

Fertilité et fertilisation du Mali : du diagnostic

Dans la région cotonnière du sud du Mali, un programme d'essais de longue durée, associé à des enquêtes et à des analyses de sol, a permis de déterminer les facteurs limitant la production et les conditions d'augmentation des rendements, tout en préservant la fertilité des sols et la richesse en matière organique. Les résultats essentiels sont présentés ainsi que les recommandations de fertilisation pour produire en culture continue au meilleur niveau de rendement.

M. CRETENET,
CIRAD-CA, BP 5035,
34032 Montpellier Cedex 1, France
D. DUREAU,
CIRAD-CA, station de N'Tarla, Mali
B. TRAORE, D. BALLO,
IER, station de Sikasso, Mali

Les résultats des essais pérennes de la station de N'Tarla et des structures qui en dépendent font référence à de nombreux chercheurs de l'IER (Institut d'économie rurale, Mali), de l'IRCT (Institut de recherches du coton et des textiles exotiques, France) puis du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, France) qui ont contribué à leur existence et à leur évolution : D. BALLO, Y. CHEVALET, M. CRETENET, M. DIALLO, D. DUREAU, C. GABOREL, A. GAKOU, M. KONE, C. MALCOIFFE, F. MAURE, I. SANOGO, T. SISSOKO, A.W. TOURE, B. TRAORE.

Dans la conception des essais et l'appui aux équipes de chercheurs, le rôle de M. BRAUD et L. RICHARD doit être souligné. Les essais ont pu être réalisés, sur une aussi longue durée, grâce à de nombreux agents techniques dont les principaux sont : S. BAMADJO, B. COULIBALY, I. KONATE, M. KONTAO, M.B. KOUYATE, A. TOURE, N.M. TRAORE, N. TRAORE.

Au Mali, certains systèmes de culture traditionnels sont en voie de sédentarisation et les rotations avec jachères de longue durée sont de plus en plus rares, notamment du fait de la croissance démographique. Cette évolution se traduit depuis une dizaine d'années par la stagnation des rendements, résultat de la modification des systèmes de culture et d'une éventuelle baisse de la fertilité.

La région du sud du Mali

La région du sud du Mali (figure 1) contribue pour près de 50 % au produit intérieur brut du pays. Elle représente 8 % de la surface du pays et 31 % de sa population.

Cette région couvre environ 100 000 kilomètres carrés. Les précipitations annuelles varient de 600 millimètres au nord à 1 100 millimètres au sud.

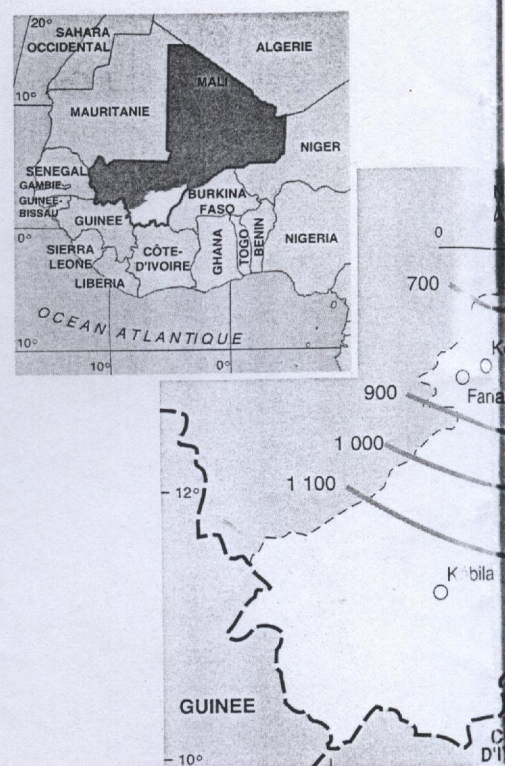


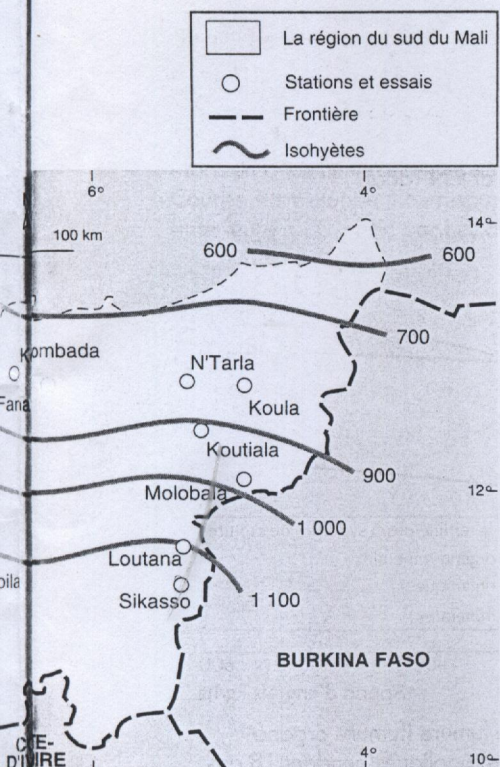
Figure 1. Carte du Mali-sud, situation des essais. Deux essais de « fumure organo-minérale » ont été suivis : à Kolombada, de 1971 à 1994 (et plu...), et à Loutana, de 1978 à 1994. En outre, sur des parcelles paysannes, des essais ont été mis en place à Molobala, Loutana et Sikoroni, depuis...

Le « bassin cotonnier » correspond à une pluviométrie moyenne annuelle de 700 à 900 millimètres. Le cycle du cotonnier se situe au cours de la saison des pluies de mai à octobre.

La production cotonnière a progressé sans cesse depuis 20 ans. De 68 000 tonnes en 1972, elle atteint 310 000 tonnes en 1992. Cet accroissement de production est imputable à deux éléments :

– au rendement en coton graine qui a augmenté de 30 % au cours de cette période (de 1 000 kilogrammes par hectare à 1 300), tous facteurs

dans la région sud au pronostic.



caractéristiques agroclimatiques.

pendant une vingtaine d'années : à N'Tarla, de 1965
l'essai « entretien organique des sols » a été implanté en
es, des essais « évolution de la matière organique » ont été
jus 1979.

confondus (variétés, protection phyto-
santitaire, fertilisation...)

— depuis une dizaine d'années à
l'extension des superficies, en parti-
culier dans le sud-ouest du pays, et à
une augmentation de la surface par
exploitation.

Les systèmes de culture pratiqués
actuellement ne permettent pas de
reproduire à moyen terme la fertilité
des sols, en particulier car leur évolu-
tion conduit à la réduction, voire la
disparition de la jachère, correspon-
dant habituellement aux terres culti-
vées en phase de régénération. De
plus, les terres de parcours —
domaines non-cultivables, mis en
valeur de manière extensive — sont
surexploitées du fait de l'accroisse-
ment du troupeau et des coupes de
bois. En outre, les fertilisations prati-
quées sont inférieures aux exporta-
tions minérales. Par exemple, la
région de Koutiala a une densité de
plus de 35 habitants au kilomètre
carré, alors que la superficie culti-
vable ne dépasse pas 50 % du terroir.
Cette région illustre assez bien un des
défis que devra relever l'agriculture
malienne : saturation de l'espace cul-
tivable, culture continue des sols les
plus riches, mise en culture des terres
marginales.

Les essais de longue durée au Mali : résultats et recommandations

Les références sur la fertilisation de la
culture cotonnière sont connues
depuis les années 50, dans les sta-

tions de recherche. Cependant, l'effet
des doses et des types de fumure sur
la durabilité et la reproductibilité des
systèmes de production a demandé
la mise en place d'essais dans les-
quels plusieurs types de fertilisation
étaient appliqués sur les successions
culturales les plus représentées en
milieu paysan. Ces essais ont pu être
réalisés suffisamment longtemps
pour mettre en évidence les effets à
long terme des différents types de fer-
tilisation mis en comparaison.

Les effets des différents modes de fertilisation

En l'absence de fertilisation, la baisse
des rendements est régulière sur 16
années d'essai que ce soit pour le
cotonnier, le sorgho ou l'arachide
(figure 2). La perte moyenne de ren-
dement par année de culture de
cotonnier dans la rotation est estimée
à 33 kilogrammes de coton graine
par hectare. Si cette période d'épui-
sement est suivie par une phase de
régénération de la fertilité de la par-
celle, son niveau de production
n'atteint pas celui d'une parcelle tou-
jours fertilisée ; il correspond à 85 %
de celui de la parcelle fertilisée. Au
cours de cette période, le taux de
matière organique diminue de 0,65 %
à 0,35 %, ainsi que la teneur en
potassium du sol.

Trois modes de fertilisation ont été
testés sur le système de culture à base
de cotonnier, notamment dans l'essai
de Kolombada (figure 3). En conclu-
sion, la fertilisation minérale aux
doses vulgarisées est la modalité la
moins conservatrice des aptitudes de
production du milieu en comparai-
son de la fumure organique et de la

fumure organo-minérale. Les parcelles recevant du fumier sont les plus productives du fait de l'amélioration de la rétention en eau et de l'apport du potassium de la matière organique, le fumier étant riche en potasse.

L'importance de la matière organique, du potassium et du phosphore

La matière organique :
un indicateur de la fertilité ?

D'après les résultats précédents, la matière organique représenterait un facteur limitant essentiel. Une relation entre les potentialités du milieu et la matière organique du sol est définie : les rendements obtenus en coton graine — sur plusieurs années d'essai et plusieurs sites — sont associés au taux de matière organique du sol mesuré la même année dans les 40 premiers centimètres de profondeur. La courbe « enveloppe » de ce nuage de points (figure 4) détermine la relation entre les potentialités du milieu et la matière organique du sol. Cette représentation montre que les potentialités sont élevées même avec des taux de matière organique jugés habituellement très faibles (< 0,4 %). Le taux de matière organique du sol n'a pas d'influence sur le rendement au-delà de 0,5 %.

Si l'on cherche à identifier les parcelles ayant un fort niveau de rendement malgré un faible taux de matière organique, ce sont des parcelles qui ont bénéficié d'une fertilisation potassique élevée, au moins égale à 30 unités par hectare (figure 5). En revanche, pour les parcelles ayant reçu des fertilisations potassiques faibles, le taux de matière organique — jusqu'à un taux de 0,5 % — reflète bien les potentialités agronomiques. Dans ce cas, il apparaît que la fertilisation potassique est un facteur limitant fortement le potentiel de production du cotonnier.

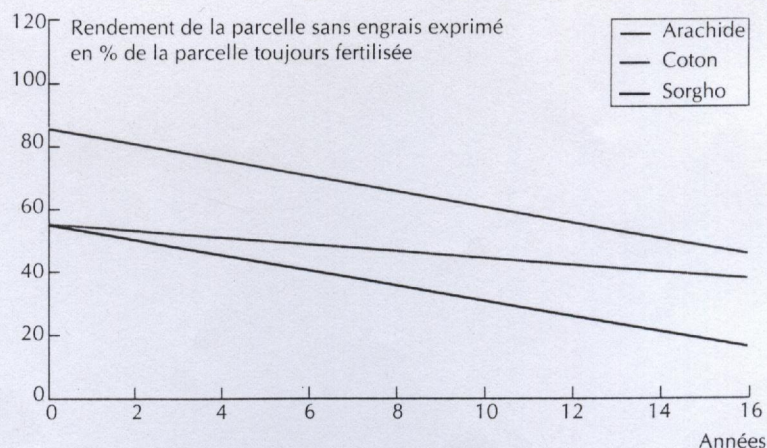


Figure 2. Evolution des rendements (en coton, sorgho et arachide) en l'absence de fertilisation, exprimée en pourcentage des rendements obtenus sur la parcelle ayant reçu une fumure organo-minérale sur la période 1965-1980 (essai « organo-minéral » N'Tarla).

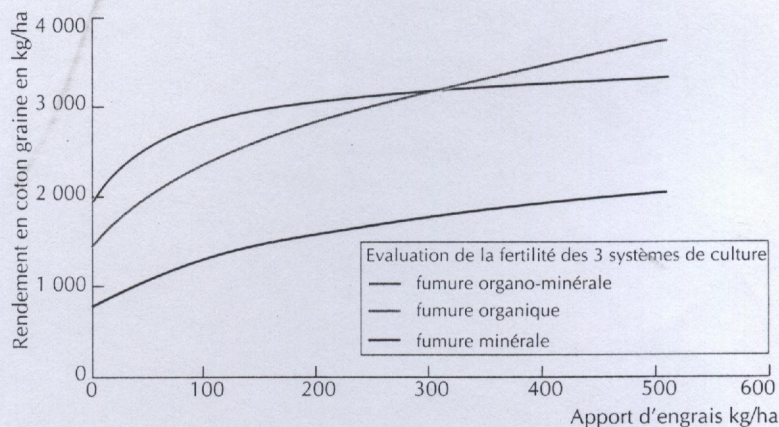


Figure 3. Evaluation des différents systèmes de fumure (fumure organo-minérale, fumure minérale et fumure organique) appliqués pendant 18 ans, de 1971 à 1989. Les aptitudes du milieu sont révélées par les rendements en coton graine obtenus au cours d'une campagne, après application de doses croissantes d'engrais sur les trois systèmes (essai de Kolombada, 1990).

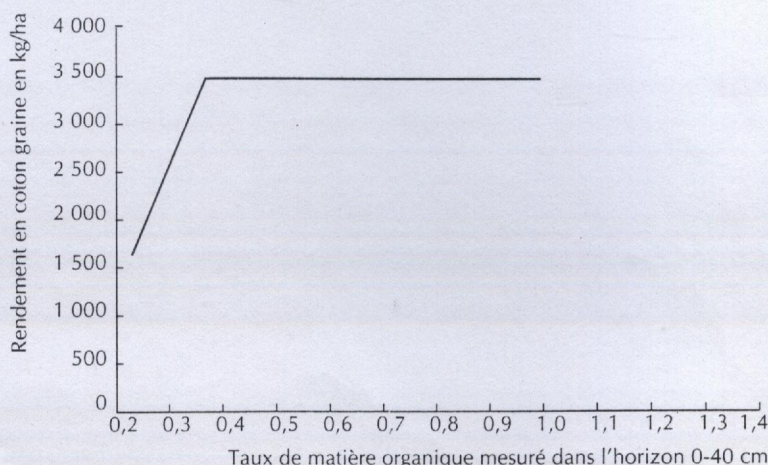


Figure 4. Potentiel de rendement en coton graine en fonction du taux de matière organique du sol dans l'horizon 0-40 centimètres. Courbe « enveloppe » pour 600 rendements en coton graine répertoriés.

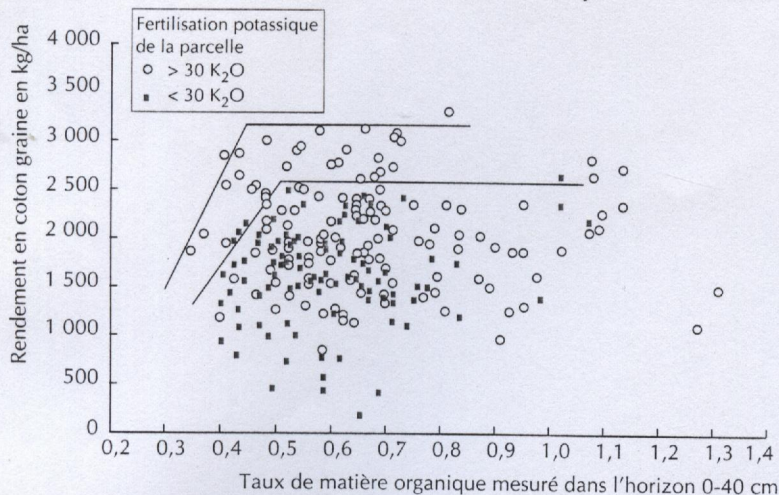


Figure 5. Rendement en coton graine en fonction du taux de matière organique (horizon 0-40 centimètres) et du niveau de fertilisation potassique du cotonnier. Courbe « enveloppe » correspondant à deux niveaux de fertilisation potassique (inférieure à 30 unités par hectare et supérieure à 30 unités par hectare).

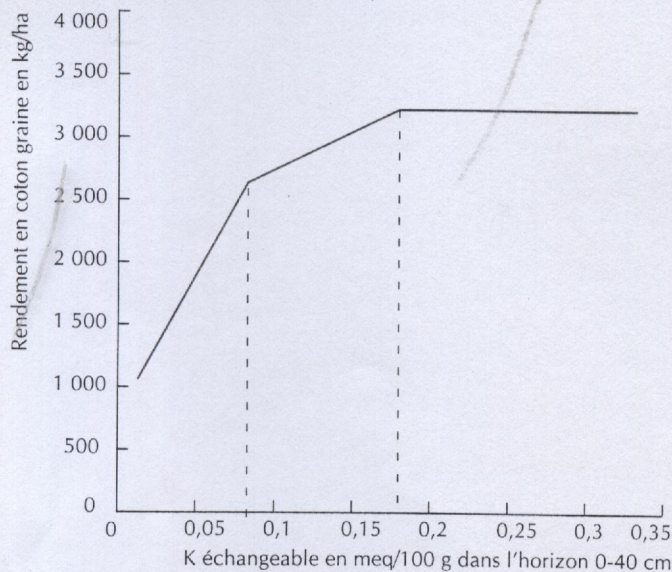


Figure 6. Relation entre le potentiel de rendement en coton graine et le niveau de potassium échangeable dans le sol.

Le potassium échangeable du sol : un indicateur des potentialités

Une relation est établie entre le potassium échangeable du sol et les rendements obtenus en coton graine (figure 6). Un premier seuil — à 0,15 milliéquivalent pour 100 grammes — est déterminant. En deçà le rendement est affecté par la disponibilité en potassium échangeable. Un second seuil est identifié à 0,08 milliéquivalent pour 100 grammes. Une diminution de 0,01 milliéquiva-

lent pour 100 grammes conduit à une baisse du potentiel de production d'environ 100 kilogrammes de coton graine entre le premier et le deuxième seuil. Cette baisse est doublée dès que l'on se situe au-dessous de 0,08 milliéquivalent pour 100 grammes.

Le potassium échangeable du sol est donc un bon indicateur pour juger des potentialités du sol et de son évolution.

Comment évolue le potassium du sol dans le temps et avec différents systèmes de culture ?

L'évolution du système de culture est estimée à l'aide des bilans minéraux. Les exportations sont calculées à partir des récoltes et des résidus de culture (tableau 1). Les résultats montrent qu'un bilan déficitaire de 200 kilogrammes par hectare de K_2O entraîne une baisse de 0,025 milliéquivalent pour 100 grammes de potassium dans le sol (figure 7), ce qui correspond à une chute du potentiel de production pouvant aller jusqu'à 500 kilogrammes par hectare de coton graine.

L'apport d'engrais par la fumure vulgarisée (à 12 % de K_2O) ne suffit généralement pas à couvrir les besoins en potasse du cotonnier et *a fortiori* de l'ensemble du système de culture. Le cotonnier mobilise 75 à 120 unités de K_2O par hectare à 120 jours de végétation. Le potassium échangeable du sol intervient pour compenser ce déficit, ce qui explique le rôle de la teneur en potassium échangeable sur les potentialités.

Le rôle du phosphore

Aux doses vulgarisées, l'engrais apporte 22 unités de P_2O_5 , alors que les mobilisations du cotonnier à 120 jours de végétation sont 10 à 20 kilogrammes soit 25 à 50 unités de P_2O_5 . Les besoins en phosphore de la culture, sont donc satisfaits même avec des doses faibles. La richesse en phosphore joue sur le potentiel « naturel » et donc sur l'ordonnée à l'origine de la courbe de réponse.

Tableau 1. Exportations en éléments minéraux estimées pour différentes cultures (CRETENET, 1990) et relation permettant de calculer les exportations totales en fonction du rendement de la partie récoltée.

Culture	Exportations (kg/ha d'éléments)		
	Azote	Phosphore	Potassium
Cotonnier pour 100 kg de coton graine			
exportations en coton graine	2,04	0,87	0,92
exportations totales	2,5	1,19	2,3
cas du brûlis	2,19	0,97	1,37
Maïs pour 100 kg de grain			
exportations du maïs grain	2,00	0,70	0,50
<i>si le rendement en grain Y est compris entre 1 200 kg/ha et 3 200 kg/ha</i>			
exportations totales	$9,6 + 0,0134 \times Y$	$0,8 + 0,0062 \times Y$	$7,8 + 0,012 \times Y$
sinon exportations totales	2,60	1,2	2,10
Sorgho pour 100 kg de grain			
exportations du sorgho grain	2,01	0,77	0,5
exportations totales	2,99	2,19	5,27
cas du brûlis	2,50	1,48	2,88
Arachide pour 100 kg de gousses			
exportations des gousses	3,80	0,50	0,80
exportations totales	5,10	0,90	2,40
Niébé pour 100 kg de grain			
exportations du niébé grain	0,28	0,27	0,13
exportations totales	1,21	0,81	2,22
Riz pour 100 kg de grain			
exportations du grain	1,30	0,70	0,40
exportations totales	2,40	1,20	3,40
Mil pour 100 kg de chandelles			
exportations du grain	1,90	1,00	1,10
<i>si le rendement en grain Y est compris entre 400 kg/ha et 1 400 kg/ha</i>			
exportations totales	$3,4 + 0,049 Y$	$- 0,9 + 0,0137 Y$	$- 5,7 + 0,0788 Y$

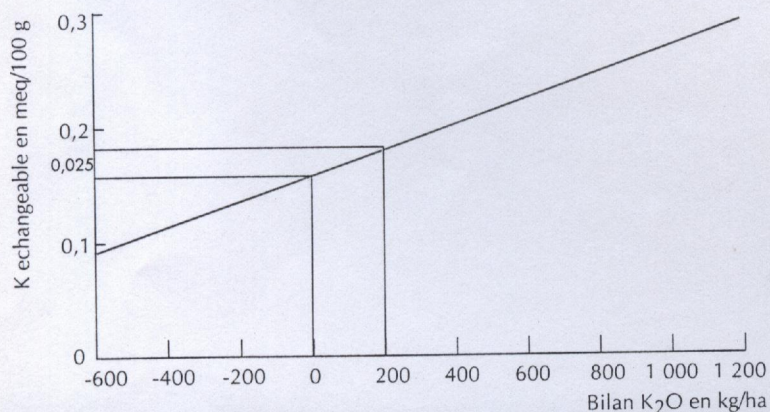


Figure 7. Relation entre le potassium échangeable et le bilan estimé en K_2O (essai de N'Tarla).

En résumé

La fertilité du sol au terme d'un essai de longue durée est évaluée par les caractéristiques de la réponse d'une culture à une dose croissante d'engrais (figure 3). L'ordonnée à l'origine des courbes de réponse qui représente le rendement sans apport

d'engrais, correspond à la fertilité naturelle du sol. Le rendement maximum enregistré représente le potentiel de production du sol. La différence entre le potentiel de production et la fertilité illustre l'efficacité de la fertilisation. Ces trois caractéristiques évoluent avec le temps. Les essais de longue durée au Mali ont montré que la fertilité naturelle est liée au phosphore, les sols étant naturellement carencés en cet élément, mais que les apports d'engrais, à la dose vulgarisée permet de répondre aux besoins. Ces essais ont également mis en évidence que le potentiel de production est conditionné par la teneur en potassium échangeable du sol et que cette teneur est fortement en relation avec le bilan potassique, donc avec les systèmes de culture.

Quelle place réserver à la fumure organique ?

Les apports organiques sont crédités de nombreux effets bénéfiques sur la physique et la biochimie des sols. Sans mésestimer ceux-ci, les résultats des essais de longue durée mettent donc en avant le rôle chimique des apports organiques dans leurs conséquences à court terme sur les rendements et à long terme sur l'état de la fertilité du milieu.

La variabilité des teneurs en éléments minéraux des divers types de fertilisants organiques utilisés au Mali est élevée. De plus, les éléments minéraux apportés par la fertilisation organique des systèmes de culture ne sont pas disponibles immédiatement pour les cultures. Ainsi, seulement un peu plus de la moitié des éléments apportés sous forme organique est disponible pour la culture, la première année. Il faut attendre la deuxième année pour que l'ensemble des éléments soient disponibles.

La comparaison des différentes modalités de fertilisation sur les essais à long terme conduit aux conclusions suivantes :

- en première année, l'apport de fumier n'augmente pas la fertilité naturelle car les éléments minéraux

Les facteurs limitant le rendement autres que la fertilisation

La variabilité des rendements n'est pas seulement fonction de la nutrition potassique et de la matière organique et de la nutrition en phosphore. Plusieurs facteurs peuvent intervenir de manière limitante : l'alimentation en eau, la densité de peuplement et la concurrence par les mauvaises herbes.

L'alimentation hydrique joue un rôle important, en particulier l'excès d'eau en début de cycle et le déficit hydrique en fin de cycle (de 90 à 130 jours du cycle). D'après les mesures réalisées chez des paysans, ce facteur explique plus de 80 % de la variabilité du potentiel de rendement entre les années. La satisfaction des besoins en eau durant la période de floraison du cotonnier joue sur l'efficacité de l'engrais et explique 45 % des variations observées.

ne sont pas disponibles pour la culture ;

- en deuxième année de la rotation, la fertilité naturelle est augmentée par la fumure organique grâce à la minéralisation du phosphore. Durant ces deux années, les potentialités ne se différencient pas entre fumure organique et fumure minérale puisque les disponibilités en potassium apporté par le sol et les apports sont suffisantes ;

- au cours des 5 à 10 premières années de culture, il n'y a pas de différence entre les deux types de fumure, malgré un bilan négatif, le potassium échangeable du sol comblant ce déficit ;

- après 10 ans de culture, en l'absence de fumure organique, le bilan potassique étant déficitaire, le potentiel de production avec une fumure uniquement minérale va décroître. En revanche, il se maintient avec la fumure organique, qui assure un bilan potassique excédentaire ou nul.

D'après les résultats des essais, l'interaction entre la fumure organique et la fertilisation minérale évolue donc dans le temps. Les premières années, par l'effet sur le phosphore, on peut considérer que les effets des engrais minéraux et organiques s'additionnent. Par la sui-

te, le résultat global est inférieur à la somme des effets des deux types d'apport. Après de nombreuses années de mise en culture — plus de 10 ans — les effets sont à nouveau additifs. Les apports organiques devraient donc être conseillés soit sur des sols nouvellement cultivés, soit sur des terres de vieille culture. Il est aussi possible de remplacer la fertilisation minérale par la fumure organique sur des parcelles en culture depuis 5 à 10 ans.

L'effet de la jachère a été évalué en comparant deux systèmes de culture : la culture continue est comparée au système comportant deux années de jachère. Les systèmes de culture continue, du fait d'un bilan minéral plus déficitaire (notamment en potasse) que ceux avec jachère, répondent différemment après 12 années de fertilisation minérale. Cependant, les potentialités restent à peu près les mêmes.

Risques de bilans minéraux déficitaires, évaluation en milieu paysan

Des enquêtes en milieu paysan ont été menées pour confirmer les résultats obtenus sur les essais de longue durée et évaluer les risques de bilans minéraux déficitaires induits par les systèmes de culture des agriculteurs de la région du sud du Mali.

Les sols de cette région sont initialement fortement carencés en phosphore. La fertilisation minérale, avec les engrais complexes (14 N, 22 P, 12 K) apportés sur les cultures de cotonnier et de maïs, permet de corriger cette carence en phosphore, avec les doses vulgarisées (200 kilogrammes par hectare d'engrais complexe sur cotonnier additionné de 50 kilogrammes par hectare d'urée). En revanche, les apports organiques (en particulier les terres de parcs), qui sont en fait des transferts d'éléments minéraux des terrains de parcours

Résultats du battage des meules d'arachides.

Cliché G. Pochtier





Intérieur de ferme. Batterie de pilon
et de mortiers.
Cliché G. Pochier

déjà carencés en phosphore devraient être enrichis avec des phosphates naturels.

En 1988, une enquête a été effectuée sur le passé cultural et les systèmes de culture de 92 parcelles chez des producteurs. Un diagnostic de la nutrition minérale a été établi à partir d'un diagnostic foliaire. D'après cette enquête, les déficits en potasse apparaissent lorsque le cotonnier représente plus de 25 % de l'assolement. Sur des parcelles cultivées depuis plus de 5 ans, avec des apports d'engrais sur cotonnier (en moyenne 35 kilogrammes par hectare et par an d'engrais complexe : 14 N, 22 P, 12 K, 5 S, 1 B), les rendements diminuent. La fertilisation potassique du cotonnier est donc insuffisante sur des systèmes en culture assez intensifs. Les déficits en phosphore se manifestent lorsque les céréales (sorgho et mil) représentent plus de 33 % de l'assolement ; la fertilisation en phosphore des céréales est donc une priorité.

En 1990, une enquête a porté sur l'identification des facteurs de blocage à l'intensification de la culture cotonnière dans la région de Koutiala. En prenant en compte l'importance du sorgho dans le système de culture et l'utilisation de la fumure organique, 59 parcelles ont été analysées. Cette enquête révèle une baisse générale préoccupante du niveau de potassium dans les sols.

Dans 13 cas sur 59, le niveau de potassium est proche du seuil induisant une baisse de rendement (0,20 milliéquivalent de potassium échangeable pour 100 grammes), mais les conséquences sur la production ne sont manifestes que dans un seul cas.

Les risques de dégradation de la fertilité

Chronologiquement, les facteurs limitant le rendement évoluent selon l'âge de mise en culture. Dans les premières années de mise en culture, après défriche pendant 5 à 10 ans, les niveaux de rendement potentiel sont déterminés par l'alimentation hydrique et la fertilisation minérale (azotée surtout). Par exemple, un retard de 10 jours au semis (décalage par rapport aux précipitations) se traduit par une perte de 200 à 300 kilogrammes par hectare de coton graine.

Au-delà de 10 à 15 ans de culture, une déficience en potassium apparaît avec une chute annuelle des rendements (chiffrée chez les producteurs appliquant une fertilisation minérale) de l'ordre de 3 %. Ces tendances correspondent aux résultats des essais de longue durée. Simultanément, le taux de matière organique diminue, ce qui entraîne l'acidification du sol et la dégradation de la structure. A long terme, cette évolution peut se traduire par une libération de l'aluminium échangeable dans le sol, donc un risque de toxicité.

Une conduite générale pour maintenir la fertilité

Les résultats des essais et des enquêtes de terrain permettent de préconiser des recommandations générales de fertilisation.

Pour le phosphore, il s'agit de corriger la carence initiale du sol lors de la mise en culture de nouvelles parcelles. Pour augmenter l'apport de potasse, la fumure organique est un des moyens les plus accessibles.

Tableau 2. Grille de fertilisation pour les apports de potasse et d'azote.

Premier niveau – La fertilisation phospho-potassique à apporter sur la culture de cotonnier en fonction des rotations et de l'ancienneté de mise en culture des parcelles.

- parcelle de moins de 5 ans
 - Terre de culture ancienne après une longue jachère : 50 unités de P_2O_5 et 25 unités de K_2O
 - Terre marginale de mise en culture récente : 50 unités de P_2O_5 et 50 unités de K_2O
- parcelle de 5 à 10 ans
 - Avec une culture de cotonnier tous les 3 ans ou moins : 30 unités de P_2O_5 et 25 unités de K_2O
 - Avec une culture de cotonnier tous les 4 ans ou plus : 50 unités de P_2O_5 et 50 unités de K_2O
- parcelle de plus de 10 ans
 - 30 unités de P_2O_5 et 100 unités de K_2O

Deuxième niveau – La fertilisation azotée à apporter sur cotonnier en fonction de la date de semis.

- semis précoces du 25 mai au 10 juin à la levée, 45 unités + à 45 jours : 35 unités d'azote
- semis du 10 juin au 25 juin à la levée : 50 unités d'azote
- semis tardif du 25 juin au 10 juillet à la levée : 30 unités d'azote.

Equivalence d'apports selon les types d'engrais

Engrais	Azote	Phosphore	Potassium
Unités équivalentes	14	22	12
Complexe en kg	100	100	100
Urée en kg	30		
Fumier en kg	1 500	5 000	1 000
PNT Phosphate naturel de Tilemsi		125	
KCl			25

La gestion de la fertilisation azotée est annuelle. Son efficacité est directement liée à la quantité et à la répartition des pluies. Le fractionnement est justifié sur des semis précoces.

Pour tenir compte de la variété des situations et augmenter les rendements, il faut envisager plusieurs cas et évaluer la surface qu'ils représentent selon les régions :

- maintien de la fertilité, sur des sols à fortes potentialités ;
- amélioration de la fertilité, sur des sols de potentialité moyenne ;
- régénération des sols dégradés en voie d'abandon pour l'agriculture.

Une grille de fertilisation résume la conduite optimale conseillée en fonction de la rotation pratiquée et de l'âge de la parcelle cultivée (tableau 2). Le « premier niveau » prend en compte le statut phospho-potassique du sol afin de moduler les compléments en phosphore et en

potasse pour la fertilisation du cotonnier. Le « deuxième niveau » prend en compte l'alimentation hydrique de la culture à travers la date de semis afin de moduler la fertilisation azotée de la culture.

Ces 25 années d'essais confirment que l'intensification par la fertilisation garantit des niveaux de rendements stables, ce qui représente un facteur de progrès important dans le cadre de la fixation de l'agriculture. Dans certains sols déficitaires, une fumure de correction n'est cependant pas suffisante pour retrouver le niveau de rendement initial.

Conclusion

Dans le contexte actuel de fertilisation des systèmes de culture en région cotonnière, il paraît indispensable d'aborder les contraintes et les objectifs de fertilisation à l'échelle du terroir, l'échelle de la

parcelle est maintenant insuffisante. Ces études de fertilisation longue durée au Mali montrent en premier lieu l'importance du niveau de potassium. Pour rehausser le niveau de fertilité, la richesse en matière organique est un facteur déterminant. Elle dépend de la place consacrée à la régénération des parcelles, aux terres de parcours, donc de l'ensemble du système sylvo-pastoral et de la sole cultivée.

Les résultats obtenus sur les composantes chimiques, étudiées en détail dans l'ensemble de ces essais longue durée, sont valables dans de nombreuses régions en systèmes de culture pluviaux. Au Mali, malgré un système de culture très intensifié (en particulier en liaison avec la culture cotonnière), l'évolution de la fertilité du milieu est préoccupante, voire défavorable. *A fortiori*, dans les régions « moins intensifiées », les conseils doivent remédier à la dégradation de la fertilité.

Pour en savoir plus

BRAUD M., 1975. Le diagnostic foliaire et la nutrition potassique du cotonnier. *Coton et Fibres tropicales*, 30 (1) : 237-244.

BRAUD M., 1987. La fertilisation d'un système de culture dans les zones cotonnières soudano-sahéliennes. *Coton et Fibres tropicales*, série Documents, études et synthèses, n°8, 35 p.

CRETENET M., 1990. Efficacité agronomique des engrais et amendements en agriculture fixée. In « Savanes d'Afrique, terres fertiles ? », actes des rencontres internationales de Montpellier, France, 10-14 décembre 1990, p. 419-437. Paris, France, ministère de la Coopération et du Développement, 587 p.

CRETENET M., 1990. Rapport de mission au Mali, du 29 août au 6 septembre 1990. Montpellier, France, CIRAD, IRCT, 16 p.

CRETENET M., 1991. Rapport de mission au Mali, du 18 au 28 mars 1991. Montpellier, France, CIRAD, IRCT, 19 p.

CRETENET M., 1992. Rapport de mission au Mali, du 4 au 12 février 1992. Montpellier, France, CIRAD, IRCT, 19 p.

CRETENET M., 1993. Rapport de mission au Mali, du 15 au 26 juin 1993. Montpellier, France, CIRAD, IRCT, 28 p.

DEAT M., 1975. Etude du redressement de la fertilité sur des terres à vocation cotonnière présentant des carences en éléments majeurs. *Coton et Fibres tropicales*, 30 (2) : 245-262.

RICHARD L., 1979. Rapport de mission au Mali, du 2 au 12 février 1979. Montpellier, France, CIRAD, IRCT, 32 p.

Résumé... Abstract... Resumen

M. CRETENET, D. DUREAU, B. TRAORE, D. BALLO – **Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali : du diagnostic au pronostic.**

Dans la région cotonnière, des essais de longue durée ont été associés à des enquêtes et à des analyses de sol. Sans fertilisation, la perte de rendement est régulière et les rendements « initiaux » ne sont pas retrouvés après régénération des parcelles. En comparaison avec la fertilisation organique ou organo-minérale, la fertilisation minérale seule n'est pas conservatrice de la fertilité du milieu. La fumure organique devrait être conseillée soit sur des terres nouvellement mises en culture, soit sur des cultures de plus de 10 ans. Ces essais montrent l'importance du niveau de potassium : le potentiel de production est dépendant de la richesse et des apports de potasse. Les apports de phosphore permettent de corriger la carence naturelle des sols. Les enquêtes de terrain montrent que la baisse de fertilité est préoccupante, surtout le bilan potassique, ce déficit peut être corrigé par des apports organiques. La gestion de la fumure azotée est annuelle, fractionnée sur des semis précoces de cotonnier. Ces 25 années d'essais confirment que l'intensification par l'apport de fertilisation garantit des rendements stables, progrès important pour la fixation de l'agriculture. Il est à présent indispensable d'aborder la fertilisation à l'échelle du terroir et pas seulement de la parcelle.

Mots-clés : cotonnier, maïs, arachide, sorgho, jachère, fertilisation organique, fertilisation minérale, jachère, essai, enquête, potassium, phosphore, azote, Mali.

M. CRETENET, D. DUREAU, B. TRAORE, D. BALLO – **Fertility and fertilisation in southern Mali: from appraisal to forecasting.**

Long-term trials in the cotton belt have been combined with surveys and soil analyses. Yield falls steadily without fertilisation and 'initial' yields are only possible once again after plot renovation. Unlike organic or organo-mineral fertilisation, application of inorganic fertiliser alone does not conserve fertility. Organic fertiliser should therefore be recommended on newly cultivated land and on land cropped for over 10 years. The trials show the importance of the potassium content. Yield potential depends on this and on potash application. Phosphorus applications correct the natural deficiency of the soil. Field surveys showed that falling fertility is worrying, and especially the fall in potassium levels. The deficiency can be corrected by application of organic fertiliser. Nitrogenous fertiliser is managed on an annual basis and applied in fraction to early-sown cotton. The 25 years of trials confirm that intensification through fertilisation ensures stable yields, an important factor in achieving settled agriculture. It is now essential to approach fertilisation on a local land scale and no longer on that of individual fields.

Keywords: cotton, maize, peanut, sorghum, fallow, organic fertilisation, inorganic fertilisation, trial, survey, potassium, phosphorus, nitrogen, Mali.

M. CRETENET, D. DUREAU, B. TRAORE, D. BALLO – **Fertilidad y fertilización en la región sur de Mali : del diagnóstico al pronóstico.**

En la región algodонера, se han combinado pruebas de larga duración con encuestas y análisis de suelo. Sin fertilización, la pérdida de rendimiento es regular y los rendimientos « iniciales » no se recuperan después de regenerar las parcelas. En comparación con la fertilización orgánica u organo-mineral, la fertilización universal sola no conserva la fertilidad del medio. El estercolado orgánico debería desaconsejarse ya sea en tierras nuevas puestas en cultivo o en cultivos de más de diez años. Estas pruebas demuestran la importancia del nivel de potasio, es decir que el potencial de producción depende de la riqueza y los aportes de potasa. Los aportes de fósforo permiten corregir la carencia natural de los suelos. Las encuestas en el terreno indican que la disminución de fertilidad es preocupante, sobre todo en lo referente al balance potásico, y que este déficit puede corregirse mediante aportes orgánicos. La gestión del estercolado nitrogenado es anual, fraccionado en siembras precoces de algodón. Estos 25 años de pruebas confirman que la intensificación por el aporte de fertilización garantiza rendimientos estables, lo que es un progreso importante para la fijación del cultivo. Actualmente, es indispensable abordar la fertilización a la escala del terroir y no solamente de la parcela.

Palabras clave : algodón, maíz, cacahuete, sorgho, barbecho, fertilización orgánica, fertilización mineral, prueba, encuesta, potasio, fósforo, nitrógeno, Mali.

Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique tropicale

En Afrique tropicale, le producteur de coton est confronté à deux courants extérieurs, auxquels il lui est de plus en plus difficile de se soustraire. En premier lieu, les responsables de la filière — après avoir supprimé depuis quelques années toute subvention sur les intrants chimiques — demandent à l'agriculteur de réduire ses coûts de production, alors que la protection contre les ravageurs représentait 40 % des frais généraux, avant la dévaluation du franc CFA. En second lieu, les écologistes, nombreux à la ville ou venus de l'étranger, exigent le respect de l'environnement ; les termes « lutte intégrée, biodiversité, insectes utiles, résidus », de plus en plus cités, sont bien souvent mal compris.

La réponse du paysan passe par la mise en œuvre de nouveaux programmes de protection moins onéreux, plus efficaces et peu dommageables pour le milieu ambiant. Des formations techniques adaptées seront indispensables pour tous les acteurs de la filière, d'autant que les interventions des firmes privées sont de plus en plus fréquentes sur le marché des pesticides.

Dans une série de trois articles, les thèmes abordés seront successivement : le choix raisonné des pesticides et des dates de traitement ; les contraintes pour l'application de nouveaux programmes de protection ; les alternatives possibles aux traitements chimiques.



J. CAUQUIL, M. VAISSAYRE
CIRAD-CA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Ces résultats et ces conseils sont le fruit des travaux des équipes de recherche en entomologie et des spécialistes des organismes nationaux africains (SNRA), de l'IRCT (Institut de recherche du coton et des textiles exotiques) jusqu'en 1992 et du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). Ils sont fondés sur plus de dix années d'expérimentations et d'observations.