

# **L'AGRONOMIE TROPICALE**

---

Extrait du Vol. XXVII, n° 6-7  
JUIN-JUILLET 1972

---

## **OBSERVATIONS SUR L'ÉVOLUTION A LONG TERME DE LA FERTILITÉ DES SOLS CULTIVÉS A GRIMARI (République Centrafricaine)**

**Résultats d'essais de culture mécanisée semi-intensive,  
sur des sols rouges ferrallitiques moyennement désaturés  
en climat soudano-guinéen d'Afrique Centrale**

**R. MOREL**  
Ingénieur en Chef de l'Agriculture

par

**P. QUANTIN**  
Maître de Recherches à l'ORSTOM

# **OBSERVATIONS SUR L'ÉVOLUTION A LONG TERME DE LA FERTILITÉ DES SOLS CULTIVÉS A GRIMARI (République Centrafricaine)**

**Résultats d'essais de culture mécanisée semi-intensive,  
sur des sols rouges ferrallitiques moyennement désaturés  
en climat soudano-guinéen d'Afrique Centrale**

**R. MOREL**  
Ingénieur en Chef de l'Agriculture

par

**P. QUANTIN**  
Maître de Recherches à l'ORSTOM

## **INTRODUCTION**

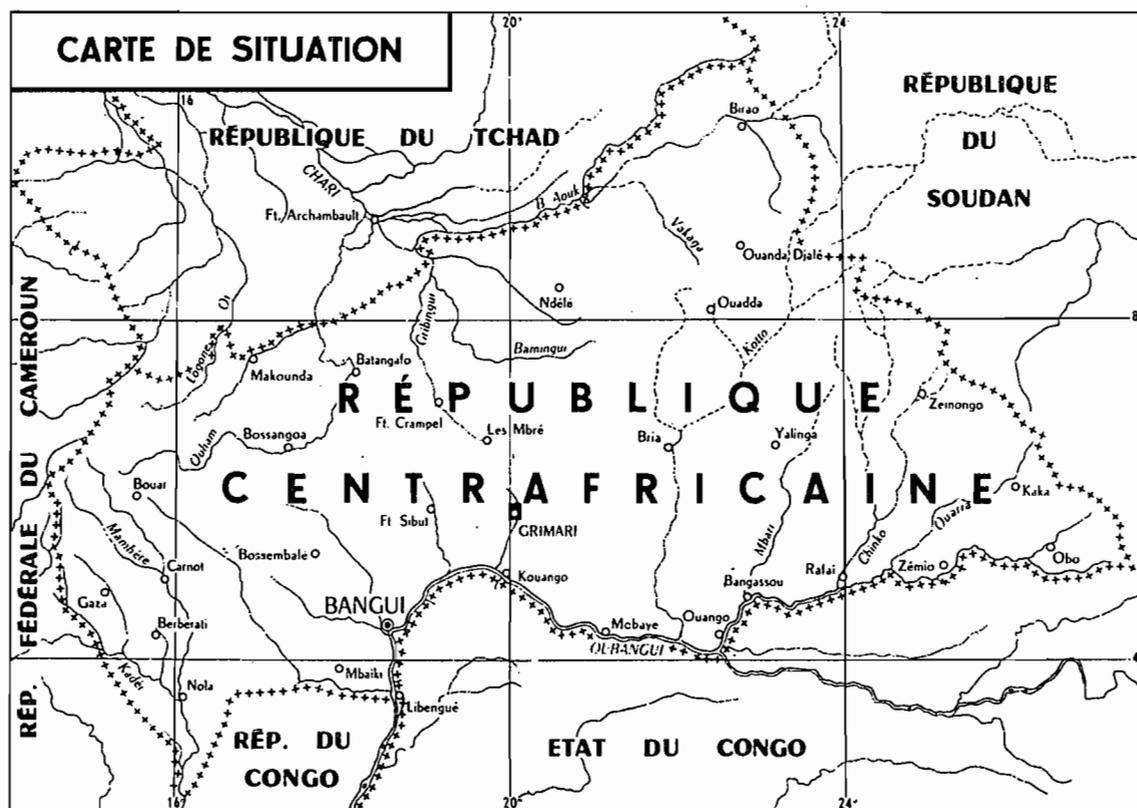
Il persiste encore actuellement une opinion incontrôlée, mais tenace, au sujet de la fragilité de la fertilité des sols africains. Celle-ci obligerait à des périodes de cultures brèves suivies de jachères arbustives longues et ne permettrait pas une intensification de l'agriculture. Dans son cours d'agroécologie, Roland PORTÈRES, en 1952, disait que le rapport temps de culture à temps de jachère devait varier de 50 % à 20 % en passant de la forêt équatoriale à la steppe soudanienne. L'assolement traditionnel Banda du centre oubanguien adopte un rapport de 1/2 à 1/3 qui correspond au milieu soudano-guinéen tropical humide. L'INEAC, à Gandajika, avait proposé un rapport de 50 % pour un temps de culture de quatre ans. C'est sur cette dernière base considérée comme semi-intensive que nous avons démarré notre expérimentation en 1954 sous la direction de R. MARTY. Des séries d'observations diverses ont été entreprises pour déterminer dans quelles mesures les traitements culturaux pouvaient être intensifiés avec les conséquences que cela pouvait avoir sur la fertilité et le comportement des sols.

Le contrôle de l'évolution de la fertilité des sols par des examens physiques et chimiques sur le terrain et au laboratoire a été effectué par les pédologues de l'ORSTOM, J. BOYER de 1954 à 1958, P. QUANTIN de 1959 à 1963.

## **CARACTERES ORIGINELS DES SOLS ETUDIÉS**

Géographiquement, Grimari est situé au nord du fleuve Oubangui, à 5°30' de latitude N et 20° de longitude E. Le climat est assez régulier, de type tropical humide soudano-guinéen caractérisé par une saison sèche relative de quatre mois, du 15 novembre au 15 mars (avec moins de 50 mm de pluie par mois), comportant une période sèche absolue de un à deux mois.

L'influence de l'harmattan peut se faire sentir certaines années pendant quelques semaines à partir du 15 décembre. Il tombe en moyenne 1.550 mm d'eau par an. La saison des pluies débute par ondées intermittentes en mars et s'installe définitivement en juillet. Les trois mois les plus pluvieux étant août, septembre et octobre qui reçoivent généralement plus de 200 mm chacun.



## I) DESCRIPTION DES SOLS

### A) PLACE DANS LA CLASSIFICATION

Les sols de la station agricole de Grimari appartiennent au groupe des sols ferrallitiques moyennement désaturés typiques, sous-groupe des sols faiblement appauvris (AUBERT et SÉGALEN, 1966). Dans la classification précédente, il apparaissait dans les sols faiblement ferrallitiques (QUANTIN, 1965 b).

Ce sont des sols rouges de texture argilo-sableuse, formés sur des matériaux d'altération provenant de gneiss calco-alkalins à deux micas.

### B) CARACTERES GENERAUX DU PROFIL

Les sols rouges ferrallitiques sur gneiss de Grimari sont essentiellement constitués des horizons suivants : un horizon humifère brun rouge, moyennement humifère (1,7 % à 3 % de matière organique), légèrement appauvri en argiles et profond de 15 cm en moyenne ; un horizon B, rouge ou ocre rouge, enrichi en hydroxydes de fer et généralement concrétionné, moyennement désaturé et dont la partie supérieure, brunifiée, de la matière organique, fait transition avec l'horizon humifère ; un horizon d'altération tacheté au contact du gneiss, généralement peu profond. Les principales caractéristiques de ces horizons sont les suivantes :

— horizon humifère A 11, brun rouge, profond de 10 à 20 cm ; texture sablo-argileuse à argilo-sableuse ; structure nuciforme nettement définie et stable de taille moyenne ; porosité fine, moyenne et large, assez bonne à l'état naturel ; perméabilité à l'air et à l'eau assez bonne dans les conditions naturelles ; forte densité racinaire sous savane ;

— horizon de transition A 12/B, rouge bruni par des diffusions humifères s'étendant jusqu'à 30 à 40 cm de profondeur ; texture argilo-sableuse ; structure polyédrique à angles faiblement émoussés de taille moyenne, nettement plus instable que dans l'horizon humifère ; tendance à une forte densité apparente et à la compacité ; bonne microporosité mais faible macroporosité ; perméabilité à l'eau lente ou très lente ; perméabilité à l'air médiocre ; tendance à l'engorgement en saison de pluies fréquentes qui provoque un léger effet de nappe perchée, d'où asphyxie des racines ; enracinement faible des plantes annuelles ;

— horizon B d'accumulation des hydroxydes, ocre rouge ou rouge, de profondeur très variable : quelques décimètres à plusieurs mètres, comprenant généralement un niveau concrétionné à oxyde de fer et de manganèse, de densité et d'épaisseur variables, plus rarement une cuirasse pisolithique type cuirasse de nappe à accumulation absolue ; texture argilo-sableuse à argileuse ; structure d'ensemble d'aspect continu à l'état frais, se débitant en larges prismes à l'état sec ; microstructure polyédrique fine nettement définie dans le cas des sols de plateau évolués en place, médiocrement définie dans le cas des sols de versant remaniés par colluvionnement ; microporosité d'ensemble assez forte ; macroporosité assez faible ; drainage lent ; faible capacité pour l'air ; enracinement faible des plantes arbustives pérennes ;

— horizon C d'altération, tacheté ou veiné de gris, ocre et rouge ; généralement peu profond, sauf l'altération dans des diaclases ; le passage à la roche peu altérée est rapide ; il se fait en quelques centimètres, au plus en quelques décimètres. Le matériau d'altération a déjà des caractéristiques ferrallitiques, mais il contient encore des noyaux de minéraux altérables résiduels.

### C) VARIATIONS, CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX TYPES

On peut distinguer trois phases principales : plateau, versant et bas versant :

1) Sur le plateau, les sols se sont formés *in situ* ; ils paraissent plus nettement évolués et ferrallitiques. Leur couleur est plus rouge, leur texture plus argileuse, leur structure plus nettement polyédrique.

On a distingué deux séries suivant le degré de concrétionnement et d'érosion : sols profonds à horizon concrétionné ou cuirassé à plus de 50 cm de la surface ; sols d'érosion à horizon concrétionné ou cuirassé en surface ou très près de la surface.

2) Sur les versants, les sols ont souvent été remaniés dans la partie supérieure, parfois même dans la totalité du profil ; ils paraissent moins nettement évolués, bien que leurs caractéristiques minéralogiques soient très voisines de celles des sols de plateau. Leur couleur est ocre rouge ou ocre ; leur texture est plus sableuse dans les horizons supérieurs ; ils contiennent plus de mica résiduel ; leur structure est moins nettement définie : en surface, elle est plus fragile et devient plus rapidement instable et battante ; en profondeur, elle est moins bien exprimée et encore plus instable.

On distingue : les sols profonds, faiblement remaniés à horizon concrétionné ou cuirassé à plus de 50 cm de profondeur ; les sols profonds fortement remaniés par colluvionnement, correspondant au comblement d'anciennes collatures par un matériau sablo-argileux provenant de l'érosion des sols de plateau, avec horizon concrétionné ou cuirassé en profondeur ; les sols peu profonds d'érosion, à horizon concrétionné ou cuirassé en surface ou près de la surface, parfois recouvert d'un manteau colluvial sablo-argileux peu épais.

3) En bas de pente, les sols sont du type beige ou ocre colluvial à hydromorphie de nappe phréatique oblique temporaire. Ils sont caractérisés par : une texture légère et une structure rapidement instable et battante ; un horizon de pseudogley à taches et concrétions ferro-manganiques en profondeur ; assez fréquemment une cuirasse de nappe, brune et vacuolaire, en dessous.

## II) CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE L'HORIZON HUMIFERE (TERRE ARABLE)

### A) TEXTURE

Profondeur (cm)	Argile + Limon (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Matière organique (%)
0-15 .....	20-33	53-62	10-16	1,7 - 3,0
15-30 .....	33-38	51-55	10-12	1,0 - 1,7

On remarque la teneur importante en sables fins et un taux d'éléments argilo-limoneux et de matières organiques normalement suffisant pour donner au sol assez de « corps » pour être bien agrégé et retenir assez d'humidité.

La texture devient plus légère dans les zones de colluvionnement.

### B) STRUCTURE

Elle est normalement de type nuciforme moyen, plus ou moins engrené, à l'état naturel. En surface, sous végétation naturelle dense, apparaît une mince pellicule de 1 à 3 cm d'épaisseur où la structure tend à être plus grumeleuse et plus meuble.

Lors de la mise en culture, par suite du travail mécanique par labour et scarifiages, le sol éclate en mottes qui se divisent en grains nuciformes ou polyédriques de tailles diverses. Une partie de ces grains « fondent » par suite de la dispersion des fractions fines dans l'eau de pluies. Après un ou deux ans de cultures, un nouveau type de structure apparaît, par division et recimentation des grains, de forme continue mais poreuse, désignée par S. HÉNIN sous le nom de structure « mie de pain ». En surface, par suite du départ des éléments fins, ce sol tend à devenir battant, à se liter et à former une croûte. Après quatre ans de culture, si on n'apporte pas d'amendement organique, la structure se dégrade sensiblement, le degré de dispersion augmente fortement, il se forme une structure litée et une croûte relativement dense et peu perméable sur une épaisseur variant de 2 à 5 cm.

Le test de HÉNIN traduit bien cette évolution.

Au départ, sous savane arbustive, la valeur  $I_s$  désignant l'instabilité structurale varie de 0,25 à 0,40. Après quatre ans de culture, elle atteint 1 à 1,2. A ce moment, on peut commencer à noter une faible diminution du rendement des cultures. Après huit ans de cultures, l'indice s'établit entre 1,8 et 2,2. A ce moment, le sol est devenu nettement battant, médiocrement perméable à l'air, très sensible à l'érosion en nappe ; les rendements accusent un fléchissement net, si on ne remédie pas à ces défauts physiques. En corrélation avec ces observations, nous avons pu remarquer par ailleurs que la nature spécifique et la vitesse d'installation spontanée des plantes de jachère sont conditionnés par cet état de dégradation physique du sol (MOREL et QUANTIN, 1964).

### C) POROSITE

Alors que la microporosité varie peu suivant l'état structural du sol, se situant entre 25 % et 28 %, la macroporosité est, par contre, profondément modifiée :

- sol de savane à *Imperata* : 16 % ;
- sol partiellement dégradé par une culture mécanisée sans amendement organique en quatre ans : 12 % ;
- sol cultivé, mais avec fumure organique pendant quatre ans : 23 %.

L'amélioration et le maintien de la macroporosité à un niveau assez élevé sont une des conditions primordiales de l'élévation et du maintien de la fertilité à un haut rendement.

### D) PERMEABILITE

Elle varie suivant la saison et l'état structural du sol superficiel.

Nous donnerons pour exemple les valeurs maxima observées en saison sèche. Sous savane, la perméabilité varie de 50 mm/h à 80 mm/h (exprimée en équivalent de pluie capable de s'infiltrer). Sous culture mécanisée normalement conduite avec amendement organique (quatre mois après le labour), cette valeur est de 25 mm/h à 30 mm/h. Si le sol s'est dégradé et croûté en surface, cette valeur peut décroître jusqu'à 5 mm/h. On voit la conséquence sur la possibilité de rétention des premières pluies si elles sont trop intenses (tornades) et sur l'élévation des taux de ruissellement et d'érosion.

### E) BILAN HYDRIQUE

La capacité en eau « au champ » varie de 15 % à 21 %. En moyenne, elle atteint 18 %. Cette valeur est normalement atteinte après ressuyage rapide, pendant la saison des pluies fréquentes en août, septembre et octobre. Elle varie, comme nous l'avons montré ailleurs (essai de culture continue à Bambari, COMBEAU et QUANTIN, 1963), suivant la teneur en éléments fins (A + L) et en matière organique. Les sols colluviaux, plus sableux, ont relativement aux sols de plateau une valeur plus basse ; les sols ayant perdu une notable part de leur stock organique montrent aussi une valeur abaissée par rapport au sol initial. Ceci semble avoir une influence sur les rendements. Nous avons toujours observé au champ que les plages les plus argileuses accusaient un meilleur développement des cotonniers. Pendant cette période, le sol peut dépasser souvent pendant un ou deux jours la capacité au champ. Certaines plantes (cotonnier, riz) accusent de courtes périodes d'asphyxie. Un bon drainage externe par des façons adéquates est donc très utile.

En saison sèche, sous couvert herbacé dense, le sol se dessèche lentement et il atteint le point de flétrissement seulement pendant un à deux mois, à la fin de cette période. Un sol nu ou mal couvert peut atteindre cette valeur rapidement, après seulement deux à quatre semaines d'insolation.

Pendant la première période de la saison des pluies, les précipitations à caractère orageux sont irrégulières. Il s'ensuit que sur des sols mal couverts, en début de végétation après semis ou plantation, de courtes périodes de flétrissement peuvent apparaître lorsque les périodes d'arrêt des pluies atteignent ou dépassent deux à trois semaines. Ceci était fréquemment visible dans les parcelles d'arachide. Pendant cette période, une irrigation d'appoint serait très utile.

#### F) PROFONDEUR DE L'HORIZON UTILE AUX PLANTES ANNUELLES

Elle correspond normalement à l'horizon humifère. Celle-ci, en moyenne de 15 cm, varie de 20 à 25 cm pour les sols colluviaux de versant à 10 à 15 cm pour les sols de plateau ; en cas d'érosion sensible, elle peut être réduite à 5 cm. En dessous, le sol est trop faiblement perméable à l'eau et surtout à l'air ; sa teneur en éléments fertilisants et sa fertilité sont nettement insuffisantes ; en conséquence, les racines des plantes annuelles s'y développent mal ; la racine-pivot du cotonnier, par exemple, s'infléchit à ce niveau sans pénétrer. Or, il a été constaté que le développement du cotonnier est directement proportionnel à la profondeur de son pivot. Cependant, comme on n'a pas intérêt à ramener en surface le sol sous-jacent à l'horizon humifère, dans une proportion élevée, on pourra, soit se contenter d'améliorer la pénétration par sous-solage, soit mieux, approfondir très progressivement le sol utile en apportant des amendements organiques, si c'est nécessaire, à chaque période de labour.

### III) CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE L'HORIZON HUMIFERE

#### A) NIVEAU NATUREL

A l'origine, les sols de Grimari devaient être caractérisés par un potentiel chimique de fertilité assez élevé en tous éléments. Prenons pour exemple sur la parcelle GRI-3, en savane arbustive naturelle, l'échantillon humifère GRI-31 ; la teneur en matière organique est moyenne, mais l'horizon est relativement pauvre en azote ; la valeur du rapport C/N comprise entre 15 et 16 serait explicable par l'action des feux de brousse qui détruisent la matière azotée et la flore bactérienne fixatrice d'azote. Le pH est faiblement acide. Un taux de saturation en cations de 60 % pour une capacité d'échange de 12 m.e. pour 100 g indique un niveau assez élevé du complexe d'échange minéral. On remarque une teneur relativement élevée en potasse échangeable et un bon équilibre Ca/Mg et Ca + Mg/K. Avec 52 ppm de phosphore assimilable pour 2,15 ‰ de phosphore de réserve, le niveau de phosphore paraît suffisant. La somme des éléments basiques de réserve est le double de celle des éléments échangeables. Enfin, d'après l'étude de la fumure minérale, il semble que le niveau du soufre assimilable, comme celui de l'azote, est insuffisant à l'origine. Nous n'avons pas fait l'étude de cet élément dans le sol.

#### B) NIVEAU ORIGINEL DES PARCELLES D'EXPERIMENTATION

Sur la station de Grimari, avant l'expérimentation, avaient eu lieu plusieurs cultures manuelles pour la multiplication des graines de cotonnier. Ces cultures, faites sans précautions suffisantes, avaient probablement abaissé le potentiel chimique de fertilité des sols. Au départ de l'expérimentation, toutes les parcelles sont sensiblement plus pauvres que celle sous savane arbustive naturelle. Prenons pour exemple sur la parcelle GRI-E.1, en jachère à *Imperata*, l'échantillon humifère GRI-E.11. On peut remarquer, par rapport à GRI-31, un abaissement de la teneur en matière organique et consécutivement de la capacité d'échange, du calcium échangeable et de réserve, et du phosphore assimilable. Mais, le sol pendant la jachère a repris une certaine forme d'équilibre : stabilité structurale, pH et taux de saturation ont une valeur très voisine de celle du sol sous savane naturelle.

Si l'on compare le niveau initial du sol en surface (0 à 15 cm) correspondant à l'échantillon GRI-E.11 des parcelles d'érosion, à celui du deuxième horizon humifère, entre 15 et 30 cm, sur les échantillons GRI-32 et GRI-E.12, on peut voir que les caractéristiques de l'horizon humifère s'étaient sensiblement rapprochées de celles du deuxième horizon, sans que la jachère à *Imperata* n'ait pu suffisamment réenrichir le sol. C'est ce qui explique que nous aurons ensuite de sérieuses difficultés à montrer une action dégradante de la culture sur la fertilité du sol. Nous pouvons en donner un premier aperçu en comparant aux sols précédents sous savane arbustive naturelle et sous jachère à *Imperata* les sols cultivés des parcelles d'érosion 2, 4 et 5 ; échantillons de surface GRI-E.21, 41 et 51, échantillons de deuxième horizon GRI-E.22, 42 et 52.

En parcelle 2, il y a eu culture mécanisée pendant quatre ans avec fumure minérale et organique ; l'évolution chimique du sol par rapport à la parcelle-témoin 1 est peu visible. En parcelle 4, il y a eu culture manuelle traditionnelle pendant quatre ans, et en parcelle 7, culture mécanisée sans amendement pendant quatre ans ; l'évolution chimique du sol a été faible et elle pourrait passer inaperçue. Nous discuterons ce cas en détail plus loin.

Pour la même raison, nous avons éprouvé les mêmes difficultés d'interprétation dans les autres essais.

PRÉLÈVEMENTS DE SURFACE  
(Dates de prélèvements)

Traitements	Savane normale	Jachère Imperata	Culture mécanisée avec fumier et engrais	Culture manuelle traditionnelle	Culture mécanisée sans amendement
N° : GRI .....	31	E. 11	E. 21	E. 41	E. 51
Profondeur (cm) .....	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15
Granulométrie :					
Argile (%) .....	21,6	17,5	23,6	22,2	24,0
Limon (%) .....	8,7	7,6	7,1	6,9	6,7
A + L .....	30,3	25,1	30,7	29,1	30,7
Matière organique :					
Carbone (%) .....	1,61	1,37	1,30	1,18	1,13
Azote (%) .....	1,02	0,91	0,91	0,82	0,79
C/N (%) .....	15,78	15,07	13,82	14,39	14,30
Rapport <u>acide humique</u> .....	1,56	1,85	1,60	1,53	—
Rapport <u>acide fulvique</u> .....	—	—	—	—	—
Taux d'humidification .....	19,3	20,3	22,3	20,9	—
pH :					
Eau .....	6,2	6,2	6,05	5,75	5,55
KCl .....	5,4	5,3	5,05	4,95	4,85
Eléments échangeables :					
CaO (me/g) .....	5,11	2,92	2,84	2,52	2,42
MgO (me/g) .....	1,52	1,24	1,32	1,23	1,09
K <sub>2</sub> O (me/g) .....	0,49	0,46	0,45	0,43	0,44
Na <sub>2</sub> O (me/g) .....	0,07	0,03	0,04	0,04	0,02
Somme (S) (me/g) .....	7,19	4,65	4,65	4,22	3,97
Capacité d'échange (T) (me/g) .....	12,0	7,5	7,7	8,4	8,5
Taux de saturation (V) (%) .....	60	62	60	50	46
Phosphore assimilable (TRUOG) ppm .....	52	14	13	12	10
P de réserve (%) .....	2,15	2,0	1,89	0,55	0,49
Eléments de réserve :					
CaO (me %/g) .....	6,25	3,50	3,50	3,20	2,95
MgO (me %/g) .....	6,20	6,60	8,00	3,60	3,50
K <sub>2</sub> O (me %/g) .....	3,20	2,40	2,25	2,85	3,15
Na <sub>2</sub> O (me %/g) .....	0,65	0,75	0,55	0,65	0,55
Somme (me %/g) .....	16,30	13,25	14,30	10,30	10,15
Indice de HÉNIN (Is) (structure) .....	0,38	0,31	0,98	0,69	1,15
Capacité de rétention en eau au champ (% en poids) .....	18-20	16-18	16-18	15-16	15-17

GRI-31 et E.11 : moyenne de 1958 à 1963.

GRI-E.21, 41 et 51 : en novembre 1961.

PRÉLÈVEMENTS DU DEUXIÈME HORIZON  
(en novembre 1960)

N° : GRI .....	32	E. 12	E. 22	E. 42	E. 52
Profondeur (cm) .....	15-30	15-30	15-30	15-30	15-30
Granulométrie :					
Argile (%) .....	30,0	30,4	30,4	32,7	29,8
Limon (%) .....	5,2	3,4	6,1	3,9	5,9
A + L .....	35,2	33,4	36,1	36,8	35,7
Matière organique :					
Carbone (%) .....	1,10	1,02	0,96	1,00	0,91
Azote (%) .....	0,74	0,67	0,70	0,70	0,63
C/N (%) .....	15,0	15,3	13,7	14,3	14,4
pH :					
Eau .....	5,5	5,2	5,6	5,3	5,5
KCl .....	4,6	4,6	4,8	4,5	4,6
Eléments échangeables :					
CaO (mg %/g) .....	2,10	1,25	1,70	1,55	1,75
MgO (mg %/g) .....	1,10	1,60	1,25	1,25	1,10
K <sub>2</sub> O (mg %/g) .....	0,25	0,30	0,30	0,15	0,20
Na <sub>2</sub> O (mg %/g) .....	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Somme (S) (mg %/g) .....	3,50	3,20	3,30	3,00	3,10
Capacité d'échange (T) (mg %/g) .....	8,45	5,85	5,70	—	7,35
Taux de saturation (V) (%) .....	41	55	58	—	42
Phosphore assimilable (TRUOG) ppm .....	3	3	2	3	2
P de réserve (%) .....	1,90	2,17	0,46 *	1,66	1,45
Eléments de réserve :					
CaO (me %/g) .....	3,40	2,25	2,70	2,80	2,40
MgO (me %/g) .....	7,00	8,80	3,70	3,60	7,00*
K <sub>2</sub> O (me %/g) .....	3,85	3,35	3,75	2,85	3,05
Na <sub>2</sub> O (me %/g) .....	0,30	0,65	0,60	0,55	0,65
Somme (me %/g) .....	14,55	13,05	10,70	9,80	13,10
Indice de HÉNIN (Is) (structure) en avril 1963 .....	0,86	0,96	—	1,36	1,81

\* Résultat aberrant.

#### IV) NOTION DE FERTILITE INITIALE

Le critère le plus concret de la fertilité est celui donné par le rendement des cultures. Les figures 2 à 6 montrent bien l'évolution de la fertilité suivant celle des rendements d'engrais vert, coton, arachide, riz et maïs.

On pourrait objecter que les variations accidentelles dues à la nature des variétés cultivées, aux attaques parasitaires, aux fluctuations climatiques, etc., peuvent fausser l'interprétation des rendements.

Ce critère nous a paru le plus sûr, car nous n'avons pas trouvé ici de relation directe constante entre les critères physico-chimiques des sols et le rendement des cultures, les niveaux variant suivant l'état initial du sol et suivant les différents types pédologiques représentés.

Cependant, dans des conditions bien précises à Bambari (COMBEAU, OLLAT, QUANTIN, 1961), nous avons pu montrer qu'il existe une assez bonne corrélation entre rendement de coton et les critères suivants : carbone organique, instabilité structurale et somme des bases échangeables. Mais cette relation ne peut être obtenue que par analyse statistique d'un grand nombre d'essais et dans des limites assez étroites de variations du sol. On ne pourra comparer entre eux que des essais réalisés sur des sols de type très voisin et simultanément (pour éliminer le facteur d'évolution saisonnière).

Sur l'essai d'érosion, nous verrons que de faibles variations des critères physico-chimiques entre les parcelles 2 et 5 ont été accompagnées de relativement fortes variations des rendements (rendement de la parcelle 2, en troisième et quatrième années de culture).

Nous verrons aussi que la dégradation de la stabilité structurale peut être largement compensée par l'amélioration de la macroporosité du sol.

Ceci nous conduit à utiliser les valeurs du rendement des cultures comme critère de fertilité initiale et comme moyen de suivre l'évolution de cette fertilité. En y comparant, quand cela est possible, les critères physico-chimiques, nous essaierons de suivre parallèlement l'évolution du sol.

### LES OBSERVATIONS

Trois séries d'observations ont pu être faites avec des analyses fréquentes de sol effectuées d'abord par le laboratoire de chimie du CRA de Boukoko puis par les laboratoires de l'ORSTOM à Bondy. Ces observations portent sur les parcelles « de grande culture », sur les parcelles d'« étude de l'érosion » et sur un essai de grande dimension dit d'« assolement ».

#### I) EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE DES CHAMPS DE GRANDE CULTURE

L'essai « en grande culture » avait pour but de tester, sur des parcelles de 0,5 ha, l'effet d'une rotation semi-intensive de type 4/4 : suivant une formule australienne de culture antiérosive (RAMSER),



Fig. 1. — Essai en « grande culture », en bandes alternées.  
Rotation semi-intensive 4/4.

cultures et jachères alternaient en bandes parallèles aux courbes de niveau, dont la largeur était fonction du degré de pente, afin de contrôler l'érosion ; la durée de la période de culture ou de jachère était de quatre ans.

### A) EVOLUTION DES RENDEMENTS

Les résultats suivants proviennent du relevé des rendements parcellaires entre 1954 et 1964 des champs de multiplication de la station. Il ne s'agit pas ici d'un essai systématique : les graphiques d'évolution des rendements annuels (fig. 2) figurent les moyennes ; les tableaux d'évolution de la productivité en fonction des années de culture mentionnent, entre parenthèses, la quantité d'observations effectuées dans chaque cas. Dans ces tableaux, les moyennes sont pondérées par le nombre d'observations.

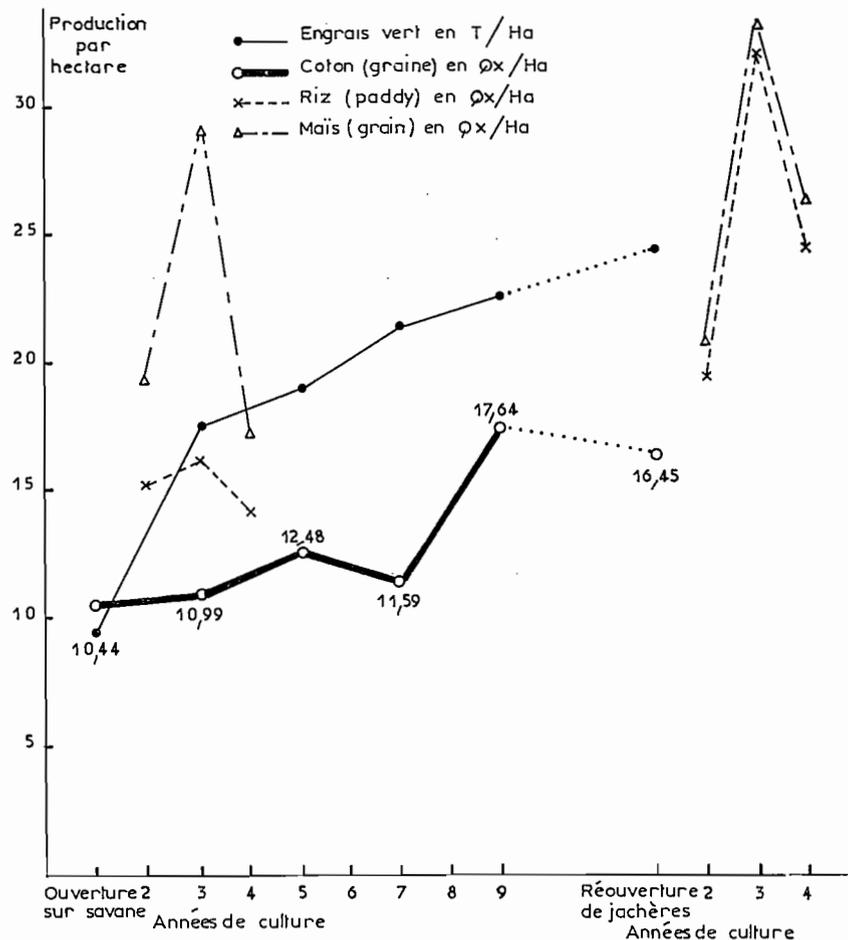


Fig. 2. — Evolution de la productivité moyenne en fonction du nombre d'années de culture sur les champs de « grande culture ».

#### PRODUCTION D'ENGRAIS VERT (en t/ha)

Blocs	Ouverture	3 <sup>e</sup> année de culture	5 <sup>e</sup> année de culture	7 <sup>e</sup> année de culture	9 <sup>e</sup> année de culture	Réouverture de jachères
B .....	8,86 (32)	20,10 (23)	—	—	—	26,42 (9)
C .....	9,80 (31)	19,74 (33)	19,0 (2)	36,2 (1)	22,5 (1)	28,53 (16)
F .....	9,90 (28)	10,18 (17)	—	—	—	15,40 (9)
H .....	9,37 (11)	—	—	16,83 (3)	—	—
Moyenne .....	9,48 (102)	17,62 (73)	19,0 (2)	21,67 (4)	22,5 (1)	24,39 (34)

Ces chiffres sont intéressants, car il s'agit ici d'une « pré-culture » ne recevant pas de fumure minérale ; ce qui traduit assez bien l'état de fertilité du sol initial.

Remarquons que les conditions climatiques peuvent influencer sur le rendement de l'engrais vert pour l'obtention de hauts tonnages mais que jamais les faibles productions ne peuvent être imputées à un manque de pluie. Nous voyons que la productivité en ouverture était assez faible et qu'elle a augmenté après un certain temps de culture malgré la dégradation de la structure observée. De plus, la mise en jachère a permis de développer encore plus la fertilité du sol.

PRODUCTION DU COTON  
(en kg/ha de coton graine)

Blocs	Ouverture	3 <sup>e</sup> année de culture	5 <sup>e</sup> année de culture	7 <sup>e</sup> année de culture	9 <sup>e</sup> année de culture	Réouverture de jachères
B .....	770 (32)	1.338 (19)	—	—	—	1.711 (10)
C .....	1.167 (32)	1.136 (32)	887 (1)	605 (1)	1.764 (1)	1.403 (9)
F .....	968 (27)	1.041 (17)	1.318 (1)	1.530 (1)	—	1.900 (8)
H .....	1.620 (12)	656 (11)	1.346 (3)	1.220 (3)	—	1.557 (6)
Moyenne .....	1.044 (103)	1.099 (79)	1.248 (5)	1.159 (3)	1.764 (1)	1.645 (33)

Le coton se comporte bien en réouverture puisque son rendement y est sensiblement égal à celui de la troisième année de culture. La culture, après un certain temps, n'a pas diminué la fertilité du sol ; de plus, celle-ci a été relevée notablement par une jachère.

PRODUCTION DU RIZ  
(en kg/ha de paddy)

Blocs	Après ouverture			Après réouverture de jachères		
	2 <sup>e</sup> année	3 <sup>e</sup> année	4 <sup>e</sup> année	2 <sup>e</sup> année	3 <sup>e</sup> année	4 <sup>e</sup> année
B .....	1.071 (13)	1.220 (1)	1.506 (3)	2.130 (15)	3.222 (1)	2.121 (3)
C .....	1.379 (11)	770 (1)	1.322 (9)	1.771 (13)	—	2.763 (3)
F .....	1.958 (20)	2.835 (1)	3.210 (1)	—	—	—
H .....	1.349 (11)	—	1.273 (11)	—	—	—
Moyenne .....	1.511 (55)	1.608 (3)	1.401 (24)	1.963 (28)	3.222 (1)	2.442 (6)

Pour le riz, il n'y a pas eu de baisse de la fertilité du sol après plusieurs années de culture. L'action bénéfique de la jachère a été nettement observée. La troisième année de culture semble la meilleure mais le nombre d'observations est trop réduit pour généraliser ce résultat.

PRODUCTION DU MAÏS  
(en kg/ha de grains secs)

B .....	2.722 (3)	4.360 (1)	1.685 (18)	2.154 (4)	—	—
C .....	—	1.567 (1)	2.091 (28)	1.889 (1)	3.704 (6)	2.611 (3)
F .....	1.629 (7)	2.859 (2)	1.450 (21)	2.030 (1)	—	—
H .....	—	—	1.256 (8)	—	—	—
Moyenne .....	1.957 (10)	2.911 (4)	1.725 (75)	2.087 (6)	3.704 (6)	2.611 (3)

Les résultats sont semblables à ceux du riz. Ici encore, la troisième année de culture semble la meilleure.

Les cultures de coton reçoivent régulièrement des fumures minérales légères :

150 kg/ha de sulfate d'ammoniaque de 1954 à 1956 ;

100 kg/ha de sulfate d'ammoniaque et 100 kg/ha de phosphate bicalcique jusqu'en 1960.

Puis une fumure équilibrée à 6.000 équivalents/ha jusqu'en 1964 et composée comme suit :

84 kg de sulfate d'ammoniaque,

74 kg de phosphate supertriple,

63 kg de perlurée.

Les cultures de riz et de maïs ne sont pas toujours fumées. Elles peuvent recevoir de l'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque à la dose de 100 kg/ha ou de perlurée à la dose de 50 kg/ha.

Les blocs B et H, les plus érodés, montrent des fertilités un peu plus faibles, surtout au départ ; mais la culture étant faite en bandes de niveau pour réduire l'érosion au minimum, leur potentiel de production varie dans le même sens que les autres terrains sans montrer de tendance à la stérilisation. Les résultats de grande culture ont donc montré que la production a pu être intensifiée sans entraîner une baisse de la fertilité du sol.

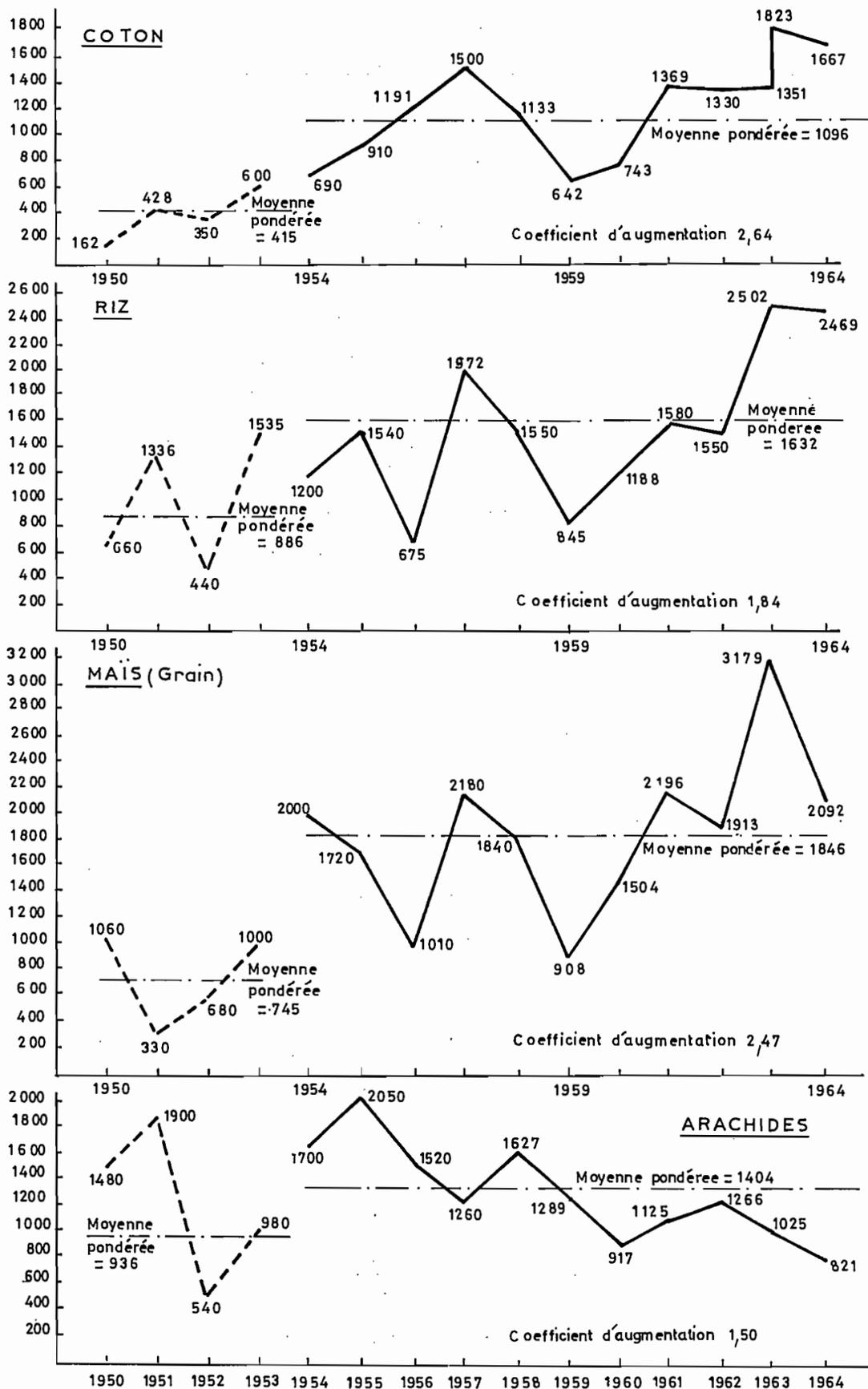


Fig. 3, 4, 5 et 6. — Evolution de la productivité moyenne sur les champs de « grande culture ».

Nous pouvons aussi comparer les rendements moyens annuels obtenus par ce système agriculture semi-intensif de 1954 à 1964 à ceux de la période 1950-1953 où les cultures étaient faites pratiquement suivant le système extensif (MARTY, 1958). L'analyse des quatre figures suivantes (fig. 3, 4, 5 et 6) montre que ce sont surtout le coton et le maïs, plantes assez exigeantes, qui ont bénéficié de l'intensification de la culture. Les coefficients d'augmentation de rendement sont de 2,64 et 2,47 et ne peuvent être expliqués uniquement par l'emploi de variétés plus productives. Les variations annuelles montrent bien l'importance des conditions climatiques sur la production agricole puisque la mauvaise année de 1959 se retrouve pour toutes les cultures. Pour l'arachide, la décroissance des rendements observée les dernières années n'est pas due à une diminution de la fertilité des champs, mais à des problèmes d'ordre sanitaire tels que conservation des semences et développement des parasites du sol (champignons de fonte des semis et diplopodes). La moyenne des coefficients d'augmentation pour les quatre principales cultures est quand même de 2,11, ce qui montre que l'intensification des cultures loin d'abaisser la fertilité a permis de doubler la productivité.

## B) EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHEMIQUES

### 1) STABILITE STRUCTURALE

Une étude systématique de l'indice  $I_s$  d'instabilité structurale (fig. 7) suivie de 1961 à 1963 sur les parcelles du bloc C, à différents stades de la culture et de la jachère (COMBEAU, QUANTIN, 1963), a montré une évolution nette et continue des sols cultivés vers l'instabilité structurale. En quatre ans,  $I_s$  croît de 0,4 à 0,95. Pour cette valeur, la dégradation du sol est encore trop faible pour se faire sentir fortement sur la repousse spontanée des graminées de jachère ; les rendements se sont maintenus à un niveau élevé. En huit ans,  $I_s$  a atteint 1,9. Pour cette valeur, nous avons observé par ailleurs (MOREL, QUANTIN, 1964) une influence néfaste sur la repousse spontanée des graminées de jachère ; cependant, dans le cas de la parcelle étudiée, C.31, les rendements des cultures sont demeurés à un niveau élevé.

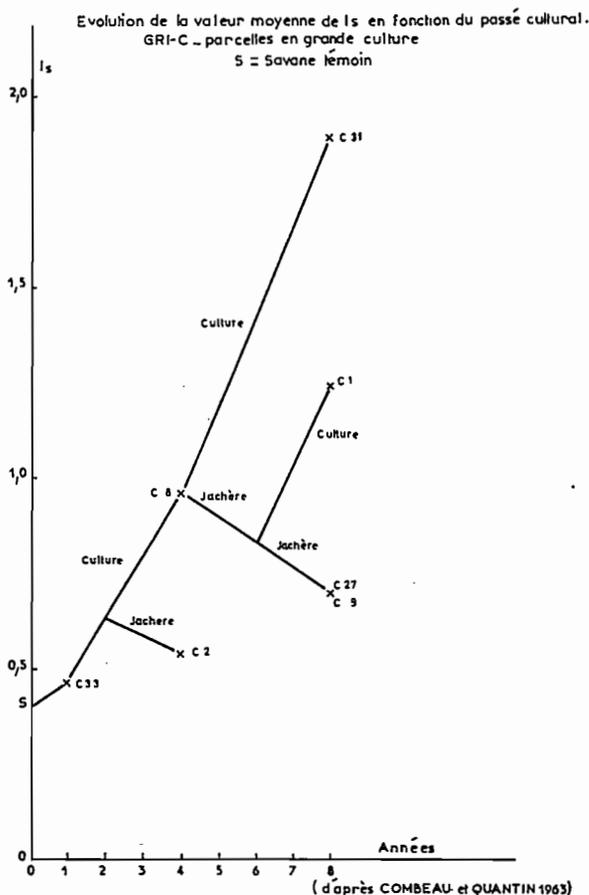


Fig. 7. — Parcelles de « grande culture » (GRI-C).

A sa dixième année de culture, C.31 a produit 38 q de paddy. On observe bien une dégradation sensible de la structure en fin de culture : formation d'une croûte litée d'épaisseur variant de 2 à 5 cm, résultant d'un sol devenu fortement « battant ». Cependant, pendant la culture, l'accroissement de macroporosité provoqué par les façons culturales a probablement été suffisamment entretenu pour améliorer les conditions physiques nécessaires au développement des racines. Il ne faut pas chercher dans l'accroissement de l'activité microbiologique une raison de l'amélioration des rendements. On a pu montrer par ailleurs, sur un essai de culture continue à Bambari (BACHELIER, 1964), que l'activité biologique est maximum en savane ou sur sol enrichi en matière organique fraîche et que, corrélativement à une structure dégradée, elle est beaucoup plus réduite sur un sol dégradé et appauvri en matière organique fraîche (cas de C.31). Nous envisageons ce phénomène à propos de l'essai d'« érosion ».

L'effet de la jachère ne paraît pas améliorer rapidement la stabilité structurale du sol. Cette amélioration serait deux à trois fois moins rapide que la vitesse de dégradation culturale : une jachère à graminées (C.9, C.27) ramène l'indice  $I_s$  de 0,95 à 0,60 en deux ans.

L'effet des jachères à légumineuses paraît encore plus discutable : après quatre ans de repos, sous *Pueraria*, dans la parcelle C.9, l'indice  $I_s$  a décré de 0,95 à 0,66. De même, après quatre ans sous *Stylosanthes*, l'indice  $I_s$  est passé de 0,37 à 0,78.

## 2) CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Les diverses valeurs mesurées subissent des variations indépendantes des effets culturaux, dues aux fluctuations de la pluviométrie ou au hasard de l'échantillonnage ; celles-ci peuvent fréquemment masquer les premières.

Par exemple, l'amplitude de la variation annuelle de pH mesurée sur une parcelle de savane naturelle (GRI-3) est de 0,5 à 0,6 unité (fig. 8) ; celle de la variation pluriannuelle est de 0,8 à 1 unité ; celle due aux effets culturaux serait, relativement à la savane témoin, de 0,5 à 0,7 unité par rapport à la valeur moyenne.

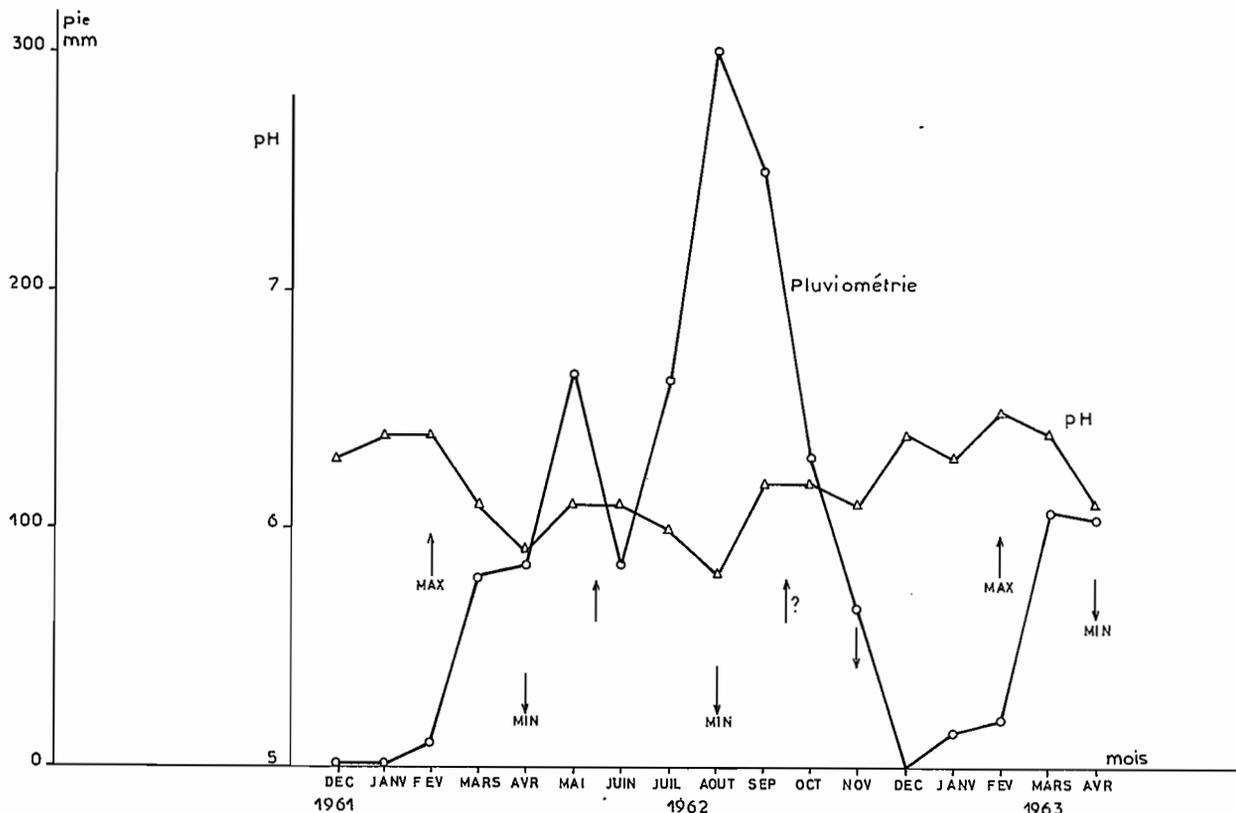


Fig. 8. — GRI-3 (savane). Evolution mensuelle du pH de 1961 à 1963 en fonction de la pluviométrie.

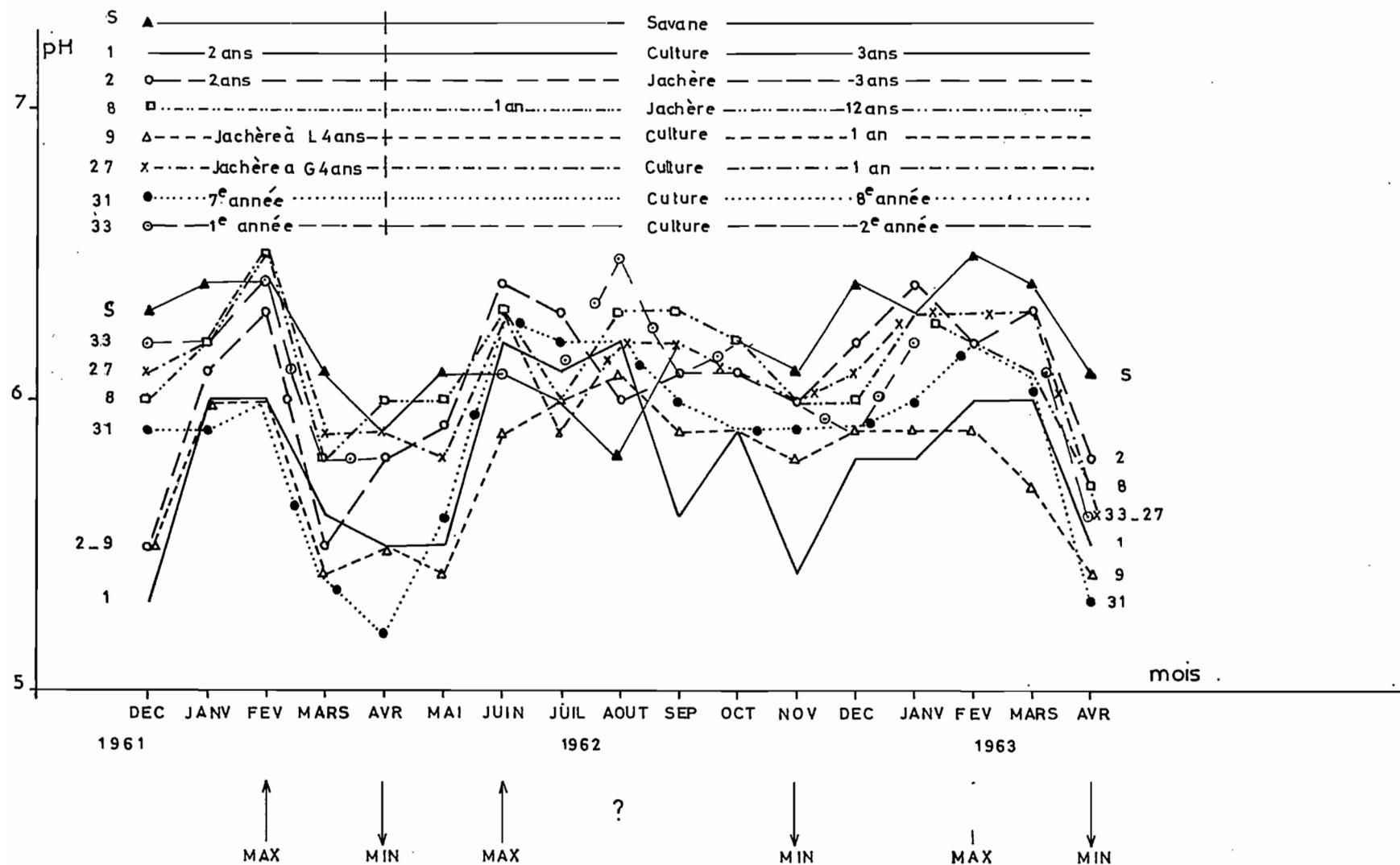


Fig. 9. — Parcelles de « grande culture » (GRI-C). Evolution mensuelle du pH de 1961 à 1963.

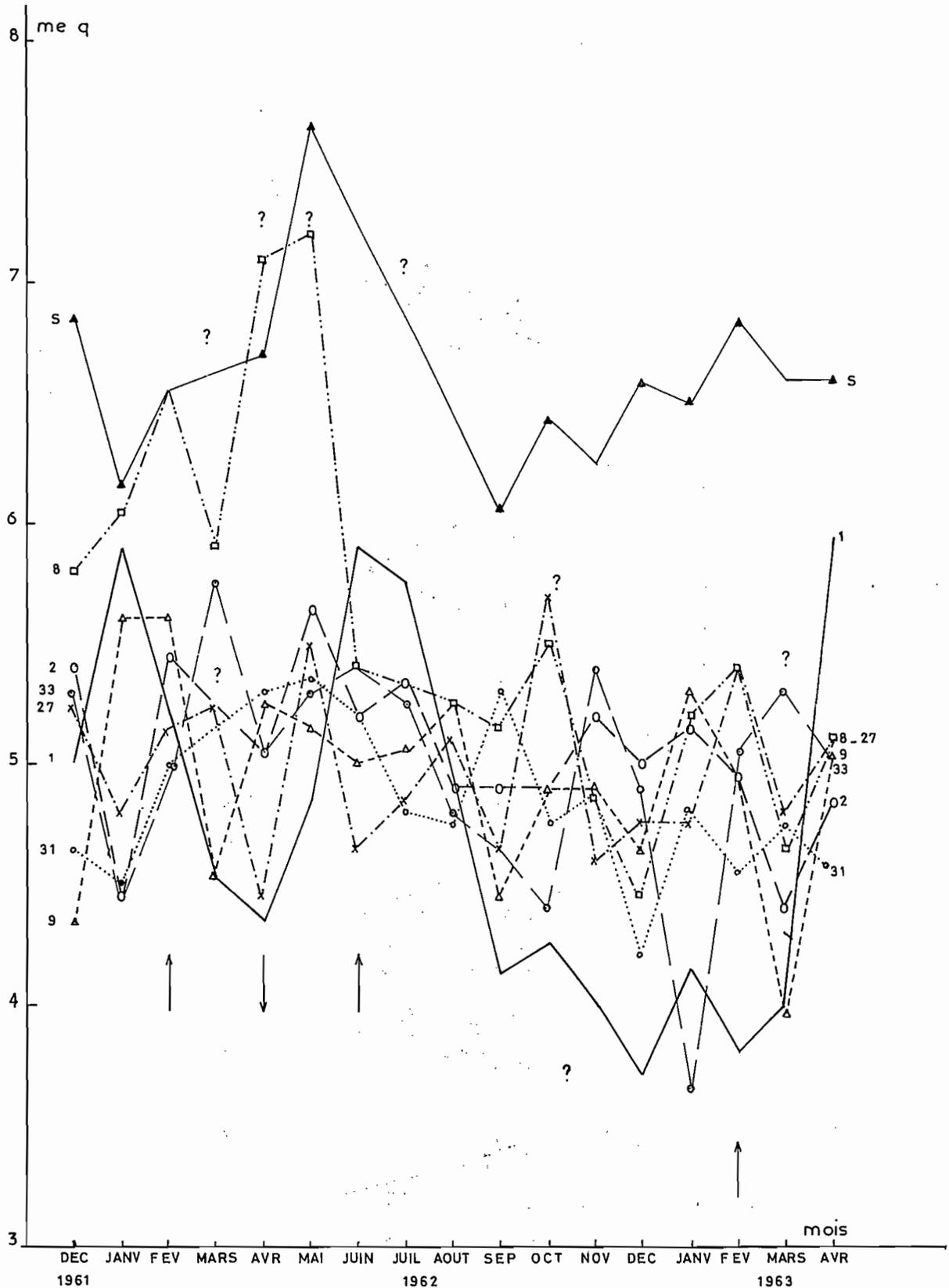


Fig. 10. — Parcelles de « grande culture » (GRI-C). Evolution mensuelle de la somme des bases échangeables (S) de 1961 à 1963.

A propos de l'évolution du pH (fig. 8 et 9), on peut noter un fait curieux : sous jachère à légumineuses, dans les parcelles GRI-C.1, 4 et 7, on observe une tendance à l'acidification parallèle à celle observée sous culture, dans les parcelles GRI-C.2, 5 et 8. En moyenne, sous jachère à légumineuses ou sous culture, le pH s'est abaissé d'au moins 0,5 unité entre 1957 et 1963, alors que sous savane naturelle le pH a repris une valeur proche de la moyenne initiale, après être passé par un point bas en B.8-A.9 correspondant au cycle pluriannuel (fig. 9).

En comparant la moyenne des données pendant une année, d'avril 1962 à avril 1963 (fig. 8 et 9), nous voyons que l'abaissement du pH est relativement faible :

Savane naturelle, GRI-S .....	6,2
Jachère à graminées, 3 ans, GRI-C.2 .....	6,15
Culture, 3 ans, GRI-C.1 .....	5,8
Culture, 8 ans, GRI-C.31 .....	5,95

L'évolution de la somme des bases échangeables (fig. 10) est encore moins apparente dans le détail. L'hétérogénéité de l'échantillonnage semble être la principale cause de variations. Il est probable qu'il existe des cycles annuels et pluriannuels des taux de saturation en corrélation avec celui du pH ; on remarque que les valeurs moyennes de la somme des bases échangeables sont sensiblement inférieures sur les parcelles cultivées ou en jachère par rapport à la savane naturelle. A une valeur initiale de 7 meq pour 100 g aurait succédé une valeur moyenne variant suivant les traitements entre 6 et 5. Sur la parcelle GRI-C.31, après huit ans de culture, cette valeur atteint 4,5 meq pour 100 g. On peut comparer la valeur moyenne d'une année, entre avril 1962 et avril 1963 (fig. 10) (en meq pour 100 g) :

Savane naturelle, GRI-S .....	6,62
Jachère à graminées, 3 ans, GRI-C.2 .....	5,04
Culture, 3 ans, GRI-C.1 .....	4,61
Culture, 8 ans, GRI-C.31 .....	4,82

L'évolution de la matière organique est apparente si l'on examine la moyenne de nombreuses mesures portant sur plusieurs mois ou plusieurs années d'observations, afin d'effacer les variations dues à l'échantillonnage ou aux fluctuations saisonnières. Sous savane naturelle, le sol a des valeurs sensiblement plus élevées de carbone organique et de rapport C/N que les terres cultivées ou en jachère. La jachère à graminées accroît légèrement la teneur en matière organique. Comparons les valeurs moyennes d'une année, d'avril 1962 à avril 1963 :

	C (%)	N (%)	C/N
GRI - 5 .....	1,73	1,045	16,6
GRI - C. 2 .....	1,37	0,947	14,5
GRI - C. 1 .....	1,13	0,812	13,9
GRI - C. 31 .....	1,23	0,876	14,0

Sous l'effet de la culture, la teneur en azote total diminue relativement moins que celle du carbone organique. Comme nous l'avons montré par ailleurs (COMBEAU, QUANTIN, 1964), le stock de matière organique « fraîche » ou « peu humifiée » est appauvri par minéralisation accrue ; ceci entraîne la baisse du rapport C/N ; corrélativement, l'instabilité structurale augmente tandis que la capacité d'échange de bases est abaissée. Il ne semble pas qu'une jachère courte à graminées ou à légumineuses, de 2, 3 ou 4 ans, puisse sensiblement améliorer cet état de dégradation du stock de matière organique. Il s'est établi un nouvel équilibre qui variera peu ensuite.

Nous n'avons pas pu suivre l'évolution des éléments soufre et phosphore assimilables.

**En conclusion**, sous l'effet de la culture, les caractéristiques physico-chimiques du sol se déplacent vers un niveau inférieur à celui de la savane initiale. Il ne semble pas que la jachère courte puisse remédier sensiblement à ce fait, sauf partiellement pour la stabilité structurale. Malgré cette apparente dégradation, le rendement des cultures s'est maintenu à un niveau plus élevé que lors de la mise en culture. L'effet de la culture mécanisée telle qu'elle est pratiquée en « grande culture » est donc améliorant et durable.

## II) PARCELLES D'« EROSION »

### A) TRAITEMENTS DES PARCELLES



Fig. 11. — Essai d'érosion, parcelle 1, jachère à *Imperata*.

**La parcelle 1** était restée en jachère spontanée à *Imperata* et brûlée chaque année depuis 1952. L'observation a duré de 1958 à 1963. Pendant ce temps, l'état du sol n'a pratiquement pas varié.

**La parcelle 8** était en jachère spontanée à *Imperata* et brûlée chaque année depuis 1953. L'observation a commencé en 1959. En 1960, l'herbe a été coupée deux fois par mois et laissée sur le sol. Pendant ce temps, les caractéristiques n'ont pas varié. A partir de 1961, le sol a été mis totalement à nu en permanence ; dès lors, une évolution progressive vers la dégradation s'est dessinée.

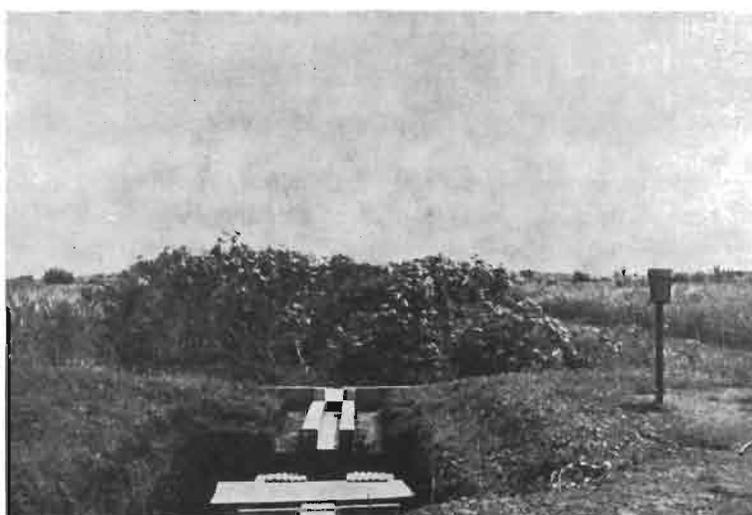


Fig. 12. — Essai d'érosion, parcelle 4, en manioc.  
Culture traditionnelle.

La **parcelle 4**, semblable à la parcelle 1, a été cultivée suivant le mode traditionnel à partir de 1958 :

- 1958 : coton,
- 1959 : arachide, riz,
- 1960-1961 : manioc,
- 1962-1963 : jachère spontanée,

et brûlée annuellement.

Les **parcelles 2, 6 et 7**, semblables à la parcelle 1, ont été traitées en culture mécanisée à plat, avec amendements organiques et fumures minérales d'entretien à partir de 1958 :

- 1958 : engrais vert, coton avec 100 kg/ha de sulfate d'ammoniaque et 100 kg/ha de phosphate bicalcique,
- 1959 : arachide, riz avec 75 kg/ha de phosphate bicalcique,
- 1960 : engrais vert, fumier 30 t/ha, coton avec même fumure minérale qu'en 1958,
- 1961 : maïs avec fumier 30 t/ha et 100 kg/ha de sulfate d'ammoniaque,
- 1962-1963 : jachère spontanée non brûlée sur la parcelle 2,
- 1962 : sur la parcelle 6 et 7, engrais vert, fumier 30 t/ha et même fumure minérale qu'en 1958.



Fig. 13. — Essai d'érosion, parcelle 3, en maïs.  
Billonnage, culture semi-intensive.

La **parcelle 3**, semblable à la parcelle 1, a été traitée depuis 1958 en culture mécanisée mais billonnée chaque année. Les cultures et fumures minérales ont été les mêmes que sur la parcelle 2. Mais, par erreur, elle n'a pas reçu de fumier avant culture de cotonnier en 1960. Elle a été mise en jachère spontanée non brûlée en 1962-1963.

La **parcelle 5**, semblable à la parcelle 1, a été conduite comme la parcelle 2, mais sans recevoir d'amendements organiques ni de fumure minérale.

Les **parcelles 9 et 10**, semblables à la parcelle 8, ont été conduites en culture mécanisée à plat comme la parcelle 2 mais à partir de 1959 seulement :

- 1959 : engrais vert, cotonnier et fumure minérale,
- 1960 : arachide avec 75 kg/ha de phosphate bicalcique,  
riz avec 100 kg/ha de sulfate d'ammoniaque,

- 1961 : engrais vert, fumier, cotonnier et fumure minérale,  
 1962 : parcelle 9, arachide et maïs,  
           parcelle 10, maïs,  
           dans les deux cas, 100 kg/ha de sulfate d'ammoniaque,  
 1963 : jachère spontanée non brûlée.



Fig. 14. — Essai d'érosion, parcelles 2 et 5.  
 Démarrage du maïs.



Fig. 15. — Essai d'érosion, parcelle 5.  
 Installation de mesure : système collecteur,  
 cuves et partiteurs.

## B) EVOLUTION DES RENDEMENTS ET DE LA FERTILITE

Les parcelles suivies par les pédologues de l'ORSTOM permettent de préciser les facteurs influant sur l'érodibilité du sol. Pour nous, il est possible de comprendre les causes d'évolution de la fertilité. Les tableaux de résultats suivants comportent la valeur en F CFA des produits bruts récoltés. Comme nous commençons ici la comparaison de rotations plus ou moins intensives, il est intéressant de voir les revenus qu'elles sont susceptibles de rapporter.

## 1) CAS DE LA CULTURE TRADITIONNELLE MANUELLE (PARCELLE 4)

Années	Culture	Rendement de la parcelle (kg/ha)	Valeur (F CFA)
1958 .....	Coton	881 non fumé *	21.144
1959 .....	Arachides	884	11.492
	Riz	1.576	18.912
1960 .....	Manioc		
1961 .....	Récolte manioc	24.500 racines fraîches	61.250
Valeur totale ....			112.798

\* Non fumé = sans engrais.

Les rendements obtenus peuvent servir de référence aux autres rotations en remarquant qu'ici des mesures antiérosives ont été prises en limitant la largeur du champ suivant la pente à 32,5 m calculés suivant la formule de RAMSER (pente de 3 %).

## 2) CAS DES CULTURES MECANISEES

— Sur pente de 3 % (largeur cultivée 32,5 m, suivant RAMSER).

Année	Culture	Rendement des parcelles (kg/ha)		
		N° 3 billonnée et fumée *	N° 2 à plat et fumée *	N° 5 non fumée à plat*
1958 .....	Engrais vert	4.875	4.875	4.875
	Coton	1.569	1.300	1.263
1959 .....	Arachides	2.000	2.115	1.730
	Riz	1.807	1.961	1.876
1960 .....	Engrais vert	12.500	9.750	5.000
	Coton	576	538	307
	Maïs	3.423	4.500	2.115
Totaux en valeur (F CFA) ....		137.393	145.177	106.254

\* Fumée = avec engrais ; non fumée = sans engrais.

Le mauvais rendement de 1960 du coton est dû à la culture d'une variété peu productive, le B.296, au parasitisme et à la pluviométrie excessive ayant provoqué des engorgements temporaires.

Les fumures minérales ont coûté au total 17.150 F CFA et sont rentabilisées.

— Sur pente de 5 % dans le bloc D (largeur de 21,5 m, suivant RAMSER).

Année	Culture	Parcelle 9 Rendement (kg/ha)	Parcelle 10 Rendement (kg/ha)
1959 .....	Coton	440	440
	Arachides	1.050	940
	Riz	3.235	3.000
1961 .....	Engrais vert	13.750	Sans engrais vert
	Coton	1.535	1.529
1962 .....	Arachides	941	
	Maïs associés	1.000	pur 3.882
Totaux en valeur .....		128.814	142.707

Les rendements sont semblables aux précédents. Remarquons que les productions particulièrement faibles de coton en 1959 sont dues, ici encore, à la variété B.296 peu productive (et au parasitisme).

— Test de la méthode australienne sur pente de 3 %, bloc A.

Cette méthode consiste à couper la bande de culture par un fossé en amont d'un ados fait à la charrue. Pour nous, l'intérêt des parcelles étudiées est qu'elles ont doublé en longueur au bout d'une rotation et qu'il est possible de comparer l'évolution des rendements à quatre ans d'intervalle, entre la partie basse initiale et la partie haute nouvelle.

Ans	Culture	Parcelle 6 Témoïn sans fossé ni ados		Parcelle 7 Méthode australienne	
		Demi-parcelle inférieure 6-1 (kg/ha)	Demi-parcelle supérieure 6-2	Demi-parcelle inférieure 7-1 (kg/ha)	Demi-parcelle supérieure 7-2
1958 .....	Engrais vert	5.500		4.250	
	Coton	1.340		1.443	
1959 .....	Arachide	2.376	Savane non brûlée	1.656	Savane non brûlée
	Riz	1.625		1.656	
1960 .....	Engrais vert	14.500		13.750	
	Coton	625		593	
1961 .....	Maïs	3.312		4.000	
Total 1 <sup>re</sup> rotation en valeur (F CFA)		141.229		134.858	
1962 .....	Engrais vert	37.500	6.250	47.500	2.500
	Coton	1.125	750	1.281	812
1963 .....	Arachides	654	875	1.312	1.093
	Riz	2.375	1.625	1.656	781
1964 .....	Engrais vert	30.000	22.500	28.750	18.750
	Coton	1.562	1.594	1.687	1.500
1965 .....	Maïs	3.343	2.375	2.687	3.843
Total 2 <sup>e</sup> rotation en valeur (F CFA)		152.472	125.694	152.306	124.167

Il faut remarquer l'analogie frappante, dans les deux séries, pour la faiblesse des rendements de l'engrais vert en ouverture sur défrichement de savane. La production de l'engrais vert, ici un maïs, est un excellent test de la fertilité du terrain et de ses variations.



Fig. 16. — Parcelle d'étude de l'érosion, n° 7 :

- levée du maïs vert,  
à gauche, sur « ouverture » de savane,  
à droite, sur parcelle inférieure en cinquième année de culture ;
- la parcelle a été allongée vers le haut après quatre ans de culture pour tester l'effet antiérosif d'un fossé avec ados.

En ouverture, la production varie de 2,5 t/ha à 6,25 t/ha,  
en troisième année, elle augmente entre 13,75 t/ha et 22,5 t/ha,  
en cinquième année, elle atteint 37,5 t/ha à 47,5 t/ha,  
en septième année, elle est encore entre 28,75 t/ha et 30 t/ha.

Il semble donc qu'une culture continue bien conduite, avec une fumure minérale légère, permet d'augmenter la fertilité du sol et de la maintenir à un niveau élevé. Le léger fléchissement, en septième année, peut s'expliquer par des conditions climatiques saisonnières, car cette même année le coton ne montre pas de diminution de rendement.

Les variations de rendement du coton sont les suivantes :

Années de culture	Minimum observé (kg/ha)	Maximum observé (kg/ha)
Ouverture .....	750	1.443
3 <sup>e</sup> année .....	593	1.594
5 <sup>e</sup> année .....	1.125	1.281
7 <sup>e</sup> année .....	1.562	1.687

D'après les rendements ci-dessus, on ne constate pas de diminution du potentiel de fertilité quand on poursuit la culture au-delà de la quatrième année.

### C) EVOLUTION DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

#### 1) EVOLUTION DE LA STRUCTURE

EVOLUTION DE L'INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE DE HENIN, Is (fig. 17)

A) Prélèvement de fin de saison sèche (mars-avril).

B) Prélèvement de fin de saison des pluies (octobre-novembre).

Date Numéro parcelles	A. 58	A. 59	B. 59	A. 60	B. 60	A. 61	B. 61	A. 62	B. 62	A. 63
1 .....	0,24	0,31		0,21	0,40	0,33	0,31	0,53		0,40
2 .....	0,25	0,37		0,53	0,69	0,38	0,69	0,91		0,63
3 .....	0,17	0,64		0,87	1,09	1,17	0,94	1,48		1,07
4 .....	0,23	0,57		0,67	0,96	0,75	0,98	1,05		0,90
5 .....	0,36	0,74		0,86	1,08	1,11	1,15	1,30		0,96
6 .....	0,21	0,63		0,81	0,88	0,69	1,01	1,44		1,40
7 .....	0,24	0,75		0,75	0,80	0,86	1,03	1,40		1,18
8 .....		0,15		0,22	0,31	0,26	0,49	0,57		0,76
9 .....		0,17		0,47	0,71	0,50	0,68	1,08		1,19
10 .....		0,08		0,42		0,48	0,88	1,21		1,08

On peut tirer de la comparaison de ces divers traitements au cours du temps les renseignements suivants :

Sur la **parcelle 1**, sous jachère à *Imperata* servant de témoin, les variations de l'indice sont faibles ; cette valeur peut être considérée comme constante.

La **parcelle 8**, en jachère, a servi de témoin jusqu'en 1960. A partir de 1961, une dénudation totale du couvert sans travail du sol provoque un démarrage de l'érosion et une dégradation sensible de la structure qui se traduit par une nette élévation de l'indice.

La **parcelle 4**, en culture traditionnelle, accuse une dégradation sensible en surface seulement, par suite du travail limité du sol et de l'érosion superficielle. Dans l'ensemble de l'horizon humifère, cette dégradation se stabilise à un niveau peu élevé (0,6 à 0,7) après les trois premières cultures sarclées (coton, arachide, riz).

Les **parcelles** en culture semi-intensive mécanisée : **2, 3, 5, 6, 7** et avec un an de décalage **9 et 10**, montrent une évolution constante vers la dégradation structurale. Il semble qu'un apport de fumier avant culture ait légèrement retardé cette évolution sur les parcelles 2, 3 et 6 par rapport à la parcelle 5. En 1960, l'oubli de l'apport de fumier sur la parcelle 3 se traduit par son rapprochement de la parcelle 5. En 1961, l'apport de fumier sur la parcelle 3 la ramène au niveau des parcelles 2 et 6 ; mais ces différences sont peu sensibles et ces écarts disparaissent rapidement (en un ou deux ans). En quatre ans de culture (2 engrais vert + 5 plantes récoltées), la dégradation a atteint le seuil (entre 1 et 1,5) où l'on commence à noter des signes nets d'instabilité et de battance du sol. Une cinquième année de culture maintient la valeur de l'indice sur la parcelle 6 sans l'accroître. La première année de jachère naturelle sur les parcelles 2, 3, 4 et 5 apporte une légère amélioration (indices entre 0,9 et 1,7).

Les effets de cette évolution de la structure sur la fertilité sont discutables. En effet, après deux ans de culture, il semble que les rendements se sont améliorés (pour autant que l'on puisse comparer les rendements de variétés différentes, des soins antiparasitaires variables ou des effets climatiques variables). Ensuite, ils se sont maintenus jusqu'en septième année de culture.

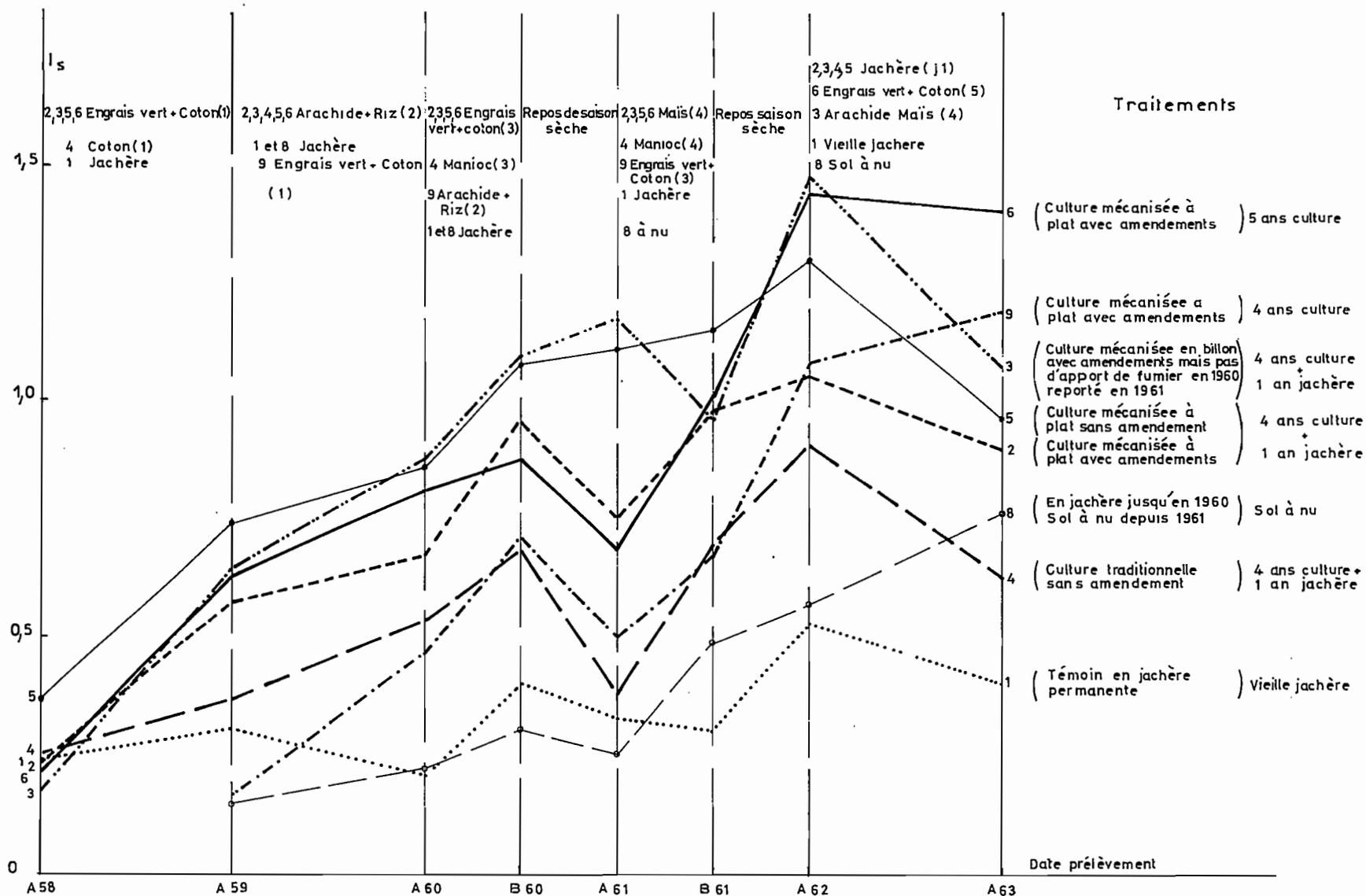


Fig. 17. — Parcelles d'érosion (GRI-E).  
Evolution de l'indice d'instabilité structurale de HÉNIN (Is) de 1958 à 1963.

Pourtant, ainsi que nous l'avons observé par ailleurs, l'installation spontanée des plantes de jachère est gênée par un état de dégradation du sol correspondant à une valeur d'indice approximativement supérieure à 1,3.

Il faut remarquer que cette dégradation est principalement superficielle (effet de croûte dû à la battance du sol). En cultivant, on améliore temporairement les conditions physiques du sol. Celui-ci redevient beaucoup plus meuble et plus perméable à l'air.

Normalement, la macroporosité sur la parcelle témoin a une valeur d'environ 17 %. Sous l'effet ameublissant de la culture, cette valeur atteint 23 % dans la parcelle 2. Parallèlement, la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol superficiel mesurée par la méthode de MÜNTZ passe de 50 mm/h sous jachère à *Imperata* dans la parcelle 1 à 150 mm/h dans la parcelle 2, quand le sol a été fraîchement ameubli. Des résultats analogues ont été obtenus à Séfa, au Sénégal (C. CHARREAU, R. FAUCK, 1970).

Si cet effet améliorant de la culture sur la porosité du sol est suffisamment durable, on conçoit que la fertilité puisse être nettement améliorée, indépendamment de l'accroissement de l'instabilité structurale du sol. Mais jusqu'à quelle limite peut-on raisonnablement aller avant de recourir à la jachère pour rétablir la stabilité structurale du sol ?

## 2) EVOLUTION CHIMIQUE : pH, SOMME DES BASES ECHANGEABLES, MATIERE ORGANIQUE

### a) EVOLUTION DU pH (EAU) (fig. 18) :

Date Numéro parcelles	A. 58	A. 59	B. 59	A. 60	B. 60	A. 61	B. 61	A. 62	B. 62	A. 63
1 .....	6,4	6,3	6,2	6,1	5,9	6,3	5,9	6,1	6,6 *	6,1
2 .....	6,3	7,1 *	5,8	6,1	5,2	5,8	5,8	5,9	6,0	5,9
3 .....	6,3	6,6 *	6,2	6,0	5,6	6,1	5,8	5,7	5,8	5,5
4 .....	6,5	6,4	6,2	6,1	5,9	6,0	5,7	6,0	6,2	5,9
5 .....	6,3	6,9	5,6	5,6	5,5	5,3	5,8	5,8	5,5	5,6
6 .....	6,5	6,2	6,0	5,9	5,9	5,6	5,8	5,9	5,9	5,9
7 .....	6,3	5,8	5,8	6,1	5,7	5,5	5,9	5,7	6,1	5,4 *
8 .....		5,9	6,1	6,2	6,0	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
9 .....		5,6	5,8	5,7	5,9	6,3	6,0	6,0	6,3	5,8
10 .....		5,6	5,9	—	6,0	6,1	5,9	6,1	6,2	5,9

\* Valeurs paraissant aberrantes.

NB. A = après saison sèche ; B = après saison des pluies.

Comme les cations échangeables, le pH du sol varie relativement peu et, apparemment, d'une manière anarchique suivant les fluctuations saisonnières du climat ou suivant l'hétérogénéité des prélèvements.

Exemple de fluctuation saisonnière, GRI-E.11 :

après saison sèche (prélèvement A), le pH varie de 6,1 à 6,4, moyenne 6,2,

après saison des pluies (prélèvement B), le pH varie de 5,9 à 6,1, moyenne 6,0.

On peut considérer que les variations du pH des sols cultivés par rapport au témoin en savane sont relativement faibles. Par exemple, en observant les sols en avril 1963 (A.63) après saison sèche.

— Bloc A, parcelles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 :

parcelle témoin, GRI-E.11 : 6,1 ;

parcelles cultivées avec fumier et engrais après quatre ans de culture et un an en jachère, GRI-E.21 et 61 : 5,9 ;

parcelle en culture traditionnelle après quatre ans de culture et un an en jachère, GRI-E.41 : 5,9 ;

parcelles dégradées après quatre ans de culture et un an de jachère :

GRI-E.31, effet du billonnage : 5,5 ;

GRI-E.51, pas d'amendements : 5,6.

- Bloc D, parcelles 8, 9, 10 :  
parcelle témoin en savane deux ans et à nu deux ans, GRI-E.81 : 6,2 ;  
parcelles cultivées avec fumier et engrais après quatre ans de culture, GRI-91  
et 101 : 5,8 et 5,9.
- Savane arbustive témoin :  
normale, GRI-31 ; en 1963 : 6,6 ; moyenne de cinq ans : 6,2 et 6,3.
- Horizon 2 (15 à 30 cm) :  
moyenne de cinq ans ; variations : 5,1 et 5,8 ; moyenne : 5,4.

On peut faire les remarques suivantes :

- 1) La vieille jachère à *Imperata* a une valeur proche de la savane arbustive normale.
- 2) Les sols peu dégradés en culture traditionnelle ou en culture semi-intensive avec amendements accusent une baisse très légère.
- 3) Les sols dégradés soit par le billonnage, soit par les exportations des cultures, révèlent une baisse nettement sensible, de l'ordre de 0,5 à 0,6 ; mais cette diminution est limitée. La valeur du pH tend à rejoindre celle de l'horizon 2 (15 à 30 cm). Cette baisse correspond à une légère désaturation du complexe absorbant (la valeur du taux de saturation passe de 60 % à 50 % environ).
- 4) Il ne semble pas que la valeur la plus basse atteinte par dégradation (5,5) soit une limite stricte à la fertilité, car les rendements se sont maintenus à un niveau assez élevé au cours des deux dernières années de culture. Cependant, par rapport à la parcelle 2 (amendée), les rendements en coton, engrais vert et maïs de la parcelle 5 sont relativement inférieurs de 43 %, 49 % et 53 %.

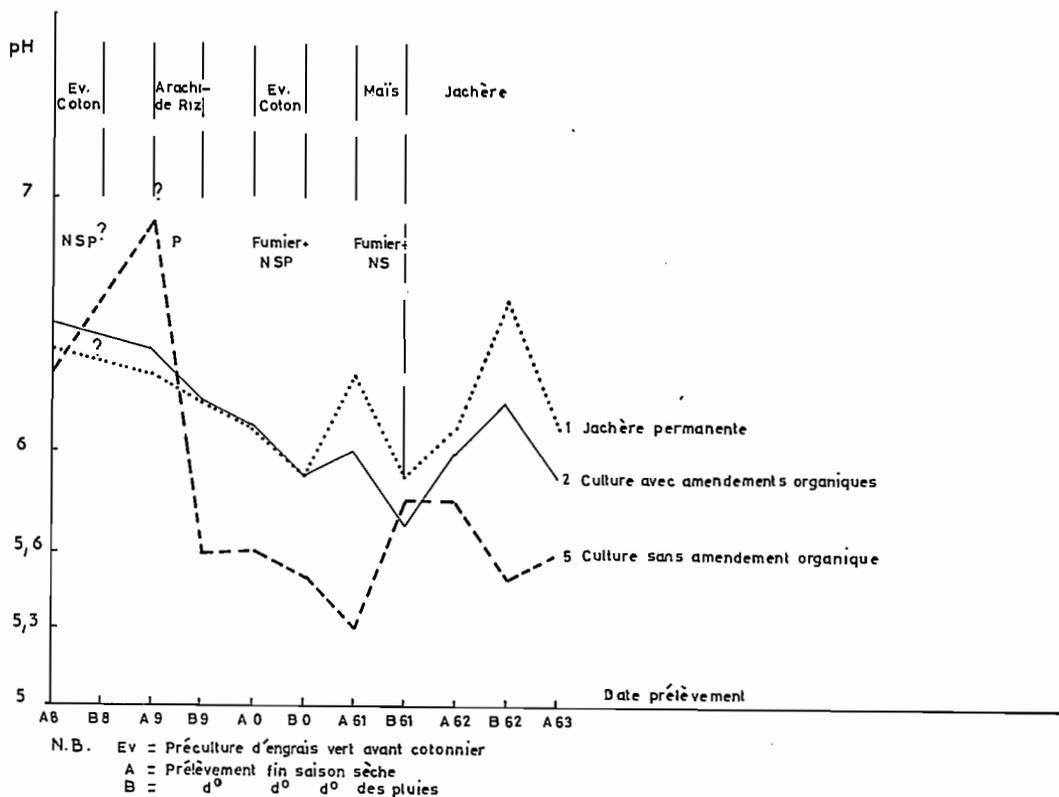


Fig. 18. — Parcelles d'érosion (GRI-E). Parcelles 1, 2 et 5. Evolution du pH de 1958 à 1963.

## b) EVOLUTION DE LA SOMME DES CATIONS ÉCHANGEABLES :

Date Numéro parcelles	A. 58	A. 59	B. 59	A. 60	B. 60	A. 61	B. 61	A. 62	B. 62	A. 63
1 .....	4,76	5,40 *	4,48	4,55	4,45	4,70	4,30	5,55	5,15	5,00
2 .....	4,18	4,17	4,36	4,85	4,10	3,90	4,00	4,95	5,10	4,85
3 .....	4,38	5,64	4,23	4,45	4,15	4,80	4,55	5,00	4,70	4,35
4 .....	3,72	4,85	4,05	4,20	4,65	4,80	4,30	6,30	5,30	5,20
5 .....	4,02	4,14	3,35	4,30	4,45	3,85	3,65	4,50	4,25	4,30
6 .....	4,48	6,48	4,66	5,20	5,20	4,50	4,15	5,25	5,40	5,65
7 .....	3,87	3,89	3,91	5,05	4,30	4,15	4,35	5,15	4,85	4,70
8 .....		4,31	3,85	3,95	4,70	4,85	5,10	6,20	6,85	4,40
9 .....		3,82	3,15	4,35	5,00	4,15	4,00	5,20	4,10	4,60
10 .....		3,57	3,49	—	3,65	3,95	4,15	5,10	5,30	5,10

NB. A = après saison sèche ; B = après saison des pluies.

\* Résultat paraissant aberrant.

On ne discerne pas un sens net à la variabilité de ces données. Elles semblent dépendre plus de la variabilité de la mesure ou des effets climatiques que de l'exploitation par les récoltes.

On peut remarquer que le sol de la parcelle 3, fortement remanié et mélangé avec une part des horizons inférieurs plus pauvres, se situe après cinq ans au niveau le plus bas relativement aux autres parcelles. Cependant, ce niveau est identique au niveau de départ.

La parcelle 5, relativement à la parcelle 2 qui a reçu des amendements organiques et des engrais, a généralement des valeurs légèrement inférieures. Son niveau final est cependant voisin de celui initial.

Les parcelles 2, 6 et 7 après cinq ans, 9 et 10 après quatre ans, ont acquis des valeurs légèrement supérieures à celles initiales (+ 0,8 me/100 g à 1,6 me/100 g), on pourrait penser que les apports organiques et minéraux ont compensé les exportations des cultures, et que la disponibilité des cations (principalement Ca et Mg) s'est légèrement accrue pendant la période culturale.

Cependant, il faut remarquer que le sol initial de ces parcelles cultivées et du témoin (GRI-E.11) avait été appauvri précédemment par des cultures manuelles de cotonnier probablement dégradantes (même le témoin, avant d'être en savane à *Imperata*, avait été cultivé quelques années avant).

Si l'on compare, comme nous l'avons fait plus haut, le témoin GRI-E.11 sous savane à *Imperata* avec un sol sous savane arbustive normale à *Hyparrhenia* (GRI-31), on remarque un écart important :

GRI-E.11 : 4,65 \*,

GRI-31 : 7,19 \*.

Si l'on compare au même moment, comme nous l'avons fait en avril 1962 sur les parcelles 6 et 7, le sol après cinq ans de culture au sol immédiatement voisin de la parcelle prolongée, restée en jachère, on remarque aussi un écart indiquant non une élévation mais une dégradation plus ou moins légère :

après cinq ans de culture : GRI-E.61 a : 5,25 ; GRI-E.71 a : 5,15 ;

jachère dans l'état initial : GRI-E.61 b : 7,15 \*\* ; GRI-E.71 b : 5,45.

Après un an de culture, la parcelle prolongée (b) a réduit son écart et atteint une valeur proche de celle cultivée depuis six ans (a). Le prélèvement a été fait en novembre 1962 :

après six ans de culture : GRI-E.61 a : 5,40 ; GRI-E.71 a : 4,85 ;

après un an de culture : GRI-E.61 b : 5,20 ; GRI-E.71 b : 5,15.

Cette supériorité initiale n'était donc que faible et fragile.

\* Valeur moyenne sur 5 ans et 10 prélèvements.

\*\* 7,15, résultat semblant trop élevé relativement à la parcelle E. 1 = 5,55, servant de référence.

## c) EVOLUTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE (C, N ET C/N) :

Date Numéro parcelles	Eléments analysés (%)	A. 58	A. 59	B. 59	A. 60	B. 60	A. 61	B. 61	A. 62	B. 62	A. 63
1 .....	C	1,26	1,05	1,56	1,34	1,38	1,40	1,45	1,41	1,44	1,38
	N	0,089	0,096	0,086	0,091	0,091	0,100	0,098	0,083	0,085	0,088
	C/N	14,15	10,93	18,13	14,7	15,2	14,0	14,8	17,0	16,8	15,6
2 .....	C	1,23	1,01	1,38	1,18	1,16	1,04	1,31	1,29	1,32	1,35
	N	0,095	0,074	0,077	0,084	0,084	0,090	0,085	0,086	0,086	0,089
	C/N	12,95	13,65	17,92	14,05	13,81	11,6	15,4	15,0	15,4	15,1
3 .....	C	1,19	1,08	1,34	1,16	1,19	1,40	1,52	1,15	1,27	1,30
	N	0,099	0,101	0,074	0,077	0,081	0,077	0,098	0,079	0,086	0,091
	C/N	12,02	10,69	18,11	15,06	14,69	18,2	15,5	14,6	14,8	14,3
4 .....	C	1,25	1,20	1,35	1,29	1,27	1,21	1,37	1,30	1,34	1,41
	N	0,090	0,104	0,097	0,095	0,091	0,086	0,099	0,097	0,091	0,095
	C/N	13,89	11,54	13,91	13,58	13,95	14,1	13,8	13,4	14,7	14,8
5 .....	C	1,16	1,05	1,23	1,13	1,09	1,10	1,15	1,13	1,11	1,18
	N	0,087	0,078	0,071	0,074	0,084	0,083	0,085	0,079	0,075	0,084
	C/N	13,33	13,46	17,32	15,27	12,97	13,3	13,5	14,2	14,7	14,0
6 .....	C	1,36	1,05	1,34	1,26	1,30	1,23	1,28	1,27	1,17	1,16
	N	0,101	0,081	0,081	0,084	0,084	0,085	0,099	0,098	0,083	0,077
	C/N	13,46	12,96	16,54	15,00	15,48	14,5	12,9	12,9	14,1	15,0
7/1 .....	C	1,23	1,12	1,35	1,29	1,23	1,22	1,50	1,46	1,28	1,36
	N	0,099	0,079	0,074	0,084	0,081	0,084	0,108	0,092	0,094	0,092
	C/N	12,42	14,18	18,24	15,36	15,18	14,5	13,9	14,5	13,5	14,8
8 .....	C	—	1,03	1,23	1,22	1,11	1,08	1,05	1,03	1,00	0,95
	N	—	0,066	0,096	0,077	0,107	0,066	0,076	0,073	0,066	0,060
	C/N	—	15,60	12,81	15,84	10,37	16,4	13,8	14,1	15,1	15,7
9 .....	C	—	1,06	1,05	1,04	1,04	1,05	1,14	1,10	1,03	1,10
	N	—	0,078	0,087	0,070	0,070	0,065	0,066	0,074	0,072	0,080
	C/N	—	13,59	12,07	14,86	14,86	16,0	14,1	14,8	14,3	13,8
10 .....	C	—	0,91	1,10	—	0,92	1,00	1,13	1,12	1,17	1,08
	N	—	0,066	0,081	—	0,067	0,066	0,080	0,084	0,079	0,077
	C/N	—	13,79	13,58	—	13,73	15,0	14,1	13,3	14,8	13,9

NB. A = après saison sèche ; B = après saison des pluies.

Sur les parcelles d'érosion, l'évolution de la matière organique sous l'effet de la culture n'apparaît pas d'une manière nette. Les variations sont généralement très faibles et ne dépassent pas l'ordre de grandeur de celles dues à la précision de l'échantillonnage ou de l'analyse et aux effets des fluctuations climatiques saisonnières.

— Les variations saisonnières ne sont vraiment sensibles que sur la parcelle 1, témoin en vieille jachère à *Imperata*. La teneur en azote reste relativement constante par rapport à une moyenne de 0,091 % pendant toute l'année. La teneur en carbone organique par contre, en moyenne de 1,37 %, croît en saison des pluies jusqu'à une valeur maximum moyenne de 1,45 % ; elle décroît ensuite pendant la saison sèche jusqu'à une valeur minimum moyenne de 1,31 %. Il s'ensuit que la valeur du rapport C/N, en moyenne 15,07, croît en saison des pluies jusqu'à 15,93 et décroît en saison sèche jusqu'à 14,39.

— Sur la parcelle 8, la mise à nu du sol entraîne un appauvrissement lent et progressif de la matière organique (carbone et azote) sans modifier le rapport C/N. D'avril 1960 à avril 1963, la teneur en C décroît de 1,22 % à 0,95 %, celle en N de 0,077 % à 0,060 %. Le rapport C/N passe de 15,8 à 15,7.

— Sur la parcelle 4, en culture traditionnelle, l'évolution se fait en deux temps :

1) Pendant les trois premières années, le sarclage superficiel du sol, l'érosion superficielle et la minéralisation accrue de la matière organique entraînent un épuisement lent et continu du carbone organique et de l'azote et un abaissement léger du rapport C/N : entre avril 1958 et avril 1961, la valeur de C passe de 1,23 à 1,04.

2) Pendant les deux années suivantes, la jachère se réinstalle spontanément et la matière organique atteint un niveau très voisin de celui du sol de la parcelle 1, témoin en avril 1963 :

	1	4
C % .....	1,38	1,35
N % .....	0,088	0,089
C/N .....	15,6	15,1

— Sur la parcelle 2, en culture semi-intensive, après quatre ans de culture et un an de jachère, deux apports de fumier en 1960 et 1961, deux engrais verts en 1958 et 1960, trois fumures azotées en 1958, 1960 et 1961, la matière organique s'est maintenue à une valeur moyenne et finale voisine de la parcelle 1 témoin. Relativement, la teneur en azote s'est légèrement améliorée et le rapport C/N s'est légèrement abaissé.

	Parcelle 1		Parcelle 2	
	Moyenne	A. 63	Moyenne	A. 63
C .....	1,37	1,38	1,30	1,41
N .....	0,091	0,088	0,094	0,095
C/N .....	15,07	15,6	13,82	14,8

— La parcelle 5, en culture semi-intensive, après quatre ans de culture et un an de jachère sans amendement organique ni fumure minérale, voit son niveau organique final et moyen s'abaisser à une valeur sensiblement plus basse que la parcelle 1, témoin, ou la parcelle 2 qui a été amendée régulièrement. Il est intéressant de noter que la teneur en azote a peu baissé par rapport à celle de la parcelle témoin sous savane ; mais que celle en carbone seule a sensiblement diminué, de sorte que la valeur C/N a nettement baissé.

	Parcelle 2		Parcelle 5	
	Moyenne	A. 63	Moyenne	A. 63
C % .....	1,30	1,41	1,13	1,18
N % .....	0,094	0,095	0,080	0,084
C/N .....	13,82	14,8	14,12	14,0

— Les parcelles 7, après cinq ans de culture, 9 et 10, après quatre ans de culture, indiquent une évolution semblable à celle de la parcelle 2. Les amendements pratiqués entretiennent la teneur en matière organique et améliorent légèrement celle en azote. La parcelle 6, traitée comme la parcelle 7, accuse une légère diminution de la teneur en matière organique et en azote après la cinquième année de culture ; cependant, les rendements des cultures ultérieures restent au même niveau ; cette baisse n'est donc pas sensible sur les rendements, et ne signifie pas nécessairement une diminution de la fertilité du sol.

### 3) CONCLUSION

L'observation des parcelles d'érosion pendant cinq ans ne montre pas une évolution spectaculaire des propriétés physico-chimiques du sol, sous l'effet de la culture.

La stabilité structurale décroît et semble se stabiliser entre les valeurs d'indice de HÉNIN 1-1,4. Pour cette valeur, la structure est nettement plus sensible à la dégradation par les chutes de pluies et au phénomène de « battance ». Cet inconvénient est compensé par une amélioration temporaire mais suffisamment longue et importante de la macroporosité par le labour. En définitive, le bilan entre la dégradation de la stabilité structurale et l'amélioration de la porosité à l'air semble positif sur les rendements des cultures : il y a donc eu amélioration de la fertilité.

L'évolution des propriétés chimiques du sol cultivé est peu marquée, relativement à la jachère à *Imperata* témoin. Cependant, par rapport à une savane arbustive à *Hyparrhenia*, normale, on peut penser qu'il y avait eu précédemment un appauvrissement du sol en matière organique et en bases échangeables. La longue jachère à *Imperata* n'a pas réparé ces pertes. La culture sans amendements pendant quatre années semble aggraver les pertes du sol en matière organique (0,41 %, soit 30 % du stock initial) et en bases échangeables (1,14 me/100 g, soit 23 % du stock initial) et abaisser légèrement (de 0,5 unité) la valeur du pH. La culture semi-intensive, avec des amendements organiques et une fumure minérale apportée à des doses modestes, ne semble pas dégrader les propriétés chimiques du sol : matière organique, pH, capacité d'échange, taux de saturation, bases échangeables, phosphore assimilable ; la teneur en azote paraît même très légèrement améliorée, ce qui provoque un léger abaissement du rapport C/N. Il est intéressant de noter que, dans la parcelle cultivée sans amendements organiques ni fumure minérale, si la teneur en carbone organique diminue sensiblement, celle en azote par contre s'abaisse très peu et qu'en conséquence la valeur du rapport C/N de la matière organique diminue très sensiblement (de 15 à 14) ; c'est sans doute parce que la matière organique faiblement humifiée diminue (la couleur s'affaiblit) ; parallèlement, la stabilité structurale décroît (COMBEAU, QUANTIN, 1964).

En faisant le bilan des rendements des cultures, on s'aperçoit que la fertilité du sol a été accrue par le mode de culture avec amendements organiques. Rappelons aussi que le taux de ruissellement des pluies a été sensiblement diminué par la culture mécanisée ; ainsi, l'érosion a été maîtrisée.

### III) L'ESSAI D'ASSOLEMENT

Il a été placé sur des sols fatigués au départ dans l'espoir que des conclusions rapides puissent être tirées en ce qui concerne l'épuisement du terrain. Mais ceci gêne beaucoup l'interprétation de l'évolution des données physico-chimiques.

#### A) LES PROTOCOLES

##### 1) PREMIER PROTOCOLE

Il a été mis en place en 1954 sur instructions de l'Inspection Générale de l'Agriculture. Il n'y avait pas de répétition car, sur le terrain érodé choisi, on pensait obtenir rapidement des différences importantes entre les parcelles avec ou sans jachères, avec ou sans fumure minérale, avec ou sans fumier.

Dix rotations étaient testées :

**Rotations traditionnelles, non fumées, de type culture extensive.**

- 1) Ouverture coton, puis arachide et manioc la troisième année, terminant sur une jachère longue artificielle à ambrevade (*Cajanus indicus* var. *bicolor*).
- 2) Ouverture coton, même succession, débouchant sur une jachère artificielle à graminées, complantée en *Pennisetum purpureum*.
- 3) Ouverture sorgho, puis succession de type 1, le coton venant ici en seconde année. La jachère de fin de rotation étant naturelle non brûlée.

**Rotations à jachères courtes, de type culture semi-intensive, le temps de jachère égal au temps de culture, alternance 2/2.**

- 4) Ouverture coton d'arrière-saison, riz, puis arachide de début de saison. Jachère artificielle de légumineuse, recevant 20 unités d'azote/ha.
- 5) Même rotation, mais avec fumier sur coton.
- 6) Ouverture en sorgho, le coton est substitué au riz dans la succession 4.
- 7) Rotation 6, mais avec fumier sur l'ouverture en sorgho.

**Rotations en culture continue, de type culture intensive.**

- 8) Coton en ouverture, céréale et arachide, sans engrais.
- 9) Même succession, mais fumure minérale sur le coton.
- 10) Même succession, avec fumure minérale sur coton et fumier sur la céréale.

Les façons culturales sont celles énumérées dans le deuxième protocole.

##### 2) DEUXIEME PROTOCOLE

Ce protocole a été mis en place en 1961 par subdivision des parcelles précédentes qui faisaient un demi-hectare chacune. Commun à l'IRCT et au Service de l'Agriculture, il a été mis au point par MM. BRAUD et MOREL. Il devait être mis en place au moins sur trois points d'essais. Ici seront donnés uniquement les résultats de Grimari.

#### BUT DE L'ESSAI

Il s'agit de comparer à l'assolement Banda traditionnel quatre rotations ayant en commun le fait d'associer une culture industrielle (coton) à un certain nombre de cultures vivrières, mais différant par une disposition variable ou l'absence de temps de jachère. A Grimari, le cinquième de ces assolements met le coton en deuxième année de culture. Ces rotations ne sont prises qu'à titre d'exemples. Le contrôle de la fertilité permet d'en dégager un enseignement valable pour des rotations voisines de celles-ci.

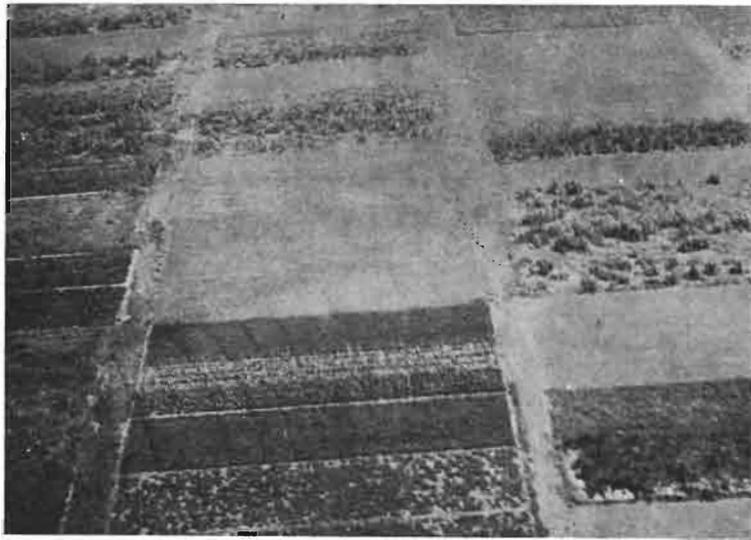


Fig. 19. — Détail des parcelles d'assolement (deuxième protocole).

#### ROTATIONS ÉTUDIÉES

##### **Assolement 1** : traditionnel Banda.

Première année : coton avec fumure (NSP), sans fumure.

Deuxième année : maïs associé avec arachides ; manioc bouturé dans l'ensemble avec courges.

Troisième année : récolte du manioc.

Quatrième, cinquième, sixième, septième et huitième années : jachère naturelle non brûlée.

##### **Assolement 2** : semi-intensif d'alternance 5/3.

Première année : coton avec fumure.

Deuxième année : premier cycle, arachide avec fumure (NSP), sans fumure ; deuxième cycle, sésame, riz.

Troisième année : coton avec fumure (NSP).

Quatrième année : maïs associé avec arachides ; manioc bouturé dans l'ensemble.

Cinquième année : récolte manioc.

Sixième, septième et huitième année : jachère naturelle non brûlée.

**Assolement 3** : semi-intensif. L'alternance devient 2/2 et 3/1, identique au précédent à la seule différence que le cycle cultural est partagé en deux par des jachères courtes qui nous donneront un meilleur contrôle de la végétation :

Première année : coton avec fumure (NSP).

Deuxième année : premier cycle, arachides avec fumure (NSP), sans fumure ; deuxième cycle, sésame, riz.

Troisième et quatrième années : jachère naturelle non brûlée.

Cinquième année : coton avec fumure (NSP).

Sixième année : maïs associé avec arachides ; manioc bouturé dans l'ensemble.

Septième année : récolte du manioc.

Huitième année : jachère naturelle non brûlée.

**Assolement 4** : intensif en culture continue. Identique à l'assolement 2, mais sans manioc et sans jachère. On pratique deux fois la rotation culturale.

**Assolement 5** : semi-intensif. C'est l'assolement 2 avec en fin d'assolement, avant le coton, donc en huitième année, une culture de sésame ou de sorgho qui est faite en « arrière-saison » comme préculture. La dernière année de jachère est donc écourtée d'une demi-année.

#### DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Méthode des blocs avec subdivision de parcelles.

Objet : années.

Sous-objets : assolements.

EXEMPLE DE RÉPARTITION DES PHASES CULTURALES POUR UN ASSOLEMENT  
(Assolement 2 semi-intensif de type Grimari)

N° de la phase	9	10	11	12	13	14	15	16
1961 .....	C	A + Rs	C	m	M	J	J	J
1962 .....	A + Rs	c	m	M	J	J	J	C
1963 .....	C	m	M	J	J	J	C	A + C
1964 .....	m	M	J	J	J	A + Rs	A + Rs	A + C
1965 .....	M	J	J	J	C	A + Rs	C	m
1966 .....	J	J	J	C	A + Rs	A + Rs	m	M
1967 .....	J	J	C	A + Rs	C	m	M	J
1968 .....	J	C	A + Rs	C	m	M	J	H

- C : coton.  
 A + Rs : arachides première saison et riz ou sésame d'arrière-saison.  
 m : maïs associé aux arachides.  
 M : manioc.  
 J : jachères naturelles.

Chaque phase culturale est mise en place en même temps, ce qui fait quarante parcelles par répétition. Le tirage au sort est fait entre les années, puis à l'intérieur de chaque année entre les rotations. La première analyse globale de l'essai pourra être faite en 1968, sur le coton, et les années suivantes pour les autres cultures, ce qui permettra de tester l'effet de chaque assolement, les différentes années et l'interaction entre ces deux facteurs. Ici, nous n'analyseront que les résultats partiels sur cinq ans.

Des analyses simples, en couple généralement, permettent de comparer l'effet de la fumure avec le témoin sans fumure et les effets des différentes associations.

Parcelle initiale de 40 m × 9,60 m, entourée d'une allée de 0,80 m. Chaque parcelle initiale est subdivisée en deux, transversalement, pour avoir une partie avec fumure (partie basse) et une partie sans fumure. Il y a également subdivision longitudinalement pour recevoir deux types de cultures vivrières en deuxième, quatrième ou huitième année, selon les rotations.

EXEMPLE DE SUBDIVISION DE L'ESSAI

1961	Rotation 1, phase 1	1967	Rotation 5, phase 35
	Rotation 3, phase 17		Rotation 2, phase 11
	Rotation 2, phase 9		Rotation 1, phase 3
	Rotation 4, phase 25		Rotation 3, phase 19
	Rotation 5, phase 33		Rotation 4, phase 27
1968	Rotation 5, phase 34	1962	Rotation 4, phase 32
	Rotation 3, phase 18		Rotation 2, phase 16
	Rotation 4, phase 26		Rotation 3, phase 24
	Rotation 2, phase 10		Rotation 1, phase 8
	Rotation 1, phase 2		Rotation 5, phase 40
1964	Rotation 5, phase 38	1966	Rotation 2, phase 12
	Rotation 1, phase 6		Rotation 4, phase 28
	Rotation 4, phase 30		Rotation 3, phase 20
	Rotation 2, phase 14		Rotation 1, phase 4
	Rotation 3, phase 22		Rotation 5, phase 36

NB. L'année indiquée est celle où un groupe de 5 parcelles initiales (sous bloc) est cultivé en coton, en tête d'assolement.

EXEMPLE DE SUBDIVISION D'UNE PARCELLE INITIALE 1965  
(Rotation 2, phase 14, en arrière-saison)



 Demi-parcelle fumée sur arachide 1<sup>er</sup> cycle

MÉTHODES CULTURALES ET DISPOSITION SUR LE TERRAIN

**Coton.**

Espacement : 80 cm × 25 cm, un plant par poquet.

Dans l'assolement 1, la partie basse de la parcelle recevra une fumure équilibrée de 6.000 équivalents par hectare composée comme suit (en kg/ha) :

sulfate d'ammoniaque .....	84
phosphate supertriple .....	74
perlurée .....	63

Cette fumure sera épandue sur la totalité des soles de coton des assolements 2, 3, 4 et 5.

Labour trois semaines avant le semis à effectuer le 25 juin.

Pulvérisage huit jours avant le semis.

Épandage d'engrais au démariage à trois semaines.

**Arachides.**

Semées sur un déchaumage une semaine avant le semis.

Assolement 1 : en association avec le maïs sur la moitié de la parcelle (maïs à l'espacement de 160 cm × 20 cm). Les arachides seront plantées par trois lignes entre celles du maïs à l'espacement de 40 cm × 15 cm.

Assolements 2, 3 et 4 (également en sixième et huitième années pour le n° 4) : en deuxième et sixième années, en premier cycle, culture pure sur la totalité de la parcelle, à l'espacement 40 cm × 15 cm. La moitié basse de la parcelle recevra la fumure équilibrée préconisée par l'IRHO, épandue au semis, soit 40 kg/ha de sulfate d'ammoniaque et 60 kg/ha de phosphate bicalcique ; en quatrième et huitième années, en association avec le maïs dans les mêmes conditions que dans l'assolement 1 mais sur toute la parcelle sans fumure complémentaire.

Assolement 5 : mêmes conditions que ci-dessus mais après les cotons de deuxième et quatrième années.

**Maïs.**

Il est toujours en culture associée à l'espacement 160 cm × 20 cm.

**Sésame.**

Semé en ligne à l'espacement 40 cm × 10 cm. Il succède à l'arachide en deuxième cycle dans la deuxième année des assolements 2, 3 et 4 sur la moitié de la parcelle. De même en troisième année de l'assolement 5. Il vient également en ouverture avant le coton dans l'assolement 5 sur la moitié de la parcelle qui recevra du riz plus tard.

**Riz.**

Il est toujours en culture pure sur la demi-parcelle non occupée par le sésame en deuxième cycle. Semé en lignes tous les 20 cm, à la densité de 80 kg à 100 kg de semences à l'hectare ; en deuxième année pour les assolements 2, 3 et 4, en troisième année pour l'assolement 5, en sixième année pour l'assolement 4.

**Courges.**

En association avec le maïs en deuxième année de l'assolement 1. Semis en début de saison, en poquets dans l'interligne du maïs, 5 graines par poquet, à l'écartement 160 cm × 60 cm.

**Sorgho.**

En ouverture avant coton sur une demi-parcelle dans l'assolement 5. Semis début juillet sur labour antérieur de trois semaines. Ecartement 40 cm × 20 cm pour un sorgho du type *Caudatum* (variété Bokoni, par exemple), pas de fumure.

**Manioc.**

Toujours bouturé dans la culture de maïs associé :

- en deuxième année dans l'assolement 1,
- en quatrième année dans l'assolement 2,
- en cinquième année dans l'assolement 5,
- en sixième année dans l'assolement 3.

Bouturage dans les interlignes de maïs à l'espacement 160 cm × 80 cm en avril-mai : récolte en octobre-novembre de l'année suivante.

TABLEAU DES ASSOLEMENTS

Protocole 1 Rotations	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
1 .....	C	A	M	J	J	J	J	J	J	J	C	D
2 .....	C	A	M	J	J	J	J	J	J	J	J	C
3 .....	S	A	A	M	J	J	J	J	J	m	M	J
4 .....	C	R	A	J	C	R	A	J	J	C	m	M
5 .....	C	R	A	J	C	R	A	C	AR	J	J	C
6 .....	S	C	A	J	S	C	A	C	m	M	J	C
7 .....	S	C	A	J	S	C	A	J	J	C	m	M
8 .....	C	S	A	C	S	A	C	m	C	A + Rs	C	m
9 .....	C	S	A	C	S	A	C	A + Rs	C	m	C	A + Rs
10 .....	C	S	A	C	S	A	C	A + Rs	C	m	C	A + Rs

Protocole 2 depuis 1961	Année — 1	An 1 1 <sup>re</sup> rot.	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8	An 1 2 <sup>e</sup> rot.
Banda 1 .....	J	C	D	M	J	J	J	J	J	C
Grimari 2 .....	J	C	A + Rs	C	m	M	J	J	J	C
Courte 3 .....	J	C	A + Rs	J	J	C	m	M	J	C
Continue 4 .....	m	C	A + Rs	C	m	C	A + Rs	C	m	C
Ouverture sorgho - Sésame ...	S s	C	A + Rs	C	m	M	J	J	S s	C

## SYMBOLES :

## CULTURES

- C : coton.
- S : sorgho.
- R : riz pluvial.
- s : sésame.
- A : arachides.
- m : maïs associé à l'arachide.
- D : divers : maïs associé à arachides ou courges.
- M : manioc.
- J : jachère naturelle non brûlée.

## PÉRIODE DE CULTURE

- Arrière-saison ..... juin à décembre  
juillet à décembre
- ..... juillet à novembre  
août à décembre
- Première saison ..... avril à juin  
avril à juillet  
avril à octobre

18 mois .....avril à octobre de l'an suivant

**B) RESULTATS GLOBAUX DU PREMIER PROTOCOLE DE 1954 A 1963**

## 1) RENDEMENTS ET REVENUS

## a) ROTATIONS DE TYPE TRADITIONNEL

**Rotation 1**, de 1954 à 1963, puis 3 sous-parcelles C (non fumées) de l'assolement 1 en 1964-1965. Assolement traditionnel Banda.

Années	Cultures	Rendement		
1954 .....	Coyon	703	1 <sup>re</sup> rota- tion	Pas de fertilisation. Revenu de la 1 <sup>re</sup> rotation ..... 69.236 F Revenu de la 2 <sup>e</sup> rotation en cours ..... 32.172 F Revenu total en douze ans ..... 101.408 F
1955 .....	Arachides	1.460		
1956 .....	Manioc	—		
1957 .....	Manioc	14.500		
1958-1963 .....	Jachère à embrevade	(6 ans)		
1964 .....	Coton	740	2 <sup>e</sup> rot.	
1965 .....	Arachides	818		

En ce qui concerne le coton, la fertilité a été largement reconstituée : la réouverture donne 105,2 % du rendement de 1954.

#### Rotation 2 de 1954 à 1964. Assolement traditionnel.

Années	Cultures	Rendement		
1954 .....	Coton	645	1 <sup>re</sup> rota- tion	Pas de fertilisation. Revenu de la 1 <sup>re</sup> rotation ..... 65.995 F Revenu total en onze ans ..... 65.995 F
1955 .....	Arachides	1.272		
1956 .....	Manioc	—		
1957 .....	Manioc	14.600		
1958-1964 .....	Jachère à <i>Pennisetum purpureum</i>	(7 ans)		

Les résultats obtenus en rendements et valeurs sont équivalents aux précédents.

Après deux rotations, on peut noter que la structure du sol s'est reconstituée d'une manière satisfaisante, etc.

Indice Is	Rotation 1	Rotation 2	
Avril 1958 .....	0,82	0,57	10 mois de jachère
Avril 1959 .....	0,57	0,51	22 mois de jachère
Avril 1963 .....	0,54	0,51	6 ans de jachère

NB. Valeur moyenne de l'indice Is d'instabilité structurale sous savane naturelle : 0,42.

La jachère semble trop longue dans ce cas particulier (voir plus loin).

**Rotation 3**, de 1954 à 1961, puis 3 sous-parcelles C (sans fumure) de l'assolement 1 traditionnel Banda. Ici, durée normale de la rotation : huit ans.

Années	Cultures	Rendements		
1954 .....	Sorgho	1.192	1 <sup>re</sup> rota- tion	Pas de fertilisation Revenu 1 <sup>re</sup> rotation ..... 71.796 F Revenu 2 <sup>e</sup> rotation ..... 108.988 F Total revenu ..... 180.784 F
1955 .....	Coton	930		
1956 .....	Arachides	900		
1957 .....	Manioc	—		
1958 .....	Manioc	12.400		
1959-1961 .....	Jachère naturelle non brûlée	(3 ans)		
1962 .....	Coton	1.551	2 <sup>e</sup> rota- tion	
1963 .....	Arachides + Maïs	792		
1964 .....	Manioc	423		
1965 .....	Jachère naturelle non brûlée	20.841		

La structure a été dégradée en fin de première rotation, ce qui s'est manifesté par une mauvaise production de manioc.

La seconde rotation a eu un haut potentiel de productivité. Les façons culturales y ont été mieux faites, surtout en ce qui concerne les labours.

Il n'y a donc pas intérêt à prolonger trop longtemps la jachère pour régénérer le sol. On comparera avec intérêt les résultats de la culture traditionnelle des parcelles d'érosion, culture pratiquée sur des sols de bonne valeur au départ et non pas dégradés comme ceux-ci.

Ici, malgré l'absence de fumure, la fertilité a été reconstituée rapidement et cependant l'indice Is d'instabilité avait atteint la valeur critique de dégradation à la fin de la première rotation (Is = 1,4) :

- avril 1958 : Is = 1,41, quatrième année de culture ;
- avril 1959 : Is = 1,07, après 10 mois de jachère naturelle ;
- avril 1960 : Is = 0,93, 22 mois de jachère ;
- avril 1961 : Is = 0,54, 42 mois de jachère ;
- avril 1963 : Is = 1,17, après une année de culture.

## b) RÉSULTATS DES ROTATIONS À JACHÈRES COURTES

**Rotation 4** de 1954 à 1962, puis 3 sous-parcelles C (arachides sans fumure) de l'assolement 3 à partir de 1963.

Années	Cultures	Rendement	Fertilisation Composition		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Coton	672	20 N (sulfate d'ammoniaque)	1 <sup>re</sup> rot.	1 <sup>re</sup> rotation .....
1955 .....	Riz	962			2 <sup>e</sup> rotation .....
1956 .....	Arachides	740			3 <sup>e</sup> rotation .....
1957 .....	Jachère à ambrevade				Total .....
					161.711
					Valeur de la fertilisation (F CFA) :
1958 .....	Coton	689	3000 équivalents NSP	2 <sup>e</sup> rot.	1 <sup>re</sup> rotation .....
1959 .....	Riz	290			2 <sup>e</sup> rotation .....
1960 .....	Arachides	144			3 <sup>e</sup> rotation .....
1961-1962 .....	Jachère naturelle	2 ans			Total .....
					6.550
1963 .....	Coton	1.199	3000 équivalents NSP	3 <sup>e</sup> rot.	
1964 .....	Arachides + Mais	733 1.412			
1965 .....	Manioc	17.879			

**Rotation 5** de 1954 à 1960, puis 3 sous-parcelles A (arachides avec fumure) de l'assolement 3 depuis 1961.

Années	Cultures	Rendement	Fertilisation Composition		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Coton	767	5 tonnes fumier	1 <sup>re</sup> rot.	1 <sup>re</sup> rotation .....
1955 .....	Riz	888			2 <sup>e</sup> rotation .....
1956 .....	Arachides	840			3 <sup>e</sup> rotation .....
1957 .....	Jachère à embrevade				Total .....
					172.454
					Valeur des engrais :
1958 .....	Coton	864	10 tonnes fumier	2 <sup>e</sup> rot.	(1.000 F/tonne de fumier)
1959 .....	Riz	459			28,5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1960 .....	Arachides	170			
1961 .....	Coton	1.108	3000 équivalents NSP (8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3 <sup>e</sup> rot.	N : 125 F l'unité.
1962 .....	Arachides	2.064			
1963-1964 .....	Riz Jachère naturelle non brûlée	3.755			
					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 84,2 F l'unité. NSP : 1,35 l'équivalent/ha. Total des six fumiers : 26.950 F.

Pour arriver à corriger la mauvaise fertilité du sol, il a fallu dépenser quatre fois plus de fumure mais le résultat est bénéficiaire.

Mais l'addition de phosphore n'explique pas à elle seule l'accroissement de rendement. Ainsi, en 1960, la production d'arachides est restée faible. Les façons aratoires de 1961 ont corrigé la dégradation structurale.



Fig. 20. — Essai d'assolement, rotation semi-intensive à jachère courte (n<sup>os</sup> 5 et 7). Repousse d'une jachère de 18 mois et d'une jachère de 6 mois.

**Rotation 6** de 1954 à 1960, puis 3 sous-parcelles C (arachides sans fumure) de l'assolement 3 depuis 1961.

Années	Cultures	Rendement	Composition de la fertilisation		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Sorgho	968	20 N	1 <sup>re</sup> rotat.	1 <sup>re</sup> rotation ..... 29.964
1955 .....	Coton	650			2 <sup>e</sup> rotation ..... 4.484
1956 .....	Arachides	660			3 <sup>e</sup> rotation ..... 88.962
1957 .....	Jachère à ambrevade				Total ..... 123.410
1958 .....	Sorgho	176	3000 équivalents NSP	2 <sup>e</sup> rotat.	Valeur de la fertilisation (F CFA) :
1959 .....	Coton	45			1 <sup>re</sup> rotation ..... 2.500
1960 .....	Arachides	140			2 <sup>e</sup> rotation ..... —
1961 .....	Coton	721	3000 équivalents NSP	3 <sup>e</sup> rotat.	3 <sup>e</sup> rotation ..... 4.050
1962 .....	Arachides + Maïs	1.699			Total ..... 6.550
1963 .....	Manioc	369			
1964 .....	Jachère naturelle	17.237			

**Rotation 7** de 1954 à 1962, puis 3 sous-parcelles A (arachides fumées) de l'assolement 3 depuis 1963.

Années	Cultures	Rendement	Composition de la fertilisation		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Sorgho	1.086	5 tonnes fumier	1 <sup>re</sup> rotat.	1 <sup>re</sup> rotation ..... 29.108
1955 .....	Coton	730			2 <sup>e</sup> rotation ..... 13.474
1956 .....	Arachides	780			3 <sup>e</sup> rotation ..... 122.544
1957 .....	Jachère à ambrevade				Total ..... 187.590
1958 .....	Sorgho	950	10 tonnes fumier	2 <sup>e</sup> rotat.	Valeur de la fertilisation (F CFA) :
1959 .....	Coton	112			1 <sup>re</sup> rotation ..... 7.500
1960 .....	Arachides	172			2 <sup>e</sup> rotation ..... 12.400
1961-1962 .....	Jachère naturelle 2 ans		28,5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3 <sup>e</sup> rotation ..... 4.050	Total ..... 23.950
1963 .....	Coton	1.427	3000 équivalents NSP	3 <sup>e</sup> rotat.	
1964 .....	Arachides + Maïs	935			
1965 .....	Manioc	1.610			
		21.016			

NB. L'étude de la structure est faite plus loin.

c) RÉSULTATS DES ROTATIONS EN CULTURE CONTINUE

**Rotation 8** de 1954 à 1960, puis 3 sous-parcelles C (arachides non fumées) de l'assolement 4 depuis 1961.

Années	Cultures	Rendement	Fertilisation		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Coton	793		1 <sup>re</sup> rotat.	1 <sup>re</sup> rotation ..... 35.670
1955 .....	Sorgho	1.064			2 <sup>e</sup> rotation ..... 28.256
1956 .....	Arachides	810			3 <sup>e</sup> rotation ..... 43.547
1957 .....	Coton	576		2 <sup>e</sup> rotat.	4 <sup>e</sup> rotation ..... 66.806
1958 .....	Sorgho	538			5 <sup>e</sup> rotation ..... 61.326
1959 .....	Arachides	782			Total ..... 235.605
1960 .....	Coton	127	3.000 équivalents NSP	3 <sup>e</sup> rotat.	Valeur de la fertilisation (F CFA) :
1961 .....	Arachides + Maïs	2.417			4 <sup>e</sup> rotation ..... 4.050
		594			5 <sup>e</sup> rotation ..... 7.363
1962 .....	Coton	1.160	6.000 équivalents NSP	4 <sup>e</sup> rotat.	Total ..... 11.413
1963 .....	Arachides Riz	1.973			
		563			
1964 .....	Coton	1.322		5 <sup>e</sup> rotat.	
1965 .....	Arachides + Maïs	1.187			
		641			

La fertilité a décliné régulièrement jusqu'en 1960. En 1961, des façons aratoires soignées et de légères fumures équilibrées ont permis de rétablir puis de maintenir la fertilité à un bon niveau.

**Rotation 9** de 1954 à 1960, puis 3 sous-parcelles C (arachides non fumées) de l'assolement 4 depuis 1961.

Années	Cultures	Rendement	Composition de la fertilisation		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Coton	729	20 N	1 <sup>re</sup> rotat.	1 <sup>re</sup> rotation ..... 38.054
1955 .....	Sorgho	1.372			2 <sup>e</sup> rotation ..... 30.776
1956 .....	Arachides	920			3 <sup>e</sup> rotation ..... 45.119
1957 .....	Coton	646	20 N	2 <sup>e</sup> rotat.	4 <sup>e</sup> rotation ..... 58.434
1958 .....	Sorgho	616			5 <sup>e</sup> rotation ..... 63.392
1959 .....	Arachides	798			Total ..... 237.325
1960 .....	Coton	337	20 N	3 <sup>e</sup> rotat.	
1961 .....	Arachides	1.591			
1961 .....	Riz	1.030			
1962 .....	Coton	1.364	3.000 équivalents NSP	4 <sup>e</sup> rotat.	Valeur de la fertilisation (F CFA) :
1963 .....	Arachides	601			1 <sup>re</sup> rotation ..... 2.500
1963 .....	+ Maïs	1.129			2 <sup>e</sup> rotation ..... 2.500
1964 .....	Coton	1.372	6.000 équivalents NSP	5 <sup>e</sup> rotat.	3 <sup>e</sup> rotation ..... 2.500
1965 .....	Arachides	857			4 <sup>e</sup> rotation ..... 4.050
1965 .....	Riz	927			5 <sup>e</sup> rotation ..... 7.363
Total douze ans .....		14.289			Total ..... 18.913

Ici, la fumure régulière sur coton ne semble pas rentable ; mais il n'y a pas eu de répétition. Remarquons encore une décroissance régulière de la productivité jusqu'en 1960, à un niveau toutefois plus élevé que dans la rotation 8. Cette décroissance serait due à l'apport d'azote seul dans des fumures non équilibrées alors que le phosphore, qui est un élément essentiel de la fertilisation minérale, n'était pas inclus dans la fumure. L'action d'un labour mal fait a également été néfaste.

**Rotation 10** de 1954 à 1960, puis 3 sous-parcelles A (arachides fumées) dans l'assolement 4 depuis 1961.

Années	Cultures	Rendement	Fertilisation		Revenus bruts (F CFA) :
1954 .....	Coton	793	20 N sulfate NH <sub>4</sub>	1 <sup>re</sup> rotat.	1 <sup>re</sup> rotation ..... 35.594
1955 .....	Sorgho	1.286	5 tonnes fumier		2 <sup>e</sup> rotation ..... 32.678
1956 .....	Arachides	905			3 <sup>e</sup> rotation ..... 37.522
1957 .....	Coton	562	20 N sulfate NH <sub>4</sub>	2 <sup>e</sup> rotat.	4 <sup>e</sup> rotation ..... 61.759
1958 .....	Sorgho	748	10 tonnes fumier		Semi-rotation ..... 66.164
1959 .....	Arachides	944			Total ..... 233.717
1960 .....	Coton	284	20 N sulfate NH <sub>4</sub>	3 <sup>e</sup> rotat.	Valeur de la fertilisation (F CFA) :
1961 .....	Arachides	1.291	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		1 <sup>re</sup> rotation ..... 7.500
1961 .....	Riz	882			2 <sup>e</sup> rotation ..... 12.500
1962 .....	Coton	1.215	3.000 équivalents NSP	4 <sup>e</sup> rotat.	3 <sup>e</sup> rotation ..... 5.500
1963 .....	Arachides	755			4 <sup>e</sup> rotation ..... 4.050
1963 .....	+ Maïs	1.373			5 <sup>e</sup> rotation ..... 10.363
1964 .....	Coton	1.328	6.000 équivalents NSP	5 <sup>e</sup> rotat.	Total ..... 39.913
1965 .....	Arachides	1.035	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
1965 .....	Riz	1.035			

La dégradation structurale des sols en culture continue n'est pas aussi importante qu'on pourrait le penser : les façons aratoires profondes et grossières de 1961 ont permis de développer la macroporosité du sol et, la fertilité ayant repris un niveau élevé, il a été facile de l'y maintenir. La notion de « **seuil de fertilité** » apparaît dans tous ces résultats ; en fait, c'est plutôt l'importance du développement végétatif des cultures qui joue un rôle dans le maintien des propriétés physiques du sol. L'hypothèse que nous avons proposée plus loin explique ces résultats.

De toute façon, nous voyons que la culture continue permet des revenus bruts annuels moyens de 19.476 F CFA à 19.771 F CFA malgré l'état de dégradation des sols au départ de l'expérience, les revenus nets variant de 16.150 F CFA à 18.682 F CFA par hectare.

Les jachères courtes et le système de culture semi-intensif donnent un revenu brut annuel moyen compris entre 11.128 F CFA et 15.677 F CFA. Le revenu net variant de 10.623 F CFA à 13.646 F CFA par hectare.

Quant au système extensif et aux assolements traditionnels, ils peuvent donner, suivant la durée de la jachère, des revenus nets de 5.996 F CFA à 15.065 F CFA l'hectare.

Tous ces résultats sont à nouveau étudiés d'une façon plus systématique avec le second protocole d'étude des assolements.

## 2) ESSAI D'ASSOLEMENT : EVOLUTION DE LA FERTILITE DU SOL DE 1954 A 1963

## a) VARIATION DE L'INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE, IS

**Assolement traditionnel avec jachère de longue durée, parcelles 1 et 2.**

Après quatre ans de cultures traditionnelles, peu intensives, la dégradation structurale a été faible. La valeur de l'indice Is a atteint 0,82 sur la parcelle 1 et 0,57 sur la parcelle 2.

Une seule année de jachère a suffi à stabiliser la structure du sol. La valeur de l'indice Is a atteint 0,57 sur la parcelle 1 et 0,51 sur la parcelle 2. Au cours des six années de jachère, Is s'est stabilisé à une valeur moyenne de 0,54 sur la parcelle 1 et 0,51 sur la parcelle 2. Sous savane naturelle, la valeur moyenne de Is est 0,4. Donc, une jachère d'aussi longue durée n'était pas justifiée du point de vue structural.

**Assolement semi-intensif, sans fumure, à jachère de durée moyenne de type voisin de celui utilisé en culture traditionnelle, parcelle 3.**

Après quatre plantes cultivées en quatre années de culture, la dégradation traditionnelle se traduit par une valeur de Is = 1,41 supérieure à la moyenne constatée ailleurs pour le même temps : 0,95.

Après trois ans de jachère naturelle, Is a repris une valeur de 0,54 proche de la valeur stable obtenue sur les longues jachères précédentes. Donc, trois années de jachères paraissent suffisantes du point de vue structural.

Ensuite, une année de culture suffit à ramener l'indice Is à 1,17, c'est-à-dire au niveau précédant la jachère.

**Assolement semi-intensif à jachère de courte durée (deux ans) et période culturale courte (trois ans), parcelles 4 à 7.**

La parcelle 4 n'a pas été amendée par du fumier ou des engrais jusqu'en 1963. La parcelle 7 a été amendée.

Pendant la période étudiée, de 1958 à 1963, on n'observe pas de différence significative entre les deux types de parcelles. L'effet de la fumure organique antérieure (5 t/ha en 1954 + 10 t/ha en 1958) est donc négligeable du point de vue structural. Probablement, les quantités apportées ont été trop faibles.

La courte jachère de vingt et un mois à ambrevade (*Cajanus indicus*) entre 1956 et 1958 a suffi à ramener l'indice Is à une valeur basse : 0,52 sur la parcelle 4, 0,65 sur les parcelles 7 et 5.

A la remise en culture, la dégradation a été rapide surtout avec la médiocre culture de coton qui a mal couvert le sol ; le sorgho a donné une stabilité structurale meilleure. L'année suivante, le riz a ralenti la dégradation tandis que le coton l'accélérait à nouveau (parcelle GRI-EA.7). L'action de battage des pluies, fort abondantes en 1958 et 1959, a provoqué cette augmentation de l'instabilité structurale de l'horizon de surface.

Pour ces rotations, la dégradation s'est poursuivie jusqu'en 1960 ; ensuite, par la jachère ou des façons aratoires bien faites, la macroporosité du sol a pu être améliorée, et, grâce à des fumures équilibrées, redonner un niveau correct de fertilité.

VARIATION DE L'INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE DE HÉNIN « Is »

Années	Parcelles Cultures	GRI - EA		Parcelles Cultures	GRI - EA	
		4	5		6	7
1958	21 mois de jachère	0,52	0,65	21 mois de jachère	0,57	0,65
1959	Après coton	1,22	1,31	Après sorgho	1,17	1,01
1960	Après riz	1,57	1,54	Après coton		1,64
1961	Arachides et 9 mois de jachère	1,33		Arachides + jachère		1,13

Après trois ans de culture, entre 1958 et 1960, l'indice Is a atteint 1,57 sur la parcelle 4 et 1,64 sur la parcelle 7, et une valeur moyenne en trois ans de 1,37 sur la parcelle 4, 1,26 sur la parcelle 7.

Ensuite, la jachère naturelle, après deux ans, a ramené la valeur de Is vers 1,0 sur les deux parcelles.

Donc, l'état de dégradation est encore faible dans le cas d'une rotation à jachère courte. L'influence de la fumure a été nulle.

**Assolements intensifs, parcelles 8, 9 et 10.**

Après neuf ans de culture sans jachère, l'évolution de la stabilité structurale est semblable sur les trois parcelles, et elle est comparable à celle du champ C.31 en grande culture, après huit années de culture. L'effet de la fumure minérale seule ou associée à du fumier paraît donc négligeable sur l'état

structural du sol, mais il faut remarquer que les apports de fumier ont été très faibles : 5 t/ha en 1955 et 10 t/ha en 1958. Cette étude de structure a commencé en 1958 ; on peut donc considérer comme négligeable l'amendement organique entre 1958 et 1963. A Bambari, par contre, sur un essai de culture continue, un apport annuel de fumier à la dose de 20 t/ha a donné un effet positif très net (COMBEAU, QUANTIN, 1964).

En avril 1963, après neuf ans de culture, la valeur de l'indice Is atteint une valeur proche de 1,9 à 2,0.

Numéros des parcelles .....	8	9	10
Is en 1963 .....	1,90	2,06	1,87
Moyenne de Is en 1958-1963 ..	1,44	1,49	1,39

En huitième et en onzième année de culture, les rendements de coton sont voisins sur les trois parcelles, et régulièrement plus élevés que le niveau initial. Il semble donc que la valeur 2,0 ne soit pas encore la limite critique d'instabilité structurale, où le niveau de fertilité (en culture mécanisée) commence à décroître sensiblement. Il est probable que l'amélioration apportée par les labours est encore suffisamment durable pour maintenir un bon niveau de fertilité pendant le temps de croissance de la plante cultivée. Dans cet essai, la fumure minérale ne semble pas rentable. Pour un indice structural voisin de 2, elle n'apporte pas d'accroissement de rendement. Mais cet essai ne comportait pas de répétitions. A Bambari, en neuvième année de culture, le cotonnier avec engrais a donné un rendement 50 % plus élevé que le témoin, et avec engrais + fumier 95 % d'accroissement de récolte.

#### b) VARIATION DES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

L'essai d'assolement a été implanté sur un sol déjà dégradé et particulièrement hétérogène. L'absence de répétition laisse apparaître de grandes variations dues probablement plus à l'échantillonnage qu'aux effets des divers traitements. Ceci rend très hasardeux la comparaison des résultats.

#### Moyenne des résultats.

Si on fait la moyenne de chaque essai de 1954 à 1963, on voit qu'ils se rapprochent tous par la valeur de pH et de rapport C/N.

Par rapport à un pH moyen de l'ensemble égal à 5,8, la moyenne de chaque essai varie de 5,7 à 6,0.

L'amplitude de la variation du pH pendant dix ans pour chaque essai est d'environ 0,8 unité, soit  $\pm 0,4$  par rapport à la moyenne.

La moyenne du rapport C/N de l'ensemble des essais est de 13,65. La moyenne de chaque essai varie de 13,25 à 13,91. L'amplitude de la variation de ce rapport pour chaque essai est d'environ 0,6, soit  $\pm 0,3$  par rapport à la moyenne.

On n'a pas pu mettre en évidence un cycle régulier de variation saisonnière annuelle du pH et de C/N pendant les dix années consécutives. On ne voit pas de différence nettement significative entre les moyennes de chaque essai. Donc, les effets à long terme de chaque traitement ne sont pas évidents.

MOYENNE DES ESSAIS DE 1954 à 1963

N° parcelle	pH (eau)	S* mé. %/g	C (%)	N	C/N	Rotation
Moyenne d'ensemble..	5,80	4,29	1,27	0,093	13,65	
1 .....	5,81	4,82	1,46	0,106	13,77	Longue jachère
2 .....	5,74	3,57	1,22	0,091	13,40	
3 .....	6,01	4,74	1,36	0,101	13,46	Moyenne jachère
4 .....	5,76	3,54	1,14	0,086	13,25	Courte jachère
7 .....	5,67	3,49	1,15	0,086	13,37	
8 .....	5,82	4,77	1,28	0,092	13,91	Culture continue
9 .....	5,86	4,65	1,23	0,090	13,66	
10 .....	5,73	4,71	1,30	0,096	13,54	

\* S = somme des bases échangeables.

On peut remarquer que cet essai comportait probablement deux types de sol, nettement différents par leur teneur en matière organique (C et N) et celle en bases échangeables (S).

Groupement des parcelles suivant deux types de sol	S	C (%)	N (%)	C/N
Parcelles nos 2, 4 et 7 .....	3,49 - 3,57	1,14 - 1,22	0,086 - 0,091	13,25 - 13,40
Parcelles nos 1, 3, 8, 9 et 10 .....	4,65 - 4,82	1,23 - 1,46	0,090 - 0,106	13,46 - 13,91

On comprend qu'il soit impossible de comparer les valeurs absolues de (S) des bases échangeables et de la matière organique (C et N) sur des parcelles originellement hétérogènes.

D'autre part, par suite de la subdivision du premier essai pour établir un deuxième essai de rotation plus complexe avec répétition, on a été amené à déplacer le lieu de prélèvement initial ; cela a provoqué, dans un certain cas, des différences systématiques importantes explicables seulement par l'hétérogénéité des terres.

#### Evolution moyenne des diverses caractéristiques chimiques.

Bien que ces résultats n'offrent aucune certitude par suite de l'hétérogénéité des sols et de la non-répétition des traitements, essayons de donner quelques indications probables quant à l'évolution des caractéristiques chimiques.

Dans le tableau suivant, nous apprécions l'état initial et l'état final de deux manières :

état initial :

A.7 après trois ans de culture manuelle,

B.4 + A.7 = moyenne après un an et trois ans de culture manuelle des deux premières observations.

N.B. Toutes les parcelles ont subi également ce premier stade.

état final :

A.63 fin des observations,

B.61 + A.62 + B.62 + A.63 = moyenne des quatre dernières observations, après action des divers traitements.

GRI-EA, ÉVOLUTION CHIMIQUE :

Etat initial	}	I 1 prélèvements A 7
		I 2 moyenne B 4+A 7
Etat final	}	F 1 prélèvement A 63
		F 2 moyenne B 61+A 62+B 62+A 63

Traitement	No parcelle	Date observation	pH	S (meg %/g)	C (%)	N (%)	C/N
Jachère de longue durée (1)	1	I 1	6,0	4,84	1,27	0,102	12,4
		I 2	6,0	5,16	1,32	0,085	15,52
	2	F 1	5,8	(6,0)	(1,95)	(0,132)	14,7
		F 2	5,8	5,60	1,78	0,124	14,35
	2	I 1	6,0	3,40	1,03	0,083	12,4
		I 2	(5,7)	3,74	1,11	0,080	13,87
2	F 1	5,8	4,05	1,43	0,105	13,6	
	F 2	5,8	4,35	1,47	0,104	14,13	
Jachère de moyenne durée (2)	3	I 1	6,1	4,56	1,26	0,109	11,5
		I 2	6,2	4,57	1,21	0,095	12,73
	3	F 1	5,6	(6,50)	(1,69)	(0,116)	14,6
		F 2	(5,9)	(5,71)	1,59	0,111	14,32
Jachère de courte durée (3)	4	I 1	6,2	3,54	1,03	(0,079)	(10,5)
		I 2	6,0	3,87	1,04	0,091	11,42
	4	F 1	5,6	4,10	1,25	0,086	14,5
		F 2	5,7	3,66	1,30	0,095	13,68
	7 (FE)	I 1	6,3	4,39	1,08	0,090	12,0
		I 2	6,1	4,80	1,24	0,093	13,33
7 (FE)	F 1	5,5	(3,00)	1,19	0,090	13,1	
	F 2	5,5	(3,33)	1,19	0,089	13,37	
Culture intensive continue (4)	8	I 1	6,3	5,16	1,22	0,104	11,7
		I 2	(5,8)	4,95	1,17	0,083	14,09
	8	F 1	5,7	5,20	1,47	0,105	14,0
		F 2	5,8	5,10	1,41	0,099	14,24
	9 (E)	I 1	6,2	4,37	1,16	0,092	12,6
		I 2	6,2	4,61	1,12	0,080	14,00
	9 (E)	F 1	5,7	(6,05)	1,53	0,108	14,2
		F 2	5,7	5,67	1,49	0,107	13,92
	10 (FE)	I 1	6,4	4,90	1,26	0,100	12,6
		I 2	6,1	4,76	1,19	0,090	13,22
10 (FE)	F 1	5,7	(5,75)	1,43	0,101	14,2	
	F 2	5,5	4,70	1,37	0,088	15,56	

NB. E = engrais minéral ; F = fumier en 1954 (5 t) et 1958 (10 t).  
Les résultats paraissant aberrants ont été mis entre parenthèses.

pH : sur les parcelles en jachère de longue durée, le pH a peu varié. Dans le cas des parcelles cultivées, le pH s'est significativement abaissé dans tous les cas. La variation relative est de 0,5 à 0,8 unités. En moyenne, et en rapportant à la valeur des jachères de longue durée, l'écart est de 0,5 unités pH. Ceci rejoint les observations faites ailleurs.

S : somme des bases échangeables. Si l'on excepte les résultats aberrants, sur les parcelles en longue jachère cette valeur s'est accrue de 20 % environ. Sur les parcelles cultivées, la somme des bases échangeables n'a probablement pas varié d'une manière significative.

C : carbone organique. Sur les parcelles en jachère de longue durée, le carbone s'est significativement accru d'une valeur comprise entre 40 % et 60 %. Sur les parcelles cultivées, en aucun cas la teneur en carbone ne s'est abaissée. Au contraire, dans la majeure partie des cas, on peut noter un accroissement relatif d'environ 15 % à 20 %. Ceci pourrait faire penser que les résidus de récolte sont capables d'enrichir le sol en matière organique et de le maintenir ainsi à un niveau constant. Mais il ne faut pas oublier que les sols étaient déjà dégradés au départ.

N : azote total. Sur les parcelles en jachère de longue durée, l'azote s'est accru d'environ 25 % à 30 %, d'une manière significative. Dans le cas des sols cultivés, la teneur en azote n'a probablement pas varié. En aucun cas, elle ne s'est abaissée. Ceci semblerait indiquer que le bilan de l'azote est très stable en sol cultivé. Les exportations et les pertes sont compensées par l'activité de fixation. L'effet des fumures paraît très fugace. Il n'apparaît pas significativement dans le sol.

C/N : rapport carbone/azote. Dans tous les cas, le rapport s'est stabilisé à une valeur moyenne d'environ 14. Initialement, en 1957, l'effet de trois années de culture manuelle traditionnelle avait abaissé ce rapport à une valeur moyenne de 12. Ensuite, l'équilibre s'est rétabli à une valeur moyenne proche de celle observée ailleurs sur sol cultivé ( $\approx 14$ ) et légèrement inférieure à celle des sols sous savane ( $\approx 15$ ).

P : phosphore assimilable (TRUOC). Les résultats sont trop variables pour être interprétés. En moyenne, ils varient entre 10 ppm et 20 ppm. Ils ne sont pas significativement supérieurs sur les parcelles en longue jachère ou en culture continue. L'effet des fumures paraît très fugace dans le sol ; mais l'effet résiduel se prolonge sur la culture suivante (d'après les rendements des cultures).

### c) CONCLUSION, EFFETS DES DIVERS TRAITEMENTS

#### Jachère.

La jachère de longue durée (six ans), non brûlée, à graminées de type *Pennisetum purpureum* ou à légumineuses de type *Cajanus indicus*, tout en maintenant constantes les valeurs de pH et de phosphore assimilables, a rapidement amélioré la stabilité structurale (fig. 21) et progressivement accru la teneur en carbone organique, en azote, et corrélativement celle en bases échangeables, en même temps que la capacité d'échange de bases.

La jachère de moyenne durée (trois ans), non brûlée, à graminées spontanées, a rapidement amélioré la stabilité structurale (fig. 22) et légèrement accru les teneurs en carbone organique et corrélativement en bases échangeables, sans accroître celle du pH, de l'azote et du phosphore assimilable. Donnons comme exemple la parcelle 3 :

Traitement	pH	S	C	N	C/N	Is
Première culture (quatre ans).	6,09	4,33	1,17	0,092	12,71	1,41
Trois ans de jachère .....	5,96	4,60	1,39	0,096	14,47	0,54

La jachère de courte durée (deux ans), non brûlée, à graminées spontanées, après six ans de culture qui avait entraîné une nette dégradation du sol, semble avoir apporté une amélioration se traduisant par un accroissement sensible de la stabilité structurale (fig. 21 et 22), une légère élévation des teneurs en carbone organique, azote et en bases échangeables. Il n'y a pas eu de remontée sensible du pH. Cette amélioration s'est fait sentir sur le rendement des cultures. On peut donc penser à une amélioration probable des propriétés physico-chimiques du sol par deux ans de jachère naturelle. Voici les résultats d'analyse observés sur les parcelles 4 et 7 :

N° parcelle	Traitement	pH	S	C	N	C/N	Is
4 .....	Première culture (28 mois)	6,00	3,87	1,04	0,091	11,42	
7 .....		6,15	(4,80)	1,24	0,093	13,33	
4 .....	Jachère à ambrevade (21 mois)	6,3	3,35	0,92	0,081	11,3	0,52
7 .....		6,2	3,15	1,08	0,088	12,3	0,65
4 .....	Deuxième culture (3 ans)	5,6	2,98	1,11	0,086	13,25	1,57
7 .....		5,5	3,21	1,10	0,081	13,58	1,54
4 .....	Deuxième jachère à graminées (2 ans)	5,75	3,66	1,30	0,095	13,68	0,81
7 .....		5,55	3,33	1,19	0,089	13,37	1,00

Une jachère d'un an et demi à légumineuse (*Cajanus indicus*) a probablement apporté une sensible amélioration structurale, mais elle n'a pas relevé les valeurs des caractéristiques chimiques de fertilité. Au contraire, les analyses indiquent une légère baisse de la matière organique (C et N) et des bases échangeables, accompagnée d'une légère remontée du pH. Il est probable, en tenant compte de la variation d'échantillonnage pour une si courte période, que les modifications sont négligeables. Une jachère d'un an est probablement trop courte pour améliorer sensiblement la fertilité du sol ; elle permet cependant d'améliorer la stabilité structurale.

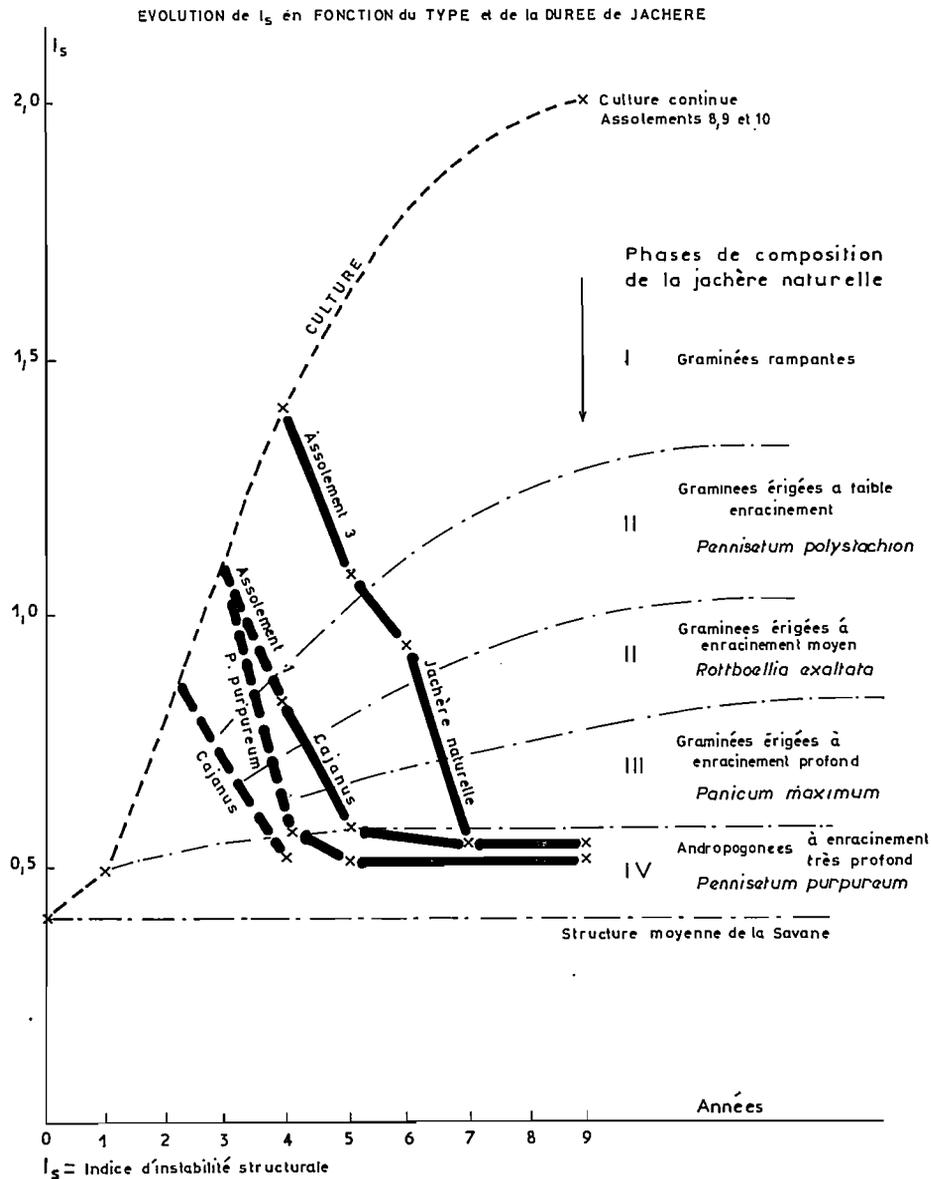


Fig. 21. — Essai d'assolement (protocole 1).

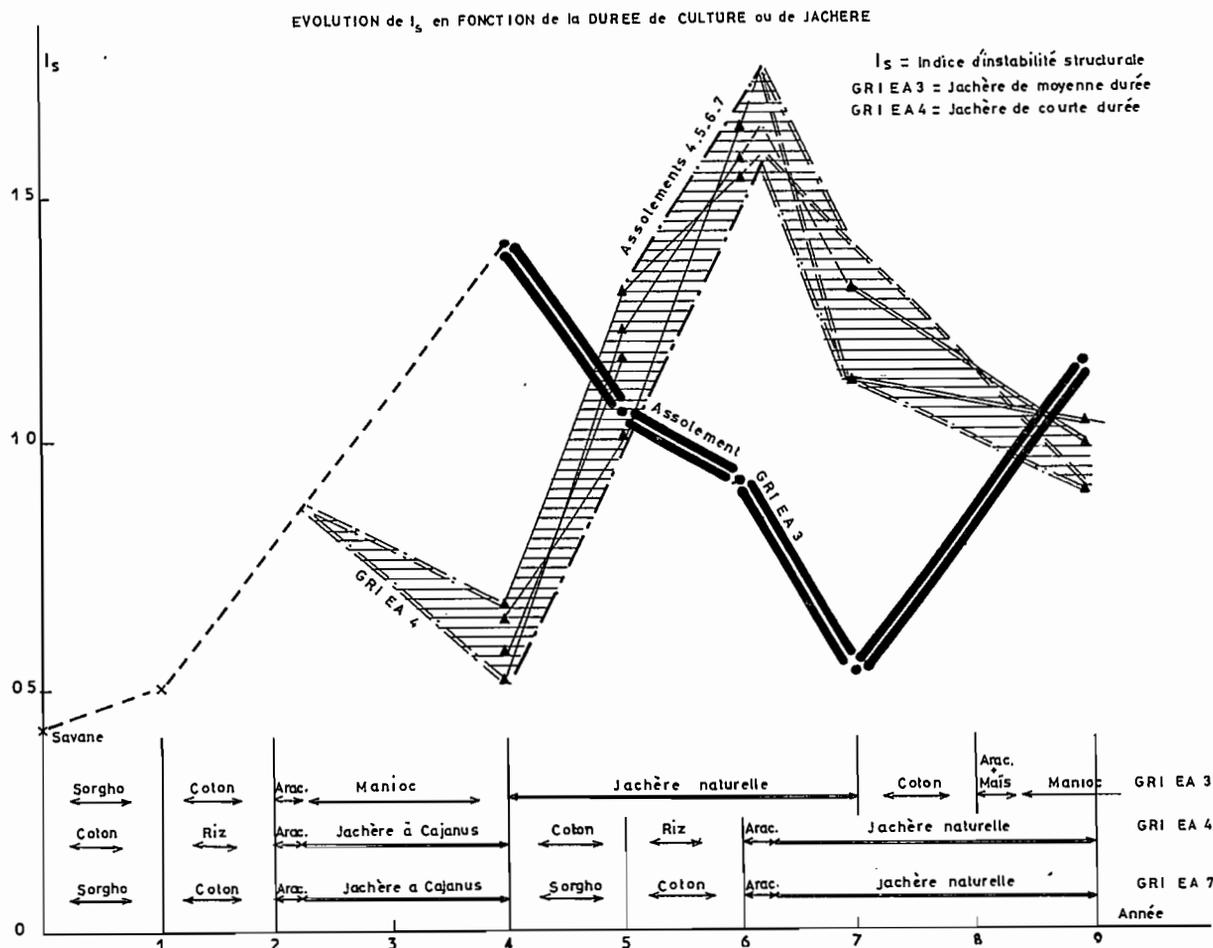


Fig. 22. — Essai d'assolement.

### Culture.

On pourra se reporter aux précédents tableaux d'analyse.

On remarque essentiellement :

- 1) une dégradation progressive de la stabilité structurale ;
- 2) une diminution puis une stabilisation du pH à une valeur inférieure en moyenne de 0,5 à celle initiale.

Les autres caractéristiques chimiques, probablement déjà dégradées par les précédents antérieurs, semblent assez stables. La somme des bases échangeables et la teneur en azote ont peu varié au cours de neuf années de cultures consécutives (parcelles 8, 9 et 10) ou après six années de culture interrompues par une année de jachère (parcelles 4 et 7). Cependant, on note une légère remontée progressive de la teneur en carbone organique et, consécutivement, du rapport C/N entre les années 1957 et 1963, alors que l'on avait observé une baisse pendant les trois premières années de culture manuelle. Ceci semblerait indiquer que les façons culturales mécanisées, en enfouissant les résidus de récolte, ralentissent les processus de minéralisation de la matière organique et protègent ainsi ce potentiel en le stabilisant. Ceci aurait l'avantage de stabiliser aussi le stock de bases échangeables et de phosphore assimilable du sol et de freiner la dégradation structurale. En somme, la fertilité du sol serait stabilisée à un niveau d'équilibre suffisant par l'effet d'une rotation et de façons culturales bien conduites, même en culture continue.

Enfin, il faut remarquer que la fumure organique appliquée à des doses trop faibles (5 t/ha à 10 t/ha) a été inefficace et inutile alors que des doses plus fortes (20 t/ha) ont eu un effet positif à Bambari. La fumure minérale a eu des effets certains sur les rendements de la culture traitée et même

de la suivante, sans cependant laisser de traces significatives dans le sol ; même après une période relativement courte de quatre à six mois, elle n'a pas modifié le sens de l'évolution physico-chimique du sol : on a pu voir que les parcelles 8, 9 et 10 en culture continue, ayant reçu la même fumure minérale en 1964, ont fourni le même rendement en coton, bien qu'elles aient subi auparavant trois traitements différents. Il faudrait considérer la fumure minérale expérimentée ici comme un apport complémentaire, déterminé pour un sol donné et une plante définie, utile pendant cette courte période pour obtenir un rendement optimum et compenser les exportations, ou subvenir aux besoins de la plante, non pour enrichir le sol.

### C) RESULTATS PARTIELS DU SECOND PROTOCOLE

Les résultats définitifs ne permettront l'interprétation globale qu'à partir de 1968\*.

#### 1) COMPARAISON DES DIVERS ASSOLEMENTS

Comme chaque phase est présente chaque année, nous pouvons ici faire la moyenne de cinq années d'observation pour les trois répétitions de l'essai. Les valeurs des productions sont celles pratiquées sur les marchés fin 1964.

#### ASSOLEMENT 1, traditionnel, Banda

##### Rotations avec arachides.

Années	Cultures	Sans fumure			Fumure sur coton en « ouverture »	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation	
Première année .....	Coton	942	4.500 équiv. NSP	1.056		
Deuxième année .....	Arachides	1.024		1.147		
	+ Maïs	764		798		
Troisième année .....	Manioc	24.368		26.254		
Cinquième à huitième années	Jachère naturelle					
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		109.676		119.690	Coût : 4.878	

##### Rotations avec courges.

Années	Cultures	Sans fumure			Fumure sur coton en « ouverture »	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation	
Première année .....	Coton	1.013	4.500 équiv. NSP	1.181		
Deuxième année .....	Courges	132		192		
	+ Maïs	1.037		1.182		
Troisième année .....	Manioc	22.336		25.979		
Cinquième à huitième années	Jachère naturelle					
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		99.552		116.473	Coût : 4.878	

#### ASSOLEMENT 1, semi-intensif, type Grimari

##### Rotations avec arachides et riz.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Coton	1.302	4.500 équiv. NSP	1.327	4.500 équiv. NSP
Deuxième année .....	Arachides	1.672		1.850	BN + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Riz	1.785		1.998	
Troisième année .....	Coton	1.242	4.500 équiv. NSP	1.355	4.500 équiv. NSP
Quatrième année .....	Arachides	1.045		1.135	
	+ Maïs	865		1.042	
Cinquième année .....	Manioc	16.943		18.240	
Sixième à huitième années ..	Jachère naturelle				
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		184.284	Coût : 9.756	119.577	Coût : 12.756

##### Rotations avec arachides et sésame.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Coton	1.329	4.500 équiv. NSP	1.304	4.500 équiv. NSP
Deuxième année .....	Arachides	1.557		1.800	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Sésame	403		429	
Troisième année .....	Coton	1.316	4.500 équiv. NSP	1.487	
Quatrième année .....	Arachides	1.069		1.015	4.500 équiv. NSP
	+ Maïs	991		1.150	
Cinquième année .....	Manioc	17.033		20.662	
Sixième à huitième années ..	Jachère naturelle				
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		171.538	Coût : 9.756	189.636	Coût : 12.756

\* Cette interprétation a été faite par R. MOREL fin 1965.

## ASSOLEMENT 3, semi-intensif à jachères courtes

## Rotations avec arachides et riz.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Coton	1.205	4.500 équiv. NSP	1.355	4.500 équiv. NSP
Deuxième année .....	Arachides	1.431		1.549	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Riz	1.495		2.157	
Troisième et quatrième années	Jachère naturelle				
Cinquième année .....	Coton	1.109	4.500 équiv. NSP	1.222	4.500 équiv. NSP
Sixième année .....	Arachides	1.083		1.032	
	+ Maïs	777		889	
Septième année .....	Manioc	17.880		21.016	
Huitième année .....	Jachère naturelle				
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		172.428	Coût : 9.756	119.115	Coût : 12.756

## Rotations avec arachides et sésame.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Coton	1.315	4.500 équiv. NSP	1.277	4.500 équiv. NSP
Deuxième année .....	Arachides	1.448		1.505	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Sésame	361		409	
Troisième et quatrième années	Jachère naturelle				
Cinquième année .....	Coton	1.004	4.500 équiv. NSP	1.102	4.500 équiv. NSP
Sixième année .....	Arachides	1.059		1.109	
	+ Maïs	836		830	
Septième année .....	Manioc	19.883		18.397	
Huitième année .....	Jachère naturelle				
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		116.212	Coût : 9.756	165.544	Coût : 12.756

## ASSOLEMENT 4, intensif sans jachère, culture continue

## Rotations avec arachides et riz.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Coton	1.398	4.500 équiv. NSP	1.514	4.500 équiv. NSP
Deuxième année .....	Arachides	1.580		1.777	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Riz	1.700		1.913	
Troisième année .....	Coton	1.296	4.500 équiv. NSP	1.420	4.500 équiv. NSP
Quatrième année .....	Arachides	1.199		1.263	
	+ Maïs	799		910	
Cinquième année .....	Coton	1.229	4.500 équiv. NSP	1.201	4.500 équiv. NSP
Sixième année .....	Arachides	1.449		1.469	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Riz	1.494		1.575	
Septième année .....	Coton	1.175	4.500 équiv. NSP	1.317	4.500 équiv. NSP
Huitième année .....	Arachides	1.083		1.307	
	+ Maïs	783		940	
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		275.487	Coût : 19.512	281.102	Coût : 25.512

## Rotations avec arachides et sésame.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Coton	1.497	4.500 équiv. NSP	1.444	4.500 équiv. NSP
Deuxième année .....	Arachides	1.423		1.627	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Sésame	374		492	
Troisième année .....	Coton	1.307	4.500 équiv. NSP	1.424	4.500 équiv. NSP
Quatrième année .....	Arachides	1.029		1.245	
	+ Maïs	859		1.020	
Cinquième année .....	Coton	1.196	4.500 équiv. NSP	1.068	4.500 équiv. NSP
Sixième année .....	Arachides	1.420		1.438	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Sésame	339		410	
Septième année .....	Coton	1.221	4.500 équiv. NSP	1.252	4.500 équiv. NSP
Huitième année .....	Arachides	1.006		1.147	
	+ Maïs	818		965	
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		244.912	Coût : 19.512	259.869	

S'il y a décroissance légère du rendement en coton au cours de la rotation, nous n'avons pas le droit d'en conclure à une diminution régulière de la fertilité, car les renseignements ne portent que sur cinq années d'observation. Pour l'instant, nous devons admettre que la productivité du sol se maintient, d'autant plus que ces parcelles ont déjà supporté au préalable sept années de cultures dans le cadre du premier protocole. Nous voyons qu'avec une fertilisation complémentaire sur les arachides, on arrive à maintenir la production à un niveau encore plus élevé.

ASSOLEMENT 5, « semi intensif », avec une autre ouverture que le coton

Rotations avec ouverture en sésame et riz en troisième année.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Sésame	411		415	
Deuxième année .....	Coton	1.354	4.500 équiv. NSP	1.317	4.500 équiv. NSP
Troisième année .....	Arachides	1.710		1.834	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Riz	1.620		1.836	
Quatrième année .....	Coton	1.318	4.500 équiv. NSP	1.441	4.500 équiv. NSP
Cinquième année .....	Arachides	1.174		1.145	
	+ Maïs	878		903	
Sixième année .....	Manioc	16.889		18.011	
Septième et huitième années..	Jachère naturelle				
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		196.787	Coût : 12.756	205.848	Coût : 12.756

Rotations avec ouverture en sorgho et sésame en troisième année.

Années	Cultures	Arachides sans fumure		Fumure sur coton et arachides	
		Rendement (kg/ha)	Fertilisation	Rendement (kg/ha)	Fertilisation
Première année .....	Sorgho	167		228	
Deuxième année .....	Coton	1.193	4.500 équiv. NSP	1.121	4.500 équiv. NSP
Troisième année .....	Arachides	1.416		1.693	8 N + 22,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Sésame	409		447	
Quatrième année .....	Coton	1.348	4.500 équiv. NSP	1.389	4.500 équiv. NSP
Cinquième année .....	Arachides	1.130		1.213	
	+ Maïs	965		1.033	
Sixième année .....	Manioc	21.259		21.429	
Septième et huitième années..	Jachère naturelle				
Total pour les huit années. Revenu brut en F CFA...		179.975	Coût : 9.756	186.596	Coût : 12.756

## 2) VALEUR DES DIFFERENTS TYPES D'ASSOLEMENT

Nous pouvons les comparer sur les revenus bruts qui sont le reflet de la production du sol.

Au point de vue de l'intensité de l'exploitation, nous voyons que les rotations de type traditionnel « banda » (n° 1) produisent en moyenne 13.613 F CFA par an contre 23.098 F CFA pour les assolements semi-intensifs (n°s 2, 3 et 5), le maximum de production annuelle étant donné par la culture continue avec 33.370 F CFA, soit 2,45 fois plus que la culture intensive. Nous avons vu plus haut que les résultats des cultures de « multiplication »\* sur la station de Grimari donnaient aussi un coefficient d'augmentation supérieur à 2 pour les quatre principales cultures. Mais cette augmentation de production ne se fait-elle pas au détriment du potentiel de fertilité du sol ?

Au point de vue du potentiel de production annuelle nous voyons que, pour chaque année de culture effective, la méthode traditionnelle donne en moyenne 37.115 F CFA ; l'assolement 2, semi-intensif, fournit 37.250 F CFA de produits par année de culture ; il n'y a donc pas de diminution de la productivité du sol. La moyenne des trois assolements semi-intensifs donne 34.821 F CFA, avec des rotations comme celles de l'assolement 5 qui ont des cultures de faibles rendements. Bien que l'assolement 4 ne comporte pas de culture de manioc qui rapporte toujours beaucoup, la culture intensive continue donne une production annuelle de 33.370 F CFA, comme nous l'avons dit plus haut.

\* Culture de « multiplication » des semences de cotonnier.

## REVENUS PAR HECTARE CULTIVÉ

Assolement Temps de culture/jachère	Fumure	Succession	Revenu brut (F CFA)		Revenu net (F CFA)	
			Par année effectivement cultivée	Par année de la rotation	Par année effectivement cultivée	Par année de la rotation
1 type Banda 3/5	Sans fumure	Avec arachides	36.558	13.709	36.558	13.709
		Avec courges	33.184	12.444	33.184	12.444
	Fumure sur coton seul	Avec arachides	39.896	14.961	38.270	14.351
		Avec courges	38.824	14.559	37.198	13.949
2 semi-intensif Grimari 5/3	Fumure sur coton seul	Avec riz	36.856	23.035	34.905	21.816
		Avec sésame	34.307	21.442	32.356	20.222
	Fumure sur coton et arachide	Avec riz	39.915	24.947	37.364	23.352
		Avec sésame	37.925	23.704	35.376	22.110
3 semi-intensif à jachère courte 5/3	Fumure sur coton seul	Avec riz	34.485	21.553	32.534	20.334
		Avec sésame	33.242	20.776	31.291	19.557
	Fumure sur coton et arachides	Avec riz	39.823	24.889	37.291	23.307
		Avec sésame	33.109	20.693	30.558	19.098
4 culture continue 8/0	Fumure sur coton seul	Avec riz	34.436		31.997	
		Avec sésame	30.614		28.175	
	Fumure sur coton et arachide	Avec riz	35.949		31.949	
		Avec sésame	32.484		29.295	
5 ouverture autre que le coton 6/2	Fumure sur coton seul	Ouverture sésame	32.796	24.598	31.172	23.379
		Ouverture sorgho	29.996	22.497	28.369	21.277
	Fumure sur coton et arachide	Ouverture sésame	34.308	25.731	32.182	24.136
		Ouverture sorgho	31.099	23.324	28.973	21.730

## D) ANALYSE DES RESULTATS PAR PLANTE

## 1) COTON

## a) ACTION DE LA FERTILISATION MINÉRALE

— Effet de la fumure directe sur coton (testée dans l'assolement 1).

Années	Rendements sans fumure Témoin (t)	Coton avec fumure (NPS)			
		Rendements	T (%)	Plus-value (kg)	Fumure
1954 .....	703	763	108,5	+ 60	20 N
1955 .....	790	780	98,7	- 10	20 N
1957 .....	576	604	104,8	+ 28	20 N
1958 .....	689	864	125,4	+ 175	10 T fumier
1960 .....	127	310	244,0	+ 183	20 N
1961 .....	868	1.159	133,5	+ 291	3.000 éq.
1962 .....	1.511	1.428	94,5	- 83	3.000 éq.
1963 .....	741	949	128,0	+ 208	3.000 éq.
1964 .....	792	955	120,5	+ 163	6.000 éq.
Moyenne générale.	755	868	114,96	+ 113	9 ans
1961-1964 .....	977	1.123	114,9	+ 146	Fumure équilibrée
1954-1960 .....	549	614	111,8	+ 65	20 N

Dans l'ensemble, la fumure sur coton apporte une augmentation de production significative de 14,9 %.

L'analyse statistique des quatre dernières années montre que, malgré l'hétérogénéité des blocs et la variabilité des années, l'action de la fumure est significative à 1 % :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 87$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 120$  kg/ha,  
écart moyen : 3 %.

L'interaction fumures  $\times$  saisons est significative à 5 % :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 187$  kg/ha.

L'interaction du deuxième ordre, fumures  $\times$  saisons  $\times$  emplacements, est significative à 1 %.

## — Arrière-effet sur le coton d'une fumure sur l'arachide.

Fumure de l'arachide, l'année précédant la culture du coton.

Assolements	Après arachide sans fumure			Après arachide avec fumure		
	1962	1963	1964	1962	1963	1964
N° 2 .....	1.066	1.572	1.419	1.517	1.944	1.306
N° 4 - troisième année ..	1.077	1.660	1.450	1.271	1.860	1.563
N° 4 - septième année ...	1.299	1.685	1.025	1.254	1.955	1.263
N° 5 .....	1.444	1.673	1.304	1.276	1.816	1.466
Moyennes .....	1.389			1.541		
% .....	100			110,9		
Plus-value (kg/ha) .....				+ 152		

La moyenne de l'essai est de 1.465 kg/ha de coton (graine).

Les saisons sont différentes.

1963 est significativement différente des autres années :

ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 377$  kg/ha,  
 erreur moyenne : 12 %.

Les assolements ne sont différents significativement qu'en 1964.

L'arrière-effet de la fumure est hautement significatif pour les trois années :

ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 79$  kg/ha,  
 écart moyen : 3 %.

L'interaction fumure  $\times$  saisons  $\times$  assolements est significative à 1 %.

## — Arrière-effet à long terme (trois ans) d'une fumure sur arachide.

EFFET 1964 D'UNE FUMURE ÉPANDUE EN 1961

Assolements	Après arachide Avant fumure Témoïn (t)	Coton après arachide avec fumure			Moyenne par assolement
		Rendement	T (%)	Plus-value (kg)	
N° 3 .....	1.084	1.374	126,7	+ 290	1.229
N° 4 - première année ..	1.330	1.422	106,9	+ 92	1.376
N° 4 - cinquième année ..	1.277	1.299	101,7	+ 22	1.288
Moyenne .....	1.230	1.365	111,0	+ 132	1.298

Les assolements sont équivalents.

L'arrière-effet de la fumure se fait sentir d'une façon hautement significative :

ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 78$  kg/ha,  
 écart moyen : 1,7 %.

Les interactions assolements  $\times$  fumures sont significatives :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 78$  kg/ha,  
 ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 109$  kg/ha,  
 écart moyen : 2 %.

L'arrière-effet est hautement significatif dans l'assolement 3, après deux années de jachères naturelles courtes. La fumure, en facilitant le démarrage de la jachère, a permis une reconstitution plus rapide de la fertilité.

INTERACTION. FUMURE  $\times$  PLANTES AYANT SUCCÉDÉ À L'ARACHIDE

Fumures sur l'arachide	Cultures ayant succédé à l'arachide	
	Riz	Sésame
Sans fumure .....	1.206	1.255
Avec fumure .....	1.405	1.325
Moyenne .....	1.305	1.290

Interaction hautement significative :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 96$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 134$  kg/ha,  
écart moyen : 5 %.

La fumure appliquée à la rotation avec riz donne un effet supérieur.

En conclusion, l'arrière-effet des fumures qui se manifeste ici doit surtout être interprété comme une amélioration de la fertilité.

b) INFLUENCE DE LA PLACE DANS LA ROTATION SUR LE RENDEMENT EN COTON

Nombre d'années de culture	1961	1962	1963	1964	Moyenne		
					Rendement	% de T	Plus-valuc
1 (témoin) *	1.178	1.483	1.542	1.004	1.304	100	—
Assolement 2	820	1.314	1.747	1.363	1.311	100,5	+ 7 kg
Assolement 5	725	1.527	1.458	1.158	1.217	93,4	+ 87 kg
Assolement 5	940	1.543	1.847	1.536	1.467	112,5	+ 163 kg
Assolement 4	986	1.579	1.727	1.526	1.455	111,5	+ 151 kg
Assolement 4	1.087	1.346	1.535	1.291	1.315	100,8	+ 11 kg
Moyennes annuelles ..	957	1.465	1.642	1.320	1.346	103,2	+ 42 kg

\* Assolement.

Les saisons sont significativement différentes à  $P = 0,001$  :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 93$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 127$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,001$ ,  $\pm 171$  kg/ha,  
écart de la moyenne :  $\pm 32$  kg (2,4 %).

Le temps de culture a une action hautement significative :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 126$  kg/ha.  
ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 166$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,001$ ,  $\pm 214$  kg/ha,  
écart de la moyenne :  $\pm 45$  kg (3,34 %).

Quatre à cinq ans de culture sont équivalents entre eux et diffèrent de tous les autres temps de culture. Un, deux et trois ans de culture sont équivalents entre eux. La septième année fléchit par rapport à la quatrième et à la cinquième mais reste encore équivalente à la première année.

L'interaction saisons  $\times$  temps de culture est hautement significative :

ppds à  $P = 0,05$ ,  $\pm 504$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,01$ ,  $\pm 664$  kg/ha,  
ppds à  $P = 0,001$ ,  $\pm 858$  kg/ha.

Ces résultats sont à comparer avec ceux des parcelles 6 et 7 des études de l'érosion et aux rendements du coton des champs de grandes cultures en fonction de la place dans la rotation. Nulle part on ne voit de diminution de la productivité en fonction du temps de culture, si la culture reçoit de légères fumures minérales (voir fig. 23 et 24). L'essai d'« épuisement » effectué à l'IRCT de Bambari l'a démontré aussi sur la culture du coton.

c) INFLUENCE DU PRÉCÉDENT CULTURAL

— Influence de la culture d'« ouverture » (assolement 5).

Le coton de seconde année est influencé par le type de culture pratiqué en « ouverture ».

Années	Coton cultivé après sésame (T) (kg)	Coton cultivé après sorgho	
		Rendements (kg/ha)	% de T
1962 .....	1.487	1.373	92,3
1963 .....	1.531	1.385	90,4
1964 .....	1.202	1.113	92,6
Moyenne trois ans.	1.407	1.290	91,7

L'essai est significatif à  $P = 0,05$ .

Cette différence significative en faveur d'une ouverture par le sésame rejoint les résultats économiques qui donnent la faveur aux rotations de l'assolement 5 commençant par cette culture.

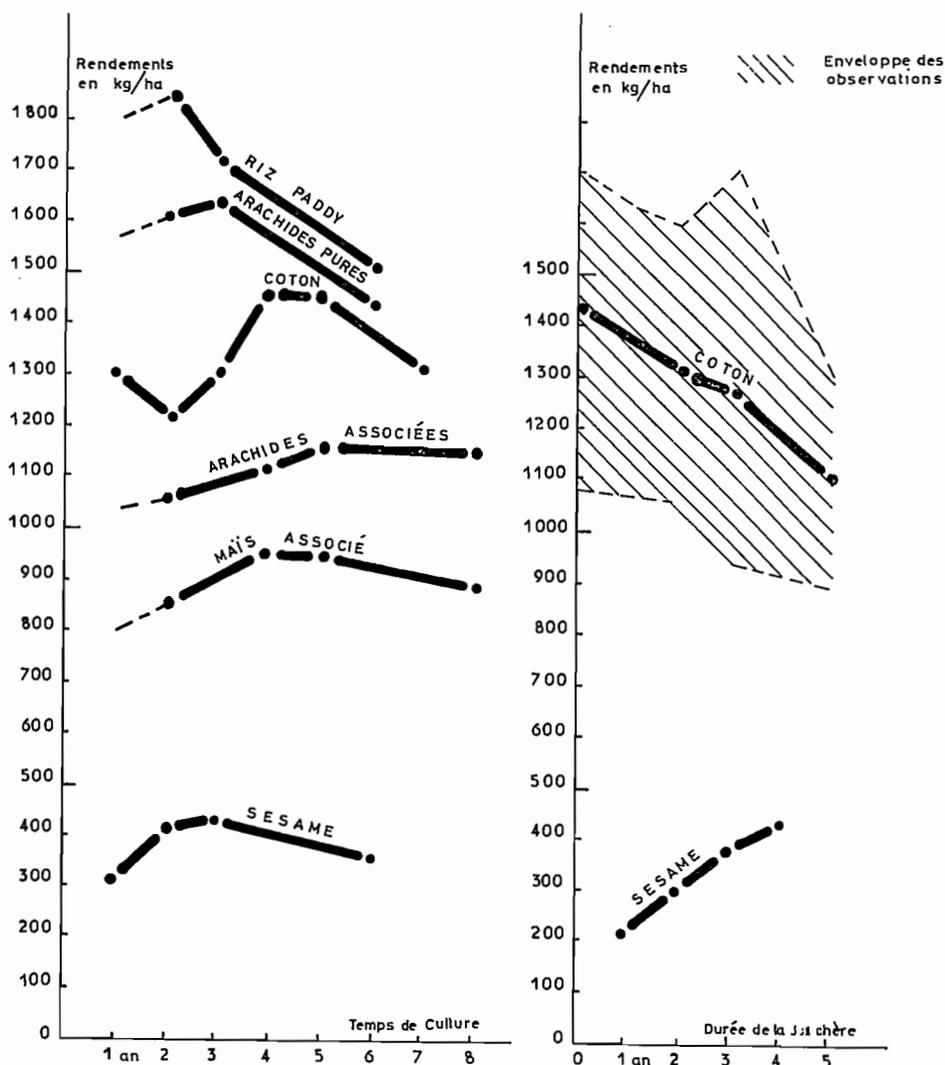


Fig. 23. — Essai d'assolement. Variation du rendement des cultures en fonction du temps de culture.

Fig. 24. — Essai d'assolement. Variation du rendement de la culture « en ouverture » suivant la durée de jachère.

— Influence de la culture succédant à l'arachide comme précédent cultural du coton (étudiée dans les assolements 2, 4 et 5).

Années	Après arachide + sésame (T) (kg/ha)	Coton après arachide + riz	
		Rendements (kg/ha)	% de T
1962 .....	1.299	1.252	96,3
1963 .....	1.820	1.721	94,5
1964 .....	1.385	1.314	94,8
Moyenne trois ans.	1.502	1.429	95,1

L'analyse n'est pas significative : il y a équivalence entre les précédents ; toutefois, si on compare ce résultat avec celui des cultures d'ouverture, on voit qu'il apparaît une tendance à l'effet dépressif des cultures de céréales quand elles précèdent immédiatement le coton. Par contre, à plus long terme, après une jachère ou une culture continue, il y a nivellement de la fertilité.

— Influence de la durée de la jachère sur le rendement du coton, en « réouverture » (en kg/ha de coton graine) :

Durée de la jachère		1961	1962	1963	1964	Moyenne des quatre ans		
						Rendement	% d'assol. 4	Différence (kg)
0	Assolement 4 (T) ...	1.087	1.589	1.711	1.376	1.441	100	—
2	Assolement 3 .....	1.167	1.448	1.612	1.049	1.319	95,5	— 122
3	Assolement 2 .....	946	1.714	1.419	1.043	1.280	88,5	— 161
5	Assolement 1 .....	896	1.301	1.254	976	1.107	76,9	— 234
Moyennes annuelles .....		1.024	1.513	1.499	1.111	1.287	89,3	— 154

Les saisons sont différentes de façon très hautement significative :

ppds à P = 0,05, ± 93 kg/ha,  
 ppds à P = 0,01, ± 126 kg/ha,  
 ppds à P = 0,001, ± 171 kg/ha,  
 écart de la moyenne : ± 32 kg (2,5 %).

L'accroissement de la durée de la jachère a un effet significativement dépressif sur le rendement du coton en « ouverture ». Les facteurs pédologiques de fertilité étant d'autant plus reconstitués que la durée de la jachère est plus longue, ce résultat paraît étonnant. Mais il peut s'expliquer de la manière suivante : plus la jachère est longue, plus la matière végétale enfouie à la « réouverture » est abondante et plus sa décomposition immobilise (par suite du développement de l'activité microbienne) des éléments fertilisants (NPS) nécessaires au développement du cotonnier. Il faudrait, logiquement, accroître la fumure minérale en « ouverture » :

ppds à P = 0,05, ± 122 kg/ha,  
 ppds à P = 0,01, ± 161 kg/ha,  
 ppds à P = 0,001, ± 211 kg/ha,  
 erreur de la moyenne : ± 43 kg (3,34 %).

La régression est linéaire, de formule  $Y = 1.453 - 67 x$  (de Y en x).

La réduction de la durée de jachère, consécutive à un allongement du temps de culture, n'apporte pas de diminution de rendement du coton en « ouverture », au contraire. Ce résultat est dû à l'emploi de fumures équilibrées à petites doses qui suffisent à maintenir le potentiel chimique du sol à un niveau correct. Dans le cas de longues jachères, il conviendrait d'accroître cette fumure minérale pour compenser l'immobilisation des éléments fertilisants par le développement brutal de l'activité microbienne.

## 2) ARACHIDES

### a) EFFETS DE LA FUMURE MINÉRALE

— Fumure minérale directe sur une culture pure d'arachides. Depuis 1961 dans les assolements 2, 3, 4 et 5.

Années	Arachide sans fumure (T) (kg/ha)	Arachide avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1961 .....	1.215	1.265	104,1	+ 50
1962 .....	2.039	2.224	109,0	+ 185
1963 .....	1.765	1.961	111,1	+ 196
1964 .....	1.667	1.800	108,0	+ 133
1965 .....	833	1.049	125,9	+ 216
Moyenne cinq ans ...	1.504	1.660	110,0	+ 156

Les effets de la fumure sont très constants et nous avons vu à l'étude des assolements que cette fumure complémentaire maintenait le sol à un niveau de fertilité élevé. Précédemment, nous venons de montrer que cet engrais avait un arrière-effet très sensible sur le coton qui succède à l'arachide.

Essai significatif à P = 0,01.

## — Effets résiduels des fumures sur une arachide associée au maïs.

ARRIÈRE-EFFET DE LA FUMURE SUR COTON TESTÉ DEPUIS 1962 DANS L'ASSOLEMENT

Années	Après coton sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière coton avec fumure		
		Rendement	% T	Plus-value (kg)
1962 .....	1.808	1.933	106,9	+ 125
1963 .....	792	964	121,7	+ 172
1964 .....	677	777	114,7	+ 100
1965 .....	814	917	112,6	+ 103
Moyenne quatre ans..	1.023	1.148	112,2	+ 125

Cet arrière-effet régulier permet de rentabiliser à coup sûr la fumure du coton sur l'arachide suivante.

Nous le verrons au cours de l'analyse économique de tous ces résultats.

ARRIÈRE-EFFET À LONG TERME DE LA FUMURE SUR ARACHIDES PURES  
TESTÉ SUR LES ASSOLEMENTS 2, 4 ET 5

Arachides puis riz .....	Coton avec fumure	Arachides associées au maïs
Fumure - Année 1 .....	Année 2	3 (testée ici)

Années	Après arachides sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière arachides avec fumure		
		Rendement	% T	Plus-value (kg)
1963 .....	609	764	124,4	+ 155
1964 .....	660	749	113,5	+ 89
1965 .....	1.020	1.177	115,4	+ 157
Moyenne trois ans ....	763	897	117,5	+ 134

Comme pour le coton, l'effet à long terme de la fumure est appréciable et correspond à l'élévation du niveau de fertilité du sol.

## b) INFLUENCE DE LA PLACE DANS LA ROTATION

## — Culture pure d'arachides.

Années	2 <sup>e</sup> année (T) Assol. 2, 3, 4	3 <sup>e</sup> année Assol. 5	6 <sup>e</sup> année Assol. 4 - 2 <sup>e</sup> rotation
1962 .....	2.141	2.583 (120,6 %)	1.652 (77,1 %)
1963 .....	2.031	1.731 (85,2 %)	1.406 (69,2 %)
1964 .....	1.791	1.656 (92,4 %)	1.639 (91,5 %)
1965 .....	889	1.041 (117,15 %)	996 (112,0 %)
Moyenne cinq ans ...	1.608	1.641 (102 %)	1.444 (89,8 %)

Les résultats sont assez contradictoires suivant les années. Il n'y a pas de différence significative entre la deuxième et la troisième année de culture ; la sixième année de culture a été significativement inférieure en 1962, 1963 et 1964. Il faut noter l'influence de la dégradation de la structure pour la réussite des semis précoces en début de saison des pluies. La levée est mauvaise sur des terres dégradées quand la pluviométrie est déficitaire.

## — Culture d'arachides associées au maïs.

Années	2 <sup>e</sup> année (T) Assol. 3, 1	4 <sup>e</sup> année Assol. 2, 4	5 <sup>e</sup> année Assol. 5	8 <sup>e</sup> année Assol. 4
1962 .....	1.666	1.813	2.103	1.920
1963 .....	706	683	724	664
1964 .....	803	663	826	667
1965 .....	863	1.102	1.162	1.029
Moyenne cinq ans ....	1.062	1.125	1.167	1.153

c) INFLUENCE DU PRÉCÉDENT CULTURAL À DEUX ANS SUR LES ARACHIDES EN « CULTURE ASSOCIÉE » DES ASSOLEMENTS 2, 4 ET 5

Années	Après sésame (T)	Derrière riz	
		Rendement	% de T
1963 .....	657	715	108,8
1964 .....	707	702	99,3
1965 .....	1.045	1.152	110,3
Moyenne trois ans ....	803	856	106,6

Essai non significatif.

Comme pour le coton, à deux ans d'intervalle, le précédent cultural ne joue plus sur une culture associée arachides-maïs.

d) EFFET DE L'ASSOCIATION SUR LE RENDEMENT DE L'ARACHIDE

Années	Culture pure (T) (kg/ha)	Arachides associées au maïs	
		Rendements	% de T
1961 .....	1.240	1.299	104,7
1962 .....	2.132	1.845	86,5
1963 .....	1.863	692	37,1
1964 .....	1.733	731	42,2
1965 .....	941	1.340	109,9
Moyenne cinq ans ...	1.582	1.120	70,7

L'effet dépressif de l'association est d'autant plus net que la culture du maïs est mieux venue ; il s'explique par la concurrence.

3) SESAME

a) ARRIÈRE-EFFET D'UNE FUMURE SUR ARACHIDES PRÉCÉDANT LE SÉSAME

Années	Après arachide sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière arachide avec fumure		
		Rendements	% de T	Plus-value (kg)
1961 .....	355	413	116,3	+ 58
1962 .....	279	343	122,9	+ 64
1963 .....	298	425	142,6	+ 127
1964 .....	555	569	102,5	+ 14
Moyenne quatre ans ..	372	437	117,5	+ 65

Le sésame présente une excellente réponse à l'arrière-effet de la fumure sur arachide ; mais, malgré tout, les rendements restent faibles et ne procurent pas de revenus intéressants.

b) INFLUENCE DE LA PLACE DANS LA ROTATION

Années	Ouverture Assol. 5 (T) (kg/ha)	2 <sup>e</sup> année Assol. 2, 3, 4	3 <sup>e</sup> année Assol. 5	6 <sup>e</sup> année Assol. 4
1961 .....	206	384 (186,4 %)	364 (176,7 %)	401 (194,6 %)
1962 .....	220	311 (141,3 %)	388 (176,3 %)	237 (107,7 %)
1963 .....	384	378 (98,4 %)	420 (109,4 %)	250 (65,1 %)
1964 .....	442	571 (129,1 %)	540 (122,2 %)	555 (125,5 %)
Moyenne .....	313	411 (131,3 %)	428 (136,7 %)	361 (115,3 %)

Les rendements en « ouverture » sont significativement plus faibles que ceux de deuxième et troisième année. La culture continue ne présente pas d'effet dépressif sur le sésame ; au contraire, les rendements restent bons grâce aux effets résiduels des fumures sur coton et arachides.

c) RÔLE DE LA DURÉE DE LA JACHÈRE PRÉCÉDANT L'« OUVERTURE » EN SÉSAME

Durée de la jachère	Rendement du sésame en « ouverture » (kg/ha)	% du témoin (1 an de jachère)
1 an .....	220	100,0
2 ans .....	303	137,7
3 ans .....	393	178,6
4 ans et plus .....	426	193,6
Rendement moyen de l'essai .....	320	145,4

Au contraire du coton, le rendement du sésame croît dans le même sens que l'augmentation de stabilité structurale, ce qui paraît tout à fait normal.

## 4) RIZ

## a) ACTION RÉSIDUELLE DE LA FUMURE SUR L'ARACHIDE PRÉCÉDANT LE RIZ

Années	Après arachide sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière arachides avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1961 .....	638	963	150,9	+ 325
1962 .....	2.618	3.111	118,8	+ 493
1963 .....	427	519	121,5	+ 92
1964 .....	2.804	3.015	107,5	+ 211
Moyenne quatre ans ..	1.622	1.902	117,3	+ 280

Comme pour le sésame, l'arrière-effet de la fumure sur arachides est très important pour la production du riz d'arrière-saison.

## b) INFLUENCE DE LA PLACE DANS LA ROTATION

Le riz est toujours cultivé en arrière-saison derrière une culture d'arachide.

Années	2 <sup>e</sup> année Assol. 2, 3, 4 (T) (kg/ha)	3 <sup>e</sup> année Assol. 5	6 <sup>e</sup> année Assol. 4
1961 .....	752	754 (100,2 %)	990 (131,6 %)
1962 .....	3.143	2.848 (90,6 %)	2.046 (65,1 %)
1963 .....	555	443 (79,8 %)	255 (45,9 %)
1964 .....	2.957	2.866 (96,9 %)	2.805 (94,9 %)
Moyenne quatre ans ..	1.852	1.728 (93,3 %)	1.516 (81,9 %)

Les mauvaises années correspondent à des semis tardifs ayant occasionné l'« échaudage » et une diminution de la récolte. Les deux premières années ne sont pas différentes, mais la sixième année de culture est significativement inférieure aux autres.

## 5) MAÏS EN « CULTURE ASSOCIEE »

## a) ACTION RÉSIDUELLE DES FUMURES MINÉRALES

— **Arrière-effet à un an de la fumure sur coton (assolement 1).**

Années	Derrière coton sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière coton avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1962 .....	314	472	150,9	+ 158
1963 .....	792	892	112,6	+ 100
1964 .....	1.871	1.904	107,1	+ 33
Moyenne trois ans ...	992	1.089	109,7	+ 97

— **Arrière-effet à deux ans de la fumure sur arachides (assolements 2, 4 et 5).**

Années	Après arachide sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière arachides avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1963 .....	1.304	1.486	113,9	+ 182
1964 .....	1.472	1.668	113,3	+ 196
1965 .....	639	646	100,1	+ 15
Moyenne trois ans ...	1.138	1.266	112,4	+ 128

## b) INFLUENCE DU PRÉCÉDENT CULTURAL À DEUX ANS (ASSOLEMENTS 2, 4 ET 5)

Années	Après sésame (T) (kg/ha)	Après une culture de riz	
		Rendements	% de T
1963 .....	1.547	1.245	80,4
1964 .....	1.613	1.557	96,5
1965 .....	677	608	89,8
Moyenne deux ans ....	1.279	1.136	88,8

Si ces résultats se confirment les années suivantes, nous avons là le seul effet dépressif à long terme d'un précédent cultural. Il apparaît une action dépressive d'une culture de céréale (riz) sur une autre céréale (maïs) \*.

NB. \* C'est le même effet légèrement dépressif, déjà noté du précédent cultural du sorgho sur le cotonnier ; il s'explique de la même façon, par le fait d'un enfouissement plus important de matière organique fraîche après céréales qu'après sésame.

## c) EFFET DE LA PLANTE ASSOCIÉE SUR LE RENDEMENT DU MAÏS (ASSOLEMENT 1)

Années	Associé avec arachides (T) (kg/ha)	Maïs associé avec courges	
		Rendements (kg/ha)	% de T
1961 .....	656	659	100,4
1962 .....	215	571	265,5
1963 .....	408	1.276	312,7
1964 .....	1.844	1.930	104,6
Moyenne quatre ans ..	781	1.109	142,0

Il est certain que la courge n'est pas concurrentielle pour le maïs, mais cette culture est à proscrire car elle est d'un faible rapport et couvrant mal le sol, elle permet la dégradation superficielle de la structure et des dépôts par érosion.

## d) RENDEMENT DU MAÏS EN FONCTION DU NOMBRE D'ANNÉES DE CULTURE

Années	2 <sup>e</sup> année (T) Assol. 1 et 3	4 <sup>e</sup> année Assol. 2 et 4	5 <sup>e</sup> année Assol. 5	8 <sup>e</sup> année Assol. 4
1961 .....	699	756 (108,1 %)	686 (98,1 %)	801 (114,6 %)
1962 .....	383	358 (93,5 %)	332 (86,6 %)	180 (47,0 %)
1963 .....	949	1.437 (151,4 %)	1.371 (144,4 %)	1.338 (141,0 %)
1964 .....	1.679	1.452 (86,5 %)	1.757 (104,6 %)	1.620 (96,5 %)
1965 .....	631	743 (139,9 %)	580 (109,2 %)	504 (94,9 %)
Moyenne cinq ans ...	848	949 (111,9 %)	945 (111,4 %)	888 (104,7 %)

Comme pour les arachides et le riz, on n'observe pas de résultats significatifs : ce qui montre qu'il n'y a pas eu de chute de fertilité en prolongeant le temps de culture jusqu'à huit années consécutives.

## 6) COURGES ASSOCIÉES AU MAÏS

## — Arrière-effet de la fumure sur coton (assolement 1).

Années	Derrière coton sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière coton avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1962 .....	92	128	139,1	+ 36
1963 .....	212	290	136,7	+ 78
1964 .....	139	205	147,4	+ 66
Moyenne trois ans ...	148	208	140,5	+ 60

## 7) MANIOC

## a) EFFETS RÉSIDUELS DES FUMURES ÉPANDUES SUR LES PRÉCÉDENTS CULTURAUX

## — Arrière-effet à deux ans de la fumure sur coton (assolement 1).

Années	Derrière coton sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière coton avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1963 .....	32.480	38.443	118,3	+ 5.963
1964 .....	15.382	20.859	135,6	+ 5.477
Moyenne deux ans ...	23.931	29.651	123,9	+ 5.720

L'action résiduelle est remarquablement constante sur l'augmentation de production des racines fraîches de manioc.

## — Arrière-effet à trois ans de la fumure sur arachides (assolements 2 et 5).

Années	Après arachide sans fumure (T) (kg/ha)	Derrière arachides avec fumure		
		Rendement	% de T	Plus-value (kg)
1964 .....	15.262	18.707	122,5	+ 3.445

## b) INFLUENCE DU TYPE D'ASSOLEMENT ET DE L'ANNÉE DE CULTURE

Récolte en troisième année en assolement traditionnel : 25.422 kg/ha.

Récoltes en quatrième et cinquième années en assolements semi-intensifs : 18.137 kg/ha (75,2 % du précédent).

## c) RÔLE DES PRÉCÉDENTS CULTURAUX

## — Influence du précédent direct (assolement 1).

Années	Après maïs + arachides (T) (kg/ha)	Après association maïs-courge	
		Rendement (kg/ha)	% de T
1962 .....	30.527	30.707	100,5
1963 .....	34.830	36.087	103,6
1964 .....	21.145	15.047	71,1
Moyenne trois ans ..	28.834	27.280	94,6

Action non significative du précédent cultural direct sur le manioc.

## — Influence du précédent à long terme (assolements 2 et 5).

Années	Après sésame (T) (kg/ha)	Après une culture de riz	
		Rendements	% de T
1964 .....	16.580	17.387	104,8

Différence non significative.

## 8) SORGHO

Rendement moyen du sorgho cultivé en ouverture : 197 kg/ha.

## E) INTERPRETATION GENERALE. RENTABILITE DE LA FUMURE MINERALE

La fumure est rentable non seulement en action directe, mais encore grâce à l'arrière-effet remarquable que l'on observe et qui prouve le maintien de la fertilité.

Replaçons les résultats moyens précédents dans quelques successions-types :

## 1) RENTABILITE DE LA FUMURE SUR COTON (assolement traditionnel)

La fumure moyenne équilibrée entre N, S et P de 4.500 équivalents grammes à l'hectare avait une valeur, en 1965, de 4.878 F CFA. Quels sont les effets observés ?

Effets de la fumure et cultures	Sans fumure (T)	Avec fumure du cotonnier			
		Rendement	Gain en % de T	Plus-value	
				en poids	en F CFA
Effets directs sur coton .....	977	1.123	114,9	+ 146	4.088
Arrière-effet arachides .....	1.023	1.148	112,2	+ 125	1.625
+ maïs .....	992	1.089	109,7	+ 97	1.164
manioc .....	23.931	29.651	123,9	+ 5.720	14.300
Total en trois ans .....					21.177

## 2) RENTABILITE DE LA FUMURE SUR ARACHIDES (assolements semi-intensifs)

Effets et cultures sans fumure	Rendement (T)	Arachides avec fumure			
		Rendement	Gain en % de T	Plus-value	
				en poids	en francs
Coton avec fumure .....	1.463	1.463	—	—	—
Effet direct sur arachides .....	1.504	1.660	110,0	+ 156	2.028
Arrière-effet sur riz .....	1.622	1.902	117,3	+ 280	3.920
Coton .....	1.389	1.541	110,9	+ 152	4.256
Arachides .....	763	897	117,5	+ 134	1.742
+ Maïs .....	1.138	1.266	111,2	+ 128	1.536
Total partiel .....					13.482
Fin de rotation manioc .....	5.262	18.707	122,5	+ 3.445	8.612
Total avec manioc .....					22.094

Il y a encore un effet des fumures longtemps après leur épandage. Ce serait surtout un arrière-effet « induit » qui permettrait de maintenir le sol à un niveau de fertilité élevé. En rotation continue, le coton cultivé en cinquième année est encore légèrement sensible à cette élévation de la fertilité.

Rappelons que la fumure sur arachides est composée de phosphate bicalcique (60 kg/ha) et de sulfate d'ammoniaque (40 kg/ha), le tout coûtant environ 3.000 F CFA l'hectare.

## ESSAI DE SYNTHÈSE DES RESULTATS

### I) EVOLUTION DE LA FERTILITE D'UN SOL CULTIVE

#### A) METHODES D'ETUDE

Les prélèvements pour les trois principaux essais réalisés à Grimari, assolement, grande culture et érosion, ne comportaient pas de répétition pour chaque traitement. En raison de l'hétérogénéité superficielle des terres, des variations d'échantillonnage et de précédents culturaux divers et imprécis, il n'a pas été possible généralement de tirer, à partir de très nombreux résultats d'analyse chimique, des conclusions nettement significatives ou même probables. Pour cette raison, en vue d'analyser l'évolution de la fertilité, nous avons dû nous contenter d'un critère plus concret, mais moins explicite, celui du rendement des cultures. Cependant, en « ouverture » après défrichement, la fertilité du sol paraît médiocre pour des raisons probables d'activité microbienne. Au début des essais, la seule plante qui a donné un rendement raisonnable en ouverture était le cotonnier qui semblait peu sensible aux conditions offertes par le défrichement. On a donc choisi le cotonnier comme plante en tête d'assolement et comme test d'évolution de la fertilité.

Pour l'étude physique du sol, nous avons généralement utilisé la méthode de HÉNIN. Celle-ci donne une bonne idée de la stabilité structurale du sol. Nous avons pu suivre ainsi d'une manière significative l'évolution de la structure. Une bonne corrélation a pu être établie entre l'indice de HÉNIN et la vitesse ou la nature spécifique d'installation des graminées de jachère spontanée. Mais aucune corrélation n'a pu être trouvée ici, d'une manière générale, avec les rendements des cultures. Probablement, d'autres critères tels que porosité-capacité pour l'air, perméabilité, capacité de rétention en eau au champ auraient dû être examinés d'une façon systématique ; ils ne l'ont été que dans certains cas (parcelle d'érosion) et pendant une période trop courte. Aucune étude sur l'activité biologique des sols n'a pu, non plus, être faite.

Seule l'analyse statistique des rendements a été possible.

Nous essaierons cependant de donner quelques indications relatives à l'évolution de la fertilité des sols à Grimari.

#### B) LA FERTILITE DU CHAMP A LA MISE EN CULTURE

Après défrichement, en première année, la majeure partie des plantes donne des rendements médiocres. A ce moment, le potentiel de fertilité indiqué par les critères physico-chimiques utilisés dans cette étude paraît à son niveau maximum. Après deux ou trois ans, les rendements sont très sensiblement améliorés. Cet effet dépressif du défrichement pourrait raisonnablement s'expliquer par de simples raisons d'activité microbienne. Lors de la décomposition des masses importantes de végétaux frais, il y a un développement explosif de bactéries et de champignons. Ces organismes bloquent à leur profit tous les éléments assimilables disponibles, principalement azote, soufre et phosphore. On observe généralement des signes de « faim » d'azote et de soufre. De plus, le sol est mal préparé ; la structure est souvent trop soufflée pour favoriser une bonne germination des semis. Le développement intense de certains champignons saprophytes peut être également nuisible. Tous ces défauts pourraient être compensés par une fumure minérale équilibrée (NPS) et une préparation plus soignée du sol.

En « ouverture », la culture la plus pratiquée a été celle du cotonnier, parce qu'elle a paru la moins sensible à l'effet dépressif de l'enfouissement de la jachère. D'autre part, le cotonnier, plante à enracinement pivotant, est favorisé par le labour profond d'ouverture : son pivot peut se développer plus loin, au lieu de se courber au niveau du deuxième horizon trop compact et mal aéré ; parallèlement, le développement du système végétatif supérieur est accru d'autant. Enfin, le cotonnier est une culture sarclée ; celle-ci permet d'éliminer les végétaux adventices pérennes, dont les graminées (*Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *Imperata cylindrica*, etc.).

Les essais de culture en « ouverture » montrent que seul le coton ne subit guère d'effet dépressif marqué, même sans complément minéral, alors que les autres plantes ne donnent que des rendements faibles approchant souvent la moitié de ceux obtenus à une autre place dans la rotation. Le sésame, parfois cultivé en « ouverture », donne 27 % de diminution de rendement avec 309 kg/ha au lieu de 395 kg/ha obtenus ultérieurement. Même les cultures en début de saison des pluies, faites après les feux courants de saison sèche ayant limité le volume des débris végétaux à enfouir, donnent des productions relativement peu importantes en ouverture (maïs, arachides, etc.).

Il faut remarquer qu'initialement, dans tous les essais et plus particulièrement celui d'assolement, tous les sols avaient eu leur potentiel chimique dégradé par le précédent de la « multiplication » du cotonnier en culture manuelle. Par rapport à une savane arbustive naturelle, même brûlée, la stabilité structurale, le pH et le rapport C/N avaient peu varié ; mais les teneurs en carbone organique, en bases échangeables, en phosphore assimilable (et probablement aussi en soufre assimilable) avaient sensiblement diminué :

- C a décré de 1,7 % à 1,6 % à 1,3 % à 1,0 % ;
- S\* a décré de 7 meq pour 100 g à 4-5 meq pour 100 g ;
- P\*\* assimilable a décré de 50 ppm à 20 ppm à 15 ppm.

C'est ce qui explique que, par la suite, les sols ayant déjà atteint un stade d'équilibre propre aux sols cultivés, leurs caractéristiques chimiques ont peu varié, alors que leurs caractéristiques physiques ont évolué sensiblement.

### C) EVOLUTION DES CRITERES DE FERTILITE

Dans la région tropicale humide de Grimari, le défrichement de la savane déclenche un processus de dégradation du sol qui se manifeste surtout par un abaissement de stabilité structurale. Ce processus est particulièrement marqué pendant les premières années. Mais le rendement des cultures, qui traduit la fertilité du sol, augmente en général jusqu'à la troisième année, à la condition expresse de prendre des mesures antiérosives. En effet, si aucune précaution ne vient limiter le ruissellement des eaux de pluies, il y a dès la seconde année une forte dégradation de la structure superficielle du sol qui perd ses éléments fins et les rendements en sont affectés. Après la mise en culture se développent deux séries antagonistes de facteurs évolutifs du sol.

La structure tend facilement à prendre une forme nouvelle : de nuciforme moyenne, ou plus rarement grumeleuse, elle devient continue mais poreuse et de type « mie de pain ». La stabilité structurale se dégrade sensiblement. L'indice de HÉMIN passe de 0,3 à 0,4 au départ à 0,6 après un an de culture, 0,8 après deux ans, 1,0 après trois ans à quatre ans, 1,7 à 1,8 après huit ans, 1,9 à 2,1 après neuf ans à dix ans. Quand cette valeur atteint 1,0 environ après trois ans à quatre ans de culture, le sol est devenu « battant » ; il « croûte » et se « glace » en surface sur une épaisseur variant de 0,5 cm à 5 cm suivant le microrelief. Lors des pluies violentes, les particules fines : argiles, limons et humus, sont mises en suspension et entraînées par les eaux de ruissellement ou de percolation ; les sables fins se déposent en lits et sont cimentés étroitement par une partie des éléments fins qui percolent. Si le sol est nu ou mal couvert, ce phénomène s'accélère par diminution de la perméabilité superficielle ; l'érosion devient alors rapidement importante, et ceci surtout au détriment des parties fines, support essentiel des éléments de fertilité (humus, bases échangeables, azote, phosphore et soufre assimilable). L'effet physique de la croûte, lui-même, en limitant très fortement la pénétration de l'eau et de l'air et les échanges avec l'atmosphère, abaisse sensiblement la fertilité. Si on ne remédie pas à ce mal, il se produit un net ralentissement du développement végétal des plantes. Ainsi, on a pu observer (MOREL, QUANTIN, 1964) que la jachère spontanée s'installe mal et lentement sur les terres dégradées et qu'elle ne comporte que des espèces médiocres, peu favorables à la régénération de la structure du sol. D'autre part, sur certaines parcelles mal conduites par exemple celle d'érosion n° 5 en troisième et quatrième année de culture, ou celles de l'essai d'assolement 4, 5, 6, 7, 8 et 9 en 1959 et en 1960, on a pu observer de très sensibles baisses de rendement ; mais généralement la culture a été bien conduite.

Elle comportait : un labour profond qui améliorait la macroporosité et le volume de sol meuble perméable à l'air et à l'eau, la couverture rapide du sol par une bonne densité de plants qui protégeait de l'érosion et empêchait le phénomène de croûte, un entretien ménagé par des sarclages manuels qui brisaient la croûte superficielle. Tous ces effets conjugués ont suffi à améliorer le rendement des cultures

\* S : somme des bases échangeables.

\*\* P : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (TRUOG).

et à le maintenir à un niveau élevé pendant au moins dix années consécutives. **L'effet des façons culturales semble donc avoir freiné et neutralisé celui non moins réel** de la dégradation de la stabilité structurale. Ce phénomène a masqué la corrélation entre la stabilité structurale et la fertilité que nous avons observée ailleurs (COMBEAU QUANTIN, 1963). Mais nous ne pouvons pas dire jusqu'à quelle limite de temps l'effet améliorant des façons culturales peut compenser celui de la dégradation structurale. Les particules de sable fin, de limon et d'argile se séparent du sable grossier, non seulement horizontalement par érosion si on ne prend pas de précautions, mais aussi verticalement le long du profil. On aboutit à la formation d'une « semelle de labour » qui a une structure plus dense à cause de l'agglomération des particules fines. Il faut périodiquement briser cette limite et, éventuellement, la mélanger à l'horizon supérieur par des façons aratoires plus profondes. Le travail du sol permet non seulement de maintenir le drainage à un niveau correct, mais encore homogénéise la répartition des éléments fertiles dans tout l'horizon cultivé. D'autre part, il ne faut pas oublier que pour réaliser une bonne jachère spontanée il ne faut pas dépasser une certaine limite de dégradation structurale.

#### 1) EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE

On aurait pu invoquer l'accroissement de l'**activité biologique** comme deuxième facteur favorable à l'accroissement de la fertilité au cours des premières années de culture. On a remarqué que le rapport C/N s'abaisse rapidement et se stabilise vers une valeur de 13 à 14, inférieure à celle de la savane qui est de 15 à 16. On aurait pu penser que l'activité microbienne, en particulier celle des fixateurs d'azote et des nitrificateurs, se trouve accrue par une meilleure aération et un léger réchauffement du sol en surface. Il en résulterait une meilleure humification de la matière organique (KAUFMANN, 1960) et un accroissement de la teneur en azote nitrique (BIRCH, 1960). En réalité, nous avons constaté que la **teneur en azote variait peu** dans le cas considéré par rapport à une valeur d'environ 0,9 % à 1 %. Il n'y a jamais eu accroissement significatif de la teneur en azote par effet de la culture, même avec engrais azoté. Par contre, la **teneur en carbone organique a sensiblement varié**. De 1,6 % à 1,7 % en savane, elle est passée à une valeur généralement de 1,0 % à 1,3 %. Celle-ci pouvait varier suivant l'effet des saisons humides et sèches (COMBEAU, QUANTIN, 1964) et suivant l'importance des résidus de récolte (riz et maïs en particulier).

Sur l'essai d'assolement, au cours des trois premières années, la culture ayant été assez mal conduite, le carbone organique s'était abaissé sensiblement à une valeur comprise entre 1,0 % et 1,2 % et le rapport C/N entre 10 et 12.

Ensuite, une culture intensive bien conduite a fait remonter la teneur en carbone organique à une valeur de 1,4 et le rapport C/N à 14 sans que la teneur en azote se soit significativement accrue.

D'autre part, à Bambari, on a pu constater (BACHELIER, 1964) que l'activité biologique est maximum en savane, ou dans un sol enrichi en matières organiques fraîches (paille et fumier) ; elle est proportionnelle à la teneur en carbone organique, et principalement en matière fraîche non humifiée. Donc, l'accroissement de la fertilité ne peut s'expliquer ni par une augmentation de la fixation d'azote par le sol ni par un accroissement de l'activité biologique. La diminution de la teneur en carbone organique, par suite de la mise en culture et particulièrement celle en **matière fraîche non humifiée** ou pré-humifiée, explique la dégradation de la stabilité structurale (COMBEAU, QUANTIN, 1964). Mais, par contre, la diminution de l'activité biologique du sol atténuerait l'effet dépressif et concurrentiel vis-à-vis des éléments fertilisants dû au développement des microorganismes.

Ceci pourrait être une raison de la sensible amélioration de la fertilité en début de culture et montre aussi que l'on aura toujours intérêt, en début de culture, à apporter une fumure minérale équilibrée pour compenser l'effet dépressif de l'activité biologique intense du sol. D'autre part, on doit apporter une quantité importante de matière organique fraîche si l'on veut relever le niveau de carbone du sol et entretenir sa stabilité structurale ; dans ce cas, il ne faut pas oublier d'apporter une fumure minérale en complément. Cependant, l'exemple d'une culture continue bien conduite a montré que les résidus de récolte, à eux seuls, peuvent entretenir la teneur en carbone organique et en azote à un niveau suffisant.

#### 2) EVOLUTION DU pH

Elle est significative. Sur tous les sols cultivés on observe une baisse d'au moins 0,5 unité. Cette valeur passe de 6,2 à 6,0 en savane à 5,7 à 5,5 sous culture. La variation se fait au cours des trois premières années. Ensuite, si la culture est bien conduite, le pH se stabilise. Cette valeur varie saisonnièrement ; elle semble la plus stable en janvier, février, au milieu de la saison sèche. On n'a pas montré, à Grimari, de corrélation entre pH et rendement comme on avait pu le faire à Bambari (COMBEAU, OLLAT, QUANTIN, 1961). La limite inférieure d'acidification (entre pH 4,7 et 5,3) où peuvent apparaître des phénomènes de toxicité (Mn), signalée au Niari (République du Congo) d'abord par P. FRANQUIN (1958), puis par P. FRANQUIN et G. MARTIN (1962), n'a pas été atteinte à Grimari.

### 3) EVOLUTION DE LA SOMME DES BASES ECHANGEABLES

Cette évolution paraît plus aléatoire du fait de l'hétérogénéité de l'échantillonnage. En moyenne, après avoir atteint un certain seuil corrélatif à la diminution du stock de matière organique à la suite de la mise en culture, cette valeur varie peu. Comme les sols de tous les essais avaient atteint préalablement ce seuil, on n'a pas observé d'accroissement ou de diminution significatif de la teneur en bases échangeables, et ceci quelle que soit la nature des rotations ou des traitements. La fumure minérale n'a eu aucune répercussion sur le sol. On n'a pas trouvé ici de corrélation entre bases échangeables et rendement comme on l'avait observé à Bambari. Ceci, parce qu'en fait cette valeur n'a pas varié d'une manière significative.

### 4) EVOLUTION DU PHOSPHORE ASSIMILABLE

Elle est difficile à suivre par la méthode utilisée (TRUOC) et très aléatoire. De la savane au sol cultivé, il y a eu probablement une chute allant de 50 ppm à environ 10 ppm à 20 ppm. Mais, comme tous les sols étaient arrivés initialement à ce niveau, on n'a pas observé de variations importantes, et donc pas de corrélation entre phosphore assimilable et fertilité. De plus, après chaque culture, l'effet d'une fumure n'a jamais été noté d'une manière significative ; l'influence dans le sol d'une fumure phosphatée était donc très fugace. Son arrière-effet sur une culture suivante devrait donc être recherché ailleurs que dans l'accroissement des teneurs en phosphore « assimilable » du sol.

Nous n'avons pas suivi l'évolution du soufre assimilable. Elle devrait être comparable à celle de l'azote. Celui-ci varie peu, mais il est probablement bloqué par l'intense activité biologique des micro-organismes du sol lors de la mise en culture. On observe nettement, d'après les essais de fumure minérale, une faim en soufre en première année de culture. Ensuite, cet effet disparaît. Il peut être compensé par une fumure adéquate équilibrée (NSP).

Après avoir montré, à Grimari, que dans les conditions de notre expérimentation il n'y avait généralement pas de corrélation précise ou constante entre les divers critères physico-chimiques du sol couramment utilisés et le rendement des cultures, donc, avec la fertilité, rappelons cependant qu'il ne faut pas généraliser et en conclure qu'il n'existe jamais aucune relation de cette nature.

BOUYER (1963) reconnaît que les échelles de fertilité ainsi établies laissent à désirer, car les corrélations sont bien imparfaites, sauf pour le cas de facteurs limitants. Nous avons vu précédemment à Bambari, sur un sol bien défini, dans un essai plus cohérent que ceux réalisés à Grimari et comportant des répétitions, qu'il existe réellement des corrélations probables ou significatives entre les caractéristiques physico-chimiques du sol et la fertilité (COMBEAU, OLLAT, QUANTIN, 1961 ; BACHELIER 1964). En réalité, il ne faut pas considérer un résultat comme une valeur absolue, mais un test de comparaison valable pour un sol bien défini d'extension limitée et pour un essai précis comportant des répétitions. Nous avons pu montrer ainsi des corrélations positives entre divers critères : carbone organique total, matière organique non humifiée, acides humiques, à l'exclusion des acides fulviques, somme des bases échangeables, pH, stabilité structurale, rétention en eau, porosité à l'air et le rendement d'une culture de cotonnier. A Grimari, les essais étaient trop hétérogènes et ne comportaient pas ou pas assez de répétitions ; c'est pourquoi ils n'ont pu fournir de corrélations avec les analyses physico-chimiques du sol qui ont été effectuées. Ils ont pu donner cependant d'utiles renseignements concernant l'évolution de la matière organique et de la stabilité structurale, et montré l'intérêt de la fumure minérale ; ils ont permis en outre de préciser les systèmes de rotation à préconiser et de contrôler l'efficacité des façons culturales expérimentées.

## D) MAINTIEN ET ACCROISSEMENT DE LA FERTILITE

Le rendement initial des sols de Grimari était relativement médiocre en culture traditionnelle. De plus, les méthodes traditionnelles, parce qu'elles n'améliorent pas la perméabilité du sol en profondeur et ne prennent aucune précaution antiérosive, ne permettent pas une culture intensive sans danger d'érosion et de stérilisation des terres ; la culture itinérante avec longue période de jachère était donc jusque-là impérative de la conservation des sols.

Pour intensifier l'utilisation des sols dans les zones suburbaines trop peuplées, comme Grimari, on a d'abord remplacé la jachère arbustive de longue durée par une jachère herbacée non brûlée de moyenne ou courte durée. Pour compenser le raccourcissement du temps de jachère, on s'est attaché à améliorer les façons culturales, le matériel végétal et les méthodes de plantation ou d'entretien, et on a apporté une fumure minérale. Les premières tentatives pour accroître les rendements par les engrais ont été décevantes. Par exemple, dans l'essai d'assolement de 1954 à 1960, les rendements décroissaient

régulièrement même avec des apports d'engrais, ou éventuellement de fumier. Il faut reconnaître que les apports, dans un souci d'économie, étaient probablement trop limités. On pensait donc que cette opération n'était ni efficace ni économique. A partir de 1961, en pratiquant des labours grossiers et profonds, on a amélioré en profondeur les qualités physiques du sol par accroissement de la porosité à l'air et du drainage interne ; on a également mieux soigné les façons culturales. Dès lors, les rendements ont dépassé le « seuil économique » minimum (de l'ordre de une tonne pour le coton, l'arachide et les céréales). Il semble, d'après les derniers résultats obtenus, que l'on peut maintenir la culture pendant de longues périodes (au moins dix ans) avec un apport d'engrais minéraux, **mais seulement quand on a corrigé puis entretenu les qualités physiques du sol** superficiel par des façons adaptées.

On peut, en même temps que l'amélioration des propriétés physiques du sol, développer la fertilité par l'utilisation de fumure minérale équilibrée en anions N, P, S. Cette fumure a d'abord été mise au point à Bambari, sur le cotonnier, par l'IRCT ; puis elle a été expérimentée avec succès à Grimari depuis 1961. Quand on corrige les déséquilibres minéraux et les qualités physiques du sol, **le bon développement des récoltes est un facteur d'amélioration et d'entretien de la fertilité**, parce que les restitutions de matière organique fraîche sont accrues. Comme l'a démontré BARBIER (1959), l'emploi d'engrais minéraux enrichit le sol en humus. C'est ce qu'on a observé sur l'essai d'assolement dans les parcelles en culture continue 8, 9 et 10. Ceci s'explique probablement par l'accroissement des résidus de récolte et aussi par une meilleure humification. En effet, des qualités physiques instables, asphyxiantes et défavorables, et un déséquilibre minéral provoquent la formation prédominante d'acides fulviques instables qui migrent en profondeur ; quand les conditions sont améliorées, il se forme plus d'acides humiques stables (KAUFMANN, 1960). Il ne faut pas oublier que les acides fulviques provoquent la dégradation de la stabilité structurale, l'asphyxie, la désaturation et l'acidification du sol. Par contre, les acides humiques sont un facteur de stabilité structurale et minérale. Nous avons pu montrer ce phénomène ailleurs, dans l'essai de Bambari (THOMANN, 1963).

A Grimari comme à Bambari, la fumure minérale cationique n'a pas paru intéressante. Les essais de chaulage n'ont jamais donné de résultat. Il ne paraît pas y avoir déficience de l'élément calcium dans le sol, bien que l'interprétation d'un test foliaire sur l'arachide par l'IRHO aurait pu le faire admettre (en ce domaine, les normes d'interprétation devraient être établies sur place, pour un sol et un matériel végétal bien définis). Par contre, il y aurait possibilité de déficience légère du sol en élément magnésium relativement aux teneurs en calcium et surtout en potassium. Des signes de cette déficience ont été notés sur le maïs, mais on n'a pas essayé de la corriger par une fumure. Le potassium est nettement suffisant dans le sol, et même relativement en léger excès par rapport à la somme Ca + Mg. Aucune fumure potassique n'a jamais donné de résultats positifs. Mais il n'est pas impossible qu'après de nombreuses années cet équilibre soit rompu, par suite des exportations par les récoltes, et qu'il faille envisager une fumure cationique complémentaire.

L'élément soufre s'est révélé nécessaire à une bonne alimentation azotée, principalement en tête d'assolement pour le cotonnier. Pour éviter un excès en apportant uniquement du sulfate d'ammoniaque, on peut apporter un complément en perlurée, ou associer perlurée et soufre en fleur. Sur les céréales, venant après le cotonnier, on peut employer la perlurée seule parce que l'effet du soufre est rémanent.

L'élément phosphore est important pour l'accroissement et l'entretien de la fertilité. L'apport de phosphate bicalcique produit le même effet sur les rendements qu'un épandage de fumier contenant la même dose de  $P_2O_5$ . Ceci a été vérifié à Bambari et à Grimari. Le même effet a été observé à Samaru avec du superphosphate (H. VIRRE). A Grimari, comme dans la plupart des sols ferrallitiques formés sur roches acides, la teneur en phosphore assimilable est faible, et même très faible relativement au phosphore total du sol. Une déficience accrue en phosphore apparaît dans des sols épuisés par plusieurs années de culture mal conduite. On constate fréquemment qu'elle accompagne une déficience en azote et un abaissement du pH (SIMPSON, 1961).

En réalité, l'assimilabilité du phosphore semble largement liée à la teneur en matière organique fraîche ou peu humifiée du sol. Si la culture est bien conduite et le cycle du carbone stabilisé à un niveau d'équilibre assez élevé (exemple des parcelles de l'essai d'assolement en culture continue 8, 9 et 10), l'assimilabilité du phosphore se maintient à un niveau suffisant (entre 15 ppm et 20 ppm). Cependant, une fumure phosphatée de complément pour équilibrer les apports d'azote sera toujours nécessaire. La déficience en phosphore paraît souvent plus accusée dans les sols argileux que dans les sols sableux (SAUNDER, 1960), parce que le phénomène de rétrogradation y est plus important. Mais les réserves des sols argileux sont généralement plus élevées et l'assimilabilité du phosphore est avant tout liée à l'évolution de la matière organique.

En conclusion, en climat tropical, sur sol ferrallitique, avec des rotations à jachère de courte durée ou même en culture continue, l'obtention de hauts rendements peut être entretenue grâce à l'entretien de la fertilité du sol. En apportant une fumure équilibrée (NPS), concurremment à l'amélioration des propriétés physiques (macroporosité) par le travail du sol, on maintient les rendements à un niveau élevé et ainsi également l'équilibre de la matière organique dans le sol. L'évolution de la structure peut être stabilisée en dessous d'un « seuil critique d'instabilité » ( $I_s \leq 2$  ?) et l'érosion superficielle demeurer très limitée. En Afrique, les travaux dus aux Instituts de recherche, au cours des dernières années, ont tous montré qu'en culture continue un apport régulier d'engrais suffisait à maintenir le niveau de fertilité initiale, même dans les cas les plus défavorables. A Bambari, dans un essai de culture continue de cotonnier (IRCT), M. BRAUD a pu observer une décroissance très lente des rendements par suite de l'effet d'une fumure minérale régulière. Avec une fumure organique associée, cette décroissance a été encore plus faible. Si l'on compare la moyenne des rendements des quatre premières années, où la dégradation du témoin était encore peu sensible, aux quatre années suivantes, où la dégradation était nettement visible, on a le tableau suivant :

Traitement	1957-1960 (kg/ha)	1961-1964 (kg/ha)	Décroissance relative (%)
Témoin .....	1.332	977	— 26,65
Engrais (NPS) .....	1.741	1.405	— 19,30
Engrais + fumier et pailis .....	2.137	1.862	— 12,86

Relativement au traitement optimum, complet, les rendements du témoin se seraient abaissés en huit ans de 13,8 %, ceux de l'essai avec engrais seul de 6,4 %. Donc, la vitesse de décroissance des rendements a été réduite de moitié par le seul effet des engrais ; de plus, ceux-ci se sont maintenus à un niveau élevé.

A Grimari, sur l'essai d'assolement, en culture continue, nous avons observé qu'un simple apport d'engrais complet (NPS) a permis de maintenir les rendements du cotonnier à un niveau élevé entre 1.322 kg/ha et 1.372 kg ha en onzième année de culture. On remarque que si, par des apports d'engrais (à des doses économiques) et de simples façons culturales bien adaptées, on améliore suffisamment les caractéristiques physico-chimiques initiales du sol pour obtenir des rendements élevés, en même temps le cycle de la matière organique se stabilise à un « niveau d'équilibre » favorable à la conservation de la fertilité du sol.

Ce sont probablement les résidus de récolte qui conservent la teneur en matière organique du sol (RICHARDSON, 1963). D'après BONFILS (1963), ceux-ci ont même une action supérieure à celle d'un engrais vert, mais cependant moindre qu'une longue jachère. L'érosion superficielle est réduite par une culture à haut rendement (PETERSON, 1964 ; QUANTIN, 1960). Ceci s'explique par plusieurs facteurs : accroissements du drainage interne du sol par les labours profonds ; meilleure couverture du sol par la culture ; entretien d'une meilleure stabilité structurale par suite du maintien de la teneur en matière organique du sol (COMBEAU, QUANTIN, 1962 et 1964). On aura donc intérêt à réaliser une bonne densité des plantes cultivées pour obtenir rapidement une couverture végétale efficace et augmenter les résidus de récolte. L'efficacité de la conservation du sol par les plantes cultivées augmente des plantes sarclées aux plantes non sarclées, et des légumineuses aux graminées (riz par exemple, ou mieux, pâturage).

En résumé, il est nécessaire de dépasser le seuil des rendements médiocres pour observer une action des engrais. Il y a intérêt à obtenir les rendements les plus élevés pour conserver la fertilité du sol. Pour obtenir ces hauts rendements, compte tenu des remarques faites ci-dessus concernant les principaux éléments du sol, il faut avoir une nutrition équilibrée au départ et veiller à ce qu'il n'y ait pas de déficience, sinon les petites doses d'engrais employées n'auront pas d'action. La correction des déficiences par une fumure de base vise à une amélioration complète et durable de la fertilité. C'est la conception adoptée par l'IRAT. Douze années de culture continue à Grimari ont laissé le sol dans un état de productivité meilleur que celui qu'il présentait au départ. Les fumures ont toujours été rentabilisées avec des rendements suffisamment élevés.

## II) LE PROBLEME DE LA JACHERE

Sans fumure minérale ni amendement organique, une agriculture sédentaire doit pratiquer la rotation des cultures et prévoir une période de longue jachère pour rétablir le potentiel de fertilité du sol.

A Grimari, on a testé l'effet de différents types de jachère :

d'une part, à longue, moyenne et courte durée ;

d'autre part, à graminées ou légumineuses introduites, à espèces spontanées sans feux de brousse.

Nous résumerons les principaux résultats observés :

### A) LA JACHERE SPONTANEE NON BRULEE : EFFETS SUR LA FERTILITE

La jachère spontanée non brûlée a été le plus souvent utilisée. On a pu observer qu'il existe une évolution dans l'implantation des espèces et on a pu montrer une certaine relation entre la nature ou la vitesse de cette évolution spécifique et les caractéristiques physiques du sol (MOREL, QUANTIN, 1964). Au début s'installent de préférence des mauvaises herbes mono et dicotylédones : ceci constitue le stade « rudéral ». Ensuite, s'implantent en majeure partie des graminées vivaces à enracinement profond de genre *Panicum*, *Pennisetum* et *Rottboellia*. La durée du premier stade varie sensiblement suivant l'état physique du sol : de deux à trois mois sur un sol en bon état (indice  $I_s \leq 1$ ) à plus de dix-huit mois sur un sol très dégradé (indice  $I_s \geq 2$ ). L'observation de l'évolution spécifique d'une jachère peut donc donner une bonne idée de la fertilité initiale du sol et de la durée de jachère à appliquer. Les graminées à enracinement profond permettent de reconstituer une bonne structure en profondeur. Citons par exemple : *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum* et *Rottboellia exalta*. D'autre part, les graminées enrichissent le sol en un matériel organique relativement lent à minéraliser quand il est enfoui ; donc elles ont un effet durable sur la fertilité.



Fig. 25. — Jachère à Sissongo (*Pennisetum purpureum*).  
On remarque le couvert dense et ouvert, la profonde  
pénétration des racines.



Fig. 26. — Effet améliorant du Sissongo (*Pennisetum purpureum*) sur la structure (à gauche, après Sissongo ; à droite, après cotonnier).



Fig. 27. — Jachère à *Panicum maximum*.

#### B) DUREE DE LA JACHERE A GRAMINEES : EFFETS SUR LA FERTILITE

La principale amélioration de la jachère à graminées porte sur la stabilité structurale. En deux ans, celle-ci est déjà sensible (indice  $I_s = 0,6$  à  $1,0$ ). En trois à quatre ans elle peut rejoindre les valeurs observées dans un sol de vieille savane (indice  $I_s = 0,4$  à  $0,6$ ). Evidemment, cet effet est plus ou moins rapide suivant l'état initial.

L'élévation de la teneur en matière organique constitue la deuxième amélioration importante. Celle-ci est relativement moins rapide et moins sensible que celle de la stabilité structurale. Par exemple, sur l'essai d'assolement, l'élévation de la teneur en carbone est d'environ 13 % après deux ans, 18 % après trois ans et 45 % après six ans. La teneur en azote ne s'accroît pas sensiblement au cours des trois premières années, mais devient sensible après six ans (environ 30 %). L'amélioration de la teneur en matière organique n'est donc appréciable qu'après trois ans de jachère.

Les autres données, pH, somme des bases échangeables et taux de saturation en bases, évoluent moins rapidement. Après deux ans de jachère, on observe peu de changement significatif. Après trois ans, il y aurait une légère remontée probable du pH et de la somme des bases échangeables. Après six ans, l'amélioration semble nettement sensible et les caractéristiques se sont rapprochées de celles d'un sol de savane (pH = 5,8 ; S = 4,3 meq/100 g).

En résumé, l'amélioration d'un sol par une jachère à graminées non brûlée est sensible sur la structure après deux années, sur la matière organique après trois à quatre années, sur les bases échangeables et le pH après six années. Un effet complet n'est obtenu qu'au bout d'au moins six ans ; une amélioration appréciable peut être atteinte après environ trois ans à quatre ans.

### C) LA JACHERE A LEGUMINEUSES

Ce sujet est encore très controversé.

A Grimari, sur l'essai d'assolement, une jachère courte de un an à ambrevade (*Cajanus indicus*) n'a pas eu d'effet sensible sur les teneurs en matière organique, azote et bases échangeables du sol. Par contre, une jachère longue de six années à ambrevade, comparée à une jachère de même durée à *Pennisetum purpureum*, a apporté les mêmes effets bénéfiques sur la structure et relativement un meilleur accroissement des teneurs en carbone (50 %), en azote (45 %) et en bases échangeables (25 %). L'ambrevade, par son type d'enracinement pivotant, peut être comparée au *Pennisetum*. Elle a davantage amélioré la teneur du sol en matière organique et principalement en azote.



Fig. 28. — Jachère à *Stylosanthes gracilis*. On remarque le couvert dense et asphyxiant, la faible pénétration des racines.

En grande culture, on a testé deux autres légumineuses pendant quatre années : *Pueraria javanica* et *Stylosanthes gracilis*. Les effets du *Pueraria* ont été peu sensibles, et même ceux du *Stylosanthes* apparaissent négatifs sur la structure du sol et dépressifs sur les rendements en « réouverture ». Les teneurs en matière organique et bases échangeables et la valeur du pH n'ont pas été améliorées. On peut penser que *Pueraria* et *Stylosanthes* n'ont pas un type d'enracinement favorable à une bonne régénération de la structure. Ce phénomène a été aussi observé à Bambari. D'autre part, ces deux plantes forment un couvert dense qui maintient un pédoclimat très humide et probablement asphyxiant qui serait favorable à la formation d'acides fulviques instables qui migrent en profondeur et acidifient le sol.

En résumé, dans le cas des légumineuses de jachère, il conviendrait de rechercher des espèces plus favorables, du type ambrevade, à enracinement pivotant et permettant un pédoclimat sain, pour obtenir de bons résultats, comparables à ceux des graminées.

On peut enrichir la jachère spontanée à graminées par des légumineuses ; ceci est intéressant si on la fait pâturer ; de toute façon, l'effet est dépressif sur les cultures à la « réouverture » (BROCKINGTON, STOBBS, NEWHOUSE, WADSWORTH, 1965). Il faut, dans ce cas, corriger obligatoirement la fertilité du sol après enfouissement de légumineuses par un apport de phosphore et souvent de soufre pour rééquilibrer la nutrition des plantes cultivées.

#### D) LES ENGRAIS VERTS

Nous n'avons pas obtenu, à Grimari, de résultat montrant une amélioration significative des caractéristiques physico-chimiques du sol par les engrais verts. Comme on n'obtenait souvent pas de bons rendements en « ouverture », après une préculture de légumineuses, ce sont généralement des graminées (sorgho et riz) qui ont été employées.

Les engrais verts ont été considérés plutôt comme une « préculture », notamment en « ouverture », permettant de préparer la culture du cotonnier. En « ouverture », la préculture se développe souvent mal, mais elle laisse au sol le temps de transformer son matériel organique et de passer le cap des déséquilibres minéraux (NPS). D'autre part, les fumures minérales produisent un meilleur effet si on les épand au moment de l'enfouissement de l'engrais vert. Il faut remarquer que le même résultat est obtenu lors du retournement d'une jachère pas trop lignifiée. L'emploi simultané de l'engrais vert (artificiel ou repousse spontanée de jachère courte) et d'un phosphate se traduit par une mobilisation des phosphates « assimilables » du sol et de ceux apportés comme engrais, et la formation d'un stock de phosphore facilement assimilable lors de l'enfouissement de la préculture ; il en résulte une augmentation sensible des rendements sur les cultures suivantes (RAO, RAJAN, 1960).

Après quatre semaines de culture, le développement d'une graminée engrais vert est très important (30 t à 45 t de matière verte), mais il ne dépasse pas sensiblement le volume des résidus d'une récolte de riz, sorgho ou maïs. Dans ce cas, on pourrait plutôt considérer cette préculture comme une jachère courte aménagée, permettant en plus l'apport préalable des phosphates. Cette opération ne semble pas améliorer sensiblement la fertilité du sol ; de plus, elle est coûteuse et elle ne paraît pas économique.

En conclusion, les « engrais verts » à graminées ne s'imposent que comme « préculture » du cotonnier en ouverture. En dehors de cela, leur utilité est discutable parce qu'ils ne suffisent pas à remplacer une jachère. D'ailleurs, l'enfouissement de l'engrais vert nécessite des façons culturales supplémentaires qui sont onéreuses et dégradent la structure superficielle du sol.

### III) CONSEQUENCES D'UNE INTENSIFICATION DE L'EXPLOITATION DES TERRES

Nous venons de voir qu'il était possible de maintenir et même d'accroître la fertilité, soit par des façons culturales et des fumures minérales appropriées, soit par des jachères bien conduites. Des problèmes nouveaux vont alors surgir, résultant de l'intensification de l'occupation du sol.

#### A) LE SALISSEMENT DES TERRES

A l'« ouverture » d'une savane ou d'une vieille jachère, le problème des plantes adventices est rapidement résolu. Dans le premier cas, il s'agit d'éliminer l'*Imperata*, ce qui peut être fait par des labours de saison sèche. Dans le second cas, il faut combattre les repousses de graminées cespiteuses ; cela est facilement obtenu par une culture d'ouverture sarclée. Avec la culture continue, le salissement des terres prend un autre aspect. D'abord, il y a prolifération de plantes rudérales plus ou moins avides d'azote, telles qu'*Ageratum conyzoides*, *Acanthospermum hispidum*, etc. Ces adventices sont particulièrement gênantes dans des cultures comme celle de l'arachide. Ensuite, avec l'accroissement en épaisseur de l'horizon cultivé grâce aux façons aratoires, il y a envahissement par des graminées à enracinement profond telles que *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, etc. \*. Ces plantes obligent à faire un véritable « dessouchage » lors de la remise en culture. Il devient alors difficile de pratiquer des cultures non sarclées. Pour la culture du riz, il a fallu augmenter les écartements pour permettre le nettoyage du champ et faire passer l'interligne de 20 cm à 40 cm. Enfin, les sarclages répétés ou des pluies battantes sur un sol nu venant d'être labouré vont provoquer une dégradation temporaire de la couche superficielle du sol cultivé. Cette zone dégradée sera un lieu de prédilection pour les graminées rudérales comme l'*Eleusine indica*, le *Dactyloctenium aegyptiacum* qui grainent rapidement ; mais aussi on va trouver le *Paspalum scrobiculatum* et, ce qui est plus grave, le *Cynodon dactylon*, qui se bouturent si bien

\* Les graminées à enracinement profond se sont installées au cours d'une jachère, ou même parfois en culture « continue », pendant l'intervalle entre deux cultures dans un sol à bonne stabilité structurale et bonne macroporosité.

après le passage des sarcleurs. Pour éviter le développement de ces dernières graminées, on n'insistera jamais assez sur la nécessité d'une préparation grossière du sol en limitant au maximum le nombre des façons superficielles. Un terrain motteux reste bien plus propre qu'une terre finement préparée, qui va rapidement devenir battante. En résumé, il va falloir à brève échéance étudier sérieusement les problèmes posés par le désherbage, sinon les rendements risquent de diminuer, indépendamment de la fertilité du sol.

### B) LE DEVELOPPEMENT DU PARASITISME

Sans qu'il y ait culture continue de la même plante, les rotations sont suffisamment accélérées pour que l'on compte un accroissement de la prolifération des parasites du sol. Les agents de la fonte des semis deviennent abondants, *Rhizoctonia* divers, surtout, ainsi que les Diplopodes qui peuvent s'attaquer non seulement aux semis de coton et d'arachide, mais encore causer d'importants dégâts sur les gousses de cette dernière culture. La désinfection des semences et les traitements fongicides deviennent indispensables.

Voici quelques résultats montrant l'importance du parasitisme dans des terrains exploités intensément.

**Sur cotonnier**, le pourcentage de levée est un bon critère du parasitisme du sol.

Année	Cultures en champs exploités depuis 1950 (%)	Coton cultivé sur ouverture de savane (% de levée)
1962 .....	67,2	84,9
1963 .....	65,0	82,3
1964 .....	63,7	93,4
Moyennes .....	65,3	86,86

**Sur arachides**, les fontes de semis, dues à des champignons, sont connues depuis longtemps. En 1962, nous avons mis en place un essai pour montrer l'action néfaste des Diplopodes. Ils attaquent les jeunes plantules dont ils rongent l'axe hypocotylé, provoquant la fonte des semis. Ils rongent aussi les pousses ou même les perforent pour se nourrir des jeunes graines, entraînant ainsi une diminution qualitative et quantitative du produit. Six objets avaient retenu notre attention. Voici les résultats pour les extrêmes :

Pourcentages observés	Parcelles non traitées : Témoin (%)	Traitements : des engrais au Sanigran du sol au Rhodiachlor (%)
A la levée .....	63,3	70,5
De gousses saines .....	80,2	94,0

Essai significatif à  $P = 0,05$  pour la levée,

ppds : 4,8 %.

Essai significatif à  $P = 0,01$  pour les gousses saines,

ppds : 0,01,

erreur expérimentale : 3,52 %.

Bien qu'il y ait compensation en partie par un développement végétatif plus important des plants restants, il n'en demeure pas moins que le développement du parasitisme dans les champs en culture continue pose un problème indépendant de celui de la fertilité des sols.

## CONCLUSIONS

Depuis que nous avons obtenu ces résultats\*, de nombreux travaux ont été publiés sur le même sujet qui, dans l'ensemble, confirment nos observations.

Jusqu'alors le paysan africain considérait la culture « itinérante », alternant avec des jachères de longue durée, comme indispensable au maintien de la fertilité du sol. Récemment, la pression de développement démographique dans les régions périurbaines, dont celle de Grimari est un exemple, a conduit

\* Les études pédologiques sur le terrain ont été arrêtées en mai 1963. Les derniers rendements culturaux analysés remontent à 1964. La rédaction de ce rapport a été faite au début de 1966 et revue pour publication en 1971.

à expérimenter des méthodes de culture plus modernes et plus intensives. En effet, par suite de l'accroissement rapide de la population agricole autour des villes, la culture itinérante est devenue difficile, faute de superficies suffisantes : à partir d'une certaine limite, il n'est plus possible de raccourcir la durée des jachères sans causer la dégradation de la fertilité du sol, si l'on n'utilise pas des techniques nouvelles capables de conserver la fertilité. Parmi celles-ci, l'enfouissement d'« engrais verts » a été préconisé par de nombreux agronomes pour se substituer à la jachère. Cependant, les essais réalisés à Grimari, du moins avec des légumineuses, n'ont pas été concluants ; d'ailleurs, cette technique n'est souvent pas accueillie favorablement par le cultivateur africain qui n'en saisit pas l'intérêt (TOURÉ EL HADJ OMAR, 1964), et, de plus, elle n'est pas considérée comme économique (SAUNDER, 1960).

A Grimari, trois séries principales d'essais ont été testées, non seulement suivant le rendement des cultures, mais aussi d'après l'évolution des caractéristiques physiques et chimiques des sols. Un essai en « grande culture » appliquait un système de culture « semi-intensive » (quatre ans de culture + quatre ans de jachère) avec bandes alternées en culture et en jachère, parallèlement aux courbes de niveau ; un essai dit d'« érosion » sur dix parcelles, soumises à des traitements variés, mesurait l'intensité du ruissellement et de l'érosion ; un essai très complexe dit d'« assolement » a permis de tester différentes rotations culturales. Dans tous ces essais, l'accent a été mis sur la rentabilité des opérations effectuées et sur la facilité avec laquelle ils pourraient être appliqués en culture africaine ; d'où l'emploi de façons culturales réduites au minimum, de fumures minérales à dose limitée, l'absence presque systématique de fumure organique (fumier) et la recherche d'une occupation maximum du sol.

La principale surprise a été de constater que le système de culture dite « continue » est applicable en Afrique tropicale, où la pratique de la jachère semblait bien établie, du moins sur les sols ferrallitiques moyennement désaturés de Grimari, pendant une longue durée et sans risque d'épuisement trop important du sol. Pour cette raison, la culture « continue » offre une solution plus rentable encore que la culture « semi-intensive » (avec jachère aménagée de durée limitée) au problème du remplacement du système de culture itinérante à jachère naturelle de longue durée. Il a été démontré qu'en culture mécanisée bien conduite et avec une fumure minérale équilibrée (en NPS) à dose économique, le système de culture continue accroît la productivité du sol d'environ 2,5 fois par rapport au système traditionnel, et ceci sans diminution importante du rendement pendant au moins dix ans. En comparaison, le système « semi-intensif » n'a pas apporté un accroissement très sensible des rendements pour chaque culture ; la productivité moyenne du sol, par unité de temps, est donc d'autant plus faible que la durée de la jachère est plus longue.

A défaut de fumure organique (fumier de vache), une fumure minérale équilibrée\* (en NPS, à 6.000 équivalents/ha) et à dose économique a permis non seulement d'augmenter le rendement des plantes cultivées (coton, arachide, riz, maïs, etc.), mais aussi, sinon d'améliorer, du moins de conserver la fertilité du sol : en effet, la fumure minérale en accroissant le rendement des cultures a en même temps accru le volume des résidus de récolte ; c'est probablement l'enfouissement de ces résidus qui maintient le potentiel d'éléments fertilisants du sol à un niveau suffisant, malgré les pertes dues aux exportations et aux divers entraînements dans et hors du sol.

D'autre part, la culture mécanisée, par l'approfondissement progressif de l'horizon humifère accessible aux plantes, l'accroissement de la perméabilité et de la macroporosité du sol et la réduction de l'érosion superficielle, a très sensiblement accru la fertilité et les rendements et amélioré les conditions de la conservation du sol, indépendamment d'une dégradation certaine de la stabilité structurale ; cette diminution de stabilité était compensée largement par une amélioration entretenue ou renouvelée des autres qualités physiques du sol.

Sans doute, à Grimari comme ailleurs (G. MARTIN, 1964 ; R. FAUCK *et alii*, 1969), la mise en culture d'un sol précédemment sous savane a provoqué une modification sensible des principales caractéristiques physiques et chimiques du sol ; mais, si le développement de l'instabilité structurale a été très sensible, par contre, l'évolution des caractéristiques chimiques dans le cas de Grimari a paru moins significative. Ceci s'explique par le fait que les parcelles d'essai avaient précédemment subi une dégradation par des cultures qu'une longue jachère à *Imperata* soumise aux feux de brousse n'avait su compenser, si ce n'est par une amélioration de la teneur en carbone organique et de la stabilité structurale. Il est remarquable que la culture mécanisée avec fertilisation minérale conduit rapidement le sol à un nouvel état d'équilibre, nettement différent de celui du sol sous savane, et auquel il se maintient ensuite grâce sans doute aux restitutions fournies par les résidus de récolte. La teneur en matière organique, après avoir décréu d'environ 30 %, varie faiblement ensuite suivant les saisons et la nature des

\* Formule de fumure expérimentée sur le cotonnier, dans les régions de savane de la République Centrafricaine, conjointement par l'IRCT et le Service de l'Agriculture.

résidus de récolte ; en comparaison, le contenu en azote diminue moins que celui du carbone, de sorte que la valeur du rapport C/N, initialement de 15 à 16, s'abaisse et se stabilise vers 14, ce qui indique l'effet d'une minéralisation plus intense et de la diminution des quantités de matière organique peu humifiée. La somme des bases échangeables a baissé d'environ 25 % et ensuite elle a varié relativement peu. Le pH a baissé seulement, en moyenne, d'une demi-unité (indépendamment des fluctuations saisonnières). Les teneurs en phosphore facilement assimilable ont également baissé, puis se sont stabilisées à un niveau de 15 ppm à 20 ppm qui semble satisfaisant. Par contre, l'indice d'instabilité structurale s'est élevé très sensiblement de 0,4 à 0,5 sous savane à 1 à 1,4 après quatre ans de culture, puis à 1,9 à 2,0 après huit à dix ans de culture continue. Cependant, cette instabilité accrue n'a sans doute pas dépassé un seuil critique, de sorte que les effets ameublissants des façons culturales ont été suffisants pour améliorer pendant assez longtemps les qualités physiques du sol et sa fertilité, et maintenir les rendements. On a remarqué que cette diminution de stabilité était parallèle à celle des teneurs en matière organique fraîche ; il semble donc que la stabilisation constatée ici de l'évolution de la matière organique du sol puisse normalement limiter l'évolution des sols cultivés vers l'instabilité jusqu'à un équilibre encore suffisant.

L'étude de l'évolution des sols sous jachère a été relativement décevante : sans doute l'effet améliorant des graminées ou légumineuses à enracinement profond sur la stabilité structurale a été significatif et satisfaisant ; il correspond à un accroissement des teneurs en matière organique fraîche. Trois à quatre années de bonne jachère aménagée sont nécessaires pour rétablir la stabilité structurale à son niveau initial sous savane ; mais un à deux ans de culture ensuite suffisent pour l'abaisser très fortement. Par contre, l'effet améliorant de la jachère sur les caractéristiques chimiques du sol est très lent et semble peu intéressant. Il faut au moins six ans pour constater une élévation sensible des teneurs en carbone organique, de la capacité d'échange et des teneurs en bases échangeables ; le pH et le taux de phosphore facilement assimilable varient peu. Après deux à trois ans de jachère, les variations des caractéristiques chimiques sont à peine sensibles. L'effet améliorant des jachères est donc essentiellement structural ; il permet de freiner la dégradation structurale du sol, mais il ne suffit pas dans le cas de Grimari à justifier l'intérêt du système « semi-intensif » par rapport à la culture continue. Il faut remarquer, en outre, que l'enfouissement d'une jachère de longue durée pose un problème technique (gros volume de matière fraîche à enfouir ; accidents de nutrition provoquant une faim d'azote et de soufre, et une déficience en phosphore).

Donc, l'utilisation de techniques culturales modernes, adaptées aux sols ferrallitiques de Grimari, et l'emploi des engrais minéraux ont été justifiés, même dans un système de culture « continue ». Il est possible de multiplier au moins par 2,5 la productivité des terres, sans toutefois dépasser un « seuil critique » dans l'évolution des caractéristiques physiques et chimiques de la fertilité du sol. De plus, ces techniques sont rentables : elles permettent d'accroître environ trois fois le revenu par unité de surface, par rapport à la culture itinérante traditionnelle ; enfin, elles peuvent être appliquées par des paysans africains.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BACHELIER (G.), 1963. Sur le potentiel d'activité biologique de sols ferrallitiques différemment cultivés.  
*Cah. ORSTOM*, sér. pédol., 1963-4, p. 51-64.
- BARBIER (G.), 1959. Mineral fertilizers and the humus balance of the soil.  
Comm. 3th World fertil. cong. 1957, p. 55-64.
- BIRCH (H.F.), 1960. Soil drying and soil fertility.  
*Trop. Agric. Trin.*, 37, p. 3-10.
- BONFILS (P), 1963. Evolution de la matière organique dans deux sols du Sénégal.  
*L'Agron. Trop.*, XII, déc. 1963, p. 1254-79.
- BOYER (J.), BUSCH (J.), 1951. Etudes pédologiques de la station et du centre de multiplication de Grimari.  
Rapp. multigr., Centre ORSTOM/Bangui.
- , COMBEAU (A.), 1960. Etude de la stabilité structurale de quelques sols ferrallitiques de la République Centrafricaine.  
*Sols Afric.*, V, 1, p. 5-42.
- , 1961. Evolution des sols cultivés dans l'Est de la République Centrafricaine.  
Rapp. multigr., Centre ORSTOM/Bondy.
- , 1970. Essai de synthèse des connaissances acquises sur les facteurs de fertilité des sols en Afrique intertropicale francophone.  
Comité sols trop., Londres, juin 1970.

- BROCKINTON (N.R.), STOBBS (T.H.), NEWHOUSE (P.W.), *et alii*, 1965. Effet des jachères sur la fertilité du sol dans les régions de cultures annuelles en Ouganda.  
Coll. FAO sur les fourrages et jachères fourragères, Kampala, 1965.
- CHARREAU (C.), FAUCK (R.), 1970. Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa (Casamance).  
*L'Agron. Trop.*, XXV, 2, p. 151-91.
- , NICOU (R.), 1970. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques.  
IRAT, 4 vol., 339 p. multigr.
- COMBEAU (A.), OLLAT (C.), QUANTIN (P.), 1961. Observations sur certaines caractéristiques des sols ferrallitiques. Relations entre les rendements et les résultats d'analyse du sol.  
*Fertilité*, 13, juillet-août 1961, p. 27-40.
- , QUANTIN (P.), 1963. Observations sur la variation dans le temps de la stabilité structurale des sols en région tropicale.  
*Cah. ORSTOM*, sér. pédol., 1963-3, p. 17-25.
- , —, 1964. Observations sur les relations entre stabilité structurale et matière organique dans quelques sols d'Afrique centrale.  
*Cah. ORSTOM*, sér. pédol., 1964-1, p. 3-12.
- DABIN (B.), 1962. Relations entre les propriétés physiques et la fertilité dans les sols tropicaux.  
*Ann. Agr.*, 13, 2, p. 111-40.
- DENNISON (E.B.), 1959. The maintenance of soil fertility in the Southern Guinea zone of Northern Guinea (T.W. Country).  
*Trop. Agr. Trin.*, 36, 3, p. 171-6.
- 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.*, XXIV, 3, p. 263-301.
- FRANQUIN (P.), 1958. L'estimation du manganèse du sol en rapport avec le phénomène de toxicité.  
*Cot. Fib. Trop.*, XIII, 3, p. 1-16.
- , MARTIN (G.), 1962. Bilan d'eau et de conservation du sol au Niari, République du Congo.  
*Cot. Fib. Trop.*, XVII, 3, p. 345-56.
- Grimari (Station Expérimentale Agricole de), 1960 à 1964. Rapports annuels de 1960 à 1964, Service de l'Agriculture, Bangui, République Centrafricaine.
- IRCT (Station Centrale de Bambari), 1957 à 1963. Rapports annuels, IRCT, Paris.
- IRHO, 1959. Rapport annuel de 1958. Article sur la durée des jachères au Sénégal.  
IRHO, Paris, p. 85-6.
- KAUFMANN (J.), BOQUEL (G.), 1960. Influence du thermo et de l'hygroperiodisme sur la formation de l'humus. Incidence sur le problème de la conservation de l'humus dans les terres acides, sous climat tropical.  
*CR Ac. Sci. Fr.*, t. 250, 15 fév. 1960, p. 1314-6.
- MARTIN (G.), 1958. Essai de bilan de quatre années d'études pédologiques dans la vallée du Niari.  
Rapp. ORSTOM, Bureau des Sols, AEF, Brazzaville, sept. 1958.
- , 1964. Quinze ans de travaux et de recherches dans le pays du Niari, 1949-1964. Troisième partie, chap. II. Les études agropédologiques du Centre ORSTOM de Brazzaville. L'évolution du sol sous culture, p. 131-8.  
Minist. Coop. Fr.
- MARTY (R.), 1957-1958. Agriculture de savane et productivité.  
In *Nos sols*, 1957, n° 4-5, p. 41-5 et 1958, n° 6-7, p. 19-27, Service de l'Agriculture, République Centrafricaine.
- MOREL (R.), QUANTIN (P.), 1964. Les jachères et la régénération du sol en climat soudano-guinéen d'Afrique centrale.  
*L'Agron. Trop.*, XIX, 2, p. 105-36.
- PETERSON (J.B.), 1964. The relation of soil fertility to soil erosion.  
*J. Soil Wat. conserv.*, 19, 1, p. 15-9.
- QUANTIN (P.), 1960. Etude de l'érosion à la station agricole de Grimari en 1959.  
Rapp. dact. ORSTOM, Centre de Bangui.

- , 1961. Essais de conservation des sols en culture africaine dans la région de Grimari. Rapp. multigr. ORSTOM, Centre de Bangui.
- , COMBEAU (A.), 1962 a). Relation entre érosion et stabilité structurale du sol. *CR Ac. Sci. Fr.*, t. 254, p. 1855-7.
- , —, 1962 b). Erosion et stabilité structurale du sol. Publ. n° 59 de l'AIHS, coll. Bari, 1962, p. 124-30.
- , 1965 a). Les sols de Grimari. Notice de la carte pédologique de reconnaissance à 1/50.000, ORSTOM, Paris.
- , 1965 b). Les sols de la République Centrafricaine. *Mém. ORSTOM* n° 16, Paris.
- RICHARD (L.), 1967. Evolution de la fertilité en culture cotonnière intensive. *Coton et fibres trop.*, XXII, 3, p. 357-91.
- RICHARDSON (S.L.), 1963. The fertility potentialities and needs of tropical soils. *Trop. Sci.*, 5, 3, p. 166-78.
- RAO VENKATA (B.V.), RAJAN GOVINDA (S.V.), 1960. Influence of green manures or phosphate utilisation by crops. *J. Indian Soc. Sci.*, 8, 3, p. 145-9.
- SAUNDER (D.H.), 1960. Soil productivity in relation to rotational and other cultural practices in Nyassaland. Dep. Res. Spec. Serv. Proc., 5th ann. Conf. prof., Dep. Res. Spec. Serv., GWEBI, Agr. Coll., nov. 1960, p. 37-52.
- SIMPSON (J.R.), 1961. The effects of several agricultural treatments on the nitrogen status of a red earth in Uganda. *East African Agric. Farm. J.*, 26, 3, p. 158-63.
- THOMANN (Ch.), 1963. Quelques observations sur l'extraction de l'humus dans les sols, méthode au pyrophosphate de sodium. *Cah. ORSTOM*, sér. pédol., 1963-3, p. 43-72.
- TOURÉ (El Hadj Omar), 1964. Le maintien de la fertilité des sols de la zone de savane ; effets d'une fumure annuelle ou biennale sur cultures continues en Afrique soudanienne. *Sols Afric.*, 9, mai-août 1964, p. 193-219.
- TROUGHTON (A.), 1961. Studies on the roots of leys and the organic matter and structure of the soil. *Emp. J. Exp. Agric.*, 29, 114, p. 165-74.
- WATSON (K.A.), COLDSWORTH (P.R.), 1964. Soils fertility investigations in the middle belt of Nigeria. *Emp. J. Exp. Agric.*, 32, 128, p. 290-302.

**RESUME.** — A Grimari, trois séries d'essais de culture mécanisée ont été faits sur des sols ferrallitiques moyennement désaturés de couleur rouge, sols formés sur des gneiss calco-alcalins en climat soudano-guinéen d'Afrique centrale : le premier essai, « en grande culture », avait pour but de tester sur de grandes parcelles (0,5 ha) un assolement semi-intensif (4 ans de culture, 4 ans de jachères) en « bandes alternées » culture-jachère, suivant le système antiérosif australien de RAMSER ; le deuxième, dit d'« érosion », a étudié sur dix petites parcelles l'érosion du sol en fonction de différentes variables : degré de pente, traitement antiérosif, rotation culturale et fertilisation ; le troisième, dit d'« assolement », a comparé l'effet sur le rendement des cultures de diverses rotations à longue, moyenne ou courte période de jachère, ou en culture continue.

Dans ces trois essais, l'évolution des caractéristiques physiques et chimiques du sol en fonction du temps a été comparée à celle du rendement des cultures qui a servi de test objectif pour la détermination de la fertilité du sol. De plus, une analyse économique de la rentabilité de ces essais a été tentée pour en justifier l'utilité.

De ces essais, il se dégage les principales conclusions suivantes : le système de rotation culturale traditionnelle, à longue période de jachère, ne doit plus être considéré comme une nécessité pour la conservation de la fertilité du sol. En culture mécanisée, des techniques appropriées : approfondissement et ameublissement du sol, élimination des plantes adventices, fertilisation, amendements organiques, rotation des cultures avec jachère de moyenne ou courte durée, voire même en culture continue, et traitements

phytosanitaires, ont permis d'obtenir un accroissement des rendements dans des limites économiques raisonnables. La productivité du sol par unité de surface a été accrue de 2,5 fois en moyenne ; ce qui permet d'envisager de réduire la superficie des terres cultivées et de réserver les meilleures terres à l'agriculture sans nuire à la conservation des sols.

La culture mécanisée semi-intensive, voire même intensive, techniquement bien conduite (notamment avec des méthodes antiérosives), permet d'accroître sensiblement la fertilité initiale des sols et de la maintenir à un niveau assez élevé : l'érosion est contrôlée à niveau modéré ; la structure est stabilisée à un niveau moyen suffisant pour éviter d'atteindre le seuil critique de dégradation des propriétés physiques du sol pouvant entraîner une baisse de productivité, parce que la diminution de stabilité structurale est compensée largement par l'accroissement de la macroporosité du sol. De même, la quantité d'éléments fertilisants du sol peut être entretenue à un niveau suffisant, non seulement par une fertilisation minérale équilibrée (NPS) et relativement modérée, mais encore indirectement par le retour au sol des résidus de récolte (d'autant plus abondants que les rendements ont été plus élevés).

L'intérêt de la jachère, s'il est évident sur le plan technique, est cependant discutable d'un point de vue économique : une amélioration du sol par la jachère n'est nettement sensible qu'après au moins trois à quatre ans ; cet effet peut être totalement réduit après un ou deux ans de culture seulement. La jachère à graminées à port érigé et enracinement profond paraît nettement plus améliorante que la jachère à légumineuses (à l'exception de l'ambrevade).

L'intérêt d'un enfouissement d'engrais vert pour l'amélioration de la fertilité du sol n'a pas été démontré ; mais l'engrais vert a semblé utile comme préculture après une longue jachère à graminées : notamment pour l'éradication des mauvaises herbes, le développement de l'activité microbienne avant la culture de rapport pour éviter les accidents de « faim d'azote ou de soufre », consécutifs à la décomposition de trop importants volumes de matière organique fraîche, le stockage des engrais phosphatés sous une forme facilement assimilable bien répartie dans le sol. La préculture de graminées a semblé préférable à celle de légumineuses.

En conclusion, la culture mécanisée a entraîné un déplacement du niveau des caractéristiques physiques et chimiques du sol sous savane ou longue jachère, vers un nouvel état d'équilibre : notamment une diminution de 25 % à 30 % du taux de carbone organique et de bases échangeables, sans baisse sensible du taux d'azote ; une baisse du pH de 0,5 à 1 unité ; un accroissement de l'instabilité structurale vers un palier de l'indice  $I_s$  compris entre 1,5 et 2. Ce nouvel état d'équilibre peut rester stable à niveau suffisant pour conserver la fertilité du sol, si les techniques culturales sont bien conduites.

#### SUMMARY.—OBSERVATIONS ON THE EVOLUTION FOR A LONG TIME OF THE FERTILITY OF CULTIVATED SOILS AT GRIMARI (CENTRAL AFRICAN REPUBLIC).

At Grimari, three sets trials with of mechanical cultivation have been made on moderately desaturated and red coloured ferralitic soils, derived from gneiss under a soudano-guinean climate in Central Africa: the first trial, with cultivation on large areas, was intended to test a semi intensive rotation (4 years in cultivation, 4 years in fallow) on large plots (0.5 ha) with alternating belts of cultivation and fallow according to the australian antierosion system (RAMSER); with the second, called "of erosion", the erosion of soil has been studied on ten small plots with different variates: grade of declivity, antierosion treatment, rotation of crops and fertilization: the third, called "of rotation", has compared the effect on the yield of many rotations with long, mean or short time of fallow or continuous cultivation.

In these three trials, the evolution of the physical and chemical characteristics of soils with the time has been compared with the yields of crops, which have been used to determine the fertility of soils. Further, an economical analysis of productivity was intended to justify the results of these trials.

The main following conclusion can emerge from these trials: the traditionnal rotation with a long time of fallow must not longer be considered than as a necessity for the maintenance of soil fertility. With mechanical cultivation and suitable technics like deeping and loosing of soil, rotation with mean or short time of fallow, or even continuous cultivation, treatments by pesticides, removing of weeds, fertilization, have allowed to get an increase of yield within fairly economical limits. The productivity of soil per unit area has been increased by about 2.5 times; that has allowed to reduce the area of cultivated grounds and to choose the best lands for agriculture without damage to soil conservation.

The mechanical and semi intensive or even intensive cultivation, with good technics (especially with antierosion system), can permit to increase strongly the original fertility of soils and to maintain it at a fairly high level: erosion is controled at a moderately level. The structure is stabilized at a mean

level, that is sufficient to avoid to reach the critical threshold of degradation of soil physical properties that can decrease the yield of crops, because the decrease of soil stability has been rather compensated by the increase of soil macroporosity. Likewise, the amount of soil nutrients can be maintained at a fairly good level not only by a balanced and rather moderate fertilization (NPS), but even more by the return of crop residues to the soil.

The interest of fallow, although technically evident, however is economically doubtful; a soil improvement by the fallow is perceptible only after three or four years; this effect can be almost reduced after only one or two years of cultivation. The fallow of grasses with erect habit and deep roots seems very more improving for the soil than the fallow with legumes (except for *Cajanus indicus*).

The interest of green manure turning under for the improvement of soil fertility has not been yet proved; but green manure seems to be useful as precrop after a long time grass fallow: especially to remove the weeds, to increase the microbiological activity before the cash crops in order to avoid nitrogen or sulphur stress, that is due to the decomposition of too important amounts of free organic matter, and to store the phosphorus fertilizers under an easily available form and under a fairly good distribution in the soil. The precrop cultivation of grasses seemed to be better than that of legumes.

In conclusion, mechanical cultivation has moved off the level of physical and chemical characteristics of soils under savannah or under long time fallow to a new balance: especially a decrease from 25% to 30% for the rate of organic carbon and exchangeable cations, without a significant decrease of nitrogen, a pH diminution from 0.5 to 1 unity, and an increase of structural stability to a step of *I*s index between 1.5 and 2.0. This new state of equilibrium can remain stable at a sufficient level to maintain the soil fertility, if the methods of cultivation used have been fairly good.

#### RESUMEN. — OBSERVACIONES SOBRE LA EVOLUCION A LARGO PLAZO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CULTIVADOS EN GRIMARI (REPUBLICA CENTRO AFRICANA).

En Grimari, se han hecho tres series de ensayos de cultivo mecanizado en suelos ferralíticos, medianamente desbasificados, de color rojo, suelos formados sobre gneiss calcáreo-alcalino en el clima sudano-guineano de Africa central: el objeto del primer ensayo, « en pleno campo », era el de hacer la prueba, en grandes parcelas (0,5 há), de una rotación de cultivos semi-intensiva (4 años de cultivo, 4 años de barbecho) en « franjas alternas » cultivo-barbecho siguiendo el sistema antierosivo australiano de RAMSER; el segundo, llamado « de erosión », ha estudiado en 10 parcelas pequeñas la erosión del suelo en función de diferentes variables: grado de pendiente, tratamiento antierosivo, rotación de cultivos y fertilización; el tercero, llamado « de rotación », ha comparado el efecto sobre el rendimiento de los cultivos de diversas rotaciones a largo, medio y corto período de barbecho, o en cultivo continuo.

Se ha comparado en estos tres ensayos a la evolución de las características físicas y químicas del suelo en función del tiempo con la del rendimiento de los cultivos, que ha servido esta última para determinar la fertilidad del suelo. Se ha intentado además hacer un análisis económico de la rentabilidad de estos ensayos para justificar su utilidad.

De dichos ensayos, se destacan las siguientes conclusiones principales: el sistema tradicional de rotación de cultivos con un largo período de barbecho, no debe ya considerarse como necesario para conservar la fertilidad del suelo. En cultivos mecanizados, técnicas apropiadas como las de profundizar y mullir el suelo, eliminar las plantas adventicias, fertilización, abonos orgánicos, rotación de cultivos con barbecho de duración media o corta, incluso hasta en cultivo continuado y tratamientos fitosanitarios, han permitido obtener un acrecentamiento de los rendimientos dentro de unos límites económicos razonables. La productividad del suelo por unidad de superficie ha sido aumentada en 2,5 veces de promedio, lo que permite proyectar la reducción de la superficie de tierras cultivadas y el reservar las mejores tierras para la agricultura, sin perjudicar la conservación de los suelos.

El cultivo mecanizado semi-intensivo, e incluso intensivo, bien dirigido técnicamente (sobre todo con métodos antierosivos), permite acrecentar sensiblemente la fertilidad inicial de los suelos y mantenerla a un nivel bastante elevado: la erosión es controlada a un nivel moderado; la estructura se estabiliza a un nivel medio suficiente para evitar que alcance el umbral crítico de degradación de las propiedades físicas del suelo que pudiera acarrear un descenso en la productividad, ya que la disminución de estabilidad estructural se ve ampliamente compensada por el aumento de la macroporosidad del suelo. Igualmente, puede mantenerse a un nivel suficiente la cantidad de elementos fertilizantes del suelo, no sólo mediante una fertilización mineral equilibrada (NPS) y relativamente moderada, sino también indirectamente haciendo volver al suelo los residuos de la cosecha (tanto más abundantes cuanto los rendimientos han sido más elevados).

*Si el interés del barbecho es evidente en el plano técnico, desde un punto de vista económico sin embargo es discutible : un mejoramiento del suelo por el barbecho no se percibe claramente hasta tres o cuatro años después, por lo menos ; dicho efecto puede reducirse totalmente después de uno o dos años de cultivo solamente. El barbecho de gramíneas de tallo erecto y arraigamiento hondo parece claramente que mejora más el suelo que el de leguminosas (excepto la ambrevada).*

*No se ha demostrado el interés de un enterramiento de abono verde para mejorar la fertilidad del suelo ; pero parece que es útil como precultivo después de un largo barbecho de gramíneas : sobre todo para extirpar las malas hierbas, desarrollar la actividad microbiana antes del cultivo de renta, para evitar accidentes de « hambre de nitrógeno o de azufre », debidos a la descomposición de cantidades excesivamente importantes de materia orgánica fresca, la reserva de abonos fosfatados, bajo una forma fácilmente asimilable bien repartida por el suelo. El precultivo de gramíneas parece preferible al de leguminosas.*

*Para concluir, el cultivo mecanizado ha acarreado un desplazamiento del nivel de características físicas y químicas del suelo en sabana o barbecho largo, hacia un nuevo estado de equilibrio : sobre todo una disminución de 25 % a 30 % del índice de carbono orgánico y de bases cambiables, sin mengua sensible del índice de nitrógeno ; una baja de pH de 0,5 a 1 unidad ; un aumento de la inestabilidad estructural hacia un nivel del índice  $I_s$  comprendido entre 1,5 y 2. Este nuevo estado de equilibrio puede permanecer estable a un nivel que baste para conservar la fertilidad del suelo, si se dirigen bien las técnicas de cultivo.*