meilleurs résultats que des enfouissements tardifs (114 mm de pluie) mais il n'est fourni aucune indication sur les rendements et la manière dont a été réalisé l'essai.

Courbes de Résistance à la Pénétration sur des Labours d'Enfouissement Réalisés à des Dates Différentes



GRAPHIQUE N° IV-11

Profils Hydriques des Terrains Labourés à des Dates Différentes

(D'après D. Blondel 1964)

Tableau n° IV-44

Influence de la date d'enfouissement de l'engrais vert
ou de la jachère sur les rendements de l'arachide et du
mil à Tarna (Niger) (63)

Date d'enfouissement 1964	Pluie après labour mm	Arachide 1965 Gousses kg/ha	Mil 1966 Grains kg/ha
25 Août	265	2424	1210
10 Septembre	32	2600	1194
25 Septembre	0	2712	1040

Les quelques résultats agronomiques disponibles viennent donc, dans l'ensemble, confirmer les conclusions 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 de l'enfouissement d'une masse végétale ayant atteint un stade de développement et de lignification avancé. Ce point sera examiné plus loin.

351 6 Préparation des terres et modelé du terrain

Les labours peuvent, suivant leur mode de réalisation, influencer plus ou moins le modelé du terrain. Ils peuvent être réalisés à plat, en planches ou en billons; être dirigés suivant la pente ou suivre les courbes de niveau. Ces deux points seront examinés successivement.

351 61 Labours à plat, en planches et en billons

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

Les labours en planches larges ou étroites sont principalement utilisés dans les cas de drainage déficient. Leur emploi est peu courant dans la zone étudiée et n'a pas fait, à notre connaissance, l'objet de recherches spéciales.

La culture en billons ne doit pas être confondue avec la technique de buttage; dans ce dernier cas, les plantes sont semées à plat et le buttage n'intervient qu'en milieu de saison, lorsqu'elles ont atteint un certain développement. Cette technique de buttage sera donc étudiée plus loin, avec les travaux d'entretien. Les billons sont au contraire réalisés avant le semis, et les plantes semées, habituellement, au sommet des billons. Les billons sont confectionnés manuellement avec des outils de formes variables suivant les ethnies (1). En Afrique anglophone et en particulier en Nigéria du Nord et Gambie, les agronomes recommandent la pratique du billonnage en culture mécanisée, surtout sous forme de billons cloisonnés, et proposent à la vulgarisation des charrues munies de corps billonneurs.

On s'accorde en effet couramment à reconnaître à la culture en billons un certain nombre d'avantages par rapport aux labours à plat :

- meilleure infiltration de l'eau dans le sol, surtout lorsqu'il s'agit de billons cloisonnés;
- meilleure protection contre ruissellement et érosion
- meilleure maîtrise de l'herbe.

Concernant le premier point, on peut considérer qu'il intéresse surtout les régions Nord de la zone et intervient principalement en début de saison des pluies. L'accroissement de l'infiltration peut, dans ces conditions avoir en effet, une incidence agronomique importante. Mais il ne faut pas oublier qu'un labour à plat suffisamment profond et correctement réalisé peut également se montrer très efficace pour l'amélioration de l'infiltration (CHARREAU, 1969) (15).

Le deuxième argument touchant au rôle du billon en matière de conservation du sol, est celui qui est le plus couramment utilisé pour souligner l'intérêt de cette pratique. Il est de fait que des billons suivant fidèlement les courbes de niveau entravent efficacement le ruissellement et diminuent donc, jusqu'à les annuler, les pertes en terres. C'est ce qu'ont montré, en particulier, les études menées en cas deérosion tant au Sénégal qu'en Côte d'Ivoire (3). Mais à ce sujet, il faut faire remarquer que ces études, réalisées sur parcelles de dimensions modestes (de l'ordre de 250 m²) ont une portée limitée et ne rendent qu'imparfaitement compte de ce qui se passe en plein champ. La réalisation rigoureuse d'un dispositif de billons en courbes de niveau sur de vastes superficies est en effet 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 tous les billons se trouvant en aval et pouvant ainsi entraîner des dégâts très sérieux.

(1) Principalement : "daba", "darenba" ou "kayendo".

En parcelles de mesures d'érosion, on a affaire, dans ce cas à une loi de "tout ou rien":

- ou les billons tiennent, et ruissellement et érosion sont quasi nuls

- ou ils cèdent et les quantités d'eau et de terre entraînées dans les cuves peuvent être très importantes.

Pour être réellement valable, cette étude doit donc se faire en plein champ, sur petits bassins versants ou portions de versants.

On notera par ailleurs qu'en culture traditionnelle la pratique du billonnage ne paraît pas répondre à un souci de lutte contre l'érosion, car, la plupart du temps, les billons sont orientés dans le sens de la pente. Cette pratique pourrait par contre être motivée par un souci d'amélioration du drainage au niveau des racines.

Enfin, dans ces études sur le rôle du billon en matière de conservation du sol, il y a un point qui est généralement négligé et qui nous paraît pourtant fort important : celui de la dégradation du sol se produisant in situ entre deux billons. Même lorsqu'il permet d'entraver le ruissellement, le microrelief créé par le billonnage présente, en effet, dans ces sols à texture grossière, le très grave inconvénient 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. SEGUY (90) a souligné à juste titre, la part prépondérante qui pouvait être attribuée à la pratique répétée du billonnage dans la dégradation des sols de cette région.

Ainsi que l'ont montré les études réalisées en Casamance (15), une des meilleures méthodes de lutte contre l'érosion consiste à créer, par le travail profond du sol, un profil cultural satisfaisant à conserver par la suite ce profil en s'assurant, grâce à un semis précoce et une bonne fertilisation, un développement rapide de la végétation des cultures. Cet objectif peut, à notre avis, être atteint en culture à plat.

En ce qui concerne le dernier point, celui de la maîtrise de l'herbe, il est certain qu'en culture traditionnelle, le billonnage fait preuve d'une incontestable supériorité sur la culture à plat pratiquée avec les outils manuels.

La préparation du terrain est souvent, en effet, assez tardive et intervient quand la saison des pluies est déjà bien installée et que le terrain est couvert d'herbes. En cultivant à plat avec ses outils traditionnels, le paysan effectue un certain retournement de la terre mais celui-ci est insuffisant pour lutter contre l'envahissement ultérieur par l'herbe. Si au contraire il pratique la culture en billons, les mottes sont beaucoup mieux retournées et l'herbe soigneusement enterrée dans le billon, ceci constituant une sorte d'engrais vert dérobé. La maîtrise de l'herbe sera par la suite beaucoup mieux assurée et l'entretien plus facile. C'est, croyons-nous, la raison prédominante expliquant l'extension de la culture en billons dans la partie méridionale de la zone.

En passant au stade de la culture attelée et en adoptant la charrue comme instrument de préparation du sol, le paysan s'assurera, du même coup, par un labour à plat correctement réalisé, une maîtrise de l'herbe comparable à celle qu'il avait en culture manuelle sur billons. On a vu, en effet, plus haut (IV, 322-1), le rôle important joué par le labour dans ce domaine. On peut donc dire que s'il y avait un avantage certain du billon, à ce point de vue, en culture manuelle, cet avantage disparaît en culture mécanisée.

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 travaux d'entretien et la récolte.

Il y a malheureusement, à notre connaissance, fort peu d'essais permettant la comparaison des effets, sur les rendements des cultures, de la culture en billons et de la culture à plat.

Un essai implanté en Casamance par BIRIE-HABAS et THIROUIN (5) en 1965 fournit quelques renseignements à ce sujet. Il s'agit d'un essai de techniques culturales sur maïs. La nature des traitements et les rendements obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Les traitements ne diffèrent pas significativement entre eux. On peut cependant constater le bon comportement des semis à plat et l'intérêt du buttage dans le cas d'un semis à plat. Le premier buttage intervient une trentaine de jours après le semis. Des observations de profils culturaux effectuées en hivernage ont par ailleurs montré l'effet favorable du buttage sur l'enracinement du maïs. Les réalisateurs de l'essai notent, par contre, que l'effet du billonnage est plutôt défavorable : en cas de sécheresse, une croûte se forme au sommet du billon, gênant la levée du plant; d'autre part les pluies très violentes de début de saison érodent les billons et déchaussent les plantes, obligeant à une réfection continue des billons.

Tableau n° IV-45

Influences comparées des semis à plat, sur billons et sur planches et de différentes façons d'entretien sur les rendements du maïs à Séfa (5)

Mode de semis	Mode de préparation du terrain	Mode d'entretien	Rendements grains kg/ha
A plat	Mécanique	Manuel	2830
A plat	Mécanique	Buttage mécanique progressif	3018
Sur billons	Manuel (darenba)	Manuel	2394
Sur billons	Mécanique (disques)	Manuel	2891
Sur planches de 6,60 m	Mécanique	Manuel	2548

Pour conclure, on peut dire que, si dans certains cas particuliers, la technique du billonnage avec cloisonnement peut se révéler intéressante, pour l'ensemble des sols à dominante sableuse de la zone, la pratique des labours en billons ne paraît pas recommandable. Celle des labours à plat, convenablement réalisés, lui semble bien préférable car elle réunit sensiblement les mêmes avantages que ceux classiquement dévolus aux billons : amélioration de l'infiltration, réduction de la dégradation, amélioration de la maîtrise de l'herbe, sans présenter les mêmes inconvénients.

Cette conclusion ne saurait naturellement, sans étude préalable, être généralisée à d'autres conditions de sols et de climats.

351 62 Orientation des labours par rapport à la pente

Même en cas de pente faible (moins de 2%), l'agressivité climatique et les risques d'érosion sont tels dans cette zone qu'il y a toujours intérêt à orienter les labours parallèlement aux courbes de niveau.

Le mode de culture le plus indiqué pour ces régions, -spécialement pour les régions méridionales, plus arrosées,- paraît être celui de la culture en bandes alternées, de largeurs variables suivant la pente, séparées par des ados réalisés à la charrue et complantés d'herbes vivaces.

Ce système a été essayé en différents endroits et notamment à Séfa, en Casamance, où il fonctionne de façon satisfaisante (16,77). L'adoption de charrues réversibles facilite considérablement l'exécution des labours dans ce type d'aménagement. Ce modèle de charrue est malheureusement très peu répandu en Afrique de l'Ouest.

352. Facteurs propres aux labours 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
- Modalités pratiques de l'enfouissement.

352 1 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.

352 11 Comparaison de l'enfouissement de pailles et de matière verte

Cette comparaison est effectuée, au Sénégal, dans les essais "Régénération du profil" implantés à , Banbey (2 essais) : Sinthiou-Malène par NICOU (69) et à Séfa par NICOU et THIROUIN (74). 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 (mulch ou exportation des produits de la fauche); enfouissement du regain
- Céréale à court cycle; enfouissement des pailles.

Pour ce dernier traitement, la céréale choisie est le mil "Souna" ou le sorgho hâtif à Louga et Banbey, le maïs à Sinthiou-Malène et Séfa. L'enfouissement est réalisé après récolte des grains. Il y a donc, en comparaison avec le témoin, quatre modalités de réalisation de fumure verte (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.

A 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 nil 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-October. 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 matériel 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 parfois plus efficace et la conservation de l'humidité en profondeur, supérieure.

L'influence comparée, sur les rendements des cultures suivantes, de ces deux systèmes de labours d'enfouissement : pailles ou matière verte, est illustrée par les chiffres des tableaux IV-102, IV-103 et IV-104 en annexe qui concernent respectivement, les effets directs, les effets résiduels de première année et les effets résiduels de deuxième année. Toutes les données proviennent exclusivement des essais "Régénération du profil" (69,74).

Les données du tableau IV-102 concernant les effets directs, ont été résumés dans le tableau ci-dessous.

On constate que les résultats sont assez voisins pour les deux types de labours; les différences ne sont pas systématiques et, suivant les cultures, les localisations et les années sont en faveur tantôt de l'un, tantôt de l'autre type. Cependant, pour le maïs on note une supériorité assez nette de la fumure verte qui se manifeste quatre fois sur cinq, dont deux fois de façon statistiquement significative.

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, peut-être d'ordre sanitaire. Quoiqu'il en soit, par rapport au témoin non travaillé, il y a malgré tout un effet positif, parfois très important.

Tableau n° IV-46

Influence comparée des labours d'enfouissement de matière verte et de pailles dans leurs effets directs sur les rendements des cultures

Culture	Localisation	Nombre d'années de comparaison	Rendements moyens kg/ha			Rapport C/A %
			Témoin A	Fumure verte B	Pailles C	
Arachide (Gousses)	Banbey Dior Séfa	2	1278	1252	1049	84
		2	2966	2786	2973	106
Mil (Grains)	Banbey Dior	2	1103	1179	1058	90
Sorgho (Grains)	Sinthiou	1	1441	2048	2147	105
Maïs (Grains)	Séfa	3	1181	2421	2320	96
	Sinthiou	2	2946	4134	3481	84

En ce qui concerne les effets résiduels de première et de deuxième année, les conclusions qui se dégagent de l'examen des tableaux IV-103 et IV-104 sont à peu près les mêmes : peu de différences d'action, sur la production en grains ou gousses, entre les deux types de labours; résultats variables suivant les années, les cultures et les emplacements. On note seulement en effet résiduel de première année une différence significative en faveur de la fumure verte sur un nil venant après maïs à Séfa.

Sur le développement végétatif des cultures, traduit par le poids de pailles, on ne note pas non plus de différences systématiques entre enfouissement de pailles et fumure verte.

352 12 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 implantés 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, on aboutit à des résultats exploitables.

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

352 121 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 celle 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 (remontées d'éléments minéraux); par contre l'action structurante des racines sur le sol paraît beaucoup plus faible que celle des racines des graminées.

D'un 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.

Dans un premier essai implanté à M'Pesoba (Mali) en 1952 (94) deux Crotalaires : *C. juncea*, *C. retusa*, et le pois d'Angol (*Cajanus indicus*) sont comparés au nil utilisé comme engrais vert. Le témoin est constitué par la jachère brûlée. La comparaison est faite dans 4 rotations différentes (2 triennales, 2 biennales) et la culture succédant à l'engrais vert est soit l'arachide, soit le sorgho. Dans 3 essais sur 4, des plus values significatives sont enregistrées après engrais vert mais l'influence de la plante engrais vert n'apparaît pas nettement puisque c'est tantôt le nil, tantôt les crotalaires qui arrivent en tête quelle que soit la culture test qui suit (sorgho ou arachide).

Par la suite quelques autres essais du même type furent mis en place et au Sénégal. Les résultats en sont présentés dans le tableau n° IV-104bis, en annexe. La légumineuse choisie est habituellement une crotalaire, le plus souvent *Crotalaria juncea*. Mais certains essais font intervenir également : *Cajanus indicus*, *Mucuna sp.*, *Stylosanthes gracilis* et *Stylosanthes erecta*.

La culture test qui a suivi l'enfouissement a toujours été une arachide, sauf dans l'essai de Farako Ba (29) où ce fut un sorgho. Or c'est précisément dans cet unique essai qu'on observe une différence d'action significative sur la légumineuse (crotalaire) par rapport à la jachère (1).

Dans les autres essais, on observe assez souvent une supériorité des deux engrais verts par rapport à la jachère enfouie, mais pas de différence sensible entre l'engrais vert céréale et l'engrais vert légumineuse.

D'autres essais menés tant à Bamboey qu'à Séfa, mais dont les résultats sont incomplets, confirment l'absence de supériorité nette 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 légumineuse :

- 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 constituent 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.

(1) Le traitement crotalaire est également significativement supérieur au traitement *Stylosanthes*, mais les réalisateurs de l'essai notent que le développement de cette dernière plante avait été très médiocre.-

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.

Il serait certainement intéressant de réexaminer maintenant cette question en faisant appel à des légumineuses fixatrices d'azote (nouvelles plantes introduites ou ensemencement de *Rhizobium*) et en testant l'engrais vert légumineuse non plus par une arachide mais par une céréale.

352 122 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.

À ce sujet, les nombreuses observations faites tant en essais qu'en grande culture permettent de noter 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 éclaircissage. 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 de 9 t/ha et 15 t/ha;

- 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 Sôfa les chiffres sont sensiblement plus élevés jusqu'à 3,3 t/ha pour le nil, et 7,7 t/ha pour la jachère (production de 8 à 10 t) (75). Dans de bonnes conditions l'enracinement de la jachère peut donc être très important et presque équivaloir, en poids, 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 nil engrais vert semé à la volée. Elle est moins homogène dans le cas du nil 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 de l'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.

Il importe de voir si cette différence ne se marque pas sur les rendements des cultures. Pour cela, on a rassemblé dans les tableaux IV-105, IV-106 et IV-107 en annexe, les résultats concernant les influences comparées de la jachère enfouie et du nil ou sorgho engrais vert sur les rendements des première, deuxième et troisième cultures succédant à la sole de régénération. Ces résultats sont extraits de 19 essais pluriannuels (17 au Sénégal et 2 au Niger) autorisant cette comparaison.

Il sera fait également mention des données de deux essais implantés par l'IRHO au Sénégal.

L'examen des tableaux 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 donnent qu'une idée très imprécise de cette variation.

On peut cependant tenter d'effectuer un bilan pour les différentes cultures de la rotation.

Pour la première culture succédant la sole de régénération, ou culture-test, les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-47

Tableau résumé des influences comparées de la jachère et du nil ou sorgho engrais vert sur les rendements de la culture-test

Nature de la culture-test	Nbre de résultats annuels		Rendements moyens kg/ha après		Rendements indiciaires	
	Totaux	Favorables à E. V.	Jachère enfouie	Engrais vert	Jachère enfouie	Engrais vert
Arachide	36	22	1737	1802	100	104
M i l	4	3	1110	1174	100	106
Sorgho	2	0	1401	1162	100	83
M a ï s	5	2	3114	3098	100	99

On note que les résultats sont très voisins pour l'arachide, le nil et le maïs. Il n'y a d'ailleurs, sur un ensemble d'une cinquantaine de résultats, que 4 d'entre eux présentant des différences statistiquement significatives : deux sont à l'avantage de l'engrais vert et deux de la jachère.

Pour le sorgho, par contre, l'enfouissement de jachère paraît être nettement préférable à celui de l'engrais vert. Ceci peut s'expliquer par le fait que, dans ces essais, la plante choisie comme engrais vert a été le sorgho. On aboutit ainsi à la succession sorgho sur sorgho dont le médiocre intérêt agronomique, sur sol à dominante sableuse, a été montré par ailleurs (III, 422 2).

On retrouve cet effet dépressif, sur sorgho, de l'engrais vert par rapport à la jachère enfouie, dans un essai implanté par l'IRHO à Darou (1). En moyenne sur 7 ans le sorgho derrière engrais vert a un rendement de 857 kg/ha contre 981 kg/ha derrière jachère enfouie, soit 87% de valeur relative. L'engrais vert est inférieur à la jachère 4 fois sur 7. Dans cet essai, on a utilisé, les dernières années, le sorgho comme engrais vert et l'on pourrait être tenté de voir, dans la succession sorgho-sorgho, la raison de l'effet dépressif de l'engrais vert par rapport à la jachère enfouie.

(1) Essai Jachère-Engrais vert 1ter sur sol hydromorphe.

En fait, cette hypothèse ne peut être retenue car l'examen détaillé de l'évolution des rendements montre que l'engrais vert devient nettement supérieur à la jachère enfouie à partir de 1965, date à laquelle les modalités d'enfouissement de l'engrais vert ont été modifiées (1). Il ne s'agit probablement pas là d'une simple coïncidence.

Un autre essai, implanté également à Darou (2), ne montre pas, sur arachide, de différence d'action entre engrais vert et jachère enfouie.

Pour les deuxième et troisième cultures de la rotation, les résultats sont résumés dans les tableaux ci-contre (IV-48 et IV-49). Comme on le voit, les résultats des deux techniques sont très voisins. Il n'y a d'ailleurs que deux cas, sur une cinquantaine, où les différences soient statistiquement significatives. On notera cependant l'effet légèrement dépressif de l'engrais vert par rapport à la jachère sur les deuxième et troisième cultures de la succession ; arachide-sorgho-arachide. Ce phénomène se retrouve dans un essai implanté à Darou par l'IRHO et précédemment mentionné (2) : sur le sorgho venant en deuxième culture de la rotation le rendement après jachère enfouie est de 595 kg/ha contre 460 kg/ha seulement pour l'engrais vert ; la différence est ici significative. Les autres résultats de l'IRHO à Darou ne montrent pas de différences entre jachère et engrais vert dans leurs effets résiduels sur les deuxième et troisième cultures.

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 nil 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 nil ; dans ces conditions, il n'ya 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).

(1) Cf. IV, 312 2 et IV, 322 36
 (2) Essai Couverture-Jachère-Engrais vert.

Tableau n° IV-48

Résumé des effets résiduels comparés de l'enfouissement de jachère et de nil ou sorgho engrais vert sur les rendements de la 2ème culture de la rotation

Nature de la culture	Précédent cultural	Nbre de résultats annuels		Rendements notyens kg/ha après		Rendements indiciaires	
		Totaux	Favorables à E. V.	Jachère enfouie	Engrais vert	Jachère enfouie	Engrais vert
M i l	Arachide	16	10	1209	1212	100	100
	M a ï s	2	1	2246	2179	100	97
Sorgho	Arachide	11	4	1966	1791	100	91
	Sorgho	1	1	2217	2520	100	114
	M a ï s	1	0	2987	2883	100	97
R i z	Arachide	2	1	1420	1523	100	107
Arachide	M i l	2	2	1684	1743	100	103

Tableau n° IV-49

Résumé des effets résiduels comparés de l'enfouissement de jachère et de nil ou sorgho engrais vert sur les rendements de la 3è culture de la rotation : l'arachide

Nature de la culture	Précédent cultural	Nbre de résultats annuels		Rendements notyens kg/ha après		Rendements indiciaires	
		Totaux	Favorables à E. V.	Jachère enfouie	Engrais vert	Jachère enfouie	Engrais vert
Arachide	Mil	11	8	1701	1722	100	107
	Sorgho	7	2	1483	1303	100	88
	R i z	2	2	2595	2755	200	106
M a ï s	M i l	1	0	1973	1849	100	94
Sorgho	Sorgho	1	1	2642	2650	100	100
Ensemble	(Moyennes pondérées)	21	13	1726	1687	100	98

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 supplémentaires 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 nil engrais vert lorsque la jachère est bien fournie. Par ailleurs la jachère enfouie a la réputation de salir le terrain l'année suivante et de nécessiter des travaux de sarco-binages considérablement plus importants qu'après nil engrais vert. Cette réputation est partiellement fondée mais elle peut être due aussi, dans beaucoup de cas, au fait que le labour d'enfouissement est plus difficile à réaliser sur jachère : les retournements incomplets et les labours insuffisamment fermés facilitent la reprise de l'herbe.

On voit donc que, même sur le plan pratique, les avantages et inconvénients respectifs des deux techniques paraissent se contrebalancer. En culture à caractère nettement intensif, on donnera la préférence au nil engrais vert; par contre, pour amorcer la vulgarisation des labours d'enfouissement en milieu traditionnel, il sera sans doute plus commode de commencer par la 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 nil et du sorgho. C'est qu'en fait il n'y a pas d'essais permettant la comparaison entre ces deux plantes; bien souvent elles ont été employées indifféremment dans les mêmes essais: une année l'engrais était constitué par du sorgho, l'année suivante par du nil. Des tests de comportement ont cependant eu lieu en grande culture et ont montré qu'il y avait peu de différence entre ces plantes quant à leur utilisation en engrais vert. Le choix entre les deux sera essentiellement fonction des considérations écologiques : on donnera la préférence au nil sur terre sableuse et sous pluvionétrie faible et peu étalée, au sorgho sur terres lourdes et pluvionétrie plus abondante et mieux répartie.

Cependant les résultats mentionnés plus haut amènent à nuancer cette opinion : il paraît préférable d'éviter le retour trop fréquent du sorgho sur le même terrain. Dans le cas où le sorgho intervient dans la rotation, il vaut donc mieux utiliser le mil à la place du sorgho comme engrais vert.

Sur le plan pratique, 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. Par contre, les repousses après enfouissement sont plus fréquentes et plus importantes dans le cas du sorgho.

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

Cette plante associe en effet plusieurs caractéristiques intéressantes :

- Hauteur de végétation régulière, ne dépassant pas 1m, 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 le 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 dénarrait assez mal, qu'elle était très sensible à la nature du terrain (hétérogénéité) et qu'elle était très salissante.

352 1 Durée de la sole de régénération

L'un 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 vieilles cultures, 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 en 1952 et 1956 (3 sur les stations IRAT, 3 sur les stations IRHO) et sont de types assez divers. Il est malaisé de présenter leurs résultats sous une forme synthétique. Nous avons pourtant tenté de le faire en ayant recours à deux tableaux distincts.

Dans le tableau n° IV-50, sont comparés les rendements des cultures de la rotation après une durée variable de la sole de régénération (fumure verte). Les rendements de base (indice 100) concernent la durée de la régénération la plus faible (1 ou 2 ans suivant le cas). Tous les essais figurant dans ce tableau sont des essais en série, où toutes les phases de la rotation sont représentées chaque année. Ce mode de comparaison ne serait pas possible autrement.

Dans le tableau n° IV-51, la comparaison porte sur l'enfouissement et le brûlis, en fonction de la durée de la sole de régénération : pour chaque durée étudiée, le rendement de la culture après brûlis a été affecté de l'indice 100; il y a donc un indice différent par rotation, ce qui permet de juger si l'effet de l'enfouissement augmente ou non, en valeur relative, quand la durée de la sole de régénération augmente. On a fait figurer, à titre indicatif, la valeur des rendements moyens après jachère brûlée pour donner une idée de la réussite des cultures; mais il ne s'agit pas là du rendement de base correspondant à l'indice 100, puisque celui-ci varie avec chaque rotation. Ce mode d'expression a permis d'inclure dans le tableau, outre les essais précédents, deux autres essais qui ne sont pas des essais en série.

Il y a lieu de faire ici une distinction entre engrais vert et jachère enfouie : dans le premier cas les labours d'enfouissement sont exécutés tous les ans; pour la jachère, au contraire, il n'y a qu'un labour d'enfouissement précédant la mise en culture.

De l'examen du tableau n° IV-50 ne se dégage pas une 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 le rendement. Les chiffres du tableau n° IV-51 ne traduisent pas non plus un 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.

INFLUENCE DE LA DUREE DE LA SOLE DE REGENERATION, JACHERE ENFOUIE OU ENGRAIS VERT SUR
LES RENDEMENTS DES CULTURES SUIVANTES

LIEU	DESIGNATION DE L'ESSAI	NOMBRE DE TRAITEMENTS COMPORTANT		CULTURE		ANNEES DE COMPARAISON		RENDEMENT DU TEMOIN kg/ha	RENDEMENTS INDICIAIRES EN FONCTION DE LA DUREE DE LA REGENERATION				SOURCE
		Jach. enfouie	Engrais vert	Position après régén.	Nature	Epoque	Nombre		1 an	2 ans	3 ans	6 ans	
Darou	Jachère 1bis	3	0	1	Δ	1959.66	8	2290	-	100	103	106	IRHO (45)
				2	S	1960.66	7	1270	-	100	99	103	
				3	Δ	1961.66	6	1995	-	100	96	101	
Darou	Jachère-Engrais vert Sol hydromorphe	1	5	1	S	1961.66	6	795	100	120	-	-	IRHO (47)
				2	Δ	1962.66	5	2412	100	105	-	-	
				3	S	1963.66	4	713	100	90	-	98	
Séfa	Rotation F1	0	2	1	Δ	1956.59	4	?	100	-	98	WERTS (102)	
Darou	Longueur optimum de la jachère Sol hydromorphe	3	0	1	Δ	1965.66	2	2242	-	100	112	79	IRHO (48)
				2	S	1965.66	2	635	-	100	98	102	
				3	Δ	1965.66	2	1505	-	100	105	124	

T A B L E A U N° IV-51

COMPARAISON DE L'ENFOUISSEMENT DE MATIERE VERTE ET DU BRULIS EN FONCTION DE LA DUREE
DE REGENERATION

LIEU	DESIGNATION DE L'ESSAI	NOMBRE DE TRAITEMENTS COMPORTANT		CULTURE		ANNEES DE COMPARAISON		RENDEMENTS MOYENS DES TRAI- JACHERES BRULEES kg/ha	RAPPORT DES RENDEMENTS APRES ENFOUIS. ET JACHERE BRULEE EN FONCTION DE LA DUREE DE REGEN.				SOURCE
		Jach. brûlée	Jach. enfouie	Position après rég.	Nature	Epoque	Nombre		1 an	2 ans	3 ans	6 ans	
Darou	Jachère 1bis	3	3	1	Δ	1959.66	8	2238	-	107	104	105	(45)
				2	S	1960.66	7	1037	-	127	120	109	
				3	Δ	1961.66	6	2000	-	98	97	96	
Darou	Jachère-Engrais vert Sol hydromorphe	2	4	1	S	1962.66	5	1031	78	85	-	-	(47)
				2	Δ	1963.66	4	2460	57	116	-	-	
Séfa	Rotation F1	2	2	1	Δ	1956.59	4	?	109	109	-	-	(102)
Banbey	Jachère-Engrais vert	2	6	1	Δ	1955.58	1	2002	113	-	90	-	(37)
Séfa	Jachère-Engrais vert	2	6	1	Δ	1956.58	-	2607	115	-	103	-	(101)
				2	Riz	1957.59	1	1327	100	-	132	-	
				3	Δ	1958.60	1	2515	113	-	101	-	
Darou	Longueur optimum de jachère Sol hydromorphe	3	3	1	Δ	1965.66	2	2227	-	109	107	79	(48)
				2	S	1965.66	2	662	-	119	129	98	
				3	Δ	1965.66	2	1735	-	90	117	88	

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 macrostructure) et, accessoirement, une action à long terme (augmentation du taux de matière organique et amélioration de la microstructure).

352 3 Quantité de matière végétale enfouie

Cette question a été étudiée pour la fumure verte mais non pour les labours d'enfouissement de pailles.

A l'époque où les enfouissements de matière verte 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 apparaissant 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. On a vu (IV, 321 11) que l'on pouvait 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 biologique 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". Plus encore que sur le degré de développement de la structure au cours de la première année, la quantité de matière végétale enfouie semble influencer sur la conservation de cette structure au cours des années suivantes.

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, divers essais installés au Sénégal permettent de mesurer l'influence, sur les rendements des cultures, des quantités de matière verte enfouie. Malheureusement, dans tous ces essais la culture-test a été l'arachide; or on a vu précédemment (IV, 322-36) qu'elle réagissait moins bien aux labours d'enfouissement qu'aux labours de préparation sur sol nu, ce qui n'est pas le cas des autres cultures. Les conclusions que l'on pourra tirer de ces essais auront de ce fait une portée limitée. Il serait nécessaire de les reprendre ultérieurement en substituant à l'arachide, comme culture-test en début de rotation, une céréale.

Quelques observations intéressantes peuvent néanmoins, dès maintenant, être faites. Plusieurs objets ont été mis en comparaison sur ces essais :

- Sol maintenu nu pendant l'hivernage et labouré en fin de saison, avec ou sans apport de matière verte

- Labour d'engrais vert normal opposé à un engrais vert fauché à ras du sol avant labour et dont les produits de la fauche sont exportés

- Engrais vert normal opposé à engrais vert avec apports supplémentaires de matière verte.

352 31 Influence d'apport de matière verte sur sol nu

Les essais "Structure-Humus" mis en place par POULAIN et MARA (81) à Thiénaaba et Boulel, comportant, entre autres, les deux traitements suivants :

- Sol maintenu nu pendant l'hivernage; labour en fin de saison des pluies

- Sol maintenu nu pendant l'hivernage; avant labour : apport de matière verte en quantité équivalente à celle produite par un engrais vert normal (dans le même essai).

La rotation suivie est dans les deux cas la rotation : arachide-Céréale (Mil ou Sorgho)-Arachide. Les essais, implantés en 1961, ont été modifiés après une première rotation pour être mis en série.

Les résultats complets des essais figurent dans le tableau n° IV-108 en annexe. Les valeurs moyennes ont été rassemblées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-52

Influence, sur les rendements des cultures, d'un apport de matière verte avant labour sur sol nu

Position de la culture	Nature de la culture	Localisation	Période de comparaison	Nombre de récoltes annuels	Gousses ou grain kg/ha			Pailles kg/ha		
					Sol nu	Sol nu + M. V.	Rapport individuelle	Sol nu	Sol nu+MV	Rapport individuelle
Première	Arachide	Thiémaba Boulel	1963-69	5	950	1065	112	1564	1765	113
			1962-69	6	1532	1637	107	2235	2606	117
Deuxième	Mil	Thiémaba Boulel	1964-69	2	964	1051	109	1735	1607	93
			1963	2	1298	1380	106	7250	7400	102
	Sorgho	Boulel	1967-69	3	1415	1838	130	6034	7571	125
Troisième	Arachide	Thiémaba Boulel	1965-69	3	875	778	89	1115	1264	113
			1964-69	4	1413	1547	109	1148	1459	127

L'apport de matière verte sur sol nu a presque toujours un effet favorable sur les rendements en grains, gousses ou pailles. L'arachide ayant été choisie comme culture-test, il n'y a pas lieu de s'étonner de la relative modicité des effets tout au long de la rotation. On peut cependant déceler un effet résiduel assez important sur le sorgho de deuxième culture à Boulel.

On a procédé également sur ces essais, au cours de la première rotation, à la recherche de corrélations entre les quantités de matière verte enfouies sur les parcelles 4 (traitement : sol nu + labour avec incorporation de matière verte) des différents blocs. Sur chaque bloc, la quantité enfouie correspond à la quantité produite sur la parcelle "engrais vert normal" du même bloc. La démarche entreprise n'est donc pas exempte de critique puisque les deux variables ne sont pas entièrement indépendantes et qu'il existe entre elles une certaine liaison (fertilité de chaque bloc). Malgré tout, cette liaison ne paraît pas suffisante pour enlever toute signification aux résultats obtenus. Les recherches ont porté à la fois sur les récoltes (grains ou gousses) et sur les pailles. Les coefficients de corrélation obtenus, avec leur degré de signification, figurent dans le tableau n° IV-53.

Tableau n° IV-55

Valeur des coefficients de corrélation entre quantité de matière verte enfouie sur sol nu et production des cultures de la rotation

Culture	Localisation	Grains ou Gousses			Pailles		
		Sans engrais	Avec engrais	Moyenne	Sans engrais	Avec engrais	Moyenne
1ère culture Arachide	Thiécnaba	0,940 ⁺⁺	0,750 ⁺⁺	0,890 ⁺⁺	0,593	0,872 ⁺⁺	0,825 ⁺⁺
	Boulel	0,267	-0,210	-0,044	-	-	-
2ème culture Mil	Thiécnaba	-	-	-	0,447	0,801 ⁺	0,756 ⁺
	Boulel	0,524	-0,028	0,338	-	-	0,293
3ème culture Arachide	Thiécnaba	0,970 ⁺⁺	0,770 ⁺⁺	0,930 ⁺⁺	0,685	0,837 ⁺⁺	0,813 ⁺⁺
	Boulel	-	-	0,059	0,711 ⁺	-0,075	0,246

Comme on le voit, il n'existe à Boulel aucune corrélation significative entre quantité de matière verte enfouie sur sol nu et rendements des cultures suivantes, sauf en ce qui concerne les pailles de la deuxième arachide sans engrais. A Thiécnaba, au contraire, il existe toujours une forte liaison entre les deux variables. Il semble donc, dans ce cas, y avoir une forte influence de la quantité de matière enfouie sur la production en grains et pailles des arachides et du mil de la rotation. On notera que pour les productions en gousses et grains, la corrélation est toujours plus forte pour les traitements sans engrais, ce qui ferait penser à une influence de l'apport minéral de la fumure verte. Mais ceci ne s'observe pas sur le développement végétatif (production en pailles).

A Darou, dans un essai comportant sensiblement les mêmes traitements qu'ci-dessus, l'IRHO (46) ne trouve pas d'influence de la matière verte. Là encore, il est possible que les conditions d'enfouissement en soient la cause.

352 32 Influence de la matière verte dans le cas d'un engrais vert

On opposera ici, à un engrais vert normal, un engrais vert fauché à ras du sol juste avant labour et dont les produits de la fauche sont exportés. Il y a donc, dans ce cas, enfouissement du seul plateau de tallage.

Outre les essais "Structure-Humus" déjà mentionnés, d'autres essais mis en place à Boulel par POULAIN et HARA (8384), permettent cette comparaison. Il s'agit des essais : "Régénération x Phosphates" et "Doses phosphore x Soufre". Les résultats complets de ces essais, pour les traitements qui nous intéressent, figurent dans le tableau IV-109 en annexe.

Les valeurs moyennes pondérées, obtenues sur l'ensemble de ces essais, figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-54

Influence de la matière verte enfouie dans le cas d'un engrais vert, sur les rendements des cultures de la rotation

Position de la culture	Nature de la culture	Localisation	Nombre de résultats annuels	Grains ou Gousses kg/ha			Pailles kg/ha		
				Labour avec racines seules	Labour avec plante entière	Rapport indiciaire	Labour avec racines seules	Labour avec plante entière	Rapport indiciaire
1ère culture	Arachide	Thiénaba Boulel	5	1253	1418	113	1556	2113	136
			12	1770	1800	102	2387	2480	104
2ème culture	Mil	Thiénaba Boulel	2	946	1084	115	1515	1884	124
			2	1259	1335	106	6900	7200	104
	Sorgho	Boulel	9	2178	1858	85	6618	6668	101
3ème culture	Arachide	Thiénaba Boulel	3	949	1180	124	1416	1450	102
			10	1440	1455	101	1283	1260	98

Il apparaît que l'enfouissement de l'appareil végétatif du mil ou sorgho engrais vert se traduit presque toujours par une plus valeur de rendement sur les cultures suivantes par rapport au labour avec enfouissement minimum (plateau de tallage). Cette plus valeur est surtout sensible à Thiénaba. A Boulel les traitements sont pratiquement équivalents; on peut même noter sur le sorgho de deuxième culture un effet résiduel dépressif, sur la production en grain, de l'enfouissement de matière verte.

A Darou, dans l'essai mentionné plus haut (46), l'IRHO observe également une légère plus valeur sur toutes les cultures de la rotation après enfouissement de matière verte; elle est de l'ordre de 200 kg/ha en moyenne pour la première arachide de la rotation.

352 33 Influence d'apports supplémentaires de matière verte dans le cas des engrais verts.

Dans les essais "Structure-Humus" (81) il existe un traitement comportant un apport supplémentaire de matière verte sur un engrais vert de telle sorte que le total : matière verte produite sur place + matière verte apportée, soit le double de la quantité de matière verte obtenue sur les traitements engrais vert normal. La comparaison a été faite entre ces deux traitements. Les résultats détaillés figurent dans le tableau IV-108 en annexe. Les valeurs moyennes sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-55

Influence sur les rendements des cultures de la rotation d'un apport supplémentaire de matière verte sur engrais vert

Position de la culture	Nature de la culture	Locali- sation	Nombre de ré- sultats annuels	Grains ou Gousses kg/ha			Pailles kg/ha		
				E. V. normal	E. V.+ M. V.	Rapport indi- ciaire	E. V. normal	E. V.+ M. V.	Rapport indi- ciaire
1ère culture	Arachide	Thiénaba	5	1418	1251	88	2113	2231	106
		Boulel	6	1739	1731	100	2394	3019	126
2ème culture	Mil	Thiénaba	2	1084	1210	112	1884	1414	75
		Boulel	2	1335	1469	110	7200	7700	107
	Sorgho	Boulel	3	1494	1979	132	5898	7329	124
3ème culture	Arachide	Thiénaba	3	1180	947	80	1450	1420	98
		Boulel	4	1606	1642	102	1362	1384	102

Les résultats sont ici plus variables et les réactions des cultures sont différentes suivant les emplacements. A Thiénaba l'apport supplémentaire de matière verte est dépressif sur la production en gousses des deux arachides, alors qu'il provoque une augmentation de rendement en grains du mil. A Boulel, par contre, on n'observe aucun effet dépressif; les plus values sont surtout importantes sur le sorgho venant en deuxième culture.

Des interprétations statistiques ont été faites sur ces essais pour la première rotation (1961-65).

En 1963, à Boulel, en deuxième année de culture on obtient sur mil grain un contraste orthogonal significatif ($P 0,05$) en faveur du supplément de matière verte; ce contraste est obtenu dans la proportion de 84% sans engrais et 16% avec engrais.

Au même lieu et la même année, le contraste orthogonal opposant engrais vert normal et engrais vert avec supplément de matière verte d'une part à l'engrais vert coupé exporté et labouré d'autre part se révèle significatif ($P 0,01$); cette fois le contraste est obtenu dans la proportion de 25% sans engrais et 77% avec engrais, ce qui laisse supposer que l'apport minéral de la matière verte n'intervient que secondairement dans l'augmentation de rendement.

Au cours de la première rotation on a cherché, par ailleurs, pour les traitements avec apport supplémentaire de matière verte enfouie à voir s'il existait des liaisons entre les tonnages de matière verte enfouie et les productions des cultures. Puisque la matière verte enfouie provient en partie de l'extérieur, le facteur fertilité du sol est ici en grande partie éliminé et l'on peut estimer que les variables "tonnages de matière verte" et "productions" sont indépendantes.

Les coefficients de corrélation ainsi obtenus figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-56

Valeurs des coefficients de corrélation entre quantités de matière verte enfouie sur engrais vert et production des cultures de la rotation

Culture	Localisation	Grains ou Gousses			P a i l l e s		
		Sans engrais	Avec engrais	Moyenne	Sans engrais	Avec engrais	Moyenne
1ère cult. Arachide	Thiénaba	0,780 ⁺	0,057	0,640	0,807 ⁺	0,661	0,795 ⁺
	Boulel	-	-	0,070	-	-	-
2ème cult. M i l	Thiénaba	-	-	-	0,952 ⁺⁺	0,564	0,688
	Boulel	-	-	0,691	-	-	0,689
3ème cult. Arachide	Thiénaba	0,880 ⁺⁺	0,470	0,840 ⁺⁺	0,352	0,710 ⁺	0,743 ⁺
	Boulel	-	-	0,267	-	-	0,257

De même que dans le cas du sol nu, il n'y a pas de liaison, à Boulel, entre quantité de matière verte enfouie et production des cultures suivantes. Cette liaison existe à Thiénaba, mais uniquement pour les traitements sans engrais. L'apport minéral de la matière verte jouerait donc, dans ces sols très pauvres chimiquement, un rôle prédominant. A 10 t/ha de matière verte enfouie correspond, pour les traitements sans engrais, une augmentation de rendement en gousses variant entre 422 et 494 kg/ha.

Sur un autre essai mis en place à Bamboey en 1960 par FAUCHE et NICOU (39) une corrélation positive et hautement significative a également été obtenue entre tonnage de matière verte enfouie, provenant pour une part de l'extérieur, et production de l'arachide de l'année suivante. A 10 t/ha de matière verte enfouie correspondait un supplément de production de 240 kg/ha de gousses ($r = 0,925++$). La liaison était obtenue en l'absence d'engrais.

Par contre, sur un essai analogue, mais faisant intervenir jachère enfouie et non engrais vert, mis en place à Darou par l'IRHO (49), cette corrélation n'est apparue.

352 34 Conclusion sur l'aspect quantitatif de la matière verte enfouie dans son influence sur les rendements des cultures

D'après ce qui vient d'être vu, si, dans tous les cas, l'action propre du labour peut être considérée comme le facteur prédominant, la quantité de matière verte enfouie joue également un rôle non négligeable dans les augmentations de rendements observées. Le labour sans enfouissement de matière verte se montre habituellement supérieur au labour sans enfouissement qu'il s'agisse de sol nu ou de sol cultivé. Cette supériorité se fait sentir pendant les trois années de culture de la rotation. Dans le cas des engrais verts des apports supplémentaires de matière verte provoquent souvent de nouvelles augmentations de rendements, surtout sur céréale. Des corrélations ont été obtenues, dans certains cas, entre quantités de matière verte enfouie et rendements des céréales.

On peut certes estimer que les effets ne sont pas toujours réguliers ni très importants. Mais il faut se rappeler qu'ils ont été obtenus dans le cadre d'une succession : Arachide-Céréale-Arachide, peu propre à tirer parti des améliorations de structure du sol induites par l'enfouissement de matière verte. Les résultats seraient sans doute beaucoup plus nets avec une céréale en tête de rotation. Des expériences devraient être mises en place dans cette perspective.

352 4 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 enfouie et une évolution nette vers la lignification.

Pour une culture de nil effectuée en 1959 à Banbey, VIDAL (100) 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 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 des 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 paraît préférable de s'adresser à un matériau peu évolué. Divers travaux dont ceux de MONNIER (57) 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. Mais, d'autre part, les observations de profils culturaux ont montré que le développement de la macroporosité biologique et la persistance, dans le temps, de l'effet sur la structure, dans une certaine mesure, corrélatifs de la quantité de matière végétale enfouie, ce qui plaiderait en faveur de l'enfouissement global.

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 souflé 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 tenant de concilier les impératifs de l'amélioration du sol et le souci de contribuer à la nourriture du bétail.

Pour toutes ces raisons, CHARREAU et NICOU (14,18) ont proposé d'expérimenter les techniques suivantes :

- Fauche de la jachère ou de l'engrais vert dans 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 par NICOU (69) et NICOU, THIROUIN (74). Un autre essai portant sur les modalités pratiques du conditionnement de la matière verte avant enfouissement a également été réalisé à Séfa en 1965.(99).

Les enseignements fournis par ces essais intéressent :

- les conditions pratiques de réalisation et les productions de matière verte
- les effets de la fauche sur l'enracinement de la jachère ou de l'engrais vert
- les effets sur le sol
- les effets sur les rendements des cultures.

352 41 Conditions pratiques de réalisation et productions de matière verte

La fauche manuelle est une opération facile à exécuter au coupe-coupe sur nil 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 à 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 (99).

Les tonnages de matière verte obtenus après la fauche préalable figurent dans le tableau n° IV-110, en annexe. Ils sont comparés avec les tonnages produits par les jachères et engrais verts normaux. La comparaison aurait été plus rigoureuse avec la matière sèche car le taux d'humidité varie au cours du cycle végétatif (diminution constante); malheureusement les mesures d'humidité sont en nombre insuffisant. On constatera par ailleurs que les données ne sont pas complètes tous les ans.

L'examen de ces résultats montre, comme l'on pouvait s'y attendre, que ceux-ci sont très variables d'une saison à l'autre et d'une station à l'autre.

Les valeurs moyennes ont été regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-57

Comparaison des tonnages moyens à l'hectare de matière verte obtenus sur la jachère et engrais vert ayant subi ou non une fauche en Août

Localisation	Période de paraison	Nbre de résultats annuels (maxi- mun)	Jachère			Mil Engrais vert				
			Fauchée	Repousses	Total	Fauché	Repousses	Total		
Louga	1967-69	3	3.3	7.5	10.8	9.8	-	-	-	20.7
Banbey Dior	1964-69	3	12.2	7.1	19.3	12.8	8.0	6.7	14.7	16.1
Banbey Dek	1964-68	3	8.5	11.3	19.8	9.5	4.6	11.7	16.3	15.7
Sinthiou M.	1966-69	4	14.3	8.0	22.3	28.5	14.5	7.2	21.7	20.8
Séfa	1964-69	6	18.6	12.7	31.3	29.2	26.4	14.9	41.3	47.9

Les produits de la fauche du mois d'Août fournissent en moyenne, suivant les stations, entre 3 et 19 t/ha de matière verte pour la jachère ce qui représente entre 30 et 90% de la production d'une jachère fauchée fin Septembre.

Les tonnages sont un peu plus importants pour le nil engrais vert et vont en moyenne, de 5 à 26 t/ha, soit entre 30 et 70% de la production d'un engrais vert normal.

Les repousses après fauche de jachère et d'engrais vert varient entre 7 et 15 t/ha; elles représentent entre 30 et 70% de la production d'une jachère ou d'un engrais vert normal (1). Le total : produit de la fauche d'Août + repousses, équivaut à peu près au tonnage de fumure verte habituelle.

Les produits de la fauche du mois d'Août doivent être ensilés pour servir à la nourriture du bétail, la transformation en foin étant impossible 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.

352 42 Effets de la fauche sur l'enracinement de la jachère ou de l'engrais vert

Ces effets ont été étudiés par NICOU et THIROUIN (75) sur les essais "Régénération du Profil".

Après fauche réalisée au mois d'Août sur jachères et engrais verts, les produits de la fauche ont été, suivant les cas, exportés ou disposés en paillis sur le sol (mulch). Des mesures de densité d'occupation racinaire ont ensuite été effectuées fin Septembre, au moment des enfouissements, comparativement sur jachère et engrais verts ayant subi ou non une fauche au mois d'Août. Les résultats de ces mesures figurent dans le tableau n° IV-111 en annexe.

Comme on peut le voir, la fauche provoque, sur jachère, une nette diminution de l'enracinement dans la couche 0-20cm. En dessous (20-30cm) la diminution est moins sensible. Les densités d'occupation racinaire baissent de 10 à 50% suivant les situations, par rapport à la jachère non fauchée. Des différences significatives apparaissent à Banbey et surtout à Sinthiou Malène.

(1) Exception faite du cas de Banbey Dek en raison des résultats anormaux de l'année 1967.

A Séfa, la baisse est moins accentuée. Ceci peut s'expliquer par la différence de composition floristique des jachères. Celles-ci comprennent essentiellement à Séfa des espèces précoces qui meurent au début du mois de Septembre et ne sont remplacées que très lentement. La fauche réalisée peu avant, a donc peu d'influence sur l'enracinement (mesuré fin Septembre). A Bamboey et Sinthiou, au contraire, les jachères comportent beaucoup d'espèces dont l'époque de floraison coïncide avec celle de la fauche. Celle-ci provoque leur mort et l'enracinement disparaît. Elles sont remplacées par de nouvelles espèces tardives qui se développent alors beaucoup plus lentement sur les parcelles fauchées.

Sur nil engrais vert, la fauche provoque une baisse sensible de l'enracinement à Séfa, tandis qu'à Bamboey cette baisse est très peu accentuée. On observe même, dans ce dernier cas, une légère augmentation de la densité racinaire dans l'horizon 0-10cm : la fauche favorise le départ de nouvelles racines dans cet horizon, probablement par un nouveau tallage. A Séfa, la diminution de l'enracinement est observée sur tous les horizons. L'engrais vert étant semé à trois semaines plus tôt il est possible que la fauche intervienne à un stade de végétation du nil trop avancé pour que l'enracinement puisse repartir.

352 43 Effets sur le sol

L'enfouissement des repousses s'effectue sans 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 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 aient été observés. 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 des années suivantes montrent que les effets résiduels sur la structure sont souvent un peu moins nets que pour les enfouissements totaux de jachère ou d'engrais vert.

352 44 Effets sur les rendements des cultures

Les essais "Régénération du Profil" (69,74) permettent la comparaison entre engrais verts et jachères ayant subi ou non la fauche préalable du mois d'août dans leur influence sur les rendements des cultures de la rotation après labours d'enfouissement. Les résultats complets sont rassemblés dans les tableaux IV-112, IV-113, IV-114 en annexe. Dans ces tableaux il n'a pas été tenu compte pour les traitements ayant subi la fauche, de la destination des produits de cette fauche : exportation ou paillis sur le sol (mulching). Pour un même essai les deux modalités ont été successivement appliquées dans le temps, ce qui rend difficile la comparaison. Bien que les résultats disponibles soient encore peu nombreux, il semble qu'il n'y ait pas de grandes différences entre ces deux sous-traitements. Les résultats ultérieurs permettront de vérifier ce point de vue.

Comme on peut s'en rendre compte à l'examen du tableau IV-112 les résultats pour la première culture sont assez variables d'une année sur l'autre et d'une station à l'autre. Sur une centaine de résultats concernant grains, gousses ou pailles, les contrastes orthogonaux font apparaître seulement 5 différences significatives : 3 pour l'engrais vert, en faveur de la préfauche, 2 pour la jachère en faveur de l'enfouissement global.

Il ne semble pas y avoir, en tous cas, de variations systématiques suivant les emplacements. Aussi, a-t-on calculé des valeurs moyennes par culture. Ces valeurs moyennes, pour la première culture succédant à la sole de régénération figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-58

Influence de la pré-fauche de l'engrais vert et de la jachère sur les rendements de la première culture de la rotation - Valeurs moyennes

Nature de la culture	Grains Gousses ou pailles	Nbre de résultats annuels	Rendements kg/ha après engrais vert			Rendements kg/ha après jachère		
			Normal	Pré-fauché	Indice	Normale	Pré-fauchée	Indice
Arachide	Gousses	5	1852	1782	97	1914	1878	98
	Pailles	4	2986	2827	95	3122	2517	81
M i l	Grains	4	1108	1283	116	1122	1136	101
	Pailles	2	8200	8200	100	8200	8250	101
Sorgho	Grains	2	1080	1245	115	1388	1415	102
	Pailles	2	8230	9510	115	10975	11250	103
M a ï s	Grains	5	3074	3123	102	3074	3155	103
	Pailles	2	4320	4385	102	4495	5030	112

Les rendements de la première culture paraissent, dans l'ensemble, peu influencés par la pratique de la préfauche de la jachère ou de l'engrais vert : celle-ci s'avère légèrement inférieur à l'enfouissement global pour l'arachide, alors que c'est l'inverse pour les céréales.

Pour les deuxième et troisième cultures de la rotation, l'examen des tableaux IV-113 et IV-114 montre également qu'il n'y a pas de variations systématiques suivant les emplacements ni suivant les successions culturales. On a donc procédé comme pour la première culture en utilisant des valeurs moyennes, par culture. La troisième culture de la rotation se trouve être, dans tous les cas, l'arachide. Les valeurs moyennes figurent dans les tableaux ci-dessous.

Tableau n° IV-59

Influence de la pré-fauche de l'engrais vert et de la jachère sur les rendements de la deuxième culture de la rotation - Valeurs moyennes

Nature de la culture	Grains Gousses ou Pailles	Nbre de résultats annuels	Rendements kg/ha après engrais vert			Rendements kg/ha après jachère		
			Normal	Pré-fauché	Indice	Normale	Pré-fauchée	Indice
Arachide	Gousses	3	1538	1464	95	1448	1510	104
	Pailles	3	2944	3160	107	2722	2586	95
Mil	Grains	7	1818	1893	104	1917	1868	97
	Pailles	1	3383	3635	107	2946	3096	105
Sorgho	Grains	3	2189	2318	106	2542	2382	94
	Pailles	2	10750	9900	92	10150	8950	88
*								

Tableau n° IV-60

Influence de la pré-fauche de l'engrais vert et de la jachère sur les rendements de 3^e culture de la rotation: l'arachide-Valeurs moyennes

Gousses ou Pailles	Nbre de résultats annuels	Rendements kg/ha après engrais vert			Rendements kg/ha après jachère		
		Normal	Pré-fauché	Indice	Normale	Pré-fauchée	Indice
Gousses	7	1671	1642	98	1730	1670	97
Pailles	7	2853	2739	96	2972	2773	93

Là encore on ne trouve pas de différences importantes entre enfouissement global ou partiel. Les résultats sont assez variables pour la deuxième culture. Sur l'arachide venant en troisième position dans la rotation, on retrouve un effet très légèrement dépressif de l'engrais vert ou de la jachère préfauchée.

352 45 Conclusion sur le conditionnement de la matière verte avant enfouissement

Au vu de cet ensemble de résultats, on peut donc estimer 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.

352 5 Modalités pratiques de réalisation des labours d'enfouissement

Les labours d'enfouissement de pailles ne posent pas de problèmes particuliers de réalisation; ils sont simplement facilités lorsque la paille est rabattue sur le sol avant retournement, soit manuellement, soit par un rabatteur-convoyeur.

Par contre quelques problèmes se posent pour l'enfouissement en fin de saison, d'un engrais vert ou d'une jachère. Ces problèmes pratiques ont été étudiés par LONNIER (58) et LE MOIGNE (55) dont nous résumons ici les conclusions.

Le labour d'enfouissement de matière verte ne demande pas, en moyenne, des forces de traction beaucoup plus élevées que le labour sur sol nu. 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 verte ne semble pas, par lui-même, influencer beaucoup sur l'effort de traction; les relevés dynamométriques n'ont pas révélé de différences significatives entre les traitements différant par le tonnage de matière verte, celui-ci variant de 9 à 30 t/ha et pouvant même atteindre localement 60 t/ha. 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. L'optimum paraît se situer autour de 40 t/ha.

La hauteur du végétal à enfouir joue un rôle important. Les meilleurs enfouissements sont réalisés avec des plantes d'une hauteur assez uniforme et ne dépassant pas 1m. Ceci est le cas pour les jachères, les sorghos nains et 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 cependant 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 pré-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 racinaire 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 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 bien connue.

Les possibilités d'amélioration du matériel de culture pour faciliter l'enfouissement ont été examinées plus haut (IV, 351 1). On a vu que des possibilités existaient dans ce domaine; qu'il serait intéressant d'utiliser des charrues plus lourdes que celles actuellement vulgarisées en culture attelée, de gabarit plus important, avec un âge plus long, permettant un maniement plus facile. L'intérêt de l'adaptation, à la charrue, d'un rabatteur-convoyeur, a également été souligné.

Les problèmes des temps de travaux et prix de revient ont été principalement étudiés par MONNIER (58). D'après cet auteur, un enfouissement aux boeufs exige 30 à 40 heures de travail à l'hectare en moyenne, soit, pratiquement 5 journées de travail d'un attelage ordinaire. Son prix de revient, à l'hectare, est modéré (de l'ordre de 1400 fCFA au Sénégal oriental).

En conclusion, les labours d'enfouissement de fumure verte soulèvent quelques difficultés d'ordre pratique lorsque ils sont exécutés en culture attelée. Ces difficultés sont loin d'être insurmontables. Outre les adaptations possibles du matériel utilisé, l'agronome dispose d'un certain nombre de moyens permettant de modifier la nature et l'aspect de la matière verte, en vue de faciliter son enfouissement. Qu'il s'agisse des jachères ou des mils et sorghos traditionnels utilisés comme engrais vert, la pré-fauche réalisée, un mois avant l'enfouissement s'impose comme technique permettant de faciliter notablement cette opération et d'améliorer la qualité du labour. Le sorgho est plus facile à enfouir que le nil. Pour cette dernière plante la combinaison de semis en ligne à faibles écartements et à forte densité sur la ligne et de la pré-fauche permet la plupart du temps de réduire les difficultés et d'obtenir des enfouissements corrects. L'utilisation de plantes nouvelles telles que le sorgho nain offre, dans ce domaine, des perspectives intéressantes.

36. Reprise des labours et préparation du lit de semences

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

361. Cas des labours sans enfouissement

La reprise des labours de préparation 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 nottes 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 nottes et de terre pulvérulente. Il est nécessaire de reprendre le labour dans le but de fragmenter les nottes 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 pulvériseur 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'énietter le sol et de donner prise à l'érosion sans qu'il y ait, en contre-partie, un profit quelconque pour les cultures.

Une expérience réalisée à Ferkessédougou, en Côte d'Ivoire, par RENAUT (87) est assez démonstrative à cet égard. Divers traitements de reprise du labour sont testés par des cultures de riz pluvial et de maïs. Les résultats sont les suivants :

Tableau n° IV-61

Influence du nombre et de la nature des façons superficielles après labour sur les rendements du riz pluvial et du maïs à Ferkessédougou (Côte d'Ivoire)

Culture	Campagne 1 9 6 7		Campagne 1 9 6 8	
	Traitement après labour	Rendement Qx/ha	Traitement après labour	Rendement Qx/ha
Maïs	2 pulvérisages	41,1	1 pulvérisage, 1 billonnage, semis sur billon	41,8
	1 pulvérisage	42,1	Semis à plat-Buttage	48,7
	1 hersage	42,0	Semis à plat	46,8
Riz	2 pulvérisages	14,3	2 pulvérisages	21,3
	1 pulvérisage	18,5	1 pulvérisage	27,0
	1 hersage	20,0	1 passage de dents (tiller)	25,0

Les résultats montrent qu'il est préférable de s'en tenir à une seule façon superficielle après labour. Une deuxième façon superficielle a un effet dépressif sur les rendements.

Les examens de profils culturaux révèlent, d'ailleurs, qu'après quelques mois, le sol ayant subi deux pulvérisages est massif et très sec alors que pour les autres traitements il est resté frais et friable avec une structure faiblement grunclieuse à polyédrique (4).

362. 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 qui a servi d'engrais vert, soit par les plantes de jachère et adventices habituelles. Le problème des repousses est atténué par la pré-fauche de l'engrais vert ou de la jachère et par un labour d'enfouissement tardif suffisamment fenné. 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 certain 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.

37. Interaction entre labours et engrais minéral

On distinguera le cas des labours ordinaires et celui des labours d'enfouissement.

371. Interaction entre labours et engrais minéral dans le cas des labours ordinaires

Deux catégories d'interactions sont à considérer suivant que l'on étudie la différence d'action, sur témoin non travaillé et sur labour :

- de fumures minérales complètes, à des doses différentes
- d'éléments minéraux isolés.

371.1. Interaction entre labours et fumures minérales complètes

Une trentaine d'essais, implantés tant au Sénégal qu'au Niger et en Haute Volta permettent l'étude de ces interactions. Deux ou trois traitements de fumure minérale sont combinés avec plusieurs traitements de façon préparatoire. Parmi ces derniers on n'a retenu que le témoin sans travail et le traitement avec labour (ou moyenne des labours).

Les traitements de fumure minérale sont les suivants :

- FO : Pas de fumure
- F1 : Fumure légère (100 à 150 kg/ha d'engrais)
- F2 : Fumure forte (300 à 400 kg/ha d'engrais).

Les équilibres de fumure sont variables suivant les plantes et les emplacements; ils sont habituellement à dominante azotée ou phospho-azotée sur céréale, dominante phosphatée ou phospho-potassique sur arachide. Ces équilibres peuvent également varier d'un niveau à l'autre, entre F1 et F2. Les regroupements en trois catégories de traitements aussi variables présente donc un caractère un peu arbitraire. Nous n'avons pas hésité, cependant à l'effectuer, de façon à donner une idée globale des différences d'action de ces fumures en fonction du travail du sol. Les résultats complets de ces essais ont été rassemblés dans le tableau n° IV-115 en annexe. Les effets de la fumure minérale sont testés sur trois cultures : mil, sorgho, arachide. A l'examen du tableau, on note que si les effets de la fumure minérale sont presque toujours positifs et, en moyenne, assez élevés, les interactions entre travail du sol et fumure minérale sont variables et, dans l'ensemble faibles. Il y a d'ailleurs, sur ces 28 essais, pas un seul cas d'interaction statistiquement significatif⁽¹⁾. Les valeurs moyennes des effets de la fumure et des interactions ont été calculées pour les différentes cultures et figurent dans le tableau ci-dessous.

(1) Sauf un essai sur mil à Tarna (Niger) en 1968, mais où le calcul de l'interaction intègre d'autres traitements de travail du sol que le labour. (64)

Tableau n° IV-62

Valeurs moyennes des interactions entre fumures minérales et labours sur différentes cultures : Résultats d'essais

Nature de la culture	Fumure légère					Fumure forte				
	Nombre d'Essais	Nombre d'Interactions	Effets moyens kg/ha		Valeurs moyenne de l'interaction kg/ha	Nombre d'Essais	Nombre d'Interactions	Effets moyens kg/ha		Valeur moyenne de l'interaction kg/ha
			Sur témoin	Sur labour				Sur témoin	Sur labour	
Mil	5	4	+ 344	+ 412	+ 34	1	1	+ 390	+ 395	+ 3
Sorgho	9	6	+ 444	+ 540	+ 48	7	4	+ 933	+ 1097	+ 82
Arachide	14	4	+ 263	+ 168	- 48	9	4	+ 361	+ 319	- 21

Au vu de ces résultats, on peut estimer que, dans l'ensemble, il n'y a pas de différence d'action de fumures minérales complètes à doses faible ou forte, sur témoin non travaillé et sur labour.

Le vaste ensemble constitué par les champs de pré vulgarisation au Sénégal nous fournit aussi de nombreuses informations sur les interactions de ce type. Les résultats disponibles concernent surtout les céréales sur lesquelles ont été appliquées en premier la technique du labour de préparation.

Tableau n° IV-63

Valeurs moyennes des interactions entre fumures minérales et labours sur différentes cultures : Champs de pré vulgarisation du Sénégal

Culture	Localisation	Nbre de résultats	Fumure légère				Fumure forte			
			Nbre d'interactions	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'interaction kg/ha	Nbre d'interactions	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'interaction kg/ha
				Témoin	Labour			Témoin	Labour	
Sorgho	Bambey	5	2	+ 292	+ 403	+ 55	3	+ 744	+ 841	+ 44
	S.Saloum	10	7	+ 600	+ 735	+ 67	3	+ 1136	+ 1094	- 21
	Sénégal oriental	12	7	+ 530	+ 691	+ 81	10	+ 1125	+ 1541	+ 208
	Moyenne pondérée	27	16	+ 512	+ 654	+ 71	16	+ 1059	+ 1246	+ 93
Mil	Casamance	5	2	+ 492	+ 299	- 51	2	+ 1068	+ 884	- 92
Mais	S.Orient	3	1	+ 403	+ 116	- 143	2	+ 999	+ 1339	+ 170
Cotonnier	Sénégal oriental	1	-	+ 95	+ 14	- 40	1	+ 797	+ 893	+ 48

On peut observer tout d'abord que les effets des fumures minérales sont en moyenne plus élevés que sur les essais. Il en est de même des interactions en majorité positives.

Ces interactions semblent varier :

- en fonction de la fumure. Elles sont plus accusées en fumure forte qu'en fumure faible
- en fonction de la culture : elles sont plus marquées sur sorgho et maïs
- en fonction de la zone écologique : elles sont les plus importantes au Sénégal oriental.

Sur le sorgho par exemple, en fumure forte, on obtient globalement + 93 kg/ha avec 16 résultats au lieu de + 82 kg avec 11 résultats d'essais, mais au Sénégal oriental l'interaction atteint 208 kg/ha.

La conclusion précédente concernant les essais doit être nuancée en fonction de ces résultats.

371 2. Interaction entre labours et éléments minéraux isolés

Les effets simples ou associés des éléments S.P.K. combinés à deux modalités de labour sont étudiés à Bambey dans le cadre d'une rotation avec arachide continue (82). En cinq ans d'essais les seules interactions significatives qui soient apparues sont celles observées en 1967 et 1968 entre les labours réalisés l'année précédente et l'apport de potassium. Ces interactions sont positives; elles sont toutefois assez faibles.

Par ailleurs deux essais ont été mis en place par POULAIN et TOURTE (85) à Bambey pour étudier spécialement les interactions éventuelles entre profondeur de travail du sol et doses d'engrais azotés sur céréales. Ces deux essais ont été installés l'un en sol Dior, l'autre en sol Dek et cultivés alternativement en mil et sorgho de 1966 à 1968. Certains de leurs résultats ont déjà été mentionnés plus haut (IV-351 3). Rappelons que les traitements de préparation du sol étaient les suivants :

- . P1 : Préparation à l'iler, grattage superficiel
- . P2 : Sous-solage à 30-40cm en sec + labour à la charrue trisoc à 20 cm + Passage de la houe rotative
- . P3 : Sous-solage à 60-80cm en sec + labour à la charrue trisoc à 40 cm + Passage de la houe rotative.

Les traitements de fertilisation minérale étaient :

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

En 1966 les deux essais étaient cultivés en mil et aucune interaction entre modes de préparation du sol et doses d'azote ne s'est manifestée.

En 1967 le sorgho fut cultivé sur les deux essais, la variété utilisée en sol Dior fut le CE-62. Sur ce dernier essai on observa des réponses à l'engrais azoté très différentes suivant les traitements de préparation du sol. Les résultats furent en effet les suivants (Tableau n° IV-64)

Tableau n° IV-64

Réponses différentes du sorgho à l'azote, en sol Dior suivant les modalités de préparation du sol (grains, kg/ha)

Traite- ment	PKS + oligo éléments	N kg/ha	Travail du sol		
			Témoin non travail lé P1	Sous-solage + labour 20 cm P2	Sous-solage + labour 40 cm P3
T	Non	0	202	390	1090
N 0	Oui	0	349	543	1216
N 1	Oui	50	427	602	1202
N 2	Oui	100	426	1194	1585
N 3	Oui	150	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 le 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 rendue 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.

371 3. Conclusion sur les interactions entre labour ordinaire et engrais minéral.

Le dernier exemple mentionné représente un cas intéressant et démonstratif d'interaction entre le labour ordinaire et l'engrais minéral. En expérimentation il est isolé.

Cependant les résultats des champs de pré vulgarisation plus nombreux et mieux répartis géographiquement donnent à penser que l'importance de l'interaction dépend de la culture et de l'écologie considérée.

La question n'est donc pas définitivement tranchée d'autant que le problème sera renouvelé par l'apparition de nouvelles variétés, pour les céréales en particulier.

372. Interaction entre labours et engrais minéral dans le cas des labours d'enfouissement

Ces interactions ont surtout été étudiées pour les labours d'enfouissement de matière verte et très peu pour les labours d'enfouissement de pailles. Par ailleurs leur étude s'est faite presque uniquement dans le cadre de la rotation : Régénération-Arachide-Céréale-Arachide. Il s'agit, la plupart du temps, d'essais assez anciens.

Les interactions sont ici 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.

372 1. Effets comparés de la fumure minérale après jachère brûlée et après labour d'enfouissement de jachère ou d'engrais vert

On distinguera ici :

- les effets de fumures complètes, à doses différentes
- le problème particulier des interactions avec le phosphate naturel.

372 11 Effets comparés de fumures minérales complètes

On trouvera dans le tableau n° IV-116, en annexe les résultats d'une trentaine d'essais implantés au Sénégal concernant les effets comparés de l'engrais minéral à faible dose (100 à 150 kg/ha) après jachère et fumure verte sur les différentes cultures de la rotation.

Les réponses à de faibles doses d'engrais sont toujours positives⁽¹⁾ et généralement assez fortes, les plus valeurs de rendements allant de 20 à 80% du témoin. Elles diffèrent assez peu suivant que la culture succède à une jachère brûlée ou à une fumure verte. Le calcul des interactions fait apparaître des valeurs tantôt positives, tantôt négatives, mais de toutes manières assez faibles: une seule interaction dépasse 200 kg/ha. S'agissant, pour la plupart d'essais de longue durée, l'interprétation statistique pluriannuelle de ces interactions n'a été que rarement calculée. Au vu de ces résultats, il semble peu probable qu'aucune d'entre elles dépasse le seuil de la signification.

Si l'on tente de faire un bilan global de ces résultats, il s'établit comme suit (Tableau n° IV-65).

Tableau n° IV-65

Valeurs moyennes des interactions entre fumure minérale faible et labours d'enfouissement de matière verte: résultats d'essais

Nature de la culture	Nombre de		Effets moyens de la fumure légère kg/ha		Valeur moyenne de l'interaction kg/ha
	Résultats annuels	Interact. positives	Après jachère brûlée	Après fumure verte	
1ère culture arachide	28	21	365	355	- 5
2ème culture Céréale	27	8	334	326	- 4
3ème culture Arachide	20	13	402	516	+ 57

Il n'y a donc en moyenne, pour ces essais, aucune différence de réponse de l'engrais minéral utilisé à faible dose, que les cultures succèdent à une fumure verte, ou qu'elles viennent après jachère brûlée.

D'autres essais permettent la comparaison, après jachère brûlée ou enfouissement de fumure verte, des effets de fumures légères et de fumures fortes. Ces essais sont peu nombreux; leurs résultats sont rassemblés dans le tableau n° IV-117, en annexe. Comme on le voit, les suppléments d'effets de la fumure minérale forte par rapport à la faible ne sont pas, dans ces essais, très élevés. Les interactions sont toujours assez faibles et bon nombre d'entre elles sont négatives.

(1) A l'exception d'un cas (riz sur l'essai Jachère-engrais vert de Séfa).

Tableau n° IV-66

Effets moyens supplémentaires de doses fortes d'engrais par rapport à des doses faibles, comparés après jachère brûlée et fumure verte : Résultats d'essais

Position et nature de la culture	Nombre de résultats annuels	Effets supplémentaires moyens de la fumure forte kg/ha		Valeur moyenne de l'interaction kg/ha
		Après jachère brûlée	Après fumure verte	
1ère culture Arachide	7	+ 171	+ 81	- 45
2ème culture Céréale	4	+ 169	+ 244	+ 38
3ème culture Arachide	5	+ 127	+ 9	- 59

Les champs de prévalgarisation du Sénégal nous fournissent de nombreuses informations sur les interactions entre fumures minérales et labours d'enfouissement aussi bien au cours de la rotation arachide-céréale-arachide, qu'en effet direct sur d'autres cultures (sorgho, mil, maïs, cotonnier). Le dispositif permet ici de mettre en évidence en même temps les interactions avec les deux types de fumure. Notons (1) que la fumure forte a toujours été la fumure "étalée" sur la rotation (1) longtemps recommandée au Sénégal (Tableaux IV-67 et IV-68).

Au cours de la rotation Arachide-Céréale-Arachide les interactions sont en moyenne assez faibles mais supérieures à celles enregistrées dans les essais. On observe d'autre part qu'elles sont plus élevées sur la céréale et dans l'Est et le Sud du Sénégal.

Ces observations sont confirmées par les résultats enregistrés en effet direct sur d'autres cultures que l'arachide. Il se trouve que tous les résultats proviennent de l'Est et du Sud du Sénégal. On peut remarquer que les interactions sont alors très importantes et varient aussi en fonction de la culture et de la fumure.

(1) Apport dissocié des éléments fertilisants sur les cultures de la rotation : 500 kg/ha de phosphate tricalcique sur sole de régénération; 85 kg/ha de chlorure de potassium sur arachide; 300 kg/ha de sulfate d'ammoniaque sur céréale (remplacé depuis 1968 par de l'urée).

Tableau n° IV-67

Valeur moyenne des interactions entre fumures minérales et labours d'enfouissement au cours de la rotation : Arachide-Céréale-Arachide : Champs de pré vulgarisation

Localisation		N o r d		Sine - Saloum		Est et Sud Sénégal		Moyenne pondérée	
Culture	Fumure	Nbre de résult.	Interac kg/ha	Nbre de résult.	Interac kg/ha	Nbre de résult.	Interac kg/ha	Nbre de résult.	Interac kg/ha
1ère culture Arachide	Faible	20	+ 33	23	- 28	14	- 82	57	- 20
	Forte		+ 13		- 7		+ 55		+ 15
2ème culture Céréale	Faible	15	- 5	10	- 55	6	+ 31	31	- 9
	Forte		+ 31		+ 45		+ 66		+ 42
3ème culture Arachide	Faible	7	- 1	10	+ 58	5	+ 19	22	+ 30
	Forte		- 89		- 12		+ 139		- 2

Tableau n° IV-68

Valeurs moyennes des interactions entre fumures minérales et labours d'enfouissement. Effets directs sur différentes cultures : Champs de pré vulgarisation

Cultures	Localisation	Nombre de résultats	Interactions kg/ha	
			Fumure faible	Fumure forte
S o r g h o	Est Sénégal	1	+ 325	+ 219
M i l	Casamance	1	+ 145	+ 131
M a ï s	Est et Sud Sénégal	7	+ 91	+ 237
Cotonnier	Est et Sud Sénégal	12	- 4	+ 150

Etant donnés les résultats obtenus dans les champs de prévégétalisation qui représentent un ensemble à la fois plus important et plus homogène que celui des essais, résultats obtenus aussi bien sur labour de préparation que sur labour d'enfouissement, il semble bien exister des interactions labour x engrais minéral surtout sensibles sur les cultures céréalières pratiquées dans l'Est et le Sud du Sénégal.

372 12. Interactions entre phosphate naturel et fumure verte

L'intérêt de l'utilisation de phosphates naturels a été mis en évidence dès 1950 par BOUYER (12) au Sénégal. Depuis lors de nombreuses études ont été poursuivies pour préciser les conditions d'utilisation de ces phosphates. On a cherché en particulier à voir si leur effet n'était pas accru par 'incorporation au sol, au moment de l'enfouissement de matière verte.

Les résultats qui viennent d'être mentionnés concernant les effets de la fumure forte fournissent déjà une première réponse à cette question puisque deux de ces essais et la totalité des champs de prévégétalisation utilisent comme fumure forte la fumure "étalée" où le phosphore est apporté exclusivement sous forme de phosphate naturel, les interactions sont souvent positives et variables en fonction de la culture et de la pluviométrie.

D'autres essais ont été mis en place spécialement pour étudier ce problème des phosphates naturels et de la sole de régénération. Il s'agit des essais :

- "P54" implantés à Katibougou (Mali) et Sinthiou Malème (Sénégal)
- "P55" de Bambey et Nioro (Sénégal) et Saria (Haute-Volta)
- "Régénération x Phosphates" de Boulel.

Les essais "P54" combinent trois doses de phosphates tricalciques, trois formes de régénération et trois compléments minéraux. TOURTE, FAUCHE et BOUYER (95) analysant les résultats de la première rotation signalent deux interactions significatives entre formes de régénération et compléments minéraux, mais aucune entre formes de régénération et phosphates. Au cours de la seconde rotation, aucune interaction significative n'est apparue.

Les essais "P55" étudient 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
- 3 types de compléments minéraux à Bambey et Nioro, 2 types à Saria.

TOURTE, FAUCHE et BOUYER (95) analysant les résultats partiels de la première rotation, font ressortir à Saria, sur l'arachide de 1956, une interaction significative : formes de régénération x nature du phosphate x compléments NK.

Les résultats sont les suivants (tableau n° IV-69)

Tableau n° IV-69

Interactions entre formes de régénération, phosphates naturels et compléments minéraux sur Arachide à Saria (Haute-Volta)

Formes de régénération	Sans complément NK		Avec complément 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.

Les résultats de l'essai de Saria postérieurs à 1957 ne nous sont pas connus. Les essais de Bambey et de Nioro sont poursuivis jusqu'à la fin de la deuxième rotation (1962) : aucune interaction entre phosphates et formes de régénération n'a été signalée dans les comptes rendus.

Dans les essais "Régénération x Phosphates" de Boulcl, POULAIN et MARA (83) combinent factoriellement les traitements suivants :

- 4 soles de régénération : Jachère simple non enfouie
Jachère enfouie
Engrais vert enfoui
Engrais vert coupé et exporté (+ labour)

- 4 modes d'apport du phosphate tricalcique à la dose de 500kg/ha:

- Au semis de l'engrais vert ou au démarrage de la jachère
- A l'enfouissement de la jachère ou de l'engrais vert
- Avant préparation légère de la 1ère arachide, en couverture
- Aucun apport de phosphate.

La rotation suivie est la rotation quadriennale : Régénération-Arachide-Sorgho-Arachide. L'essai est en série et les résultats sont encore incomplets. Il y a quatre résultats annuels pour la première arachide, 3 pour le sorgho, 2 pour la deuxième arachide. On fournira cependant ces résultats sous une forme simplifiée⁽¹⁾ dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° IV-70

Effets comparés du phosphate naturel sur jachère brûlée et sur fumure verte

	1ère Arachide			Sorgho			2ème Arachide		
	Gousses kg/ha		Effet P kg/ha	Grains kg/ha		Effet P kg/ha	Gousses kg/ha		Effet P kg/ha
	Sans P	Avec P		Sans P	Avec P		Sans P	Avec P	
Jachère simple	1619	1651	+ 32	1365	1689	+ 324	1243	1340	+ 97
Fumure verte (Moyenne 3 traitements)	1713	1815	+ 102	1392	1894	+ 502	1236	1359	+ 123

On constate que l'action du phosphate est faible sur arachide alors qu'elle est importante sur sorgho. D'autre part son effet est plus marqué en présence de fumure verte. Cette interaction faible sur la première arachide est notable sur sorgho.

C'est par une autre méthode, faisant intervenir les éléments marqués (32P) que JACQUINOT (50) étudie ce problème et l'interaction entre enfouissement de matière verte et phosphate tricalcique.

Mettant en concurrence deux types de sol, un phosphate bicalcique marqué et un phosphate tricalcique enfoui ou non il observe, entre autres, que l'apport de tricalcique en couverture ne modifie pas l'absorption de l'engrais marqué apporté l'année suivante sur arachide; par contre l'enfouissement de la même dose de tricalcique a pour conséquence une diminution de l'absorption du phosphate bicalcique et ceci dans la proportion de 30 à 45%. Dans les deux cas le niveau de phosphore total dans la plante est sensiblement le même.

(1) Omission de la modalité d'apport du phosphate en couverture puisqu'il n'y a pas d'enfouissement; moyenne des deux premières modalités d'apport.

Dans une autre expérience réalisée en vase de végétation (51), le même auteur, comparant l'action du phosphate marqué, du tricalcique et du phosphal épanchés en couverture, montre que les traitements phosphal et tricalcique ne diffèrent pas significativement du témoin quant à leur influence sur la valeur "L". Ceci signifie que ces deux engrais n'ont pratiquement pas fourni de phosphate assimilable supplémentaire au sol. Il y a en moyenne 5 à 6 fois moins de tricalcique et de phosphal solubilisés que de bicalcique.

L'interaction fumure verte x phosphate naturel (tricalcique ou phosphal) pourrait donc s'expliquer essentiellement par le placement à bonne profondeur, grâce au labour, du phosphate naturel. Celui-ci migrant difficilement dans le sol serait ainsi beaucoup plus facilement absorbé par les racines des plantes que s'il était appliqué à la surface du sol. Ceci serait surtout sensible sur les céréales dont l'enracinement fasciculé et de plus finement divisé par le labour prospecte mieux le profil cultural et va chercher le phosphate là où il se trouve. On a également avancé que la décomposition concomitante de la matière verte enfouie pouvait influencer la solubilisation du phosphate (formation d'humophosphates) et son assimilation par les plantes. Mais ceci n'est pas, à notre connaissance, prouvé.

372 13. Conclusion sur les interactions entre labours d'enfouissement de matière verte et doses d'engrais minéraux.

En résumé on peut estimer que :

- Comme pour le labour de préparation l'importance de l'interaction entre les doses d'engrais minéral et le labour d'enfouissement de matière verte est fonction de la fumure, de la culture et de l'écologie considérée,

- Il a été prouvé dans un certain nombre de cas que l'enfouissement simultané d'une jachère ou d'un engrais vert et d'une forte dose de phosphate tricalcique (plus de 500 kg/ha) favorisait nettement l'action de cet engrais. Ceci s'expliquerait par le placement à bonne profondeur grâce au labour du phosphate naturel mis ainsi directement à la disposition des racines. Il en résulterait ainsi une action plus efficace de la fumure forte, plus riche en phosphate naturel, sur les céréales (à enracinement fasciculé) dans les zones à forte pluviométrie.

Il serait cependant nécessaire d'élucider davantage le mécanisme de l'interaction en poursuivant les études au moyen d'éléments marqués et en comparant, notamment, l'action du phosphate naturel placé en profondeur par différentes sortes de labours (avec ou sans enfouissement).

372 2. Interaction entre durée de la sole de régénération et la fumure minérale

Ces interactions sont étudiées dans les essais suivants :

- Jachère-Engrais vert x Doses d'engrais minéral, mis en place à Banbey (37) et Séfa (101) en 1955.

- Doses d'engrais vert x Doses d'engrais minéral (91) mis en place à Banbey en 1952.

Là encore, comme dans tous les essais anciens, la culture-test est l'arachide et la succession culturale : Arachide-Céréale-Arachide.

Les essais Jachère-Engrais vert x Doses d'engrais minéral étudient en combinaison les facteurs suivants :

- Deux durées de l'engrais vert : 1 an ou 3 ans (répétition de la culture d'engrais vert et de l'enfouissement tous les ans).

- Quatre modes de traitement de la sole de régénération jachère brûlée, jachère enfouie, engrais vert légumineuse, engrais vert céréale.

- Trois doses d'engrais minéral.

L'essai de Banbey a été mis en place par FAUCHE (37). Les résultats ont été publiés par SYLVESTRE (91). Ils ont été résumés dans le tableau n° IV-71, en opposant globalement les traitements jachère enfouie, engrais vert légumineuse et engrais vert céréale, regroupés sous le vocable "fumure verte", au traitement jachère brûlée.

Le calcul des interactions : durée de régénération x forme de régénération x doses d'engrais minéral, peut être effectué sur la première arachide succédant à la sole de régénération. Cependant, cette culture étant réalisée au cours de deux années différentes suivant la durée de la sole de régénération, les calculs doivent être effectués en valeurs indiciaires (en affectant l'indice 100 au traitement jachère brûlée sans engrais). Les résultats sont alors les suivants : (Tableau n° IV-71)

Comme on le voit les différences de réponses sont faibles et les interactions négligeables.

Un calcul de ce genre aurait pu être fait pour l'essai de Séfa, si les formules d'engrais n'avaient pas été changées après la troisième année de l'essai.

Tableau n° IV-71

Effets comparés, en valeurs relatives, de l'engrais minéral en fonction de la durée de la sole de régénération

Durée de la sole de régénération	Forme de régénération	Doses d'engrais minéral		
		F0	F1	F2
1 an	Jachère brûlée	100	115	126
	Fumure verte	105	129	142
3 ans	Jachère brûlée	100	115	126
	Fumure verte	87	106	112

L'essai "dose d'engrais vert x doses d'engrais minéral" a été implanté en 1952 à Bamby et réalisé par TOURTE et FAUCHE. Les principaux résultats obtenus ont été publiés par SYLVESTRE (91).

L'essai compare trois rotations, différant par la durée de la sole de régénération :

- Engrais vert-Arachide-Sorgho
- Engrais vert-Engrais vert-Arachide-Sorgho
- Engrais vert-Engrais vert-Engrais vert-Arachide-Sorgho.

Sur chaque rotation on compare 5 doses d'engrais minéral. Les équilibres choisis sont : 6-20-10 pour l'arachide et 14-7-7 pour le sorgho. Les doses sont de 0, 75, 150, 300 et 600 kg/ha. Le dispositif expérimental est celui des carrés latins. L'engrais vert choisi est le nil en 1952 et 1953, le sorgho à partir de 1954.

De même que pour l'essai précédent, on peut examiner, d'une année sur l'autre les réponses à l'engrais minéral sur les différentes rotations en exprimant les rendements en valeurs relatives par rapport au témoin sans engrais. Les résultats figurent dans le tableau n° IV-72.

D'après ces résultats, il n'apparaît pas que la répétition, dans le temps, de l'engrais vert modifie les réponses à l'engrais minéral. SYLVESTRE (91) note que la répétition des cultures d'engrais vert provoque en l'absence de fumure minérale une augmentation croissante de rendements et une augmentation croissante de la rentabilité en fonction des doses apportées. L'essai n'étant pas en série, il est difficile d'être aussi affirmatif, les variations de rendements indiquées pouvant aussi bien être attribuées à "l'effet année".

Tableau n° IV-72

Réponses à l'engrais minéral en fonction de différentes durées de la sole de régénération

Nature de la culture	Répétition de l'engrais vert dans le temps	Date de la culture	Rendements du témoin sans engrais kg/ha	Rendements indiciaires en fonction des doses d'engrais kg/ha				
				0	75	150	300	600
Arachide	1 an	1953	1203	100	108	114	114	122
	1 an	1956	1320	100	118	113	117	119
	1 an	1958	890	100	107	109	96	103
	2 ans	1954 ⁽¹⁾	573	100	103	116	120	117
	3 ans	1955	773	100	110	120	131	152
Sorgho	1 an	1954	430	100	138	153	200	310
	1 an	1957	440	100	120	145	250	230
	2 ans	1955	579	100	136	172	229	306
	3 ans	1956	869	100	126	155	200	263

Au vu de ces résultats, il n'apparaît donc pas, jusqu'à présent, d'interaction entre la durée de la sole de régénération, son mode de traitement (enfouissement ou brûlis) et les apports d'engrais minéraux.

Rappelons que, pour la jachère non enfouie, les interactions entre la durée de la jachère et les apports d'engrais minéraux ont été traités dans une précédente partie (III, 422 121).

372 3 Interaction entre la nature de la plante enfouie et la dose d'engrais minéral.

Seuls les essais "Jachère-Engrais vert x Doses d'engrais minéral" implantés en 1955 à Bambey et Séfa permettent d'étudier ces interactions. Sur l'essai de Bambey il n'apparaît aucune différence significative de réponse à l'engrais en fonction de la plante enfouie: Jachère, légumineuse ou céréale. Sur l'essai de Séfa, les réponses à l'engrais minéral sont très comparables après enfouissement de céréales ou de légumineuses; elles sont un peu différentes après jachère enfouie, mais variables d'une année sur l'autre: il ne paraît pas y avoir de variation systématique. Là encore les interactions semblent donc peu importantes.

(1) En 1954 une attaque de "rosette" sur arachide a perturbé les résultats de l'essai.

372 4. Interactions entre doses de matière verte et doses d'engrais minéral.

Les essais "Structure-Humus" de Thiénaba et Boulel (81) précédemment mentionnés (IV, 3253) comportent, entre autres traitements de la sole de régénération, les traitements suivants :

- a) Mil engrais vert coupé et exporté, enfouissement du plateau de tallage
- b) Mil engrais vert normal
- c) Mil engrais vert avec apport supplémentaire de matière verte de telle sorte que la quantité totale de matière verte enfouie soit le double de celle du traitement précédent.

Au cours de la première rotation chaque traitement a été subdivisé : avec ou sans engrais. L'engrais est apporté sous forme de fumure forte "étalée" après phosphatage de fond sur la sole de régénération.

La décomposition en degrés de liberté simples orthogonaux permet d'opposer le traitement a) aux traitements b) et c) (rôle de la matière verte dans le mil engrais vert) et le traitement c) au traitement b) (effet d'un supplément de matière verte) et de calculer les interactions : traitements \times engrais.

Ce calcul, qui a été fait pour les trois cultures d'une rotation quadriennale sur les deux essais, montre que ces interactions sont faibles, variables suivant les années et les cultures (tantôt positives, tantôt négatives) et qu'elles ne sont jamais significatives.

Des conclusions analogues sont tirées d'un essai installé par l'IRHO à Darou (49).

L'existence d'interaction entre doses de matière verte enfouie et doses d'engrais minéraux n'a donc pas, jusqu'à présent, été prouvée.

4. TRAVAUX DE PREPARATION DU SOL AUTRES QUE LE LABOUR

On distinguera ici trois types de travaux :

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

41. Les pseudo-labours

Les appareils utilisés pour les pseudo-labours peuvent se ranger dans deux grandes catégories :

- les appareils à dents : scarificateurs à dents souples ou rigides, dents "sous-soleuses" type "Gouvy" ou "Chisel", tiller, etc...
- les appareils à disques : cover-crop, pulvérisateurs...

Ces derniers sont largement utilisés en culture motorisée, mais non en culture attelée car il existe fort peu de modèles adaptés à ce mode de culture.

Dans les expérimentations réalisées en Afrique de l'Ouest et utilisant la traction animale, seuls les appareils à dents ont été étudiés, en comparaison avec la charrue à soc. Parmi les appareils à dents, on distinguera deux types principaux :

- les houes ou scarificateurs à dents souples ou rigides, utilisés pour les travaux de sarçlo-binages et travaillant assez superficiellement
- les appareils à dents "sous-soleuses" rigides type "Gouvy" ou "Chisel" pouvant travailler le sol sur une profondeur comparable à celle du labour.

Les travaux peuvent être réalisés en sec ou en humide.

Pour le travail en sec à la houe, ce sont habituellement les dents souples de canadien qui sont utilisées. Les forces de traction sont modérées mais le travail reste très superficiel; bien souvent la dent ne fait que remuer le sable pulvérulent en surface sans pénétrer dans l'horizon à structure massive.

En humide, le travail à la houe peut être sensiblement plus profond, (jusqu'à 10 à 15cm). L'instrument de choix paraît être le soc sarçleur "patte d'oie" large (250 à 300mm) monté sur étau rigide. C'est cet instrument qui a été utilisé pour le pseudo-labour en humide dans la plupart des essais réalisés au Sénégal.

Les dents "sous-soleuses" ou "piochouses" rigides permettent de travailler en sec ou en humide à assez grande profondeur (jusqu'à 15 ou 20cm). Les dents sont toujours montées sur étançons rigides mais peuvent être de types assez variés. La plus utilisée dans les expérimentations menées au Sénégal a été la dent "Gouvy" équipée d'un soc "Diamant" de petit modèle (largeur 38mm) et présentant un angle d'entrure de 26°.

Les forces de traction nécessitées par le passage en sol sec de ces instruments sont très élevées. Pour trois dents "Gouvy" montées sur bâti "Ariana", les valeurs moyennes, mesurées par LE ROIGNE (54) sont les suivantes, à Bambeï :

Tableau n° IV-73

Efforts nécessités par la traction de 3 dents "Gouvy" montées sur bâti Ariana dans différents sols à Bambeï

S o l	Argile + Limon %	Profondeur de travail en	Effort moyen kg	Effort maxi- mum kg
Dior	5	18	180	260
Dek	10	14	160	420
Ban	28	12	150	300

Il est préférable d'utiliser 2 paires de bœufs pour travailler dans ces conditions.

Le passage de la dent "sous-soleuse" en sec éclate le sol sur une profondeur variable. L'éclatement est beaucoup moins net lorsque le sol est humide.

Tous ces travaux de pseudo-labours sont habituellement réalisés par un double passage, en croisé, de l'instrument.

Malgré la diversité des conditions de réalisation et des instruments utilisés, on a jugé commode, pour la présentation des résultats expérimentaux, de regrouper les travaux de pseudo-labours en quatre grandes catégories suivant le type d'instrument utilisé et l'humidité du sol au moment de la réalisation. On obtient alors le regroupement suivant :

- Pseudo-labour à la houe en sec
- Pseudo-labour à la houe en humide
- Pseudo-labour à la dent sous-soleuse en sec
- Pseudo-labour à la dent sous-soleuse en humide.

Les résultats des expérimentations ont été rassemblés, suivant ce principe dans le tableau n° IV-118, en annexe. Il y a une centaine de résultats annuels provenant du Sénégal, du Niger et de la Haute Volta. Dans tous ces essais on peut faire la comparaison entre un témoin non travaillé, un pseudo-labour et un labour.

Les valeurs moyennes sont calculées. Elles sont présentées, pour le pseudo-labour à la houe dans le tableau ci-après (tableau IV-74).

On constate que le pseudo-labour à la houe a presque toujours un effet favorable sur les cultures. L'effet est particulièrement net sur sorgho et maïs alors qu'il est peu accusé sur arachide et cotonnier. Dans tous les cas l'effet est inférieur à celui du labour, en moyenne de moitié. Le passage de la houe en humide s'avère plus efficace que le passage en sec sur sorgho et maïs.

Il serait intéressant d'exploiter les résultats du réseau de champs de pré vulgarisation ou d'appréciation des potentialités mis en place au Sénégal. Le dispositif utilisé permet en effet de comparer, par rapport à un témoin non travaillé, les effets d'un labour et d'un pseudo-labour réalisé par passage du canadien en sec. Cette analyse n'a pu être faite jusqu'à présent.

Les effets moyens comparés du travail à la dent sous-solcuse et du labour sont présentés dans le tableau IV-75 ci-après. Les effets sont, dans l'ensemble moins nets que ceux du travail à la houe; ils sont en moyenne trois à quatre fois plus faibles que ceux du labour. Il ne semble pas qu'il y ait, à cet égard, une grosse différence entre le passage en sec et le passage en humide, bien que le travail du sol soit très différent dans les deux cas. Il est vrai que la comparaison n'a pu être faite dans les mêmes essais.

Certains essais réalisés à Tarna au Niger (64) permettent par contre la comparaison entre le scarifiage et le sous-solage en humide. Sur nil, l'avantage est au scarifiage : + 319 kg/ha en moyenne contre + 167 kg/ha au sous-solage; sur arachide, c'est l'inverse : + 91 kg/ha sur sous-solage contre + 6 kg/ha pour le scarifiage.

En conclusion, les pseudo-labours, permettant de travailler le sol sans retournement, apportent des suppléments de rendements non négligeables sur toutes les cultures. Les effets sont, dans tous les cas, inférieurs à ceux du labour mais ils peuvent constituer, pour le paysan, de bonnes solutions de remplacement. Comme on l'a vu, en effet, le labour est une opération assez longue à réaliser en culture attelée et qui ne peut être effectué sur tous les champs de l'exploitation sans risques de perturber gravement le programme des travaux pour les différentes cultures. Les pseudo-labours présentent l'avantage de pouvoir être effectués en sec, c'est-à-dire hors saison culturale. En humide, leur réalisation demande beaucoup moins de temps que pour un labour et perturbe donc moins le programme de travail de l'exploitation.

Tableau n° IV-74

Effets moyens comparés, par rapport à un témoin non travaillé,
du labour et du pseudo-labour à la houe sur diverses cultures

Culture	Humidité du sol	Nbre de résultats annuels	Rendement témoin kg/ha	Plus valeurs kg/ha sur		Plus valeurs % du témoin sur	
				Pseudo labour	Labour	Pseudo labour	Labour
Mil	Humide	11	623	+ 120	+ 257	+ 19	+ 41
Sorgho	Sec	6	1953	+ 341	+ 860	+ 17	+ 44
	Humide	5	1573	+ 429	+ 707	+ 24	+ 40
	Ensemble	11	1862	+ 381	+ 790	+ 20	+ 42
M a ï s	Sec	3	2031	+ 273	+ 821	+ 13	+ 40
	Humide	3	2031	+ 648	+ 958	+ 32	+ 47
	Ensemble	6	2031	+ 461	+ 890	+ 23	+ 44
Arachide	Sec	9	1929	+ 69	+ 214	+ 4	+ 11
	Humide	9	1830	- 16	+ 119	- 1	+ 7
	Ensemble	18	1880	+ 27	+ 167	+ 1	+ 9
Cotonnier	Humide	2	1371	+ 45	+ 213	+ 3	+ 16

Tableau n° IV-75

Effets moyens comparés, par rapport à un témoin non travaillé,
du labour et du pseudo-labour à la dent sous-solcuse sur diverses cul-
tures

Culture	Humidité du sol	Nbre de résultats annuels	Rendement témoin kg/ha	Plus valeurs kg/ha sur		Plus valeurs % du témoin sur	
				Pseudo labour	Labour	Pseudo labour	Labour
Mil	Sec	1	562	+ 18	+ 144	+ 3	+ 26
	Humide	5	815	+ 167	+ 461	+ 20	+ 57
	Ensemble	6	773	+ 142	+ 408	+ 18	+ 33
Sorgho	Sec	4	1217	+ 141	+ 485	+ 12	+ 40
Arachide	Sec	8	1030	+ 89	+ 443	+ 9	+ 46
	Humide	5	1746	+ 91	+ 166	+ 5	+ 10
	Ensemble	13	1305	+ 90	+ 336	+ 7	+ 26
Cotonnier	Sec	1	1389	- 3	+ 625	0	+ 45

Les résultats précédents montrent, dans l'ensemble, une légère supériorité de la houe sur la dent sous-solcuse. Comme d'autre part la houe requiert des forces de traction beaucoup moins élevées, on peut donc recommander son emploi en préparation des terres, partout où le labour n'est pas possible. On donnera, dans ce cas, la préférence à la préparation en humide avec le soc "patte d'oie" large, monté sur étauçon rigide.

Les expérimentations sur l'utilisation de dents sous-soleuses de divers types, en particulier du type "Chisel", se poursuivent. Il se peut que les nouveaux résultats obtenus amènent à nuancer les conclusions précédemment énoncées concernant les effets des dents sous-soleuses.

42. Combinaison de pseudo-labours et de labours

Sur les sols peu perméables, il peut être intéressant de faire précéder le labour par un travail à la dent en sec, améliorant l'infiltration des premières pluies et facilitant ensuite la réalisation du labour.

Cette technique a été testée à Kawara, au Niger, sur des sols sablo-limoneux à caractères physiques défectueux et à perméabilité faible, qui sont habituellement incultes (61). Plusieurs traitements de préparation du sol étaient en comparaison :

- Témoin sans travail : façons traditionnelles
- Pseudo-labour en fin de saison sèche, réalisé en 1965 et 1966 avec le multiculteur "Arara" équipé d'une piocheuse (pointe Diamant) à 25 cm de profondeur tous les 30cm; en 1967 et 1968 le sous-solage a été remplacé par un scarifiage à la houe "Manga"
- Labour en humide (peu profond)
- Pseudo-labour en sec (mêmes traitements que plus haut) + labour en humide.

Les résultats sont présentés dans le tableau n° IV-76.

Les rendements, déjà normalement faibles sur ce type de sol, ont été encore compromis par des insuffisances de pluie en 1965 et 1968.

Quoiqu'il en soit, on note un effet léger du pseudo-labour en sec et un effet sensible du labour en humide sur les différentes cultures. La combinaison de ces deux techniques n'amène pas de supplément de rendement par rapport au labour en humide.

A Saria, en Haute Volta, on a testé en 1964, sur sorgho la combinaison d'un labour de début d'hivernage et d'un sous-solage réalisé à la même époque. Cette technique ne se révèle pas supérieure à celle du labour seul (32).

Tableau n° IV-76

Effets simples et combinés du pseudo-labour et du labour sur sol sablo-limoneux inculte du Niger (61)

Trai- tements	Années	1965	1966	1967	1968
	Cultures	Sorgho kg/ha	Arachide kg/ha	Arachide kg/ha	Mil hâtif kg/ha
Ténoin		118	348	983	50
Pseudo-labour en sec		230	517	1075	92
Labour en humide		453	962	1501	161
Pseudo-labour en sec + Labour en humide		375	847	1452	221

Les résultats étant très peu nombreux, il est difficile de vouloir tirer une conclusion dans ce domaine. Il serait intéressant de poursuivre, sur terrains peu perméables, l'étude de la combinaison : pseudo-labour en sec + labour en humide.

43. Le sous-solage profond

Si le terme sous-solage a été utilisé précédemment c'était dans le sens d'un travail modérément profond (15 à 20 cm) réalisé en culture attelée par des dents de faible largeur.

A partir de maintenant on donnera au mot "sous-solage" son acception habituelle : travail profond (40 à 60cm) sans retournement réalisé par un outil puissant et nécessitant des forces de tractions très élevées (en pratique : traction motorisée).

Quelques essais de sous-solage profond ont été réalisés à Bamboey, sans qu'il y ait jamais/80 comparaison avec d'autres travaux du sol et, en particulier, avec le labour.

BOUFFIL, TOURTE et PELISSIER (11) obtiennent dès 1950, après sous-solage réalisé en sec à 40cm de profondeur, des plus values significatives de 41,7% sur arachide et 33,5% sur prairie naturelle.

Par la suite cette technique fut utilisée en grande culture, principalement pour améliorer le drainage dans les bas-fonds à sols plus argileux. Les sous-solages furent réalisés en sec et améliorèrent effectivement le drainage pendant la saison des pluies qui suivit leur réalisation.

Leur efficacité ne se fit pas sentir au delà. En 1965, DEFFONTAINES (28) observe en fin de saison des pluies un profil cultural en sol sablo-argileux ("Dek Dior") ayant subi un sous-solage au cours de la saison sèche précédente. Il retrouve à 80 cm les passages de la sous-solcuse, signalée par un aneublissement un peu plus poussé qu'ailleurs et par la présence d'agrégats grossiers à tendance polyédrique, peu cohérents. La trace du passage disparaît dans les 20 centimètres superficiels. Les racines de nil n'ont pas pénétré dans les zones améliorées de profondeur par suite du compactage en surface. Celui-ci a peut-être été causé par un émiettement trop poussé, lors de la reprise du sous-solage. Il est possible qu'un sous-solage moins profond, laissant des mottes moins importantes et autorisant une reprise plus légère eût été en fin de compte plus bénéfique pour la végétation.

En 1966 et 1967, POULAIN et TOURTE (85) réalisent en sol Dior et sol Dek des sous-solages à différentes profondeurs combinés à des labours. Ils notent qu'en sol Dior (très sableux) les traces du sous-solage ne sont plus visibles après une saison des pluies, alors qu'en sol Dek (plus argileux) leur marque est encore très visible sur le profil après deux saisons des pluies.

A Ferkessédougou, en Côte d'Ivoire, sur sol ferrallitique gravillonnaire, des traitements de sous-solage à différents écartements et combinés ou non avec un labour ont été testés en 1967 et 1968 par des cultures de riz et de maïs (86). Les examens de profils culturaux effectués en fin de saison révèlent une conservation irrégulière de l'action du sous-solage sur le sol; dans la moitié des profils observés, aucune trace de passage n'était visible. L'influence sur l'enracinement ne s'observait que lorsque les traces du sous-solage étaient encore visibles sur le sol (4).

Les effets du sous-solage sur les rendements du riz et du maïs ont été les suivants (tableau n° IV-77)

Tableau n° IV-77

Effets du sous-solage, combiné ou non à un labour, sur les rendements du riz et du maïs à Ferkessédougou (Qx/ha)

Traitements	Maïs 1967		Maïs 1968		Riz 1968		
	Daba	Labour	Daba	Labour	Daba	Labour	
Pas de sous-solage	41,5	33,5	41,6	34,7	23,9	23,2	
Ecartement 50 cm	Passage simple	41,7	37,5	40,9	47,8	26,7	19,4
	Passage croisé	41,5	34,8	47,8	35,4	25,3	14,2
Ecartement 100 cm	Passage simple	39,8	42,0	44,4	48,6	24,6	20,9
	Passage croisé	41,6	36,1	31,9	37,5	26,0	15,2

Ces effets sont, dans l'ensemble, peu importants. On remarque parfois un effet dépressif du labour sur sous-solage par rapport à la reprise à la daba, notamment sur riz pluvial⁽¹⁾.

En résumé, les essais systématiques de sous-solage profond sont trop peu nombreux, dans la zone étudiée, pour qu'on puisse en tirer une loi d'action générale. D'après les quelques résultats présentés, s'il semble à peu près certain que le sous-solage puisse avoir une action favorable sur le sol et la végétation, il apparaît également que cette action peut être variable suivant les situations. La durée d'action peut différer notablement d'un sol à l'autre; elle paraît assez éphémère dans la plupart des cas.

Cette technique onéreuse et nécessitant de puissants moyens de traction ne peut être, au stade actuel, envisagée que pour des cas particuliers.

(1) Cet effet dépressif de la combinaison sous-solage-labour n'a pas été observé dans des essais identiques mis en place dans les stations de Man et Bouaké, situées en Côte d'Ivoire, mais en dehors de notre zone d'étude.

5. LES AUTRES TRAVAUX DU SOL

En dehors de la préparation des terres en vue du semis, d'autres façons culturales peuvent contribuer à créer, conserver ou améliorer le profil cultural du sol. Ce sont essentiellement :

- les façons d'entretien
- les travaux de récolte.

51. Les façons d'entretien

Ce sont les sarclo-binages destinés, avant tout, à détruire les adventices et à protéger la culture contre la concurrence de l'herbe.

511. Les instruments

Ces travaux peuvent être réalisés avec deux types d'instruments (TOURTE, 1961) (93) :

- les machines travaillant en tous sens : herbes sarcleuses à dents flexibles ("Weeder") et houes rotatives ("rotary-hoës");
- les machines travaillant en lignes : houes équipées de diverses pièces travaillantes (sarcleuse, bineuse, butteuse).

Les appareils entrant dans la première catégorie sont utilisés aussitôt après le semis et détruisent les mauvaises herbes dès leur germination. 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 houes équipées de pièces sarcleuses ou bineuses, peuvent travailler le sol à plus grande profondeur dans les interlignes des cultures. Trois ou quatre sarclo-binages sont indispensables au cours d'une saison, pour détruire les adventices. Les derniers binages doivent être réalisés manuellement, à cause du développement végétatif des cultures qui n'autorise plus le passage des machines.

512. Sarclage et binage

Dans l'effet bénéfique des façons d'entretien sur les cultures, il est difficile de faire la part du sarclage (destruction des adventices) et du binage (travail du sol). Le sarclage a naturellement un rôle primordial, mais on peut envisager de supprimer cette opération et de la remplacer par un désherbage chimique. L'étude des herbicides, particulièrement en culture arachidière et rizicole, est en cours, mais on se heurte ici au problème économique, la rentabilité de tels traitements étant difficilement assurée au stade actuel de l'agriculture de ces pays.

Quant au binage on est encore à s'interroger sur son utilité. Son action sur le sol est bien visible lorsqu'on observe les profils culturaux : le passage des dents bineuses laisse une trace nette à quelques centimètres de profondeur; au dessus le sol est plus émietté et moins compact. Cette action est présumée bénéfique parce qu'elle brise la croûte qui se forme à la surface du sol après toute pluie importante; il se pourrait qu'il y ait alors réduction de l'évaporation en même temps qu'un accroissement de la perméabilité et une meilleure aération du sol en profondeur.

- La réduction de l'évaporation consécutive au binage n'a pas jusqu'à présent été prouvée, bien qu'elle soit assez probable.

- Un binage grossier n'affinant pas trop le sol peut améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol et sa résistance à l'érosion pendant un temps limité, ainsi qu'on a pu l'observer sur cases d'érosion à Séfa.

La plupart des houes mécaniques réalisent ce binage grossier de façon plus ou moins satisfaisante en fonction du type de dent utilisée. Certaines dents de canadien creusent en réalité de véritables rigoles. Lorsqu'elles travaillent dans le sens de la pente elles ont alors tendance à favoriser ruissellement et érosion. On s'oriente plutôt vers l'utilisation de dents plus larges découpant le sol superficiellement et réalisant ainsi un sarclage plutôt qu'un binage.

Certains modèles de houes manuelles (daba), dont l'angle formé par le manche et l'outil est peu ouvert, découpent le sol en lamelles et le pulvérisent : leur action est alors néfaste.

D'autres comme l'iler, utilisée en sol sableux, ne réalisent qu'un sarclage très superficiel.

- L'aération du sol en profondeur peut être favorable au développement racinaire, surtout lorsque le buttage est accompagné d'un épandage d'engrais dans la raie; mais en sens inverse, on peut reprocher au binage, surtout lorsqu'il est tardif, de détruire un certain nombre de racines.

Dans un essai mis en place en 1966 à Nioro-du-Rip (Sénégal), on a essayé de dissocier l'action du sarclage de celle du binage profond sur une culture d'arachide. Bien qu'il n'y ait eu aucune différence de rendement entre les traitements, l'observation du profil cultural a permis de remarquer que si l'épaisseur travaillée variait de 3 à 4 cm sur le sarclage pur et de 5 à 10 cm sur le binage profond, dans tous les cas on ne trouvait pas de racines dans la zone travaillée. Les racines latérales n'étaient présentes qu'en dessous de la limite du passage des instruments, bien visible sur le profil.

Cette observation isolée demanderait à être confirmée par des profils culturaux et des mesures de densités racinaires effectuées systématiquement avant et après le passage des instruments.

NICOU dans les essais "Conservation du profil" (70) conduits entre 1965 et 1968 à Bambey, a comparé en particulier, l'action d'un entretien superficiel effectué avec des pattes d'ois travaillant à 3-4 cm de profondeur, à celle d'un entretien profond réalisé avec des dents sous-soleuses rigides type Gouvy. Les résultats obtenus sur les cultures de la rotation Engrais vert-Arachide-Mil-Arachide ont été les suivants :

Tableau n° IV-78

Effets comparés d'un entretien superficiel et d'un entretien profond sur les cultures de la rotation Engrais vert-Arachide-Mil - arachide

Culture	Nombre d'années de résultats	Entretien superficiel	Entretien profond
Arachide kg/ha	3	1059	1050
Mil kg/ha	2	1160	1140

Ces quelques données semblent donc montrer, qu'en sol sableux, sarclage et binage n'ont pas de répercussions différentes sur les rendements. Le problème demande cependant à être approfondi compte tenu des nouvelles cultures introduites dans les rotations (cotonnier, maïs, riz pluvial).

A Tarna (Niger) en 1968, NABOS et HUBERT DE FRAISSE (66), dans un essai "façons préparatoires x façons d'entretien," ont mis en évidence sur arachide un effet dépressif des façons d'entretien trop souvent répétées.

Avec 2 sarclages, on obtient 1929 kg/ha
Avec 4 sarclages, on obtient 1812 kg/ha.

De plus la répétition des sarclages atténue les effets du travail du sol (qui passe de + 14% avec deux sarclages à + 6% avec quatre sarclages) et de la fumure (qui passe de + 20% à + 7%).

Par contre la même année dans un autre essai "façons d'entretien sur arachide" ils ne trouvent aucune différence entre 2, 4 et 6 binages effectués à la houe Manga.

En 1969 il y a équivalence entre un, deux et trois binages.

Ces résultats obtenus en sol sableux et sous faible pluviométrie mettent en évidence la nécessité de limiter le nombre des interventions.

Il est certain que sous une pluviométrie plus abondante, le problème paraît différent et serait à étudier. La concurrence de l'herbe devient en effet un des facteurs limitants principaux du rendement (problème du riz pluvial dans l'Est et le Sud du Sénégal).

513. Le buttage

Le buttage est aussi une opération d'entretien. Il peut être réalisé à la main au moment du binage en rejetant la terre de l'interligne aux pieds de la plante cultivée, ou à l'aide d'un corps butteur.

Sur cotonnier le buttage est réalisé aux environs du 40^e jour c'est-à-dire en début de floraison. Les résultats obtenus par l'IRCT montrent qu'il s'agit là d'une opération indispensable bien que l'on n'explique pas complètement ses effets. On en est souvent réduit aux hypothèses.

- Effet sanitaire empêchant les pourritures à la base : ce serait le plus vraisemblable

- Meilleur emmagasinement de l'eau en fin de saison des pluies; il est facilité par le cloisonnement des billons.

- Arrêt de l'érosion, à condition que la pente soit faible et que le buttage soit fait dans le sens des courbes de niveau.

- Contrôle des adventices supérieur à celui obtenu avec le sarclage à plat.

- Verse évitée sur certaines variétés sensibles comme B.J.A.

Pour le maïs, on considère que c'est une opération intéressante mais non indispensable:

- C'est un moyen économique et rapide de lutte contre les mauvaises herbes. Le maïs a en effet une croissance végétative rapide qui ne permet pas de biner très longtemps en double interligne avec les instruments habituellement utilisés en culture attelée bovine pour le sorgho et le mil. On ne peut donc intervenir que sur un seul interligne à la fois et le buttage assure un meilleur contrôle de l'herbe.

- Il permet de rechausser les plants et d'éviter la verse.

Un seul résultat a été obtenu par BIRIE-HABAS et THIROUIN en 1965 à Séfa (5).

- Culture à plat	:	2830 kg/ha
- Buttage mécanique progressif	:	3018 kg/ha.

La différence bien que non significative note une certaine tendance en faveur du buttage, ce qui traduit bien les impressions précédentes.

52. Les travaux de récolte

La récolte des céréales et du niébé ne donne lieu à aucun travail du sol. Par contre 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'arachides une lame souleveuse de 350 mm de large à 4 ou 5 cm de profondeur. Cette opération effectuée le plus souvent en sol sec, nécessite une force de traction assez grande; 50 à 60 kg en sol Dior, 80 à 100 kg en sol Dek (LE MOIGNE, 1966) et exige donc la traction bovine. Après la récolte les traces du passage de la lame souleveuse restent nettement visibles sur le profil cultural pendant toute la saison sèche. Sur 4 à 5 cm de profondeur le sol est nettement plus meuble mais présente souvent un aspect hétérogène; mélange de petites mottes, de terre pulvérulente et d'éclats à structure lamellaire. L'intérêt pour le sol, de cette opération culturale paraît donc assez réduit.

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. Il est frappant à cet égard, de comparer, un jour de grand vent, le comportement d'un champ ayant subi le glanage de l'arachide et celui d'un autre champ labouré en fin de saison des pluies (labour d'enfouissement ou labour de fin de cycle). Du premier champ s'élève un nuage de poussière, alors que les mottes du second résistent parfaitement à l'action érosive du vent. 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 de travail du sol.

La destruction des billons consécutifs au buttage est une opération qui se situe après la récolte, c'est-à-dire en pleine saison sèche pour une culture à long cycle (cotonnier, sorghos actuels), en fin de saison des pluies pour une culture à court cycle (maïs).

Après une culture à long cycle, cotonnier par exemple, on élimine les résidus en les brûlant, puis l'éclatement s'effectue en passant deux fois par billon avec une lame souleveuse d'arachide de 200 ou 350. Compte tenu de l'état de sécheresse du sol, on obtient alors de très grosses mottes qu'il faut briser par passages répétés de rotary hoe. Le sol est alors en général suffisamment fractionné pour être labouré (ce travail préalable est indispensable pour le labour). Mais si l'on désire semer directement, il est préférable d'attendre une pluie parasite pour terminer la préparation et avoir un bon lit de semences.

L'ensemble nécessite environ 50 heures de travail par hectare pour une paire de boeufs.

La destruction des billons en sec représente donc un véritable travail du sol. Il n'existe pas pour l'instant de résultats d'essais comparant labour et simple destruction des billons. Quelques résultats isolés obtenus en champ de pré vulgarisation sur des céréales suivant une culture de cotonnier, semblent indiquer que l'on est en présence d'une forme de travail d'autant plus intéressante qu'elle est réalisée pendant la saison sèche, à une époque où il y a peu de travaux dans les champs.

Son gros inconvénient est qu'elle nécessite une force de traction importante, qu'elle est pénible et épuisante pour les boeufs à une période de l'année où la nourriture devient peu abondante. Il est nécessaire de ne pas dépasser quatre heures de travail par jour pour une telle opération.

Les cultures à court cycle comme le maïs étant en général récoltées alors que le sol est encore humide, la destruction des billons est très rapide. Il y a deux possibilités :

- Sortir les résidus de récolte pour les donner en nourriture au bétail ou en faire du fumier. On éclate ensuite les billons à la charrue et on laboure

- Laisser les pailles sur place et les enfouir directement par un labour. Dans ce cas il faut effacer ensuite la trace des billons par deux passages croisés de canadien, pas trop profond pour éviter de ressortir les pailles.

Dans les deux cas la destruction des billons aboutit à un labour de fin de cycle avec ou sans enfouissement de pailles.

6. CONCLUSION

Comme dans les pays tempérés, le travail profond du sol se révèle être, dans les zones tropicales sèches, le moyen le plus efficace pour créer le profil cultural. Le contraste est donc frappant entre l'insuffisance des facteurs biologiques, qui tout en jouant un rôle important dans la conservation du profil et le maintien de la fertilité, ne sont pas capables seuls d'améliorer les propriétés physiques du sol (cf. Chapitre III), et l'efficacité des facteurs mécaniques, associés ou non aux facteurs biologiques, qui modifient complètement, de manière plus ou moins durable, les principales caractéristiques du profil cultural.

Les conséquences agronomiques et économiques sont très importantes puisque l'intervention de ces facteurs mécaniques favorise la croissance végétale et entraîne des augmentations de rendements sensibles sur la plupart des cultures.

Les labours constituent les modalités de travail profond du sol les plus efficaces et les plus généralisables. Ils ont des incidences multiples et complexes sur les propriétés du sol.

Celles qui paraissent jouer le rôle le plus important et le plus général, sont celles qui ont trait aux modifications de structure et de porosité qualitative et quantitative. Ces caractéristiques influent directement sur l'enracinement des végétaux. Le labour entraîne donc de ce seul fait, une amélioration du système racinaire des végétaux, avec tout ce que cela comporte pour leur alimentation hydrique et minérale et donc les rendements agricoles.

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

Leur remanence d'action est très différente en fonction de la nature de la culture qui suit le labour d'enfouissement. Après une arachide les modifications apportées au profil cultural et à la structure sont très atténuées. Après une céréale au contraire le profil cultural est mieux conservé et les effets sur les rendements peuvent se poursuivre pendant deux ou trois ans.

Or dans les zones sahéliennes et sahélo-soudaniennes, les labours d'engrais vert ou de jachère constituent bien souvent, du fait de la courte durée de l'hivernage, les seules modalités possibles de travail profond du sol au cours de la rotation culturale.

On voit donc l'importance que prend la succession culturale elle-même si l'on veut maintenir les effets bénéfiques le plus longtemps possible. On voit aussi l'intérêt qu'il y a à introduire dans ces successions culturales, des cultures à court cycle permettant d'enfouir régulièrement les résidus de récolte.

Il nous reste maintenant à étudier l'influence de cette matière organique enfouie sur le bilan humique des sols et par voie de conséquence sur la nutrition minérale et azotée des cultures.

Bilan humique et rotations feront l'objet des prochains chapitres./.

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

- (1) Aménagement du Territoire, 1967
Quelques données pluviométriques de 16 stations du Sénégal
(Période 1932-1965)
Minist. du Plan et du Dévelop. Aménag. du Terr. Dakar
- (2) BERGER M., BERTRAND R., 1967
Expérimentation relative à Dolichos Lablab (Antaka) en culture
cotonnière intensive dans le périmètre irrigué du Bas-Mangoky.
Actes du colloque sur la Fertilité des sols tropicaux, Tana-
narive (Madagascar) 19-25 Nov. 1967; 118, II, 1472-1489.
- (3) BERTRAND R., 1967
Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et
du sol en pays baoulé (Côte d'Ivoire).
Actes du colloque sur la Fertilité des sols tropicaux, Tana-
narive (Madagascar) Nov. 1967, 106, II, 1281-1295
- (4) BERTRAND R.,
Observations de profils culturaux sur les essais de travail du
sol (Station de Ferkessédougou)
IRAT/Côte d'Ivoire; rapport an. d'act. Div. d'Agropédologie
- (5) BIRIE-HABAS J., THIROUIN H., 1965
Compte rendu d'un essai de techniques culturales sur maïs
IRAT/Sénégal, rapport annuel; Station agron. de Séfa; 118-119
- (6) BLONDEL D., 1964
Etude de l'évolution du profil cultural sous une rotation qua-
driennale et de l'influence du travail du sol sur les cultures
IRAT/Sénégal; doc. miméo.
- (7) BLONDEL D., 1965
Influence du travail du sol sur le profil cultural et les cul-
tures.
IRAT/Sénégal; rap. an. Div. d'Agropédologie, 427-436.
- (8) BLONDEL D., 1965
Premiers éléments sur l'influence de la densité apparente du sol
sur la croissance racinaire de l'arachide et du sorgho. Ses con-
séquences sur les rendements
C.R. du Coll. OAU/STRC sur la conservation et l'amélioration
de la fertilité des sols; Khartoum, Nov. 1965; 173-181
- (9) BLONDEL D., 1966
Premiers résultats sur la dynamique de l'azote dans deux sols du
Sénégal. Rap. de Recherches 1966.
IRAT/Sénégal, doc. miméo. 51 pages.

- (10) BONFILS P., 1963
Evolution de la matière organique dans deux sols du Sénégal.
L'Agron. trop., XVIII, 1254-1279.
- (11) BOUFIL F., PELISSIER J., TOURTE R., 1950
Les terres à arachide du Sénégal. Premiers enseignements à tirer
d'essais sur les façons culturales
Ann. du CRA Bambey, 1950, 33-36
- (12) BOUYER S., 1950
Phosphates et arachide
Ann. du CRA Bambey, 1950, 19-32.
- (13) CGOT., 1954
Rapport annuel de la Station agronomique de Séfa
- (14) CHARREAU C., 1963
Compte rendu de mission en Casamance et au Sénégal oriental
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 51 pages
- (15) CHARREAU C., 1969
Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance
L'Agron. trop. XXIV, 9, 836-842.
- (16) CHARREAU C., 1969
Projet "Erosion et ruissellement en Casamance" - Dispositifs
de contrôle et lutte - Etudes à poursuivre
IRAT/Sénégal; doc. minéo., 22 pages
- (17) CHARREAU C., FAUCK R., 1970
Mise au point de l'utilisation agricole des sols de la région
de Séfa (Casamance)
L'Agron. trop. XXV, 2, 151-191.
- (18) CHARREAU C., NICOU R., 1964
Note sur le rôle et la nature de la sole de régénération dans
la rotation. Résumé de la doctrine du CRA Bambey
IRAT/Sénégal; doc. minéo., 16 pages
- (19) CHARREAU C., NICOU R., THIROUIN H., 1964-69
Comptes rendus d'un essai "Labour de fin de cycle" à Séfa
IRAT/Sénégal; rap. ann. Div. des Techniques culturales.
- (20) CHARREAU C., SEGUY L., 1969
Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1968
L'Agron. trop. XXIV, 11, 1055-1097.
- (21) CHOPART J.L., 1970
Morphologie et croissance de l'enracinement du sorgho (Sorghum
vulgare) en deux conditions de fertilité. Première étude.
IRAT/Sénégal; doc. minéo., 97 pages.

- (22) COCHEME J., FRANQUIN P., 1967
Une étude d'agroclimatologie de l'Afrique sèche au Sud du Sahara
en Afrique occidentale
Projet conjoint d'Agroclimatologie FAO/UNESCO/OMM: FAO, Rome
- (23) COINTEPAS J.P., 1958
Bilan des études chimiques et pédologiques entreprises à la
Station expérimentale de Séfa
ORSTOM, doc. minéo., 110 pages
- (24) CRA Bambey, 1960
Principaux résultats expérimentaux obtenus en Haute-Volta jus-
qu'en 1959. Essais de préparation du sol.
ORSTOM, doc. minéo., 9-10.
- (25) CRA Bambey, 1960
Principaux résultats obtenus en Haute-Volta jusqu'en 1959. Es-
sais "Nature d'engrais vert à Saria" (1951-57)
ORSTOM; doc. minéo., 11-12.
- (26) CRA Bambey, 1961
Compte rendu de l'essai de rotation de M'Pesoba (Mali)
IRAT/Sénégal, rap. ann. d'act. Div. des Techniques culturelles
- (27) DEFFONTAINES J.P., 1964
Mission "Profil cultural" Sénégal - Juin 1964
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 16 pages
- (28) DEFFONTAINES J.P., 1965
Observations sur le profil cultural du sol en conditions diverses
IRAT/Sénégal; doc. minéo., 26 pages
- (29) DUPONT de DINECHIN B., d'ARONDEL de HAYES J., 1964-65
Comptes rendus de l'essai "Mise au point d'une sole de régéné-
ration"
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (30) DUPONT de DINECHIN B., d'ARONDEL de HAYES J., 1967
Compte rendu de l'essai "Profondeur de labour" à Farako Ba
IRAT/Haute Volta; rap. ann. d'act.
- (31) DUPONT de DINECHIN B., d'ARONDEL de HAYES J., 1968
Compte rendu de façons culturales sur sol faiblement ferrali-
tique à Farako Ba
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (32) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1964
Compte rendu de travail du sol sur sorgho à Saria
IRAT/Haute Volta; rap. ann. d'act.

- (33) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1964-67
Compte rendu d'essais de façons culturales à Saria
IRAT/Haute Volta; rap. ann. d'act.
- (34) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1965
Compte rendu d'essais de façons culturales à Saria
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (35) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1966
Compte rendu d'essai "Profondeur de labour" à Saria
IRAT/Haute-Volta; rap. ann. d'act.
- (36) DUPONT de DINECHIN B., MALCOIFFE C., 1966-68
Comptes rendus d'essais de façons culturales sur sol ferrugineux
profond à Saria
IRAT/Haute-Volta, rapp. ann. d'act.
- (37) FAUCHE J., 1960
Compte rendu de l'essai Jachère-Engrais vert 1955 à Bambey
CRA Bambey, archives Div. Techniques culturales
- (38) FAUCHE J., NICOU R., 1953-1968
Comptes rendus des essais "Rotation x Engrais" de Nioro du Rip
et Sinthiou Malène
IRAT/Sénégal; rap. ann. d'act. de la Div. des Techniques
culturales.
- (39) FAUCHE J., NICOU R., 1962
Compte rendu de l'essai "Engrais vert Dior 1960"
IRAT/Sénégal; rap. ann. d'act. Div. des Techniques culturales
- (40) FAUCK R., SEGUY L., TOBIAS C., 1969
Notice de la carte des sols de la région de Séfa (Casanance)
ORSTOM/IRAT, doc. miméo., 51 pages
- (41) FAURE J., 1956
Compte rendu des essais Engrais vert LA N°1 et LA N°3
Archives du CRA Bambey, Division des Sols.
- (42) FERTE, LESCURE, 1966
Compte rendu d'essai de formes de jachères avec ou sans fumure
minérale sur sol dunaire rouge à Kolo
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (43) GAUDEFROY DEMOMBYNES P., CHARREAU C., 1961
Possibilité de conservation de l'humidité dans le sol pendant
la saison sèche; influence corrélative sur le degré d'ancublissement du sol.
L'Agron. trop. XVI, 3, 238-254

- (44) HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969
Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques.
Masson et Cie, éd. 2ème éd., Paris.
- (45) IRHO/Sénégal, 1956-66
Comptes rendus de l'essai Jachère 1bis sur sol beige à Darou.
IRHO/Sénégal, rapp. ann. d'act. Station de Darou.
- (46) IRHO/Sénégal, 1960-66
Comptes rendus de l'essai "Jachère-Engrais vert-Couverture" à Darou
IRHO/Sénégal, rapp. ann. de campagne.
- (47) IRHO/Sénégal, 1961-66
Comptes rendus de l'essai "Jachères-Engrais vert sur sol hydromorphe" à Darou
IRHO/Sénégal, rapp. ann. d'act., Station de Darou.
- (48) IRHO/Sénégal, 1965-66
Comptes rendus de l'essai "Longueur optimum de jachère sur sol hydromorphe à Darou"
IRHO/Sénégal, rapp. ann. d'act. , Station de Darou.
- (49) IRHO/Sénégal, 1966
Compte rendu de l'essai "Comparaison assolement" à Darou
IRHO/Sénégal, rapp. ann. , Station de Darou, 108-114.
- (50) JACQUINOT L., 1964
Phosphatage de fond avec phosphate naturel.
L'Agron. trop. XIX, 12, 1033-1072
- (51) JACQUINOT L., 1966
Utilisation de la valeur "L" dans l'étude du phosphate assimilable d'un sol
IRAT/Sénégal, doc. minéo. , 8 pages
- (52) LE MOIGNE M., 1965
Problèmes de sarclo-binage au Sénégal
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 6 pages
- (53) LE MOIGNE M., 1965-66
Comptes rendus de travaux de préparation du sol
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. du Machinisme agricole.
- (54) LE MOIGNE M., 1966
Possibilité de travail en "sec" en culture battelée bovine
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 7 pages

- (55) LE MOIGNE M., 1967
Problèmes d'enfouissement de matière verte en traction animale
au Sénégal
Actes du Coll. sur la Fert. des Sols trop., Tananarive (Mada-
gascar). Nov. 1967; 144, II, 1774-79.
- (56) MAERTENS C., 1964
Influence des propriétés physiques des sols sur le développement
radiculaire et conséquences sur l'alimentation hydrique et azotée
des cultures
Science du Sol, 2.
- (57) MONNIER G., 1965
Action des matières organiques sur la stabilité structurale des
sols
Ann. Agron., 16, 4, 327-400 et 16, 5, 471-534.
- (58) MONNIER J., 1967
Problèmes pratiques posés par le labour d'enfouissement d'engrais
vert en culture attelée bovine au Sénégal.
Actes du Coll. sur la Fert. des Sols trop. Tananarive (Mad.)
Nov. 1967, 145, II, 1780-89.
- (59) MONNIER J., 1970
Résultats de l'étude d'un modèle ou schéma d'exploitation
valable pour le Sénégal oriental
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 10 pages.
- (60) MUNTZ A., FAURE L., LAINE E., 1905
Etude sur la perméabilité des terres, faite en vue de l'ir-
rigation.
Ann. Dir. Hydraulique, Paris, 33-45
- (61) NABOS J. et coll., 1965-68
Comptes rendus d'essais "Façons préparation de fin de saison
sèche sur sols de banquettes incultes de la Maggia, à Kawara"
IRAT/Niger, rapp. d'act.
- (62) NABOS J. et coll., 1968
Compte rendu d'essai "Mode de préparation en sol dunaire à
Magaria"
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (63) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1964-1966
Comptes rendus d'un essai "Nature d'engrais vert et mode d'en-
fouissement" à Tarna
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.

- (64) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1964-69
Comptes rendus des essais "Localités de préparation du sol du-
naire" à Tarna
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (65) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1967
Compte rendu d'un essai de façons préparatoires de début et de fin
d'hivernage à Tarna.
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (66) NABOS J., HUBERT de FRAISSE C., 1967-68
Comptes rendus d'essais "Façons d'entretien sur arachide" à Tarna
IRAT/Niger, rapp. ann. d'act.
- (67) NICOU R., 1962-69
Compte rendu des essais "Travail du sol x Fertilisation" de
Banbey, Boulel et Nioro-du-Rip
IRAT/Sénégal, rapp. ann. Div. des Techniques culturales
- (68) NICOU R., 1963 - 1966
Comptes rendus de l'essai "Régénération x Traitements" à Banbey
(2ème rotation)
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act., Div. des Tech. culturales
- (69) NICOU R., 1965-68
Compte rendu des essais "Régénération du profil" de Louga, Ban-
bey et Sinthiou Malène
IRAT/Sénégal; rapp. ann. de la Div. des Techn. culturales.
- (70) NICOU R., 1965-68
Compte rendu des essais "Conservation du profil" de Banbey et
Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann., Div. des Techniques culturales.
- (71) NICOU R., 1967-69
Compte rendu des essais "Mode de préparation $\frac{1}{2}$ Dates de semis"
de Nioro du Rip et Sinthiou malène
IRAT/Sénégal, rapp. ann. , Div. des Techniques culturales
- (72) NICOU R., 1969
Action du labour sur la porosité
IRAT/Sénégal, rapp. ann. division des Techn. culturales
- (73) NICOU R., SEGUY L., HADDAD G., 1970
Comparaison de l'enracinement de quatre variétés de riz pluvial
en présence ou absence de travail du sol
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 20 pages

- (74) NICOU R., THIROUIN H., 1964-69
Comptes rendus des essais "Régénération du profil" de Séfa
IRAT/Sénégal; rapp. ann. Div. des Techn. culturelles
- (75) NICOU R., THIROUIN H., 1968
Mesures sur la porosité et l'enracinement. Premiers résultats
IRAT/Sénégal, doc. miméo., 52 pages
- (76) NOURRISSAT P., 1965
Compte rendu d'essais de traction animale
IRAT/Sénégal, Div. des Etudes d'Agro-pastorales, 7-29
- (77) PARE J., 1969
Etude de dispositifs anti-érosifs adaptés aux conditions de la
Casanance
IRAT/Paris; doc. miméo., 63 pages
- (78) POCTHIER G. et coll., 1964-69
Compte rendu des essais d'amélioration foncière (champs de prévil-
garisation ou d'appréciation des potentialités).
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la SARV.
- (79) POULAIN J.F., 1965
Contribution à l'étude des mécanismes d'action de la fumure verte
Effets sur le sol et les rendements
Coll. sur la Conserv. et l'Amélior. de la Fert. des Sols
OAU/STRC, Khartoum (Nov. 1965), 131-148.
- (80) POULAIN J.F., MARA M., 1960-1969
Comptes rendus de l'essai "Régénération du sol" de Thiénéba
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Division d'Agropédologie.
- (81) POULAIN J.F., MARA M., 1961-69
Compte rendu des essais "Structure-Humus" de Thiénaba et Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie
- (82) POULAIN J.F., MARA M., 1965-69
Compte rendu des essais $ÉS \times P \times K \times Labours$ à Banbey
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie.
- (83) POULAIN J.F., MARA M., 1965-69
Compte rendu des essais "Régénération \times Phosphates" de Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie
- (84) POULAIN J.F., MARA M., 1965-69
Compte rendu des essais "Doses Phosphore \times Soufre" de Boulel
IRAT/Sénégal, rapp. ann. de la Div. d'Agropédologie.

- (85) POULAIN J.F., TOURTE R., 1969
Influence de la préparation profonde du sol en sec sur la réponse des mils et sorghos à la fumure azotée (sols sableux de la zone tropicale sèche).
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 25 pages. Comm. à la Conférence OUA/STRC de Zaria sur les céréales (Nigeria, 13-16 Oct. 1969)
- (86) RENAUT G., 1967-68
Compte rendu d'essais de sous-solage sur riz et maïs à la Station de Ferkessédougou
IRAT/Côte d'Ivoire, rapp. ann. d'act. de la Div. d'Agronomie.
- (87) RENAUT G., 1967-68
Comptes rendus d'essais de travail réduit sur riz et maïs à la Station de Ferkessédougou
IRAT/Côte d'Ivoire ; rapp. ann. d'act. Div. d'Agronomie.
- (88) REYNARD A., 1967
Compte rendu d'un essai "Travail du sol x Fertilisation sur mil" en sol de Diéri
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Secteur Fleuve.
- (89) ROOSE E., 1967
Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal
L'Agron. trop., XXII, 2, 123-152.
- (90) SEGUY L., 1970
Influence des facteurs pédologiques et des techniques culturales sur la croissance et la production du riz pluvial en Casamance (Sénégal méridional)
IRAT/Paris, doc. minéo. 2 tomes.
- (91) SILVESTRE P., 1961
Monographie des recherches conduites à Bambey sur l'arachide
L'Agron. trop., XVI, 6, 623-730.
- (92) TOURTE R., 1951
Préparation du sol et enfouissement de la végétation naturelle comme engrais vert. Leur influence sur les rendements du mil au Sénégal.
Ann. du CRA Bambey, 1951, 120-125.
- (93) TOURTE R., 1961
Les instruments de désherbage à traction animale
IRAT/Sénégal, doc. minéo., 7 pages
- (94) TOURTE R., FAUCHE J., 1952
Note sur trois années d'essais de techniques culturales dans les centres expérimentaux hors Sénégal.
Ann. du CRA Bambey, 1952, 33-48.

- (95) TOURTE R., FAUCHE J., BOUYER S., 1967
L'amélioration foncière des sols en Afrique occidentale sèche
Ann. du CRA Banbey, 1957 (1ère partie), 55-103.
- (95)bis TOURTE R., FAUCHE J., NICOU R., 1951-1961
Comptes rendus de l'essai "Rotation Dior" à Banbey
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Div. des Techn. culturelles.
- (96) TOURTE R., GAUDEFROY-DEMOLBYNES P., FAUCHE J., 1954
Perfectionnement des techniques culturelles au Sénégal
Ann. du CRA Banbey, 1954, 1-111
- (97) TOURTE R., NICOU R., BONLIEU A., 1961
Compte rendu d'essais de préparation du sol
IRAT/Sénégal, rapp. ann. d'act. Div. des Techn. culturelles 55-61
- (98) TOURTE R.; VIDAL P., JACQUINOT L., FAUCHE J., NICOU R., 1964
Bilan d'une rotation quadriennale sur sole de régénération au Sénégal
L'Agron. trop. , XIX, 12, 1033-72.
- (99) THIROUIN H., 1965
Conduite de l'engrais vert en vue de son enfouissement.
IRAT/Sénégal; rapp. ann. Secteur Casamance
- (100) VIDAL P., 1963
Croissance et nutrition minérale des mils Pennisetum cultivés au Sénégal
Thèse Fac. des Sciences, Dakar
L'Agron. trop., XVIII, 6-7, 591-668.
- (101) WERTS R., 1960
Bilan sur 4 et 6 ans de l'effet d'une sole de régénération Jachère ou engrais vert (Essai E4 - 1955)
CGOT - Station expérimentale de Séfa - Note technique n° 11
- (102) WERTS R., 1961
Comptes rendus de l'essai de rotation 1965 (F1) et de l'essai "Influence du traitement de l'engrais vert" 1958 (F5)
CGOT, Station agronomique Séfa, Note technique n° 19.

R E S U M E

Les facteurs biologiques ne paraissant pas seuls, capables d'améliorer nettement les propriétés physiques du sol et de créer un profil cultural satisfaisant, il convient de rechercher, si cet objectif ne peut être atteint par une intervention humaine plus poussée faisant jouer les facteurs mécaniques (travail du sol) employés seuls ou en association avec les facteurs biologiques (enfouissement de matière végétale).

Par ailleurs 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.

Les effets directs du labour sur le sol

Les effets du labour se manifestent sur les caractéristiques du sol suivantes :

- Structure
- Régime hydrique
- Granulométrie
- Susceptibilité à l'érosion
- Matière organique et vie microbienne

Il apparaît que le labour a des incidences multiples et complexes sur les propriétés physiques du sol. Cependant celles qui semblent jouer le rôle le plus important ont trait aux modifications de structure et de porosité quantitative et qualitative. Ces caractéristiques agissant en effet sur l'enracinement des végétaux, le labour entraîne, de ce seul fait, une amélioration du système racinaire des végétaux, avec tout ce que cela comporte pour leur alimentation hydrique et minérale et donc les rendements agricoles.

En ce qui concerne l'action du labour sur la susceptibilité à l'érosion, il semble que sa fâcheuse réputation soit due à une confusion, longtemps faite en zone tropicale sèche, entre profondeur et intensité de travail. Dans la plupart des cas il joue au contraire un rôle améliorateur dans la conservation du sol.

Les effets direct du labour sur les cultures.

Ils se manifestent sur :

- les adventices des cultures
- l'enracinement des plantes cultivées
- le développement végétatif et les rendements agricoles

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.

L'action du labour sur l'enracinement des plantes cultivées est très marquée tant du point de vue quantitatif que qualitatif. Il agit à la fois sur le poids, la longueur et la surface des racines ainsi que sur leur répartition dans le profil. Des liaisons très étroites ont été mises en évidence entre porosité, développement racinaire et rendements.

Pour chaque culture on examine ensuite séparément les effets sur les rendements des deux types de labours : labour ordinaires et labours d'enfouissement de matière végétale. Le tableau suivant résume sous une forme synthétique, l'ensemble des résultats obtenus :

Tableau récapitulatif des effets moyens des labours sur les rendements des cultures dans la zone tropicale sèche de l'Ouest Africain (essais de l'IRAT, sols à dominante sableuse).

C u l t u r e s	Labours ordinaires						Labours d'enfouissement					
	Nombre de résultats annuels			Rendement des témoins	Plus values sur labour		Nombre de résultats annuels			Rendement des témoins	Plus values sur labour	
	To- taux	Posi- tifs	%	moins kg/ha	kg/ha	%	To- taux	Posi- tifs	%	moins kg/ha	kg/ha	%
Mil (grain)	22	21	95	1245	+ 256	+ 21	5	4	80	971	+ 365	+ 38
Sorgho (grain)	46	39	85	1874	+ 536	+ 29	2	2	100	2039	+ 532	+ 26
Maïs (grain)	6	6	100	2093	+ 568	+ 27	12	10	83	1474	+ 970	+ 66
Riz pluvial (paddy)	11	11	100	966	+1515	+157	1	1	100	1547	+ 705	+ 46
Cotonnier (coton grain)	7	7	100	1629	+ 433	+ 27	12	10	83	1240	+ 423	+ 34
Arachide (gousses)	31	27	87	1412	+ 274	+ 19	113	81	71	1661	+ 119	+ 7

Les résultats montrent que les labours ont une influence favorable sur toutes les cultures. Cette influence est variable avec les sols, les années et les cultures. On peut donc estimer que le labour joue, en zone tropicale sèche, 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 pailles, 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.

Les effets résiduels des labours sur le sol et les cultures

Après un labour ordinaire, l'effet d'ameublissement sur le sol persiste 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. Des effets très importants sont observés sur la succession riz-riz.

La résonance d'action sur le sol et les cultures d'une labour d'enfouissement est très différente suivant la nature de la culture test succédant au labour.

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 se traduit par des améliorations de rendements assez modestes sur les deuxième et troisième cultures.

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 résultats disponibles, les effets sur les rendements de la deuxième culture peuvent être très importants surtout lorsqu'il s'agit encore d'une céréale.

Le tableau suivant illustre cette influence de la rotation sur la rémanence d'action du labour d'enfouissement.

Evolution des plus values de rendement apportées par le labour d'enfouissement dans différentes rotations.

Successions culturales	Nbre de résultats annuels		Rendement moyen témoin kg/ha	Plus values sur labours	
	Totaux	Positifs		kg/ha	%
1.- Arachide	113	81	1661	+ 119	+ 7
2.- Mil	56	38	971	+ 109	+ 11
3.- Arachide	56	35	1655	+ 157	+ 9
1.- Mil	5	4	971	+ 365	+ 38
2.- Arachide	4	3	1810	+ 175	+ 10
1.- Maïs	12	10	1474	+ 970	+ 66
2.- Sorgho	1	1	2325	+ 590	+ 25
1.- Sorgho	3	3	1520	+ 359	+ 24
2.- Sorgho	1	1	1618	+ 705	+ 43
3.- Arachide	1	1	2489	+ 176	+ 7

Modalités des réalisations 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.

Interactions entre labours et engrais minéral

Dans le cas des labours ordinaires un seul résultat d'essai met en évidence un cas d'interaction, statistiquement significatif sur sorgho en sol sableux : l'apport de fortes doses d'azote a été nettement valorisé par le travail profond. Cependant les résultats des champs de pré vulgarisation, plus nombreux et mieux répartis géographiquement, donnent à penser que l'importance de l'interaction dépend de la fumure de la culture, et de l'écologie considérée.

Il en est de même pour les labours d'enfouissement de matière verte.

Il a été prouvé dans un certain nombre de cas que l'enfouissement simultané d'une jachère ou d'un engrais vert et d'une forte dose de phosphate tricalcique, favorisait nettement l'action de cet engrais. Ceci s'expliquerait par le placement à bonne profondeur, grâce au labour, du phosphate naturel mis ainsi directement à la disposition des racines. Il en résulterait une action plus efficace de la fumure forte, plus riche en phosphate naturel, sur les céréales (à enracinement fasciculé), dans les zones à forte pluviométrie.

Travaux de préparation autres que les labours

Les pseudo-labours permettant de travailler le sol sans retournement, apportent des suppléments de rendement non négligeables sur toutes les cultures. Les effets sont dans tous les cas inférieurs à ceux du labour, mais ils peuvent constituer, pour le paysan, de bonnes solutions de remplacement. Le labour est en effet une opération assez longue à réaliser en culture attelée et qui ne peut être effectuée sur tous les champs de l'exploitation sans risques de perturber gravement le programme de travaux pour les différentes cultures. Les pseudo-labours présentent l'avantage de pouvoir être effectués en sec c'est-à-dire hors saison culturale. En humide, leur réalisation demande beaucoup moins de temps que pour un labour et perturbe moins le programme de travail de l'exploitation.

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 lane souleveuse en culture attelée produit sur le profil cultural une action non négligeable, bien qu'assez superficielle.

La destruction des billons en sec après une culture de cotonnier, constitue un véritable travail du sol, difficile à réaliser, mais dont l'influence sur les rendements semble intéressante.

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 des 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 propre-

ment 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.

Or dans les zones sahéliennes et sahélo-soudanaises les labours d'engrais vert ou de jachère constituent bien souvent, du fait de la courte durée de l'hivernage, les seules modalités possibles de travail profond du sol au cours de la saison de culture. La succession culturale prend donc une grande importance si l'on veut maintenir longtemps les effets bénéfiques de cet enfouissement.

A N N E X E S

TABLEAU N° IV-101

Rendements des cultures sur les essais "Modes de Préparation x Dates de semis" (en kg/ha) - D'après NICOU (71)

Localisation	Culture	Année	Labour de fin de cycle		Labour de saison sèche		Labour de début hivernage		Témoin
			Semis		Semis		Semis		Semis
			1°Date	3eDate	1°Date	3eDate	2eDate	3eDate	1°Date
Nioro du Rip	Arachide (gousses)	1967	2605	2381	2550	2400	2598	2136	1855
		1968	2531	2081	2428	2224	2406	2086	2296
		1969	1815	1462	1960	1422	1843	1230	1714
		Moyenne	2257	1974	2312	1883	2282	1817	2086
	Sorgho (Grains)	1967	4142	3243	4006	3437	3903	3820	2378
		1968	2859	2284	2266	2201	2612	2019	2054
Moyenne		3500	2764	3136	2819	3258	2920	2216	
Sinthiou Malème	Maïs (grains)	1967	2596	1710	2333	1997	2085	1801	654
		1968	2225	3887	1131	3902	1925	4220	1322
		1969	4314	4710	4510	2042	4957	4156	1116
		Moyenne	3045	3436	2658	2647	2989	3392	2031
	Cotonnier (coton grain)	1967	2886	2500	3313	2504	2846	2539	1940
		1968	2022	1502	1500	1258	1984	1898	1594
1969		2041	1741	1809	1697	2010	2069	1395	
Moyenne	2316	1908	2207	1820	2280	2169	1643		

REMARQUES:

- 1) Les modalités de réalisation des traitements en 1967 ont été un peu différentes de celles des autres années.
 - Le témoin à Sinthiou a été labouré très superficiellement ainsi qu'il est de pratique courante dans cette région. Les semis sur les témoins ont été tardifs (3e date) aussi bien à Sinthiou qu'à Nioro
 - Les labours de fin de cycle et de saison sèche ont été semés à la 2e date au lieu de la première.
- 2) Les rendements du Sorgho à Nioro en 1969 ne figurent pas dans ce tableau; en raison, probablement, de la succession trop rapprochée dans le temps des cultures de sorgho sur le même sol; ils sont anormalement faibles et non interprétables.

Tableau n° IV-102

Comparaison des effets directs sur les rendements des cultures, des labours
d'enfouissement de matière verte et de pailles - D'après NICOU (69) et NICOU, THIRGUIN (74)

CULTURE	LOCALISATION A N N E E	GRAINS GOUSSSES OU PAILLES	RENDEMENTS KG/HA APRES			RENDEMENTS INDICIAIRES			COMPARAISON STATISTIQUE	
			Ténoin	Fumure verte	Enfouis pailles	Fumure verte	Enft pailles	1/2,3	2/3	
			1	2	3	2	3			
Arachide	Banbey Dior - 1965	Gousses	1711	1567	1158	91	68	0	++	
		Pailles	2368	2393	2702	101	118	0	0	
	Banbey Dior - 1966	Gousses	245	937	946	111	111	0	0	
		Pailles	1118	1452	1229	130	116	-	-	
	Séfa - 1965	Gousses	2755	2471	2886	90	105	0	0	
		Pailles	5051	5170	5992	102	118	-	-	
	Séfa - 1966	Gousses	3177	3000	3060	95	97	0	0	
		Pailles	5051	5170	5992	102	118	-	-	
M i l	Banbey Dior - 1968	Grains	711	695	473	98	67	0	+	
		Pailles	7600	8425	7960	111	104	+	0	
	Banbey - 1969	Grains	1496	1662	1642	111	110	+	0	
Sorgho	Banbey Dek - 1968	Grains	481	516	415	107	86	-	-	
		Pailles	7200	8275	7400	115	103	-	-	
	Sinthiou - 1967	Grains	1441	2040	2147	142	149	+	+	
		Pailles	6826	11401	13715	168	205	-	-	
M a f s	Séfa - 1967	Grains	709	2290	2002	324	284	+	+	
		Pailles	715	1413	1076	198	150	+	+	
	Séfa - 1968	Grains	2119	3553	3801	167	183	+	+	
		Pailles	2177	3414	2258	157	104	+	+	
	Sinthiou - 1969	Grains	4080	4930	3800	121	93	-	-	
		Pailles	3714	4854	4703	131	127	+	+	
Sinthiou - 1969	Pailles	3700	4725	5200	128	141	+	0		

Remarque : (valable également pour les tableaux IV-103 et IV-104 :

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 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° IV-103

Comparaison des labours d'enfouissement de matière verte et de pailles dans leurs effets résiduels de première année sur les rendements des cultures - D'après NICCU (69) et NICOU, THIROUIN (74)

CULTURE	PRECEDENT CULTURAL	LOCALISATION	ANNEE	Grains Gousses ou Pailles	Rendements kg/ha après			Rendements indiciaires		Comparaison statistique	
					Ténoin	Funure verte	Enfouis Pailles	Funure verte	Pail-les	1/2,3	2/3
					1	2	3	2	3		
M i l	Arachide	Banbey	1966	Grains	995	1406	1260	141	127	+	0
		Dior	1967	Grains	751	858	816	104	105	0	0
		Séfa (1)	1966	Grains	1907	1982	2132	100	107	0	0
		Séfa	1967	Grains	2375	2563	2599	100	105	-	-
Arachide	M i l		1969	Gousses	1558	1872	1925	121	124	+	0
				Pailles	2827	3265	3328	115	118	0	0
Sorgho	Sorgho	Sinthiou	1968	Grains	1618	2369	2141	146	133	++	0
				Pailles	5600	7950	6200	142	111	-	-
M i l	M a ï s	Séfa (1)	1969	Grains	2030	2206	1781	109	88	0	++
		Séfa		Grains	2012	2218	2337	110	116	-	-
Sorgho	M a ï s	Sinthiou	1969	Grains	2325	2935	2839	126	122	++	0
				Pailles	8900	11925	12500	134	141	++	0

Tableau n° IV-104

Comparaison des labours d'enfouissement de matière verte et de pailles dans leurs effets résiduels de deuxième année sur les rendements de l'arachide - D'après NICCU et NICOU, THIROUIN (69,74)

PRECEDENTS CULTURAUX	LOCALISATION	ANNEE	Grains Gousses ou Pailles	Rendements kg/ha après			Rendements indiciaires		Comparaison statistique	
				Ténoin	Funure verte	Enfouis	Funure verte	Pail-les	1/2,3	2/3
				1	2	3	2	3		
Arachide	Banbey Dior (2)	1967	Gousses	1194	886	1237	74	103	-	-
			Pailles	1562	1331	1807	85	115	-	-
Arachide	Banbey Dior	1968	Gousses	987	1016	872	103	88	0	0
			Pailles	2577	2676	2160	104	84	0	+
M i l	Séfa (3)	1967	Gousses	1772	1873	1875	106	106	0	0
			Pailles	3385	3812	3503	112	104	0	0
	Séfa (3)	1968	Gousses	2226	2327	2303	104	103	0	0
			Pailles	4123	4377	3998	106	96	0	+
		1969	Gousses	2439	2646	2745	106	110	+	0
			Pailles	3386	3471	3378	103	100	0	0
		1969	Gousses	1511	1911	1334	126	121	++	0
			Pailles	2447	2649	2562	108	105	0	0

- (1) Labour de préparation sur nil sur tous les traitements sauf le ténoin.
- (2) Maladie physiologique de l'arachide en 1967. Résultats ininterprétables.
- (3) Labour de préparation avant la culture de nil sur tous les traitements sauf le ténoin.

T A B L E A U N° IV-164bis

INFLUENCES COMPAREES DE L'ENGRAIS VERT LEGUMINEUSES ET D'AUTRES FORMES DE FUMURE VERTE
SUR LES RENDEMENTS DES CULTURES SUIVANTES

LOCALISATION ESSAI	SOLE DE REGENERATION		1ère CULTURE			2e CULTURE			3e CULTURE			SOURCE		
	ANNEE	NATURE DE LA PLANTE E. VERT	NATURE et ANNEE	RENDEMENTS		NATURE ET ANNEE	RENDEMENTS		NATURE ET ANNEE	RENDEMENTS				
				kg/ha	Indices		kg/ha	Indices		kg/ha	Indices			
Banbey (1) (Sénégal)	1955	Jach. brûlée	Arachide	1838	100	Mil	862	100	Arachide	1838	100			
Essai "Jachère-Engrais vert"		Jach. enfouie		1979	105		1957	830		96	1837		102	
Sol Dior	1956	Crotalaire	1958	2181	116		909	105		1718	93			
		Mil		2229	118		840	97		1856	103			
Saria (Hte-Volta)	1950	Jachère brûlée	Arachide	523	100	Mil	510	100						
		Mil ou Sorgho		674	108		527	103						
	Essai d'Engrais vert	1956	Cajanus indicus	1951-1956	699	112	51-57	558	110					
			Crotalaire		715	115		472	93					
Séfa (3) (Sénégal)	1955	Jachère brûlée	Arachide	2325	100	Riz	1490	100	Arachide	2965	100			
		Jachère mulchée		2565	110		1535	103		2810	95			
		Sorgho		2620	116		1957	1465		98	1958		3070+	120+
Essai "Jachère Engrais vert"		Crotalaire juncea		2460	106		1475	99		3030+	122+			
Farako Ba (4) (Hte-Volta)	1964	Jachère brûlée	Sorgho	3425	100	Riz	1165	100	Arachide	2525	100			
		Jachère mulchée		3220	97		1305	112		2280	90			
		Sorgho		3235	94		1959	1580+		136+	1960		2530	100
		Crotalaire J.		3120	91		1750+	150%		2455	99			
Essai Régénération		Stylosanthes gracilis + Stylosanthes crecta	1965	1709	113									
		Crotalaire Jun.		2101+	140+									

(1) Comparaison à la dose d2 d'engrais (300 kg/ha.)

(2) Pas d'apport d'engrais sur cet essai; labours de préparation effectués tous les ans sur les cultures

(3) Comparaison à la dose simple d'engrais pour le riz (150 kg/ha) et à la dose double pour l'arachide (300 kg/ha).

(4) Comparaison en présence de la fumure de redressement.

T A B L E A U N° IV-105

INFLUENCES COMPAREES DE LA JACHERE ENFOUIE ET DU MIL OU SORGHO ENGRAIS VERT SUR LES
RENDEMENTS DE LA CULTURE-TEST SUCCEDANT A LA SOLE DE REGENERATION

NATURE DE LA CULTURE-TEST	LOCALISATION SCL PLUVIOMETRIE	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COMPLAISANCE	NOMBRE DE TOTACTIONS			NOMBRE DE RESULTATS			RENDEMENTS kg/ha après		INDICE ENGRAIS VERT	COMPARAISON RAISON STATISTIQUE	SOURCE
				Jach. enf.	Eng. vert	To- taux	Posi- tifs	Posi- tifs	Jachère enfouie	Mil ou Sorgho	E. vert			
ARACHIDE	Banbey	E.V. L ^a n° 3 (1)	1954	1	1	1	1	1	1059	1210	114	+	(41)	
		Rég. x Traitements	1960	1	1	1	1	1	2597	2726	105	0	(90)	
	Sol Dior	Régén. x Trait.	1964	1	1	1	0	0	2093	1687	81	++	(68)	
		E.V. Dior (2)	1961	1	1	1	0	0	1398	1382	99	0	(39)	
	650 mn	Jach. Engrais vert	1956	1	1	1	1	1	1979	2229	113	0	(37)	
		Jach. Engrais vert	1958	1	1	1	1	1	1913	1966	103	0	(37)	
		Régénération Profil	1965	2	2	1	0	0	1602	1532	95	0	(65)	
	Banbey Sol Dior	Régén. Profil	1956	2	2	1	0	0	989	830	89	0	(69)	
		EV LA N°1	1955	1	2	1	1	1	1400	1475	105	0	(41)	
	650 mn	Régén. Profil Dek	1965	2	2	1	0	0	1443	1202	83	-	(69)	
	Thiénaba	Régénération	1966	1	1	1	1	1	905	1095	121	0	(80)	
		Régénération	1966	1	1	1	1	1	1110	1199	108	0	(80)	
		Structure Hunus	1963	1	1	1	1	1	1355	1676	124	0	(81)	
		" "	1967	1	1	1	1	1	1023	1136	111	0	(81)	
		" "	1968	1	1	1	0	0	750	618	82	-	(81)	
	Sol Dior	" "	1969	1	1	1	1	1	1316	1818	138	-	(81)	
	600 mn	" "	1969	1	1	1	1	1	1316	1818	138	-	(81)	
	Tarna, Niger	Sol dunaire 600 mn	Fornes de jachère	1966	2	1	1	1	1782	1814	102	0	(42)	
	Nature EV et date d'enfouissement (3)		1965	2	3	1	1	1	2506	2626	105	0	(63)	
	Boulel F.T.L. sur grès du C.T. 700 mn	Structure Hunus	1962	1	1	1	1	1	1556	1661	107	0	(81)	
" "		1965-69	1	1	4	2	2	1750	1800	100	0	(81)		
Régén. x Phosph. (4)		1966-69	1	1	4	2	2	1825	1810	99	0	(83)		
Doses Phosp. x S (5)		1966-69	1	1	4	1	1	1874	1858	99	0	(84)		
Sinthiou	P 54 (6)	1959	1	1	1	1	1600	1658	103	0	(95)			
1000 mn	" "	1959	1	1	1	1	1600	1658	103	0	(95)			
Séfa	Jachère-Engrais vert	1956	1	1	1	1	1	2505	2640	105	0	(101)		
F.T.L. sur	" "	1958	1	1	1	0	0	3135	3075	98	0	(101)		
grès du C.T.	Régénération Profil	1965	2	2	1	1	1	2447	2494	102	0	(74)		
1300 mn	" "	1966	2	2	1	1	1	2996	3005	100	0	(74)		
MIL	Louga	Régénération Profil	1968	2	2	1	1	1	493	550	112	0	(69)	
	450 mn	" "	1969	2	2	1	1	1	1644	1737	106	0	(69)	
MIL	Banbey	Régénération Profil	1968	2	2	1	0	0	706	632	97	0	(69)	
	Dior	" "	1969	2	2	1	1	1	1527	1727	108	0	(69)	
SORGHO	Banbey	Régén. Profil Dek	1968	2	2	1	0	0	629	403	64	-	(69)	
	Sinthiou	Régénération Profil	1967	2	2	1	0	0	2173	1921	88	0	(69)	
	Sinthiou	Régénération Profil	1968	2	2	1	0	0	4002	2325	71	+	(69)	
	1000 mn	" "	1969	2	2	1	0	0	5000	4708	94	0	(69)	
MAIS	Séfa	Régénération Profil	1967	2	2	1	1	1	2034	2564	126	++	(74)	
	" "	" "	1968	2	2	1	0	0	1437	1389	97	0	(74)	
	1300 mn	" "	1969	2	2	1	1	1	3099	4006	129	0	(74)	

(1) Rendements moyens avec et sans engrais

(2) Résultats sans apport d'engrais

(3) Moyenne des dates d'enfouissement

(4) Comparaison entre traitements 6 et 10 (apport de phosphate naturel à l'enfouissement)

(5) Comparaison entre traitements 9 et 13 (1200 kg de tricalcique et 25 kg de S).

(6) La comparaison porte sur la moyenne des traitements d2 C1 + d2 C2

(7) Comparaison à la dose simple d'engrais minéral.

T A B L E A U N° IV- 106

EFFETS RESIDUELS COMPARES DE LA JACHERE ENFOUIE ET DU MIL OU SORGHO ENGRAIS VERT
SUR LES RENDEMENTS DE LA DEUXIEME CULTURE DE LA ROTATION

NATURE DE LA CULTURE	PRECEDENT CULTURAL	LOCALISATION	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COMPARAISON	NOMBRE DE ROTATIONS		NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS		RENDEMENTS kg/ha après		INDICE ENGRAIS VERT	COMPARAISON STATISTIQUE	SOURCE	
					Jach. En-foouie	En-grais vert	To-taux	Posi-tifs	Jach. En-foouie	Mil ou sorgho E.V.				
MIL	Banbey		Régén. x Traitements	1961	1	1	1	1	1809	1974	109	0	(93)	
			" "	1965	1	1	1	0	1160	868	70	+	(68)	
			L.V. Dior (1)	1962	1	1	1	0	705	684	97	0	(39)	
			Jachère -Engrais V.	1957	1	1	1	1	830	840	101	0	(37)	
			Régén. Profil Dior	1966	2	2	1	0	1508	1309	87	0	(69)	
	" "	1967	2	2	1	1	825	891	108	0	(69)			
	Arachide	Thiénaba		Régénération	1967	1	1	1	0	674	571	85	0	(80)
				" "	1967	1	1	1	1	608	770	113	0	(80)
				Structure-Humus	1968	1	1	1	1	1429	1529	107	-	(81)
				" "	1969	1	1	1	0	834	639	76	-	(81)
Maïs	Séfa		Nature EV et dates d'enfouissement (2)	1966	2	3	1	1	1062	1206	114	0	(63)	
			Structure-Humus	1963	1	1	1	1	1448	1674	116	0	(81)	
			P 54 (3)	1956	1	1	1	1	774	856	111	0	(95)	
			" "	1960	1	1	1	1	1123	1114	108	0	(95)	
			Régénération Profil	1966	2	2	1	0	2017	1948	97	0	(74)	
" "	1969	2	2	1	1	2542	2583	102	0	(74)				
Arachide	Banbey Dek		Eng. vert LA H°1	1956	1	2	1	1	768	777	101	0	(41)	
			Régén. Profil Dek	1966	2	2	1	0	2189	1365	60	-	(69)	
			Structure-Humus	1967-69	1	1	3	0	1803	1454	79	-	(81)	
			Régén. x Phosph. (4)	1967-69	1	1	3	1	2122	1961	92	-	(83)	
SORGHO	Boulel		Doses Phos. x S (5)	1967-69	1	1	3	2	2219	2398	108	-	(84)	
			Régénération Profil	1968	2	2	1	1	2217	2520	114	0	(69)	
			Régénération Profil	1969	2	2	1	0	2987	2883	97	0	(69)	
RIZ	Arachide	Séfa	Jach. -Eng. vert (6)	1957	1	1	1	0	1535	1465	96	0	(101)	
			" "	1959	1	1	1	1	1305	1580	121	0	(101)	
ARACHIDE	Mil	Louga	Régénération Profil	1969	2	2	1	1	1518	1586	104	0	(69)	
			Régén. Profil Dior	1969	2	2	1	1	1850	1899	103	0	(69)	

(1) Rendements moyens avec et sans engrais

(2) Moyennes des dates d'enfouissement

(3) La comparaison porte sur la moyenne des traitements d2 C1 + d2 C2

(4) Comparaison entre traitements 6 et 10 (apport de phosphate naturel à l'enfouissement)

(5) Comparaison entre traitements 9 et 13 (1200kg de phosphate tricalcique et 25 kg de S)

(6) Comparaison à la dose simple d'engrais minéral.

T A B L E A U N° IV- 107

EFFETS RESIDUELS COMPARES DE LA JACHERE ENFOUIE ET DU MIL OU SORGHO ENGRAIS VERT SUR LES RENDEMENTS DE L'ARACHIDE EN TANT QUE TROISIEME CULTURE DE LA ROTATION

1ère CULTURE	2ème CULTURE	LOCALISATION	DESIGNATION DE L'ESSAI	ANNEES DE COMPARAISON	NOMBRE DE ROTATIONS COMPAREES AVEC		NOMBRE DE RESULTATS ANNUELS		RENDEMENTS kg/ha APRES		INDICE ENGRAIS VERT	COMPARAISONS STATISTIQUE	SOURCE
					Jach. en-fouie	En-grais vert	Taux	Fav. à E.V	Jach. en-fouie	Mil ou sorgho eng. vert			
ARACHIDE		Banbey Dior	Régén. x Trait. Jach.-Engrais vert	1962	1	1	1	1	1884	2018	107	0	(90)
			Régén. Profil Dior	1968	1	1	1	1	1877	1896	101	0	(37)
			" "	1967	2	2	1	0	563	309	84	0	(69)
			" "	1968	2	2	1	0	1040	922	95	0	(69)
	Mil	Thiagnaba	Structure-Humus	1965	1	1	1	0	583	563	97	0	(81)
			" "	1969	1	1	1	1	1589	1813	114	-	(81)
		Boulel	Structure Humus	1964	1	1	1	1	2002	2062	103	0	(81)
		Sinthiou	P 54 (1)	1957	1	1	1	1	2320	2390	100	0	(95)
	Séfa	Régénération Profil	1967	2	2	1	1	1848	1907	103	0	(74)	
		" "	1968	2	2	1	1	2322	2332	100	0	(74)	
	Sorgho	Banbey	Régén. Profil Dek	1967	2	2	1	0	1101	1045	95	0	(69)
			Structure Humus	1968-69	1	1	2	2	1395	1427	102	-	(81)
			Régén. Phosphates (2) Doses Phos. x Soufre (3)	1968-69	1	1	2	0	1907	1332	70	0	(83)
	Riz	Séfa	Jach.-Engrais V. (4)	1958	1	1	1	1	2815	3045	108	0	(101)
" "			1960	1	1	1	1	2375	2465	104	0	(101)	
MAIS	Mil	Séfa	Régénération Profil	1969	2	2	1	0	1973	1849	94	0	(74)
SORGHO	Sorgho	Sinthiou	Régénération Profil	1969	2	2	1	1	2642	2650	100	0	(69)

(1) La comparaison porte sur la moyenne des traitements d2 C1 + d2 C2

(2) Comparaison entre traitements 6 et 10 (apport de phosphate naturel à l'enfouissement)

(3) Comparaison entre traitements 9 et 10 (1200 kg/ de phosphate tricalcique et 25 kg de S)

(4) Comparaison à la dose simple d'engrais minéral.

T A B L E A U N° IV- 100

COMPARAISON DE LABOURS AVEC DIVERS ENFOUISSEMENTS DE MATIERE VERTE DANS LES ESSAIS
"STRUCTURE-HUMUS" DE THIENABA ET DOULEL (31) et L'ESSAI "COUVERTURE-JACHERIE-ENGRAIS VERT"
DE DAROU (46)

Position de la culture	Locali- sation	Nature de la culture	ANNEE	ENGRAIS	GRAINS ou GOUSSES kg/ha					PAILLES kg/ha				
					Labours avec					Labours avec				
					Sol nu	Apport de M.V.	Racines	Plante Entière	Plante + M.V.	Sol nu	Apport de M.V.	Racines	Plante Entière	Plante + M.V.
1ère	Thiénaba	Arachide	1963	Non	1203	1400	1720	1843	1850	1230	1550	1440	2050	1910
			1963	Oui	1347	1290	1720	1676	1385	1440	1950	1990	2220	2530
			1967	Oui	480	872	844	1136	780	2656	2559	2047	2302	2924
			1963	Oui	415	375	434	619	536	1852	2062	1418	2201	2510
			1969	Oui	1219	1370	1540	1013	1701	590	702	887	1214	1282
Culturel	Boulel	Arachide	1962	Non	1447	1558	1531	1571	1607	-	-	-	-	-
			1962	Oui	1355	1476	1546	1661	1506	-	-	-	-	-
			1966	Oui	2224	2452	2210	2319	2450	2905	3362	3077	3167	3651
			1967	Oui	1023	1110	1102	1448	1379	1045	1889	1694	1667	1891
			1968	Oui	1909	2030	1977	1855	1960	1605	2085	1701	2059	2593
2ème	Darou	Arachi- de	1961	Non	2290	2160	1890	2120	-	1430	1280	1190	1320	-
			1965	Non	2240	1950	2135	2330	-	1565	1380	1425	1520	-
			1965	Oui	2370	2805	2540	3180	-	2185	2030	1960	2185	-
3ème	Thiéna- ba	Mil	1964	Non	-	-	-	-	-	500	444	540	1193	510
			1964	Oui	-	-	-	-	-	2242	2266	2422	2435	2326
			1963	Oui	1129	1205	1305	1529	1664	-	-	-	-	-
			1969	Oui	750	897	586	639	755	2469	2116	1588	2029	1411
			Culturel	Boulel	Mil	1963	Non	1039	1095	1044	995	1221	5300	5800
1963	Oui	1557				1665	1474	1674	1716	9200	9000	8900	9300	9500
1967	Oui	1359				1726	2298	1141	1941	4748	6069	4202	4570	5003
1968	Oui	1717				2075	2122	1963	2241	7348	9057	7172	7059	8562
1969	Oui	1160				1714	2280	1378	1756	6023	7310	6303	5976	7564
4ème	Darou	Arachi- de	1962	Non	1150	1190	1100	1240	-	820	930	770	840	-
			1966	Oui	415	470	310	400	-	-	-	-	-	-
5ème	Théna- ba	Arachi- de	1965	Non	844	835	1114	1163	1101	930	1512	1292	1597	1412
			1965	Oui	650	442	567	563	406	1755	1717	2293	2278	2156
			1969	Oui	1131	1058	1165	1813	1453	663	568	668	178	697
6ème	Boulel	Arachi- de	1964	Non	1367	1464	1466	1508	1566	1193	1263	1256	1313	1389
			1964	Oui	1382	2090	2020	2062	2115	1673	1867	1844	1681	1875
			1968	Oui	1504	1494	1584	1555	1711	917	1652	1159	1182	1191
			1969	Oui	870	1140	1109	1298	1176	810	1055	1219	1072	1079

Tableau IV- 109

Comparaison entre un labour avec racines seules (engrais vert coupé, exporté) et un labour d'engrais vert normal dans deux essais implantés à Boulel - D'après POULAIN et MARA (83, 84)

Nature et Position de la culture	Essai	Années	Grains ou Gousses kg/ha		Pailles kg/ha	
			Labour a-vec raci-nes seuleste	Labour a-vec plan-te entière	Labour a-vec raci-nes seuleste	Labour a-vec plan-te entière
1ère Culture: Arachide	Régénération × Phosphates	1966	1871	1926	3191	3232
		1967	1643	1594	1894	1758
		1968	1978	1932	1886	1674
		1969	1807	1935	2133	2524
	Doses P × S	1966	1857	1843	3465	3376
		1967	1245	1247	1785	1868
		1968	2176	2160	3348	3264
		1969	1946	2003	2563	2491
2ème Culture : Sorgho	Régénération × Phosphates	1967	2487	2102	6447	6398
		1968	1846	1711	6668	6455
		1969	1877	1621	6414	6669
	Doses P × S	1967	2539	2604	6550	6763
		1968	2259	2113	9235	8502
		1969	1909	2096	6601	7572
3ème Culture : Arachide	Régénération × Phosphates	1968	1721	1743	1458	1551
		1969	925	888	903	866
	Doses P × S	1968	1562	1526	1188	1299
		1969	1128	1062	934	911

Remarques :

- Le traitement "Labour avec racines seules" correspond à la moyenne des traitements :
 - 13 à 15 pour l'essai "Régénération × Phosphates"
 - 19 à 27 pour l'essai "Doses Phosphore × Soufre"
- Le traitement "Labour avec plante entière" correspond à la moyenne des traitements :
 - 9 à 11 pour l'essai "Régénération × Phosphates"
 - 10 à 18 pour l'essai "Doses Phosphore × Soufre".

Tableau n° IV- 110

Comparaison des tonnages à l'hectare de matière verte obtenus sur jachère et engrais verts ayant été fauchés ou non en Août.

Localisation	Année	Jachère				Mil engrais vert			
		Fauchée			Normale	Fauché			Normal
		Fauche	Repous- ses en- fouies	Total		Fauche	Repous- ses en- fouies	total	
Louga	1967	3,3	7,3	10,6	12,7	-	-	-	28,2
	1968	-	1,4	-	1,9	-	-	-	5,7
	1969	-	13,8	-	14,9	-	-	-	28,2
Bambey Dior	1964	15,7	-	-	-	9,7	-	-	14,0
	1965	8,7	6,2	14,9	8,9	-	-	-	-
	1967	11,4	6,0	17,4	12,5	10,0	5,5	15,5	21,7
	1968	-	10,1	-	14,3	3,6	7,2	10,8	15,7
	1969	12,8	6,1	18,9	15,3	8,8	7,5	16,3	13,1
Bambey Dek	1964	4,9	-	-	-	3,9	-	-	16,6
	1967	12,1	17,7	29,8	10,2	8,5	4,6	13,1	16,1
	1968	-	4,9	-	8,8	1,5	8,8	10,3	14,3
Sinthiou Malème	1966	8,3	7,0	15,3	28,3	5,1	13,3	18,4	20,8
	1967	13,9	6,3	20,2	-	21,3	7,6	28,9	-
	1968	8,8	10,6	19,4	-	15,2	0,6	15,8	-
	1969	26,2	-	-	-	16,3	-	-	-
Séfa	1964	19,8	-	-	-	41,2	-	-	-
	1965	35,3	-	-	-	34,7	-	-	-
	1966	-	14,7	-	33,9	-	19,2	-	59,5
	1967	8,8	18,3	27,1	47,0	9,2	19,6	28,8	60,2
	1968	12,2	10,4	22,6	16,6	19,1	13,6	30,4	30,8
	1969	16,8	7,2	24,0	19,2	27,6	6,8	34,4	41,1

Tableau IV-111

Influence de la fauche du mois d'Août sur la densité d'occupation racinaire (g/dm^3) des jachères et engrais verts - Mesures effectuées fin Septembre - D'après NICOU et THIROUIN (75)

Localisation	Année	Horizon prélevé cm	Jachère			Mil engrais vert		
			Non fauchée	Fauchée et exportée	Fauchée mulchée	Non fauché	Fauché, mulché ou exporté	
Bambey Dior	1967	0-10	1,127 ⁺⁺		0,567	1,616	1,634	
		10-20	0,381		0,271	0,434	0,326	
		20-30	0,138		0,113	0,110	0,069	
		0-30	0,548		0,337	0,719	0,676	
	1968	0-10	0,769 ⁺		0,515			
		10-20	0,282		0,235			
		20-30	0,118		0,099			
		0-30	0,369		0,282			
Sinthiou Malème	1967	0-10	1,054 ⁺⁺	0,644	0,514			
		10-20	0,366 ⁺	0,234	0,201			
		20-30	0,213 ⁺	0,118	0,088			
		0-30	0,544	0,332	0,267			
Séfa	1967	0-10	3,412		2,781	3,956	2,381	
		10-20	1,640		1,141	1,594	1,251	
		20-30	0,110		0,150	0,198	0,154	
		0-30	1,721		1,024	1,916	1,261	
			0-10	1,631		1,214		
			10-20	0,568		0,549		
			20-30	1,199		0,137		
			0-30	1,133		0,633		

Remarque: Pour le mil engrais vert, les mesures mentionnées dans le tableau proviennent des prélèvements effectués parallèlement à la ligne.

Tableau IV- 112

Influence de la fauche, en Août de la jachère et de l'engrais vert
sur les rendements de première culture de la rotation, après labour
d'enfouissement

Nature de la 1ère culture	Localisation	Années	Grains ou Gousses kg/ha				Pailles kg/ha			
			Après E.vert		Après jachère		Après E.vert		Après jachère	
			Normal	Fau- ché	Nor- male	Fau- chée	Normal	Fau- ché	Nor- male	Fau- chée
Arachide	Bambey Dior	1965	1543	1520	1510	1694	2372	2182	2462	2555
		1966	890	879	1024	955	1293	1471	1451	1620
	Bambey Dek	1965	1202	1041	1443	1446	2280	2121	2816	2503
	Séfa	1965	2493	2495	2534	2360	-	-	-	-
1966		3034	2975	3059	2933	5997	5535	5757	3389	
M i l	Louga	1968	560	-	493	550	7800	-	7800	8200
		1969	1631	-	1644	1737	-	-	-	-
	Bambey	1968	616	749	701	712	8600	8200	3600	8300
		1969	1626	1827	1651	1543	-	-	-	-
Sorgho	Sinthiou M.	1967	1967	1934	1909	2266	2081	11 060	10 420	12 300
Maïs	Sinthiou M.	1968	2691	2960	4151	3854	4140	3970	4590	4860
		1969	4650	4765	4975	5024	4500	4800	4400	5200
	Séfa	1967	2673	2454	1898	2169	-	-	-	-
		1968	1457	1320	1522	1352	-	-	-	-
		1969	3898	4114	2823	3375	-	-	-	-

Remarques (valables également pour les tableaux IV- 113 et IV- 114):

- Les résultats sur engrais vert et jachère fauchés concernent aussi bien les traitements avec exportation des produits de la fauche que ceux avec mulching.
- A Louga, on a pris pour la jachère "normale" la moyenne des traitements 2 et 3; pour la jachère "fauchée", la moyenne des traitements 4 et 5.

Tableau IV- 113

Influence de la fauche, en Août, de la jachère et de l'engrais vert sur les rendements de la deuxième culture de la rotation

Nature de la deuxième culture	Précédent cultural	Localisation	Années	Grains ou Gousses kg/ha				Pailles kg/ha			
				Après E.V.		Après Jach.		Après E.V.		Après Jach.	
				Nor-	Fau-	Nor-	Fau-	Nor-	Fau-	Nor-	Fau-
				mal	ché	male	chée	mal	ché	male	chée
MIL	Arachide	Bambey Dior	1966	1052	1554 [†]	1576	1440	-	-	-	-
			1967	884	808	870	781	-	-	-	-
			1969	1835	1952	1756	1944	3383	3635	2946	3096
	Séfa	1966	1942	1953	2063	1971	-	-	-	-	
		1967	2669	2499	2543	2541	-	-	-	-	
	Maïs	Séfa	1968	2118	2064	2420 [†]	2222	-	-	-	-
1969			2212	2319	2176	2164	-	-	-	-	
SORGHO	Arachide	Bambey Dek	1966	1378	1352	2341	2037				
	Sorgho	Sinthiou M.	1968	2575	2465	2276	2158	10000	7500	8300	6000
	Maïs	Sinthiou M.	1969	2620	3145 [†]	3016	2957	11500	12300	12000	11900
ARACHIDE	Mil	Louga	1969	1778	-	1518	1586	2758	-	2277	2304
		Bambey Dior	1968	1007	976	1075	1004	2700	2685	2950	2367
			1969	1835	1952	1756	1944	3383	3635	2946	3096

Tableau IV-114

Influence de la fauche, en Août de la jachère et de l'engrais vert sur les rendements de troisième culture de la rotation: l'arachide

Succession culturale avant arachide	Localisation	Années	GOUSSES kg/ha				PAILLES kg/ha			
			Après Eng. Vert		Après Jach.		Après E vert		Après Jachère	
			Normal	Fau-	Nor-	Fau-	Nor-	Fau-	Nor-	Fau-
				ché	male	chée	mal	ché	male	chée
	Bambey Dior	1967	651	966	969	956	1027	1413	1452 ⁺	1431
		1968	1007	976	1075	1004	2700	2685	2950	2367
Mil-Arachide	Séfa	1967	1923	1891	1891	1605	3857	3646	3812	3931
		1968	2369	2295	2289	2354	4235	4386	4533	4354
Maïs-Mil	Séfa	1969	1912	1786	2041	1904	2612	2446	2796	2743
Arachide-Sorgho	Bambey Dek	1967	1183	906	1209	993	1740	1247	1795	1237
Sorgho-Sorgho	Sinthiou	1969	2638	2661	2623	2660	3777	3331	3448	3329

TABLEAU N° IV-115

INTERACTIONS ENTRE LABOURS ET FUMURE MINÉRALE SUR DIFFÉRENTES CULTURES

Nature	Localisa- tion	Désignation de l'essai	ANNEE	RENDEMENTS SANS FUMURE		EFFET FUMURE LEGERE			EFFET FUMURE FORTE			RCE SCU	
				kg/ha		k g/ha			kg/ha				
				Ténoin	Labour	Ténoin	Labour	Interac- tion	Ténoin	Labour	Interac- tion		
Mil	Bambey Dior	Trav. du sol × Fertil.	1964	172	311	+ 186	+ 251	+ 33	+390	+ 395	+ 3	(67)	
			1967	666	940	+ 493	+ 580	+ 44	-	-	-		
	Tarna (Niger)	Techniques culturales	1967	896	1282	+ 580	+ 418	- 81	-	-	-	(64)	
			1968	40	397	+ 133	+ 260	+ 64	-	-	-		
			1968	142	796	+ 328	+ 553	+113	-	-	-		
Sorgho	Bambey Dek	Travail du sol × Ferti- lisation	1962	875	1673	+ 409	+ 335	- 37	+ 609	+ 260	-175	(67)	
			1963	555	716	- 10	+ 186	+ 98	+ 662	+1030	+ 184		
			1964	324	664	+ 390	+ 351	- 20	+ 552	+ 716	+ 82		
	Boulel	Trav. du sol × Fertil.	1966	613	863	+ 274	+ 559	+ 143	+ 979	+1083	+ 52	(67)	
			1968	541	990	+ 716	+ 708	- 4	+1186	+1150	- 18		
	Nioro	Trav. du sol × Fertil.	1967	1390	2002	+ 524	+ 673	+ 75	+1329	+1356	+ 14	(67)	
Sin- thiou	Trav. du sol × Fertilis.	1967	582	706	+ 316	+ 459	+ 72	+1216	+2087	+ 436	(67)		
Saria (Hte-Vol- ta)	Façons cul- turales	1964	201	476	+ 942	+ 995	+ 27	-	-	-	(32)		
		1965	1330	1795	+ 434	+ 596	+ 81	-	-	-	(34)		
Arachide	Bambey	Travail du sol × Ferti- lisation	1962	1583	1799	+ 82	+ 103	+ 11	+ 124	+ 223	+ 50	(67)	
			1963	1585	2187	+ 56	+ 7	- 25	+ 71	+ 73	+ 1		
			1964	740	1378	+ 113	+ 73	- 20	+ 241	+ 209	- 16		
			1965	741	915	+ 96	- 25	- 61	- 27	+ 110	+ 69		
	Tarna (Niger)	Façons pré- paratoires	1967	1440	1676	+ 186	- 89	- 138	-	-	-	(64)	
			1968	974	983	+ 56	+ 43	- 7	-	-	-		
				1967	1577	1651	+ 111	+ 113	+ 1	-	-	-	(65)
				1967	1538	1961	+ 483	+ 140	- 172	-	-	-	
	Magaria	Façons pré- paratoires	1967	1184	1077	+ 296	+ 60	- 118	-	-	-	(62)	
	Boulel	Trav. du sol × Fertil.	1965	1418	1635	+ 257	+ 183	- 37	+ 318	+ 158	- 80	(67)	
1967			807	1160	+ 173	+ 235	+ 31	+ 348	+ 384	+ 18			
Nioro	Trav. du sol × Fertil.	1966	2013	2223	+ 166	- 39	- 103	+ 165	+ 68	- 49	(67)		
Sinthiou	Trav. du sol × Fertil.	1965	1300	1600	+ 900	+ 900	0	+1000	+1000	0	(67)		
		1968	1748	1921	+ 701	+ 650	- 26	+1006	+ 650	- 178			

Tableau IV-116

Effets comparés de l'engrais minéral à faible dose (150 kg/ha)
après jachère brûlée et fumure verte, sur les différentes cultures
de la rotation

Nature et position de la culture	Localisation	Désignation de l'essai	Nombre de rotations comparées avec		Période de comparaison	Nombre de résultats annuels	Rendement du témoin non fumé kg/ha		Effet de l'engrais kg/ha			SOURCE
			Jach. brûlée	Jach. ou EV enfouie			Après jach. brûlée	Après Jach. ou EV enf.	Après Jach. brûlée	Après jach. ou EV enf.	In-ter-act-ion	
1ère Culture	Bambey	Rotation Dior	2	3	56-61	6	1329	1090	+ 230	+ 326	+ 48	95bis
		Jach.eng.vert	1	3	1956	1	1494	1572	+ 231	+ 362	+ 66	37
		"	1	3	1958	1	1680	1452	+ 259	+ 332	+ 37	37
		Rég.×Trait.(1)	1	2	1960	1	2122	2311	+ 81	+ 351	+135	98
		"	1	2	1964	1	1490	1623	+ 189	+ 267	+ 39	68
Arachide	Nioro	Rotat.×Engrais	2	2	58-67	10	1418	1697	+ 425	+ 466	+ 21	38
	Sin-thiou	Rotat.×Eng.	2	2	62-67	6	1851	2111	+ 445	+ 192	-127	38
	Séfa	Jach.eng.vert	1	3	1956	1	1910	2143	+ 315	+ 440	+ 63	101
"		1	3	1958	1	2125	2632	+ 835	+ 408	-214		
2ème Culture	Bambey	Rotation Dior	2	3	56-61	6	406	376	+ 326	+ 284	- 21	95bis
		Jach.eng.vert	1	3	1957	1	590	493	+ 160	+ 288	+ 64	37
		Rég.×Trait.(1)	1	2	1961	1	912	1157	+ 653	+ 734	+ 41	98
		"	1	2	1967	1	512	583	+ 525	+ 401	- 62	68
	Mil ou Sorgho	Nioro	Rotat×Engrais	2	2	58-67	10	412	442	+ 343	+ 330	- 7
3ème Culture	Sin-thiou	Rot.×Engrais	2	2	62-67	6	480	590	+ 338	+ 396	+ 29	38
	Séfa	Jach.E.Vert(2)	1	3	1957	1	1500	1492	- 10	- 100	- 45	101
		"	1	3	1959	1	895	1443	+ 270	+ 102	- 84	
3ème Culture	Bambey	Jach. EV	1	3	1958	1	1448	1243	+ 241	+ 432	+ 96	37
		Rég.×Trait.(1)	1	2	1962	1	1617	1520	+ 307	+ 432	+ 63	98
Arachide	Nioro	Rotat.×Eng.	2	2	58-67	10	1405	1385	+ 358	+ 585	+114	38
	Sin-thiou	Rot.×Engrais	2	2	62-67	6	1834	1920	+ 400	+ 380	- 10	38
	Séfa	Jach.eng.vert	1	3	1958	1	2015	2323	+ 605	+ 645	+ 20	101
"		1	3	1960	1	1500	1753	+ 910	+ 678	-116		

(1) La fumure minérale utilisée dans cet essai est la fumure forte "étalée"

(2) La deuxième culture de la rotation dans cet essai est le riz pluvial.

Tableau IV-117.

Effets comparés d'une dose faible et d'une forte dose d'engrais minéral
après jachère brûlée et après fumure verte

Nature et position de la culture	Localisation	Désignation de l'essai	Nombre de rotations comparées avec		Période	Nombre de résultats annuels	Rendements sur fumure légère kg/ha		Effets de la fumure forte par rapport à la fumure légère kg/ha			SOURCES
			Après jach. brûlée	Après fumure verte			Après jach. brûl.	Après fumure verte	Après jach. brûl.	Après fumure verte	Interaction	
1ère Culture Arachide	Bambey	Jach.-E.vert	1	3	1956	1	1725	1933	+163	+196	+17	(37)
		Rég.Prof.Dior	1	5	1965	1	1663	1570	+ 48	- 85	-67	(69)
		"	1	5	1966	1	811	853	+ 34	+ 85	+26	(69)
		Rég.Prof.Dek	1	5	1965	1	1267	1193	+ 24	+ 89	-76	(69)
		Jach.E vert	1	3	1958	1	1939	1784	+178	+106	-36	(37)
	Séfa	Jach. E.vert	1	3	1956	1	2255	2583	+ 70	- 11	-41	(101)
		Jach.Eng.vert	1	3	1958	1	2960	3040	+465	+185	-140	(101)
2ème Culture Céréale	Bambey	Jach.Eng.vert	1	3	1957	1	750	782	+110	+ 77	- 17	(37)
		Rég.Prof.Dior	1	5	1966	1	1000	985	- 5	+391	+198	(69)
		"	1	5	1967	1	591	707	+160	+143	- 9	(69)
		Rég.Prof.Dek	1	5	1966	1	1633	1412	+417	+365	- 26	(69)
	Séfa	Jach.Eng.vert	1	3	1957	1	1490	1392	-205	- 7	+ 99	(101)
		"	1	3	1959	1	1165	1545	-245	-573	-164	(101)
3ème Culture Arachide	Bambey	Jach.Eng.vert	1	3	1957	1	750	782	+110	+ 77	- 17	(37)
		Rég.prof.Dior	1	5	1967	1	1217	1050	- 23	- 94	- 36	(69)
		Rég.prof.Dek	1	5	1967	1	1400	1015	+ 89	+ 58	- 16	(69)
	Séfa	Jach.eng.vert	1	3	1958	1	2620	2968	+345	+ 2	-172	(101)
		Jach.eng.vert	1	3	1960	1	2410	2432	+115	+ 3	- 56	(101)

REMARQUES:

1) La fumure forte utilisée dans les essais est la suivante :

- Jachère engrais vert Bambey: 300 kg/ha de 6-20-10 sur arachide; 300 kg/ha 14-7-7 sur mil
- Régénération Profil Dior et Dek: Fumure forte "étalée"
- Jachère engrais vert Séfa: Fumure variable suivant les années

2) La céréale de seconde culture est soit le mil, soit le sorgho, sauf dans l'essai "Jachère-Engrais vert" de Séfa où il s'agit de riz pluvial.

Sur ce dernier essai les effets dépressifs obtenus sur la fumure forte sont aberrants (équilibre inadéquat) et ne seront pas comptés pour le calcul de la moyenne.

Tableau n° IV-118

Comparaison des effets des pseudo-labours et des labours sur diverses cultures

Cultures	Conditions de réalisation du pseudo-labour		Localisation	Années de comparaison		Rendement	Plus values kg/ha		Plus values % du témoin		SOURCE
	Instrument	Humidité du sol		Période	Nombre	moins kg/ha	Pseudo Labour	La-bour	Pseudo Labour	La-bour	
Mil	Houe	Humide	Tarna	1966-68	5	815	+ 319	+ 461	+ 39	+ 57	(64)
			Saria (1)	1950-56	6	463	- 45	+ 87	- 10	+ 19	(24)
	Dent sous-soleuse	en sec Humide	Bambey	1964	1	562	+ 18	+ 144	+ 3	+ 26	(67)
			Tarna	66-68	5	815	+ 167	+ 461	+ 20	+ 57	(64)
Sorgho	Houe	Sec	Boulel	66-68	2	1383	+ 230	+ 660	+ 17	+ 48	(67)
			Sinthiou	1967	1	1798	+ 423	+ 995	+ 24	+ 55	(71)
			Nioro	67-68	2	2216	+ 636	+ 1102	+ 29	+ 50	(67)
		Nioro	1967	1	2719	- 107	+ 639	- 4	+ 24	(71)	
		Humide	Nioro	67-68	2	2216	+ 704	+ 1042	+ 32	+ 47	(71)
			Saria	1965	1	1764	+ 366	+ 627	+ 21	+ 36	(34)
	Saria (1)		66-68	2	1239	+ 186	+ 412	+ 15	+ 33	(36)	
	Dent sous-soleuse	En sec	Saria	50-56	6	555	- 13	+ 100	- 2	+ 18	(24)
			Bambey	61-64	4	1217	+ 141	+ 485	+ 12	+ 40	(67)
	Maïs	Houe	En sec Humide	Sinthiou	67-69	3	2031	+ 273	+ 821	+ 13	+ 40
"				67-69	3	2031	+ 648	+ 958	+ 32	+ 47	
Arachide	Houe	En sec	Kawara	1967	1	983	+ 92	+ 518	+ 9	+ 53	(61)
			Boulel	65-67	2	1445	+ 247	+ 290	+ 17	+ 20	(67)
			Nioro	1966	1	2178	+ 179	+ 113	+ 8	+ 5	(67)
			Nioro	67-69	3	2086	+ 41	+ 199	+ 2	+ 10	(71)
			Sinthiou	65-68	2	2527	- 135	+ 59	- 5	+ 2	(71)
			Tarna	64-68	5	1746	+ 6	+ 166	0	+ 10	(64)
	Humide	Magara	1968	1	1480	- 259	- 343	- 18	- 23	(62)	
		Nioro	67-69	3	2086	+ 29	+ 196	+ 1	+ 9	(71)	
		Saria (1)	50-56	6	741	+ 1	+ 79	0	+ 11	(24)	
		Dent sous-soleuse	En sec	Bambey	61-68	7	1127	+ 78	+ 418	+ 7	+ 37
Dent sous-soleuse	En sec Humide	Kawara	1966	1	348	+ 169	+ 614	+ 49	+ 176	(61)	
		Tarna	64-68	5	1746	+ 91	+ 166	+ 5	+ 10	(64)	
		Saria	1967	1	1593	- 7	+ 59	0	+ 37	(33)	
Cotonnier	Houe	Humide	Farako	1969	1	1148	+ 96	+ 367	+ 8	+ 32	(31)
			Dent sous-soleuse	En sec	Thyssé Kayemor	1969	1	1389	- 3	+ 625	0

(1) Dans cet essai, les conditions de réalisation sont imprécises et les rendements très faibles (pas d'engrais). Les résultats sont fournis à titre indicatif et n'entrent pas dans le calcul de la moyenne.

T A B L E A U N° IV- 119

VALEUR MOYENNE DES INTERACTIONS ENTRE FUMURES MINERALES ET LABOURS SUR DIFFERENTES CULTURES : CHAMPS DE PREVIUGARISATION DU SENEGAL

CULTURE	LOCALISATION	NOMBRE DE RESULTATS	RENDEMENTS SANS FUMURE MINERALE		FUMURE LEGERE			FUMURE FORTE				
			Ténoin kg/ha	Labour kg/ha	Nombre d'interactions positives	Effet moyen kg/ha	Valeur moyenne de l'interaction kg/ha	Nombre d'interactions positives	Effet moyen kg/ha	Valeur moyenne de l'interaction kg/ha		
SORGHO	Banbey	5	1075	1423	2	+ 292	+ 403	+ 55	3	+744	+ 841	+ 44
	Boulol	3	1311	1739	2	+ 397	+ 348	- 25	1	+ 694	+ 732	+ 19
	Nioro du Rip	3	1134	1796	3	+ 743	+ 1222	+ 239	1	+1463	+ 1489	+ 13
	Keur Yoro Dou	1	475	725		+ 900	+ 575	- 162		+1075	+ 750	- 162
	Keur Sanba	3	1092	1464	2	+ 560	+ 687	+ 63	1	+1272	+ 1175	- 49
	Moyenne											
	Sine-Saloum	10	1109	1572	7	+ 600	+ 735	+ 67	3	+1136	+ 1094	- 21
	S.Malène	3	689	1111	2	+ 478	+ 943	+ 232	3	+ 918	+ 1738	+ 410
	Missira	3	903	1344	1	+ 1165	+ 1109	- 28	3	+1973	+ 2304	+ 165
	Maka	2	1766	2113	2	+ 117	+ 270	+ 76	-	+ 553	+ 411	- 71
	Kotlari	2	588	613	1	+ 737	+ 1124	+ 193	2	+1340	+ 2048	+ 353
Vélingara	2	1617	1470	1	+ 226	+ 236	+ 5	2	+ 520	+ 720	+ 100	
Moyenne S.O. et Casamance	12	1060	1313	7	+ 530	+ 691	+ 81	10	+1125	+ 1541	+ 208	
Moyenne Générale	27	1081	1429	16	+ 512	+ 654	+ 71	16	+1059	+ 1246	+ 93	
MIL	Vélingara	2	1395	1875		+ 118	- 91	- 105	1	+ 950	+ 539	- 206
	Séfa	2	1116	1520	1	+ 806	+ 668	- 69	1	+1071	+ 1036	- 18
	N'Diéba	1	158	206	1	+ 158	+ 340	+ 91		+1295	+ 1270	- 12
	Moyenne Générale	5	1034	1399	2	+ 402	+ 299	- 51	2	+1068	+ 884	- 92
MAIS	Maka	3	792	1086	1	+ 403	+ 116	- 143	2	+ 999	+ 1339	+ 170
Cotonnier	Maka	1	869	1425		+ 95	+ 14	- 40	1	+ 797	+ 893	+ 48

T A B L E A U N°IV-120

INTERACTIONS ENTRE FUMURES MINÉRALES ET LABOURS D'ENFOUISSEMENT AU COURS DE LA ROTATION
ARACHIDE-CÉRÉALE-ARACHIDE : CHAMPS DE PRÉVULGARISATION : 1ère Culture Arachide

LOCALISATION	NOMBRE DE RESUL- TATS	RENDEMENTS SANS FUMURE MINÉRALE		FUMURE LEGÈRE			FUMURE FORTE				
		Ténoin kg/ha	Labour kg/ha	Nombre d'inter- actions positi- ves	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'in- teraction kg/ha	Nombre d'inter- actions positi- ves	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'in- teraction kg/ha
					Ténoin	Labour			Ténoin	Labour	
Louga	3	804	1046		+ 192	- 42	- 117		+ 192	+ 137	- 27
Forbotte	4	1219	1223	2	+ 51	+ 59	+ 27	3	- 53	+ 56	+ 55
Thiénaba Nord	3	1393	1446	2	- 238	- 127	+ 56	1	- 105	- 135	- 15
Thiénaba Sud	4	751	778	3	+ 181	+ 230	+ 106	3	+ 19	+ 201	+ 91
Tip	6	1230	1320	4	+ 48	+ 158	+ 52	2	+ 183	+ 119	- 32
Moyenne Nord	20	1093	1170	11	+ 12	+ 78	+ 33	9	+ 61	+ 87	+ 13
Boulel	6	1371	1435	4	+ 145	+ 204	+ 29	3	+ 386	+ 473	+ 44
Kour Sanba	6	1504	1773		+ 288	+ 85	- 101	3	+ 348	+ 413	+ 32
Keur Yoro Dou	5	1526	1612	2	+ 255	+ 265	+ 5	3	+ 391	+ 471	+ 40
Nioro du Rip	6	1582	1768	3	+ 517	+ 436	- 41	1	+ 493	+ 222	- 136
Moyenne Sine-Saloun	23	1432	1649	9	+ 303	+ 247	- 28	10	+ 495	+ 391	- 7
Sinthiou Malène	4	1663	1754	1	+ 721	+ 512	- 105	4	+ 587	+ 748	+ 80
Maka	1	1436	1901		+ 291	+ 264	- 13		+ 616	+ 267	- 175
Kotiary	4	1240	1395	2	+ 470	+ 403	- 34	3	+ 289	+ 659	+ 185
Missira	2	1588	2063		+ 963	+ 675	- 144	1	+ 788	+ 738	- 25
Séfa	3	1955	1907		+ 339	+ 143	- 98	2	+ 286	+ 224	- 31
Moyenne Est et Sud Sénégal	14	1578	1739	3	+ 571	+ 407	- 82	10	+ 468	+ 575	+ 55
Moyenne Générale	57	1349	1503	23	+ 267	+ 227	- 20	29	+ 300	+ 330	+ 15

T A B L E A U N° IV-121

INTERACTIONS ENTRE FUMURES MINÉRALES ET LABOURS D'ENFOUISSEMENT AU COURS DE LA ROTATION
Arachide-Céréale-Arachide : CHAMPS DE PREVULGARISATION : 2^{ème} CULTURE CÉREALE

LOCALISATION	NOMBRE DE RESUL- TATS	RENDEMENTS SANS FUMURE MINÉRALE		FUMURE LÉGÈRE			FUMURE FORTE				
		Ténoin kg/ha	Labour kg/ha	Nombre d'inter- actions positi- ves	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'in- teractio- n kg/ha	Nombre interac- tions positi- ves	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'in- teractio- n kg/ha
					Ténoin	Labour			Ténoin	Labour	
Louga	2	342	678		+ 146	- 137	- 142		+ 83	- 70	- 76
Forbottle	3	886	879	2	+ 173	+ 203	+ 15	3	+ 380	+ 635	+ 127
Thiénaba Nord	2	381	556		+ 98	- 8	- 53	1	+ 216	+ 171	- 23
Thiénaba Sud	3	210	254	2	+ 259	+ 264	+ 3	1	+ 383	+ 422	+ 20
Tip	5	540	484	4	+ 455	+ 559	+ 52	3	+ 736	+ 826	+ 45
Moyenne Nord	15	496	552	8	+ 271	+ 260	- 5	8	+ 438	+ 500	+ 31
Boulel	2	570	889	1	+ 351	+ 367	+ 8	1	+ 751	+ 988	+ 118
Keur Saaba	2	743	1037	2	+ 269	+ 393	+ 62	2	+ 500	+ 693	+ 96
Keur Toro Dou	4	689	955	2	+ 565	+ 553	- 6	2	+ 631	+ 637	+ 3
Niro du Rip	2	1098	1212		+1270	+ 617	- 326	1	+1108	+1117	+ 4
Moyenne Sine-Saloun	10	758	1010	5	+ 604	+ 497	- 55	6	+ 724	+ 814	+ 45
Sinthiou Malène	2	830	927	2	+ 238	+ 456	+ 109	2	+ 488	+ 599	+ 55
Cotiary	2	362	400	1	+ 312	+ 364	+ 26	2	+ 260	+ 429	+ 84
Missira	1	525	575	1	+ 525	+ 800	+ 137	1	+ 650	+ 875	+ 112
Séfa	1	1532	1720	-	+1390	+ 955	- 217	1	+1598	+1610	+ 6
Moyenne Est et Sud Sénégal	6	740	825	4	+502	+ 566	+ 31	6	+ 624	+ 757	+ 66
Moyenne Générale	31	628	753	17	+ 423	+ 396	- 13	20	+ 566	+ 651	+ 42

T A B L L E A U N° IV-122

INTERACTIONS ENTRE FUMURES MINERALES ET LABOURS D'ENFOUISSEMENT AU COURS DE LA ROTATION
ARACHIDE-CEREALE-ARACHIDE: CHAMPS DE PREVLGARISATION : 3^{ème} CULTURE ARACHIDE

LOCALISATION	NOMBRE DE RESUL- TATS	RENDEMENTS SANS FUMURE MINERALE		FUMURE LEGERE			FUMURE FORTE				
		Ténoin kg/ha	Labour kg/ha	Nombre d'inter- actions positi- ves	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'in- teraction kg/ha	Nombre d'inter- actions positi- ves	Effet moyen kg/ha		Valeur moyenne de l'in- teraction kg/ha
					Ténoin	Labour			Ténoin	Labour	
Thiénaba Nord	1	1726	1743	1	- 97	+ 42	+ 120		+ 349	+ 44	- 152
Thiénaba Sud	2	750	396	1	+ 178	+ 118	- 30	1	+ 2	+ 49	+ 23
Tip	4	1011	1078	2	+ 238	+ 203	- 17		+ 285	+ 25	- 130
Moyenne Nord	7	1039	978	4	+ 173	+ 170	- 1	1	+ 213	+ 34	- 89
Boulel	2	1116	1044	2	+ 148	+ 360	+ 106	2	+ 248	+ 442	+ 97
Keur Sanba	2	1245	1875		+ 304	+ 186	- 59	-	+ 748	+ 582	- 83
Keur Yoro Dou	4	1069	1248	2	+ 328	+ 368	+ 20	-	+ 498	+ 390	- 54
Nioro du Rip	2	1790	1502	2	+ 1	+ 411	+ 205	1	+ 233	+ 305	+ 36
Moyenne Sine-Saloun	10	1258	1384	6	+ 222	+ 339	+ 58	3	+ 445	+ 422	- 12
Sinthiou Malène	1	1704	1421	1	+ 869	+ 995	+ 63	1	+ 861	+1156	+ 147
Cottinary	2	1045	1419	1	+ 630	+ 535	- 47	1	+ 537	+ 830	+ 146
Missira	1	1274	1397	1	+ 588	+ 784	+ 98	1	+1127	+1201	+ 37
Séfa	1	2531	2098	1	+ 26	+ 90	+ 32	1	+ 131	+ 571	+ 220
Moyenne Est et Sud Sénégal	5	1520	1551	4	+ 549	+ 588	+ 19	4	+ 639	+ 918	+ 139
Moyenne Générale	22	1248	1293	14	+ 281	+ 342	+ 30	8	+ 415	+ 411	- 2

T A B L E A U N° IV-123

INTERACTIONS ENTRE FUMURES MINÉRALES ET LABOURS D'ENFOUISSEMENT. EFFETS DIRECTS SUR LES
DIFFÉRENTES CULTURES : CHAMPS DE PREVULGARISATION

CULTURE	LOCALISATION	NOMBRE DE RÉSULTATS	RENDEMENTS SANS FUMURE MINÉRALE		FUMURE LÉGÈRE			FUMURE FORTE				
			Ténoin kg/ha	Labour kg/ha	Nombre d'interactions positives	Effet moyen kg/ha	Valeur moyenne de l'interaction kg/ha	Nombre d'interactions positives	Effet moyen kg/ha	Valeur moyenne de l'interaction kg/ha		
						Ténoin	Labour		Ténoin	Labour		
SORGHO	Maka	1	1325	1325	1	+ 800	+1450	+ 325	1	+1312	+1750	+ 219
MIL	Séfa	1	814	1175	1	+ 431	+721	+ 145	1	+ 732	+ 994	+ 131
MAIS	Maka	1	483	1763	-	+ 459	+ 49	- 205	1	+1800	+2295	+ 247
	Séfa	3	159	499	2	+ 751	+1414	+ 331	2	+ 829	+1941	+ 557
	Sindiano	3	145	232	1	+ 262	+ 162	- 50	-	+ 857	+ 684	- 86
	Moyenne	7	199	565	3	+ 500	+ 682	+ 91	3	+ 979	+1453	+ 237
COTONNIER	Maka	3	1113	1457	2	+ 660	+ 375	- 142	1	+ 376	+ 380	+ 2
	Sinthiou Malène	2	425	610	2	+ 148	+ 205	+ 28	2	+ 348	+ 923	+ 288
	Missira	3	765	989	1	+ 360	+ 404	+ 22	3	+ 662	+1030	+ 184
	Gotiary	1	278	217	-	+ 338	+ 333	- 2	1	+ 140	+ 703	+ 281
	Vélingara	3	701	885	2	+ 304	+ 479	+ 88	1	+ 689	+ 585	- 52
	Moyenne	12	739	952	7	+ 384	+ 377	- 4	8	+ 502	+ 711	+ 105