

EVOLUTION DE LA FERTILITE D'UN SOL FERRUGINEUX TROPICAL SOUS L'INFLUENCE DE FUMURES MINERALES ET ORGANIQUES

J. PICHOT, M.P. SEDOGO, J.F. POULAIN, J. ARRIVETS

RESUME — Dans un essai réalisé en Haute-Volta (Station de SARIA) sur un sol ferrugineux tropical sablo-argileux, on a comparé les effets des fumures minérales et organiques sur les rendements du sorgho pendant 18 ans.

Les engrais minéraux procurent des augmentations de rendements pendant quelques années mais provoquent un appauvrissement du sol en bases échangeables et une acidification préjudiciables aux cultures. Ils font apparaître une déficience en potassium et une toxicité aluminique dont les effets néfastes sur l'installation des plantules de sorgho sont très importants.

Les apports de matière organique consistant en des enfouissements d'engrais vert et de résidus de récolte ou en des apports de fumier de ferme permettent d'atténuer ou de juguler ces effets défavorables des engrais minéraux.

L'enfouissement de paille ne suffit cependant pas à éviter à terme l'acidification, seul le fumier permet de maintenir ou d'améliorer la fertilité du sol, et en particulier les teneurs en cations échangeables. Cet effet pourrait être dû à une action de la matière organique sur la capacité d'échange effective des colloïdes du sol.

Ainsi les amendements calciques ou calco-magnésiens ne semblent pas suffisants pour corriger les effets des fumures minérales.

Enfin, l'alternance sorgho-légumineuse a un effet très favorable sur les rendements du sorgho; aucun des paramètres mesurés ne permettant d'expliquer valablement la supériorité de l'alternance sur la monoculture; il est possible que des phénomènes d'allélopathie doivent être invoqués.

Mots-clé : fumures minérales et organiques, enfouissement engrais vert, résidus de récolte, pailles, alternance sorgho-légumineuses, toxicité aluminique, allélopathie, sol ferrugineux, sorgho, Haute-Volta.

INTRODUCTION

Dans la plupart des régions tropicales, l'évolution des propriétés des sols cultivés préoccupe les agronomes car elle met en cause la possibilité d'une culture continue et intensive. Que la culture soit itinérante ou fixée, le remplacement de la végétation naturelle permanente par des cultures annuelles entraîne en effet de profonds changements dans le cycle des éléments organiques et minéraux (CHARREAU 1972, NYE et GREENLAND 1964).

Cependant les problèmes d'évolution à moyen et long terme des sols ne se posent réellement avec acuité que si l'on abandonne la pratique des jachères de longue durée qui permet au sol de retrouver son équilibre entre chaque période de culture (NYE et GREENLAND 1960).

Comme l'ont souligné de nombreux auteurs (FAUCK et al. 1969, CHARREAU et FAUCK 1970, CHARREAU et NICOU 1971, SIBAND 1972 et 1974) l'évolution des sols sous culture continue est généralement défavorable et conduit à une baisse de la fertilité dont les causes sont souvent complexes.

Dans le cas de systèmes de culture motorisée quelques exemples favorables (MOREL et QUANTIN, 1972; LE BUANEC 1972) laissent à penser cependant que cette évolution peut conduire à un état d'équilibre autorisant des niveaux de rendement élevés. Pour les systèmes de culture mécanisée à traction animale où la gestion des résidus de récolte est plus difficile, les références sont malheureusement plus rares.

En Haute-Volta, sur le plateau MOSSI où la densité de population est importante et en croissance rapide, la

pratique de la jachère disparaît, la culture continue devient la règle et les rendements des céréales vont en s'amenuisant.

Pour remédier à cette situation, les organismes de développement agricoles préconisent l'amélioration des techniques culturales et l'emploi des engrais minéraux. Cependant les effets à long terme de ces techniques plus intensives sur la fertilité du sol ne sont pas complètement connus.

C'est dire l'intérêt de l'essai de longue durée installé à la station agronomique de SARIA depuis 1960 pour étudier ce problème de « l'entretien de la fertilité ».

Les premiers résultats présentés par DUPONT de DINECHIN au colloque de TANANARIVE sur la fertilité des sols tropicaux sont maintenant complétés par douze années d'observations sur les effets cumulés de fumures minérales et des apports de matière organique. Dans cet article, sont présentés les résultats qui concernent le sorgho conduit soit en monoculture soit en alternance avec une légumineuse à graine (arachide et niébé).

CADRE DE L'ETUDE

LOCALISATION

La Station Agronomique de SARIA est située à 80 km environ à l'ouest de OUAGADOUGOU par 12°15' de latitude nord et 2°10' de longitude ouest.

Cette région est soumise à un climat de type soudanien caractérisé par l'existence de deux saisons très marquées : une longue saison sèche (Octobre à Mai) une courte saison de pluies (Juin-Octobre). La pluviométrie annuelle moyenne est de 850 mm mais les précipitations sont assez irrégulières : 4 années inférieures à 700 mm et 4 années supérieures à 950 mm pendant la durée de l'essai.

Le sol sur lequel est réalisée l'expérimentation est de type ferrugineux tropical lessivé et présente une cuirasse entre 0,80 et 1 mètre de profondeur. Situé à mi-pente entre des sols gravillonnaires peu épais en amont et des sols hydromorphes en bas de pente, ce sol est assez représentatif des sols cultivés du plateau Mossi.

L'horizon de surface (0-20 cm) est appauvri en argile (9 %) et riche en sables fins comme en limons grossiers (33 et 22 % respectivement), il est le siège en périodes de dessèchement du phénomène de prise en masse décrit par NICOU au Sénégal. L'horizon juste sous-jacent est nettement plus argileux (28 %), la discontinuité texturale pouvant constituer un obstacle à l'enracinement profond de certaines cultures (JENNY 1966).

ELEMENTS DU SYSTEME DE CULTURE

L'essai « Entretien de la fertilité » est depuis le début conduit dans le cadre d'une culture attelée en trac-

tion bovine. Les travaux de préparation du sol sont réalisés en début de saison des pluies. Les travaux d'entretien sont faits manuellement à la houe.

Les variétés utilisées ont changé au cours des dix neuf années. Pour le sorgho, de 1960 à 1973, on a utilisé une population voltaïque sélectionnée à SARIA : le S29. Cette variété à grande tige, photosensible est assez productive (potentiel de 3,5 T/ha) mais les rapports grains sur tiges sont très faibles et les exportations minérales dans les pailles sont très importantes (ARRIVETS 1976). A partir de 1974, le S29 a été remplacé par la variété IRAT S6 sélectionnée au Mali, plus productive (potentiel de 5 T/ha) et à tiges plus courtes (2 à 2,5 m).

Pour les légumineuses : deux variétés d'arachide ont été successivement utilisées : 90 de SARIA et TE 3, à partir de 1974, l'arachide a été remplacée par le niébé (*Vigna sinensis*), la variété cultivée est le 88-63 sélectionnée par l'IRAT à la Station de TARNA au Niger.

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Le protocole de l'essai a subi depuis 1960 quelques modifications dues à l'évolution des idées et des connaissances concernant la fertilité des sols et les rotations. C'est ainsi par exemple que fut abandonnée en 1969, la pratique de l'engrais vert quadriennal au profit de l'enfouissement des résidus de récolte du sorgho. De même les fumures minérales apportées aux différentes cultures ont subies des modifications au cours des années : augmentation des apports en 1969 modulés en fonction des cultures. Cependant la nature des six traitements principaux mis en comparaison n'a pas changé, il s'agit de :

T : Témoin sans engrais.

fm : Fumure minérale à faible dose apportant principalement azote et phosphore.

fmr : Fumure minérale faible + enfouissement périodique de matières végétales (Engrais vert tous les quatre ans puis résidus de sorgho tous les deux ans).

fmo : Fumure minérale faible + enfouissement annuel de 5 T/ha de fumier jusqu'en 1976, bisannuel depuis.

FM : Fumure minérale à forte dose apportant azote, phosphore et potassium.

FMO : Fumure minérale forte + enfouissement annuel de 40 T/ha de fumier jusqu'en 1976, bisannuel depuis.

A ces traitements principaux ont été combinés en 1965, trois traitements secondaires concernant les rotations :

a : monoculture du sorgho

b : alternance sorgho-cotonnier

c : alternance sorgho-légumineuse

Le détail des fumures apportées dans les différents cas figure dans le tableau I. Dans le tableau II, les analyses périodiques du fumier enfoui dans cet essai révèlent une grande variabilité des taux des éléments fertilisants ce qui interdit malheureusement de faire des bilans précis entre les apports et les exportations par les récoltes. On peut cependant remarquer les taux souvent élevés de potassium et d'azote dans les fumiers de bonne qualité, par contre les taux de calcium et magnésium ne sont pas très forts. Le fumier n'apporte pas des quantités importantes de calcium contrairement à ce que suppose SANCHEZ (1976.a) pour expliquer certains résultats obtenus en RCA sur un essai du même type (PICHOT 1971).

SUIVI ANALYTIQUE DE L'EXPERIMENTATION

Comme dans beaucoup d'expérimentations de longue durée on ne dispose malheureusement pas de résultats d'analyse du sol à la mise en place de l'essai. Cependant JENNY fait en 1964 quelques observations de profils culturaux que SIRY complète en 1965 en faisant déterminer les indices d'instabilité structurale de HENIN sur quelques traitements :

Traitements	T	F.M.	fmo	FMO
Is de l'horizon 0-20 cm	3,4	3,1	2,5	1,0

Confirmant ainsi l'effet favorable des apports de fumier sur l'état structural du sol.

DUPONT de DINECHIN (1967) constate par ailleurs dès 1966 l'action acidifiante des fumures exclusivement minérales et l'influence contraire des apports de matière organique.

Traitements	T	fmr	fm	fmo	FM	FMO
pH (KCl) de l'horizon 0-20 cm	4,2	4,0	4,0	4,4	3,8	5,3

Un échantillonnage systématique du sol est réalisé sur toutes les parcelles correspondant au sous-traitement monoculture du sorgho en 1969 et 1976 ainsi que sur celles correspondant au sous traitement «sorgho-légumineuse» en 1976. En 1978, des échantillons moyens par traitement sont constitués pour chaque rotation.

Parallèlement des prélèvements de plantes (grains et pailles) sont faits en 1969 et 1976 à la récolte.

Les analyses des échantillons de sol et de plante ont été réalisées par les laboratoires de l'IRAT à Nogent sur Marne puis par ceux du GERDAT à Montpellier. Les

résultats d'analyse des végétaux prélevés en 1969 ont été publiés dans le cadre d'une étude des mobilisations et exportations minérales du sorgho S29 (ARRIVETS 1976).

RESULTATS ET DISCUSSION

EVOLUTION DES RENDEMENTS DU SORGHO

Les rendements agricoles exprimés en kg/ha de grains mesurés soit dans le cadre de la monoculture soit dans celui de l'alternance sorgho-légumineuse sont présentés graphiquement (graphiques n° 1 et 2). La comparaison des rendements obtenus dans les deux rotations figure sur les graphiques n° 3 et 4 respectivement pour les traitements T, FM, FMO d'une part et fm, fmr, fmo d'autre part.

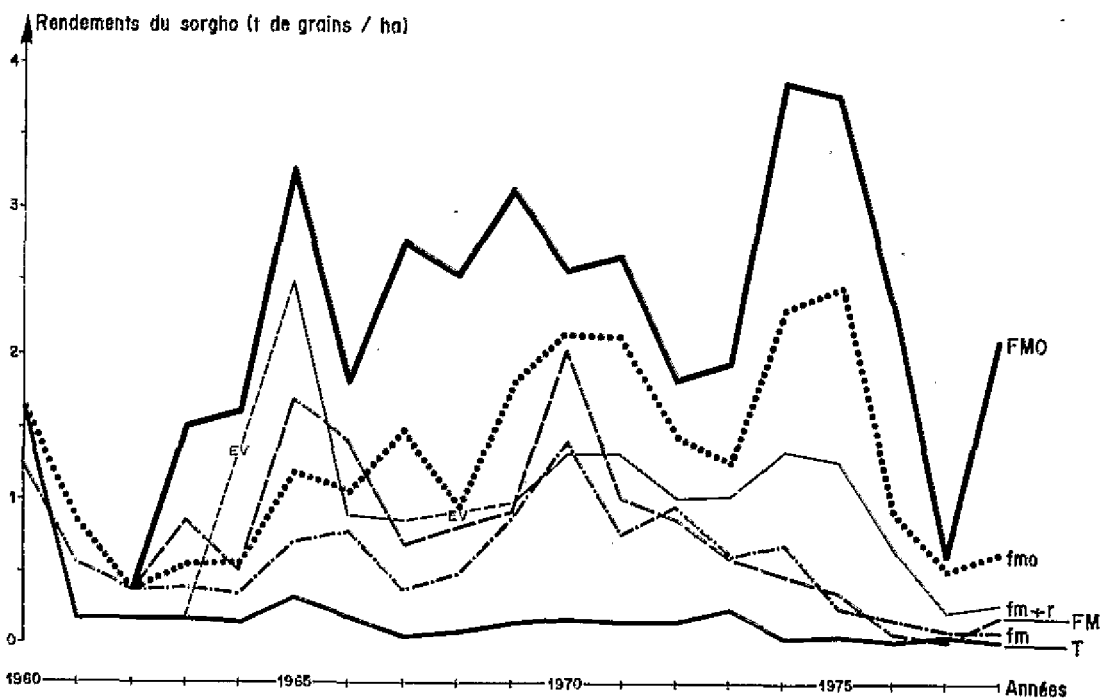
INFLUENCE DES FUMURES SUR LES RENDEMENTS

En l'absence de toute fumure les rendements du sorgho S29 se stabilisent dès la seconde année de culture à un niveau très faible d'environ 150 kg/ha de grains. A partir de 1974, la variété ayant changé les rendements deviennent pratiquement nuls. La culture continue du sorgho semble donc impossible sur ce type de sol en l'absence d'apports d'engrais. Ces résultats doivent être comparés à ceux fournis par d'autres cultures comme celles de maïs ou de riz pluvial qui donnent rarement des rendements aussi désastreux en culture continue sans engrais (PICHOT 1971, BOUCHY 1973). Par contre SANCHEZ (1976 b) citant NYE et GREENLAND donne des rendements très voisins pour la monoculture du sorgho à KANO (Nigéria).

En présence de fumures minérales on peut distinguer au travers des variations annuelles deux périodes : une première période, de 1963 à 1970 où les rendements ont tendance à augmenter et une seconde, de 1971 à 1978 où ils baissent progressivement jusqu'à être peu différents de ceux du témoin. Durant la première période, la fumure minérale forte donne des résultats régulièrement supérieurs à ceux de la fumure faible, pendant la seconde ce n'est plus le cas et il semble que les rendements soient progressivement affectés par un facteur limitant non pris en compte par ces fumures.

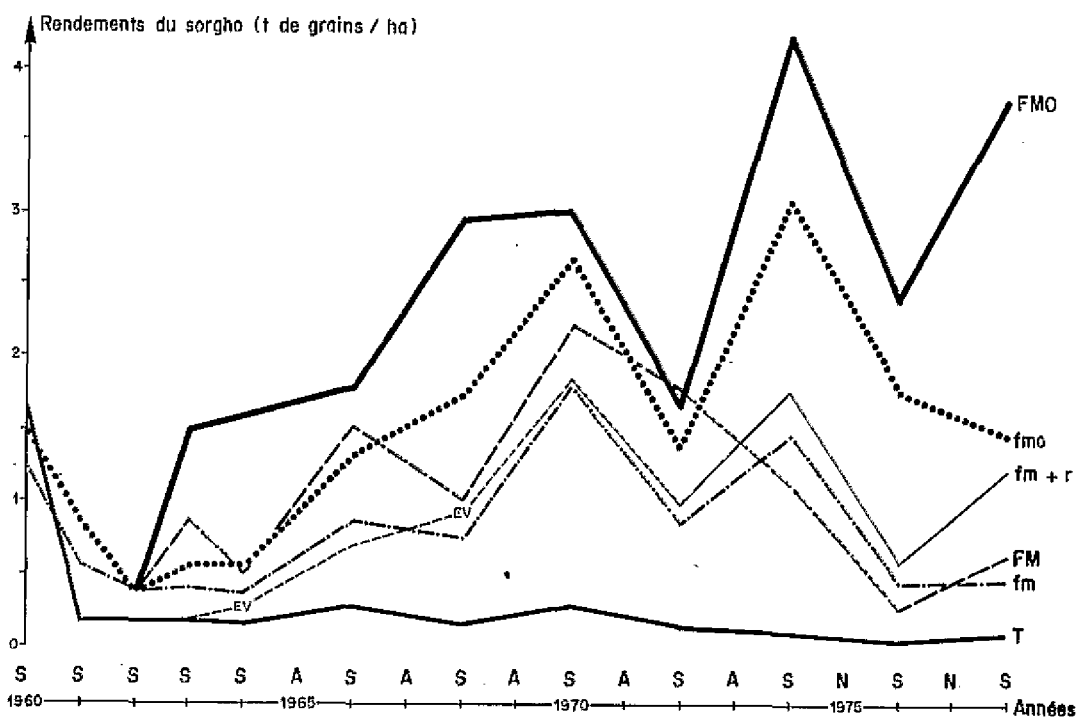
On peut remarquer que le traitement fmr qui ne diffère de fm que par l'enfouissement périodique de matière organique procure des rendements supérieurs à ceux de ce traitement. La tendance à la baisse enregistrée pour FM et fm semble en tout cas moins nette et apparaître plus tard. Ceci pourrait être lié à la nutrition potassique car le retour des pailles améliore généralement le bilan potassique de la culture. Cependant les mauvais résultats de la fumure minérale forte qui comprend du potassium depuis 1969 ne permet

ESSAI ENTRETIEN DE LA FERTILITE - SARIA
MONOCULTURE DE SORGHO



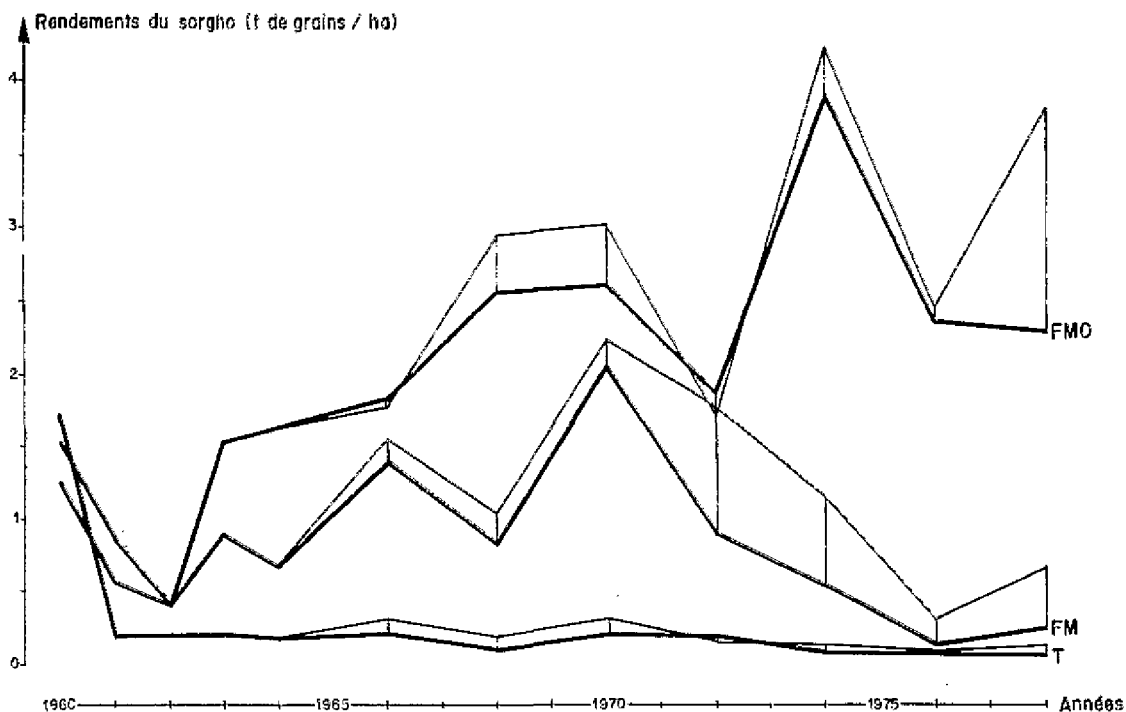
Graphique n° 1

ESSAI ENTRETIEN DE LA FERTILITE - SARIA
ALTERNANCE SORGHO - LEGUMINEUSE



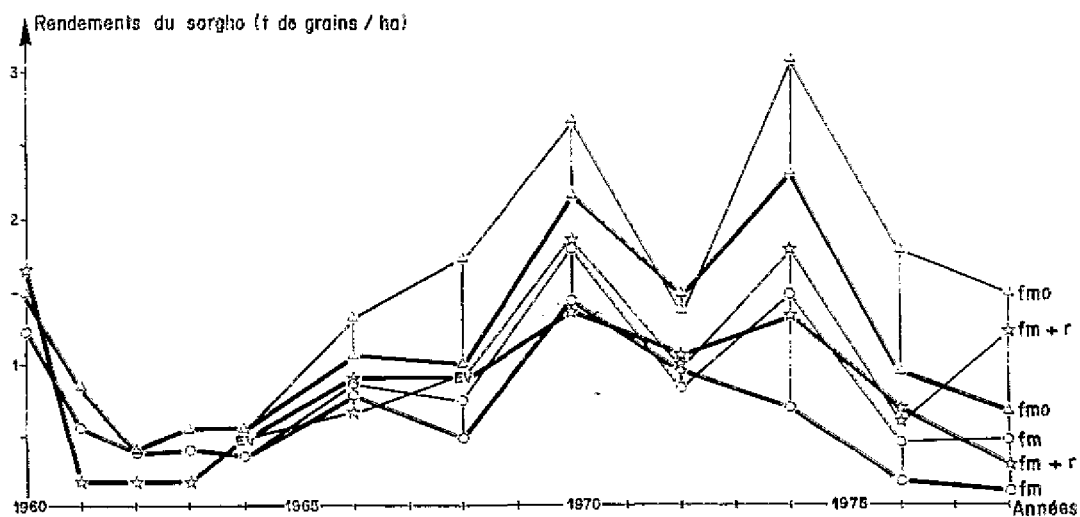
Graphique n° 2

ESSAI ENTRETIEN DE LA FERTILITE - SARIA
 COMPARAISON DES PRECEDENTS SORGHO ET ARACHIDE



Graphique n° 3

ESSAI ENTRETIEN DE LA FERTILITE - SARIA
 COMPARAISON DES PRECEDENTS SORGHO ET ARACHIDE



Graphique n° 4

pas de retenir ici cette explication unique pour l'ensemble des phénomènes observés.

Les fumures organominérales donnent des résultats nettement supérieurs aux autres, et il ne semble pas possible de déceler une tendance à la chute des rendements en dépit des mauvais rendements de 1977 dus à un semis trop tardif. Pour FMO dans le cas de l'alternance sorgho légumineuse le graphique 2 laisserait même supposer une augmentation continue de fertilité. N'oublions cependant pas que le sorgho S29 a été remplacé par une variété plus productive en 1974.

COMPARAISON DES PRECEDENTS SORGHO ET LEGUMINEUSE

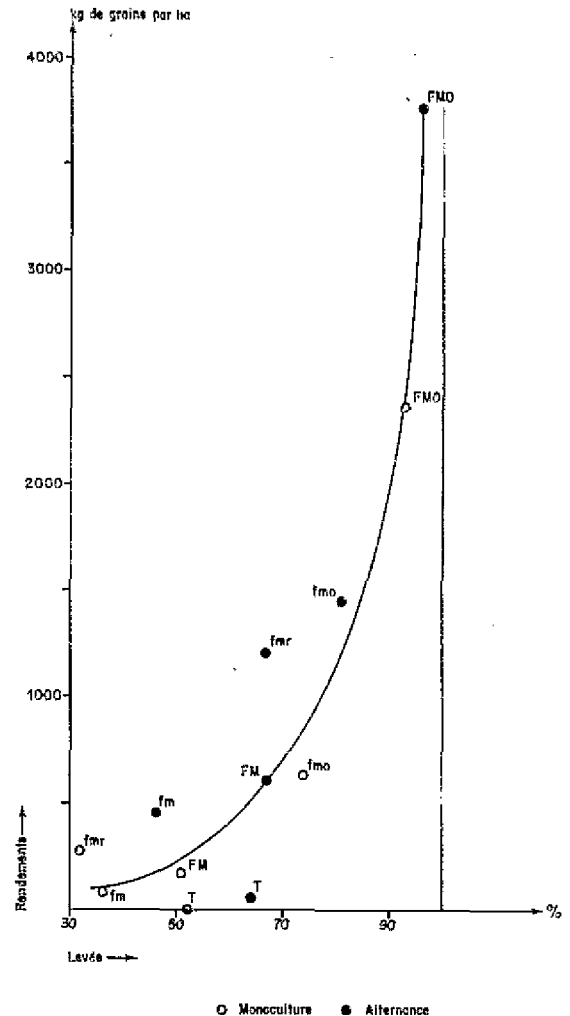
La supériorité des légumineuses sur le sorgho comme précédent cultural apparaît nettement sur les graphiques 3 et 4. Seul le témoin sans fumure fait exception, la présence de légumineuse ne suppléant pas à l'absence d'éléments fertilisants.

Pour les autres traitements et en particulier pour fm et FM, la supériorité de l'alternance est régulière (si l'on excepte l'année 1972) et semble s'accroître à partir de 1970. Cet effet défavorable du sorgho comme précédent cultural est connu (CHOPART et NICOU, 1971; NICOU 1978) et des travaux récents invoquent pour l'expliquer un phénomène d'allopatie (BURGOS-LEON 1979) qui se traduit en particulier par une mauvaise germination des graines due à des produits toxiques phénoliques.

Une étude réalisée en 1976 et en 1978 pour tester cette hypothèse a donné les résultats qui figurent dans le tableau III. Les pourcentages de levée sont en effet systématiquement plus élevés après légumineuses qu'après sorgho, ce qui étaye, semble-t-il, cette explication de la mauvaise valeur du sorgho comme précédent. Cependant des différences importantes entre traitements principaux apparaissent aussi et confirment d'ailleurs des observations antérieures sur les composantes du rendement, en particulier sur le nombre de panicules fertiles à l'hectare (DUPONT de DINECHIN 1967, ARRIVETS 1976). La supériorité à la récolte des traitements incluant des apports de fumier semble ainsi être due, au moins en partie, à une action sur la germination et la vigueur au démarrage (graphique 5).

On peut signaler à ce propos des travaux inédits de PIERI au Sénégal prouvant l'effet du potassium sur les stades précoces de développement de la plante.

Peut-on cependant assimiler ces effets des traitements principaux et celui du précédent légumineuse ? Ceci semblerait hasardeux dans l'état actuel du dossier.



GRAPHIQUE 5 : Liaison entre les pourcentages de levée et les rendements du sorgho.

EVOLUTION DES PROPRIETES CHIMIQUES DU SOL

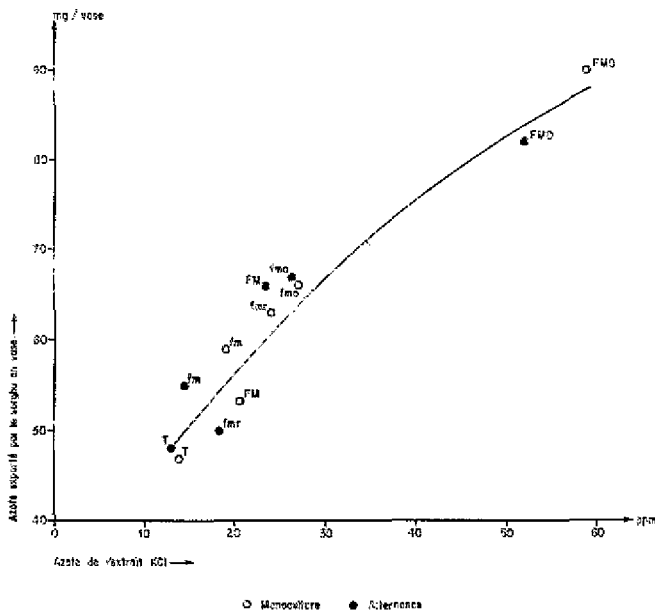
Les résultats des analyses physicochimiques réalisées sur les échantillons prélevés en 1969, 1976, et 1978 sont rassemblés dans les tableaux IV et V respectivement pour les deux systèmes : «monoculture du sorgho» et «alternance sorgho-légumineuse».

TENEUR DU SOL EN MATIERE ORGANIQUE ET AZOTE

Les teneurs en azote total et en carbone subissent une évolution entre 1969 où le traitement FMO est le seul à se détacher nettement, et 1978. A cette date, en effet, les deux traitements comprenant des apports de fumier réguliers se trouvent isolés par une baisse des taux de C et N des sols soumis aux autres traite-

ments. Il semble possible que les années à pluviométrie déficitaire aient pu favoriser cette minéralisation intense de la matière organique. Cependant la comparaison détaillée des résultats fournis par les trois prélèvements est difficile car le mode d'échantillonnage n'a pas été exactement semblable.

Les quantités d'azote (minéral et organique) extraites par le chlorure de potassium N des échantillons 1978 après incubation sont fortement influencées par les traitements. Les quantités d'azote sont, comme cela a été montré par ailleurs (PICHOT et al. 1979) et confirmé par HIEN (1979) directement liées à l'azote utilisable par les plantes (graphiques n° 6).



GRAPHIQUE 6 : Liaison entre l'azote extrait par le KCl normal et l'azote exporté par le sorgho en vases de végétation (d'après HIEN, 1979).

TENEUR DU SOL EN BASES ECHANGEABLES — pH

En dépit de quelques variations entre années qui peuvent provenir de l'échantillonnage ou de la date de prélèvement, les traitements se différencient nettement quant à leurs effets sur les teneurs du sol en bases échangeables.

Les plus fortes teneurs en Ca et Mg correspondent au traitement FMO, les plus faibles aux traitements apportant une fumure exclusivement minérale. Le traitement fmo se situe approximativement au niveau du témoin sans engrais.

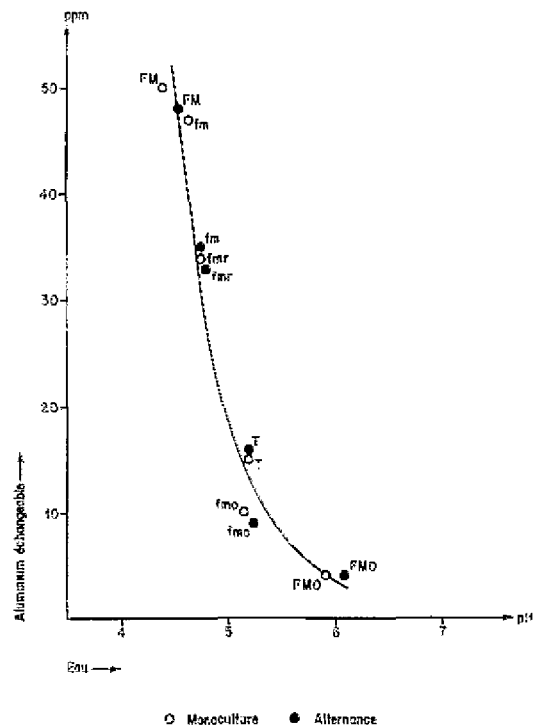
Une nette amélioration du potassium échangeable se produit entre 1969 et 1976 due à l'introduction du potassium dans la fumure FM. Par contre, les apports très limités réalisés par les traitements fm et fmr ne permettent pas de maintenir des taux semblables à ceux

du témoin sans engrais. Il y a appauvrissement du sol en potassium même quand on restitue une partie des pailles au sol. Seul le traitement FMO enrichit le sol en potassium échangeable.

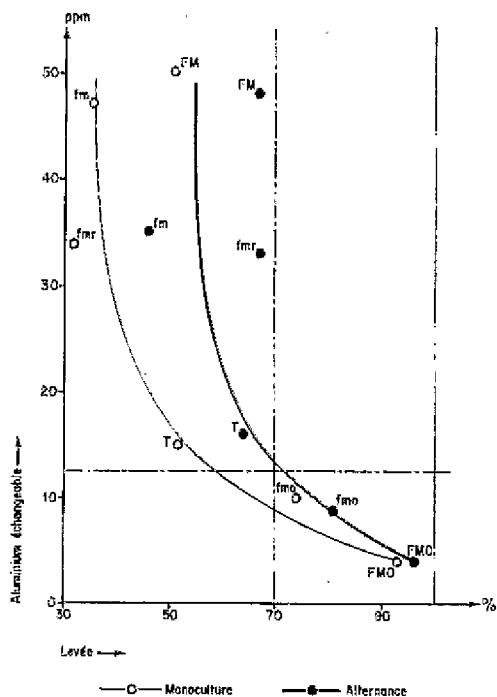
Les pH sont directement liés aux taux de saturation du complexe absorbant par les cations échangeables. On retrouve les effets positifs du fumier et négatifs des engrais minéraux déjà observés par DUPONT de DINECHIN cependant la situation semble s'aggraver sensiblement entre 1969 et 1978. Les taux d'aluminium échangeable qui n'étaient notables que pour fm deviennent importants pour fm, fmr, et FM. La liaison entre pH et aluminium échangeable représentée sur le graphique n° 7 explique bien les augmentations rapides des taux d'Al quand le pH baisse au-dessous de 5. Des courbes semblables sont citées par BOYER (1976) dans sa synthèse sur l'aluminium échangeable.

Cette acidification du sol concomitante de l'intensification des fumures minérales peut-elle cependant être considérée comme la cause principale de la chute des rendements ?

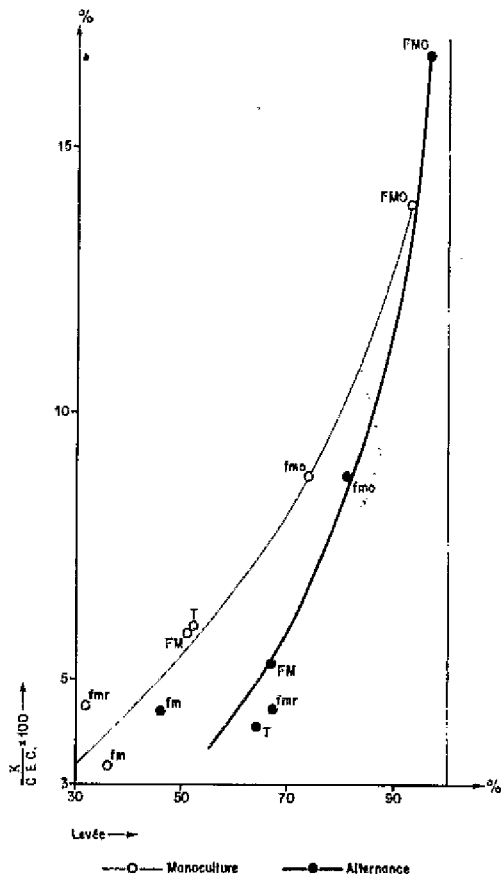
Si l'on essaie de relier les pourcentages de levée du sorgho aux taux d'aluminium échangeable (graphique n° 8) on ne peut faire mieux que de constater l'existence de deux groupes distincts séparés par les limites 12,5 ppm d'aluminium échangeable et 70 % de levée. Le fait d'utiliser le rapport $\frac{Al \text{ échangeable}}{Al + Ca + Mg + K}$ au lieu de Al échangeable ne change d'ailleurs pas le résultat.



GRAPHIQUE 7 : Liaison entre le pH et les teneurs en aluminium échangeable.



GRAPHIQUE 8 : Liaison entre la levée du sorgho et le taux d'aluminium échangeable de l'horizon de surface.

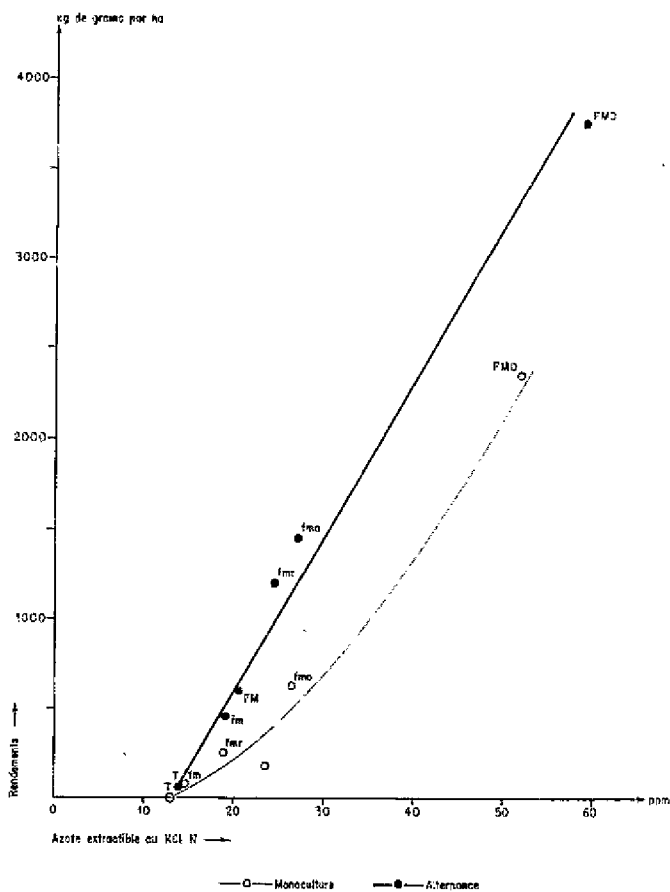


GRAPHIQUE 9 : Liaison entre la levée du sorgho et le taux de saturation du complexe adsorbant par le potassium échangeable.

Si l'on tente par contre de relier ces mêmes pourcentages de levée au potassium échangeable (graphique n° 9) les points représentatifs des divers traitements semblent s'ordonner selon deux courbes représentant les deux rotations. Il semble bien que cette variable joue un rôle important dans les phases d'installation de la culture de sorgho. La différence entre les deux rotations n'est cependant expliquée ni par l'aluminium ni par le potassium, il se pourrait donc qu'il s'agisse bien d'un effet spécifique du sorgho.

Si l'on essaie enfin de relier les rendements en grains à l'aluminium échangeable, au potassium et à l'azote extractible par le KCl, il apparaît que l'azote possède un pouvoir explicatif plus grand que les deux autres paramètres du sol (graphique n° 10) mais les deux rotations restent distinctes.

Quoiqu'il en soit l'alternance céréale-légumineuse s'avère particulièrement intéressante dans le cas du sorgho, et c'est une des voies à suivre si l'on veut éviter une dégradation rapide des rendements. Dans les conditions de SARIA, les résultats de l'alternance sorgho-cotonnier, non cités dans ce papier, montrent d'ailleurs que ce binôme de culture est également intéressant.



GRAPHIQUE 10 : Liaison entre rendements en grains et azote extractible au KCl

CONCLUSIONS

Dans l'essai de longue durée de SARIA conduit sur un sol ferrugineux tropical, la culture continue présente des difficultés. En l'absence d'engrais les rendements deviennent très rapidement proches de zéro que le sorgho soit cultivé ou non en alternance avec une légumineuse.

Les engrais minéraux binaires (N P) ou ternaires (N P K) procurent des augmentations de rendement pendant quelques années mais provoquent un appauvrissement du sol en bases et une acidification préjudiciables aux cultures. Cette évolution qui est liée aux apports d'engrais azotés, se traduit en particulier, par l'apparition d'une déficience en potassium et d'une toxicité en aluminium dont les effets sur l'installation des plantules sont très importants. Les apports de matière organique au sol : enfouissements d'engrais vert et de résidus de récolte ou apports de fumier permettent d'atténuer voire de juguler ces effets néfastes des fumures minérales. Cependant l'enfouissement des pailles de sorgho une année sur deux ne suffit pas pour éviter à terme l'acidification et l'appauvrissement en bases. Seuls les apports de fumier qui, compte tenu des doses appliquées, correspondraient au sein d'une exploitation à un véri-

table transfert de fertilité, permettent de maintenir ou d'améliorer la fertilité du sol. Les effets de ces apports de matière organique sont très visibles sur les taux d'azote utilisable par les cultures mais aussi sur les taux des bases échangeables (Ca, Mg).

Ceci est certainement dû aux éléments minéraux contenus dans le fumier lui-même mais probablement aussi à une action indirecte de la matière organique sur la capacité d'échange effective des colloïdes. En effet, les teneurs en calcium et en magnésium du fumier ne sont pas très élevées et ne justifient pas les différences observées dans les taux de bases échangeables entre traitements.

Ainsi, même si l'introduction de la chaux ou de la dolomie dans les fumures minérales permet d'espérer une correction de l'acidité et un entretien des taux de bases échangeables, le problème du statut organique et du complexe argilo-humique subsiste dans le cadre de la culture continue.

L'alternance des cultures a un effet favorable sur les rendements du sorgho qui n'est expliqué par aucun des paramètres étudiés. Il peut s'agir d'un effet spécifique du sorgho sur lui-même dû à des produits phénoliques toxiques présent dans les racines à la récolte.

Bibliographie

- ARRIVETS J. (1976) — Exigences minérales du Sorgho. Etude d'une variété voltaïque à grande tige. *L'Agron. Trop.* 31 p 29-46.
- BOUCHY C. (1973) — Essai de fertilisation organominérale. Résultats après dix années de culture continue maïs-cotonnier en Côte d'Ivoire. *Coton et fibres trop.* 28 p 343-364.
- BOYER J. (1976) — L'aluminium échangeable : incidence agronomique évaluation et correction de sa toxicité dans les sols tropicaux. *Cahiers ORSTOM Pédol.* XIV (4) 259-263.
- BURGOS-LEON W. (1979) — Allelopathie induite par la culture du sorgho, origine et détoxification microbienne du sol. Thèse doctorat es sciences Université de Nancy I, 120 p.
- CHARREAU C. (1972) — Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols tropicaux par des cultures annuelles. *L'Agron. Trop.* 27 p 905-929.
- CHARREAU C.; FAUCK R. (1970) — Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de SÉFA (Casamance). *L'Agron. Trop.* 25 (2) p 151-157.
- CHARREAU C.; NICOU R. (1971) — L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sabloargileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. *L'Agron. Trop.* 26 p 903-978, p 1184-1247.
- CHOPART J.L., NICOU R. (1973) — Effet dépressif de culture répétées du sorgho dans les sols sableux du Sénégal. *African Soils* 17 (1) p 131-139.
- DUPONT DE DINECHIN B. (1967) — Résultats concernant les effets comparés des fumures minérale et organique in C.R. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Tananarive 12 p 1411-1429. — IRAT Ed. PARIS.
- FAUCK R.; MOUREAUX C.; THOMANN Ch. (1969) — Bilan de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue. *L'Agron. Trop.* 24 (3) p 263-301.
- HIEN V. (1979) — Rôle de la matière organique libre dans la fertilité d'un sol ferrugineux tropical de Haute-Volta. *DEA d'Agronomie-Pédologie* — U.S.T.L. Montpellier 46 p.
- JENNY F. (1966) — Sols et problèmes de fertilité en Haute-Volta. *L'Agron. Trop.* 20 p 220.
- LE BUANEC B. (1972) — Dix ans de culture motorisée sur un bassin versant du centre Côte d'Ivoire. Evolution de la fertilité et la production. *L'Agron. Trop.* 27, p 1191.
- MOREL R.; QUANTIN P. (1972) — Observations sur l'évolution à long terme de la fertilité des sols cultivés à Gnanan (République Centrafricaine). *L'Agron. Trop.* 27, p 667-739.
- NICOU R. (1978) — Etude des successions culturales au Sénégal. Résultats et méthodes. *L'Agron. Trop.* 32 (1) p 51.
- NYE P.H.; GREENLAND D.J. (1963) — The soil under shifting cultivation. *Commonwealth Bur. Soils. Techn. Com.* 51-156 p.
- NYE P.H.; GREENLAND D.J. (1964) — Changes in the soil after clearing a tropical forest. *Plant and Soil* 21, 101-112.
- PICHOT J. (1971) — Etude de l'évolution du sol en présence de fumures organiques ou minérales. Cinq années d'expérimentation à la Station de BOUKOKO (RCA). *L'Agron. Trop.* 26 p 756.
- PICHOT J.; AL ZAHAWE F.; CHABALIER P.F. (1978) — Etude de l'évolution d'un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire après la mise en culture. C.R. Symposium FAO-AIEA Brunswick. Soil Organic matter studies vol. I p 83-86 AIEA Vienna.
- PICHOT J.; EDOUMENIDES C.; VELLY J. (1979) — Minéralisation et utilisation par les végétaux de l'azote organique soluble dans quelques sols tropicaux. Doc. IRAT-GERDAT. Montpellier (à paraître).
- SANCHEZ P.A. (1976a) — Soil Organic Matter in «Properties and Management of Soils in the Tropics». p 162-183. Pub. WILEY and SONS New York.
- SANCHEZ P.A. (1976 b) — Crop Yield declines under shifting cultivation in «Properties and Management of Soils in the Tropics» p 374-380. Pub. WILEY and SONS New York.
- SIBAND P. (1972) — Etude de l'évolution des sols sous culture traditionnelle en Haute Casamance. Principaux résultats. *L'Agron. Trop.* 27 (5) p 574-61.
- SIBAND P. (1974) — Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de L'Agron. Trop. 29 (12) p 1229-43.

Tableau I
 RECAPITULATIF DES FUMURES MINERALES ET ORGANIQUES APPORTEES DE 1960 A 1978
 (E.V. : engrais vert; R.S. : résidus de sorgho; S.C.A. : sorgho coton arachide)

Année	Culture	fm			FM				fmr					fmo					FMO				
		N	P	K	N	P	K		N	P	K	MO	N	P	K	MO	N	P	K	MO			
1960	Sorgho	8-	24-	0	8-	24-	0		0-	0-	0-		8-	24-	0-	5T	8-	24-	0-	5T			
1961	"	"	"	"	"	"	"		"	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"			
1962	"	"	"	"	"	"	"		"	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"			
1963	"	"	"	"	50-	50-	0		"	"	"		"	"	"	"	50-	50-	0-	40T			
1964	"	"	"	"	"	"	"		0-	40-	0-	EV	"	"	"	"	"	"	"	"			
1965	S.C.A.	"	"	"	"	"	"		20-	24-	0-		"	"	"	"	"	"	"	"			
1966	Sorgho	"	"	"	"	"	"		"	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"			
1967	S.C.A.	"	"	"	"	"	"		"	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"			
1968	Sorgho	"	"	"	"	"	"		0-	40-	0-	EV	"	"	"	"	"	"	"	"			
1969	S.C.A.	50-	24-	50	100-	50-	50		50-	24-	50-		50-	24-	50-	5T	100-	50-	50-	40T			
1970	Sorgho	"	"	"	"	"	"		"	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"			
1971	Sorgho	40-	50-	25	96-	75-	100		40-	50-	25-	RS	40-	50-	25-	5T	96-	75-	100-	40T			
	Coton	40-	50-	25	75-	67-	36		40-	50-	25-	RS	40-	50-	25-	5T	75-	67-	36-	40T			
	Arachide	10-	12-	25	20-	22-	25		10-	12-	25-	RS	10-	12-	25-	5T	20-	22-	25-	40T			
1972	Sorgho	40-	50-	25	96-	75-	100		40-	50-	25-		40-	50-	25-	5T	96-	75-	100-	40T			
1973	Sorgho	40-	50-	0	87-	50-	30		40-	50-	0-	RS	40-	50-	0-	5T	87-	50-	30-	40T			
	Coton	19-	35-	30	75-	25-	30		19-	35-	30-	RS	19-	35-	30-	5T	75-	35-	50-	40T			
	Arachide	10-	12-	0	10-	12-	25		10-	12-	0-	RS	10-	12-	0-	5T	10-	12-	25-	40T			
1974	Sorgho	40-	50-	25	87-	50-	50		40-	50-	25-		40-	50-	25-	5T	87-	50-	50-	40T			
1975	Sorgho	42-	35-	0	65-	35-	30		42-	35-	0-	RS	42-	35-	0-	5T	65-	35-	30-	40T			
	Coton	19-	35-	0	51-	52-	30		19-	35-	0-	ST	19-	35-	0-	5T	51-	52-	30-	40T			
	Niébé	9-	18-	0	19-	35-	36		9-	18-	0-	RS	9-	18-	0-	5T	19-	35-	36-	40T			
1976	Sorgho	42-	35-	0	65-	35-	30		42-	35-	0-		42-	35-	0-	5T	65-	35-	30-	40T			
1977	Sorgho	42-	35-	0	65-	35-	30		42-	35-	0-	RS	42-	35-	0-		65-	35-	30-				
	Coton	19-	35-	0	51-	52-	30		19-	35-	0-	RS	19-	35-	0-		51-	52-	30-				
	Niébé	9-	18-	0	19-	35-	36		9-	18-	0-	RS	9-	18-	0-		19-	35-	36-				
1978	Sorgho	37-	23-	14	60-	23-	44		37-	23-	14-		37-	23-	14-	5T	60-	23-	44-	40T			
Totaux par rotation	Sorgho	495-	592-	189	1145-	850-	514		483-	528-	189-		495-	592-	189-	90T	1145-	850-	514-	615T			
	Coton	428-	577-	219	1084-	851-	450		416-	513-	219-		428-	577-	219-	90T	1084-	851-	450-	615T			
	Légumineuse	369-	482-	189	900-	759-	446		357-	418-	189-		369-	482-	189-	90T	900-	759-	446-	615T			

Tableau II
 ANALYSES MINERALES DU FUMIER DE SARIA
 (- élément non déterminé)

	Taux des éléments p 100 du poids de matière sèche							
	Si O2	C	N	P	K	Ca	Mg	Na
1966	—	27,3	—	0,21	—	1,3	0,77	0,25
1970	—	—	2,30	0,20	4,5	1,7	0,68	0,18
1971	—	35,0	2,47	0,22	4,3	1,0	0,67	0,25
1978	23,0	21,7	1,47	0,24	1,6	1,1	0,49	—

Tableau III
POURCENTAGE DE LEVEE DES GRAINS DE SORGHO EN FONCTION DES TRAITEMENTS
ET DES ROTATIONS

Traitements	T		fm		fmr		fmo		FM		FMO	
	76	78	76	78	76	78	76	78	76	78	76	78
Monoculture de Sorgho	55	52	38	36	57	32	56	74	30	51	82	93
Alternance Sorgho-Légumineuse	59	64	39	46	56	67	71	81	39	67	86	96

Tableau IV
RESULTATS D'ANALYSES DE SOL CONCERNANT LA MONOCULTURE DU SORGHO

	T	fm	fmr	fmo	F.M.	FMO	
1969	C. organique p 100	0,29	0,29	0,31	0,31	0,33	
	N. total.p. 1000	0,23	0,20	0,28	0,29	0,47	
	P (Saunders) ppm	27,4	38	31,7	34,8	42,4	70,7
	Ca échang. mé p. 100 g	0,82	0,92	0,31	0,98	0,69	1,75
	Mg échang. mé p. 100 g	0,20	0,18	0,13	0,24	0,08	0,54
	K échang. mé p. 100 g	0,20	0,08	0,35	0,21	0,05	0,60
pH eau rapport 1/2,5	5,3	5,1	5,1	5,5	4,7	6,2	
	A1 échang. ppm	3,4	7,6	9,2	0	26,4	0
1976	C. organique p 100	0,29	0,30	0,33	0,38	0,36	0,76
	N. total.p 1000	0,30	0,30	0,35	0,40	0,38	0,77
	P (Saunders) ppm	12	34	28	36	43	59
	P (Olsen-Dabiri) ppm	16	30	28	41	53	87
	Ca échang. mé p. 100 g	0,74	0,58	0,67	0,82	0,33	2,25
	Mg échang. mé p. 100 g	0,34	0,23	0,27	0,37	0,19	1,29
	K échang. mé p. 100 g	0,17	0,14	0,16	0,21	0,16	0,61
	C.E.C. mé p. 100 g	2,32	2,54	2,57	2,32	2,53	3,72
	pH eau rapport (1/2,5)	5,3	4,9	4,8	5,2	4,5	6,6
	pH KCl rapport (1/2,5)	4,2	3,7	3,8	4,2	3,6	5,5
1978	C. organique p 100	0,25	0,24	0,25	0,35	0,24	0,66
	N total p 1000	0,18	0,19	0,18	0,44	0,28	0,54
	P (Olsen-Dabiri) ppm	12	30	24	33	38	59
	Ca échang. mé p. 100 g	1,15	0,66	0,90	1,14	0,60	2,37
	Mg échang. mé p. 100 g	0,35	0,22	0,25	0,39	0,21	1,07
	K échang. mé p. 100 g	0,16	0,09	0,12	0,22	0,15	0,50
	C.E.C. mé p. 100 g	2,65	2,65	2,65	2,50	2,55	3,60
	pH eau rapport (1/2,5)	5,2	4,6	4,7	5,2	4,4	5,9
	pH KCl rapport (1/2,5)	4,3	3,8	3,9	4,4	3,7	5,2
	A1 échang. ppm	15	47	24	10	50	1

Tableau V
 RESULTATS D'ANALYSES DE SOL CONCERNANT L'ALTERNANCE SORGHO-LEGUMINEUSE

		T	fm	fmr	fmo	FM	FMO	
1976	C. organique p 100	0,27	0,31	0,35	0,42	0,35	0,81	
	N total p 1000	0,24	0,32	0,35	0,43	0,32	0,79	
	Ca échang. mé p. 100 g	1,05	0,83	0,87	1,04	0,61	2,43	
	Mg échang. mé p. 100 g	0,42	0,27	0,29	0,47	0,20	1,40	
	K échang. ma p. 100 g	0,17	0,13	0,15	0,26	0,18	0,62	
	pH eau rapport (1/2,5)	5,30	5,0	4,9	5,6	4,7	6,8	
1978	C. organique p 100	0,25	0,26	0,28	0,35	0,28	0,62	
	N total p 1000	0,24	0,26	0,26	0,32	0,26	0,63	
	Ca échang. mé p. 100 g	0,99	0,77	0,90	1,17	0,68	2,62	
	Mg échang. mé p. 100 g	0,35	0,24	0,27	0,36	0,20	1,24	
	K échang. mé p. 100 g	0,12	0,11	0,12	0,22	0,14	0,65	
	C.E.C. mé p. 100 g	2,90	2,50	2,70	2,50	2,62	3,90	
		pH eau rapport (1/2,5)	5,2	4,7	4,8	5,2	4,5	6,1
		pH KCl rapport (1/2,5)	4,2	3,9	3,9	4,4	3,5	5,4
		Al échang. ppm	16	35	33	9	48	4