

# Efficacité de la fertilisation phosphatée de l'arachide et du sorgho au Burkina Faso et utilisation des phosphates locaux

Ph. CATTAN<sup>(1)</sup>

**Résumé.** — Une expérimentation menée durant trois années sur deux villages de la région Centre-Nord du Burkina Faso, permet de déterminer les contraintes liées à la fertilisation phosphatée de l'arachide et du sorgho, en relation avec les conditions de développement des cultures. Une étude détaillée du milieu nous amène à dégager les paramètres qui conditionnent l'efficacité d'engrais à base de phosphates de solubilités différentes. L'importance des réponses est évaluée et conduit à une approche économique, qui rend possible la définition d'une stratégie d'utilisation des engrais.

**Mots clefs.** — Fertilisation, phosphates, arachide, sorgho, Burkina Faso, étude multilocale, contraintes de croissance, rentabilité

## INTRODUCTION

Un des problèmes majeurs de l'agriculture tropicale est le maintien de la fertilité des sols. La gestion traditionnelle de cette fertilité amenait à introduire une sole de repos dans les successions culturales, complétée épisodiquement par des apports de matière organique d'origine animale. Or, sous la pression démographique, l'extension des surfaces cultivées, sans augmentation du cheptel, a conduit à une dégradation importante de la fertilité des terres. Une évolution des pratiques assurant le maintien de la production est nécessaire, principalement par utilisation des engrais minéraux sur une grande échelle.

Le Burkina Faso ayant développé une politique dynamique d'utilisation des engrais, il convenait, d'un point de vue agronomique, d'en préciser les conditions de rentabilité.

## OBJECTIFS ET METHODES

### □ Objectifs

A l'emploi d'une fumure minérale onéreuse est associée la notion de rentabilité qu'on peut décomposer en trois éléments :

- ✓ le prix de l'engrais

Ses variations sur le marché international, et le souci d'indépendance et de valorisation des ressources locales, ont conduit de nombreux gouvernements à exploiter les sources de phosphates locaux à leur disposition. C'est le cas au Burkina Faso avec la mise en valeur du gisement de Kodjari. Le coût à l'achat de l'engrais est peu élevé (26 FCFA le kg) mais sa solubilité est faible. Différents procédés d'amélioration

du produit ont été testés avec, cependant, une augmentation concomitante des coûts ;

- ✓ le prix de vente de la culture recevant la fertilisation

Ce paramètre explique, en partie, le fait que seules les cultures de rente aient reçu jusqu'à présent une fertilisation conséquente ;

- ✓ l'efficacité de l'engrais

Elle dépend de nombreux facteurs dont :

- le type d'engrais (solubilité en particulier),
- la formule de fertilisation (association des éléments minéraux entre eux),
- les conditions de culture (pluviométrie, types de sols, cultures pratiquées, techniques culturales ...).

L'objectif de l'étude a été de préciser les relations et les interactions existant entre ces différents paramètres et leur implication quant aux modalités d'utilisation des engrais.

### □ Méthode

Déterminer les conditions d'efficacité des engrais impliquait d'avoir un éventail de situations le plus large possible. Les facteurs de diversification retenus ont été l'année, la localisation, les cultures et les sols en interaction avec leur mode de gestion (successions culturales, fumures ...). Enfin, l'efficacité des engrais était testée, pour les effets directs, l'année d'application et les arrière-effets sur la culture en rotation.

De façon pratique, sur deux villages de la région centre du Burkina (Boussé et Toessé) et durant deux années consécutives ont été choisis 5 champs (20 champs sur l'ensemble de l'expérimentation) sur lesquels ont été implantés un essai en arachide (variété CN 94 C de 90 jours) et un essai en sorgho (variété E 35-1 de 120 jours). Sur chaque essai ont été testés les effets (années 88 et 89) et arrière-effets (années 89 et 90)

(1) IRHO/CIRAD - INERA - station de Kamboinsé - Ouagadougou (Burkina Faso).

des engrais. Ce dispositif permet de déterminer de façon globale les effets année en interaction avec les villages (soit 4 configurations d'hivernage possible) ainsi que les effets "champs" subordonnés à ces facteurs.

La présence dans la zone centre du Burkina Faso d'une société de vulgarisation de l'arachide (Sofivar) susceptible d'écouler à court terme des quantités importantes d'engrais, justifie le fait qu'on se soit intéressé à la fertilisation de deux cultures en rotation, l'arachide et le sorgho.

Etant donné les nombreuses études de formulation d'engrais réalisées au Burkina sur ces deux cultures (IRHO 1982, Arrivets), on n'a pas traité le problème des équilibres minéraux des fumures, les formulations étant supposées connues, *a priori*. On s'est principalement intéressé au phosphore, la carence en cet élément étant générale dans les sols de la région.

### LES TYPES DE PHOSPHATES ETUDIÉS

Le Burkina Faso exploite actuellement un gisement de phosphate à Kodjari (Burkinaphosphate = BK-P), dont les caractéristiques sont les suivantes (B. Truong et C. Fayard) :

- faible concentration en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (25%) ;
- phosphate très chargé en silice (délicat à broyer) ;
- faible solubilité.

Dans le but d'améliorer sa valeur agronomique, ce phosphate a fait l'objet de différents traitements (attaques partielles). Le produit finalement retenu pour l'étude (phosphate amélioré = PA) résulte d'une attaque complexe à partir de phosphate monoammonique et d'acide sulfurique en présence de soufre élémentaire. Les critères suivants ont été pris en compte lors de l'élaboration de cet engrais :

- efficacité agronomique ;
- teneur suffisante en éléments fertilisants ;
- facilité de fabrication ;
- coût de matière minimum ;
- compatibilité avec les autres éléments entrant dans la composition du mélange final.

Ces deux types de phosphates (BK-P et PA) ont constitué les traitements de notre expérimentation, auxquels ont été ajoutés comme référence un témoin sans engrais et un phosphate soluble (supertriple = TSP). Leur comparaison a été effectuée dans le cadre d'essais à 8 répétitions, sur la base d'une formule 10.5 N - 20 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 11.5 S adaptée à la culture de l'arachide, et complétée, en 89 uniquement, avec 50 kg/ha d'urée 25 jours après semis pour la céréale.

### LES CONDITIONS DE CULTURE

#### ☐ Types de sol

Sur chacun des essais, des profils pédologiques ont été réalisés et des analyses granulométriques et chimiques des sols effectuées, à partir d'un échantillon moyen des 20 premiers cm.

Pour l'ensemble des sols, l'horizon de surface travaillé par les outils (5 premiers cm) présente des caractéristiques semblables. La texture est sableuse, la structure massive, l'organisation lamellaire. Aucune fente n'apparaît et la faible porosité limite fortement l'infiltration des pluies. L'activité biologique y est faible. Enfin la carence en phosphore y est générale.

Trois groupes peuvent être distingués :

- SG (sables grossiers) : niveau plus ou moins bas des réserves chimiques et faible taux général en P assimilable. Charge en gravillons dépendant de la position dans la toposéquence. La carapace est présente

entre 30 et 60 cm ; de faible porosité, la formation d'une nappe perchée avec drainage latéral est possible. 13 champs de ce type sont identifiés ;

- LG : sols limono-argileux, plus ou moins hydromorphes (5 champs sur Boussé). Trois horizons sont distingués :
  - le premier (5 à 15 cm) de texture sablo-limoneuse, est de structure massive, peu poreux avec une bonne activité biologique ;
  - le deuxième (15 à 40 cm) se différencie du premier par un % d'argile plus important, des phénomènes locaux d'hydromorphie étant à l'origine de la présence de plages plus rouges voir d'un blanchiment de cet horizon ;
  - le troisième (>40 cm) de texture sablo-argileuse, est un pseudogley.

Suivant la position dans la toposéquence, deux sous-classes sont distinguées :

- SFLG : sols limono-sableux de milieu de toposéquence les plus sensibles à la battance ;
- LGARG : sols hydromorphes de bas de toposéquence à fortes teneurs en K et Mn.
- ARG : fortes valeurs de l'ensemble des variables chimiques sauf pour le phosphore assimilable et malgré une forte teneur en phosphore total (blocage possible sous forme calcique). Sols argileux à mauvais drainage externe sur zone plane (2 champs sur Toessé). Quatre horizons sont décrits :
  - le premier (2 à 15 cm) est de texture sablo-limoneuse, de structure massive, peu poreux et à activité biologique moyenne. On y observe quelques taches d'hydromorphie,
  - le deuxième (15 à 45 cm) se différencie du premier par une hydromorphie importante (nombreuses taches jaunes) et une faible activité biologique,
  - le troisième (45 à 110 cm), toujours hydromorphe, est de texture argilo-limoneuse,
  - le quatrième (110 cm) se compose d'un mélange d'argile vertique, de nodules ferrugineux et de quelques cailloux de quartz.

TABLEAU I. — Granulométrie par type de sol en %

	Argile	Limons	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Nb. champs
SG	4.9	5.6	16.0	34.2	39.4	13
SFLG	6.7	9.3	21.8	44.0	18.3	3
LGARG	9.1	14.4	31.8	33.6	11.1	2
ARG	10.1	11.1	16.2	31.7	30.8	2

Les caractéristiques granulométriques et chimiques des sols figurent aux tableaux I et II. On notera la forte liaison entre variables du complexe absorbant (CEC, Ca, Mg, N et C) et la granulométrie alors que les autres éléments peuvent varier de façon importante à l'intérieur d'un même groupe.

En conclusion des sols variés, dont les caractéristiques sont largement influencées par la position dans la toposéquence. On passe de contraintes de réserve en eau en sommet d'interfluve (texture grossière associée à la présence de cuirasse), à des phénomènes d'hydromorphie en bas de versant (texture fine associée à des zones de dépôts). Sur ces dernières zones, outre les problèmes de croissance liés à l'hydromorphie, les textures fines rencontrées (prise en

TABLEAU II. — Caractéristiques chimiques par type de sol

	M0	C	N	C/N	PTOT	Pass	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	Somme	CEC	Satur.	pH eau	Nb.
SG	0.73	0.42	0.45	9.1	118.6	6.9	1.21	0.37	0.09	0.01	0.04	0.00	1.74	1.78	0.97	6.43	13
SFLG	0.77	0.45	0.47	9.4	103.6	7.5	1.63	0.56	0.14	0.03	0.05	0.01	2.41	2.32	1.05	6.27	3
LGARG	1.16	0.68	0.65	10.5	101.8	5.2	1.91	0.69	0.19	0.01	0.10	0.00	2.90	2.94	0.99	6.14	2
ARG	1.10	0.64	0.61	10.6	150.4	5.9	3.06	1.52	0.12	0.06	0.04	0.00	4.81	4.94	0.99	6.72	2

masse des sols à l'état sec) rendront la récolte difficile. Pour tous ces sols, le premier horizon d'organisation lamellaire limite fortement l'infiltration et est à l'origine de difficultés majeures pour la réalisation des travaux de début de campagne.

#### ☐ Pluviométrie et bilan hydrique

Le bilan hydrique a été calculé par la méthode Franquin-Forest (1973) pour chaque zone et chaque année. Les paramètres d'entrée sont les suivants :

- la pluviométrie : elle a été relevée au niveau de chaque village ;
- la réserve utile : elle a été estimée à 50 mm pour les sols de la catégorie SG et à 100 mm pour les autres ;
- le ruissellement : le seuil de ruissellement a été pris égal à 5 mm. Des taux de ruissellement de 50% et 25% ont été choisis respectivement pour les 35 premiers jours de cycle et les 55 derniers jours.

Les valeurs de réserves utiles (RU) et de taux de ruissellement (r) sont des approximations qui permettent seulement une caractérisation qualitative (et non quantitative) de l'état hydrique des sols et de la physiologie de la saison des cultures.

On a représenté (Fig. 1, 2, 3) les bilans hydriques pour les 3 années de culture et les deux sites en fonction des dates de semis pratiquées et des sols cultivés. Les types suivants sont distingués :

- stress en début de cycle : Toessé 88 ;
- fort stress en fin de cycle (70-90 jours) : Boussé 88 sur les sols à faible réserve utile et Boussé 90 pour les semis tardifs ;
- faible stress en fin de cycle : Boussé 88 pour les sols à bonne réserve utile, Boussé 89 pour une réserve utile de 50mm, et Boussé 90 pour les semis précoces ;
- stress tout au long du cycle : Toessé 90 ;
- absence de stress hydrique : Toessé 89 et Boussé 89 pour les sols à forte réserve utile.

#### ☐ Successions culturales rencontrées

Pour chaque champ, les cultures des 8 années antérieures ont été enregistrées, ainsi que les apports d'éléments fertilisants. Pour ces derniers on ne dispose pas des quantités apportées. L'attention accordée au maintien de la fertilité du champ est seulement prise en compte à ce niveau. Les pratiques en matière de successions culturales sont fréquemment liées aux types de sol et on a :

##### ✓ Toessé :

- sur les sols du groupe ARG on trouve des successions de culture de sorgho sans apports de fertilisants (plus grande richesse chimique des sols) ;
- aux sols du groupe SG sont associées la culture de mil ainsi que certaines cultures secondaires (haricot, arachide). La gestion de la fertilité fait appel aux

jachères ou aux apports plus ou moins fréquents de fumures organique ou minérale. On trouve :

- des défriches récentes (3 champs défrichés en 86 et 87),
- des associations mil, sorgho, haricot, arachide (3 champs dont 1 fertilisé régulièrement tous les deux ans à base de fumure NPK),
- des successions culturales mil, sorgho (2 champs dont 1 fertilisé tous les ans à base de fumures organique et minérale).

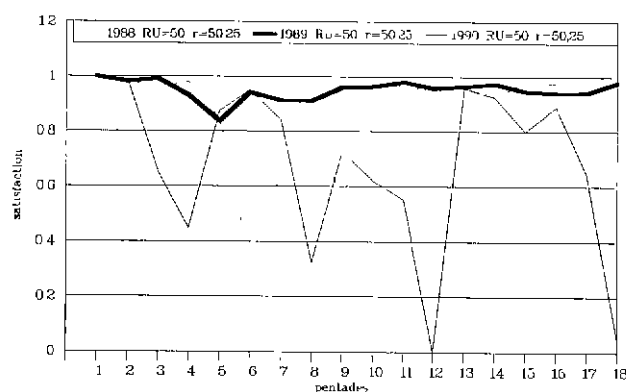


FIG. 1. — Bilan hydrique sur Toessé calculé suivant différentes modalités pour les années 1988, 1989, 1990. Seuil de ruissellement = 5 mm

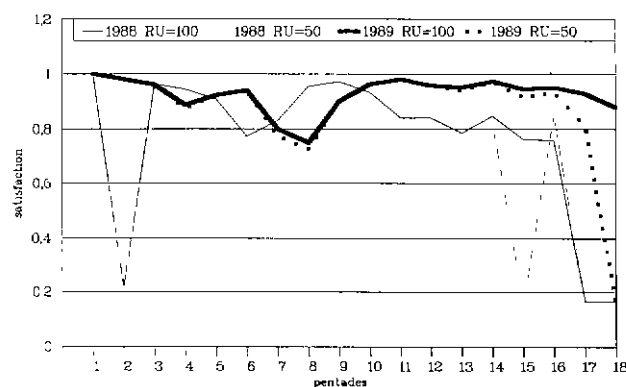


FIG. 2. — Bilan hydrique sur Boussé calculé pour deux réserves utiles. Années 1988 et 1989. Seuil de ruissellement = 5 mm Coefficients de ruissellements = 50,25

##### ✓ Boussé :

- sur les sols du groupe LG on trouve des successions de cultures de sorgho et de mil, les pratiques d'apports d'éléments fertilisants suivantes étant distin-

guées (une année de jachère remplaçant parfois la fertilisation) :

- aucun apport (2 champs).
  - apports une année sur 3 (1 champ).
  - apports tous les 2 ans (1 champ),
  - apports 3 années sur 4 (1 champ),
- sur les sols du groupe SG : les successions culturales sont toujours à base de sorgho et mil. Les fréquences d'apports d'éléments fertilisants varient de 90 à 100 %. Seul un champ cultivé depuis 7 ans en arachide n'est pas fertilisé.

En conclusion, on relève des successions culturales à base de céréales, où le mil apparaît sur les sols les moins fertiles. L'entretien de la fertilité des terres est faible ou nul sur les sols les plus riches et intervient plus ou moins fréquemment sur les autres terrains. La gestion de la fertilité est spécifique à chaque village, la fertilisation étant la règle sur Bouslé, alors que les jachères sont moins fréquentes sur ce site.

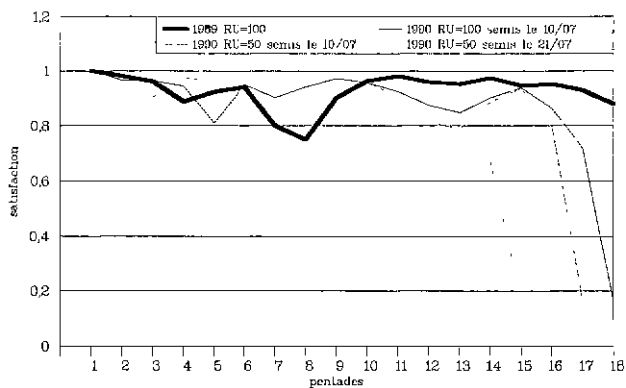


FIG 3. — Bilan hydrique sur Bouslé calculé pour différentes réserves utiles et dates de semis. Année 1990.  
Seuil de ruissellement = 5 mm  
Coefficients de ruissellements = 50,25

## CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT D'UNE CULTURE D'ARACHIDE SANS ENGRAIS

### □ Représentation

Le rendement d'une culture peut se décomposer comme étant le produit du nombre de grains/ha et du poids d'un grain, composantes dont la période d'élaboration est distincte dans le temps. On vérifie (Fig. 4 et 5) que le nombre de grains/ha explique principalement les variations de rendement. Deux phénomènes peuvent expliquer la limitation du nombre de grains :

- faible croissance,
- faible efficacité de la croissance (nombre de grains/matière sèche végétative).

A partir des matières sèches végétales à la récolte (MSV = feuilles + tiges + coques), l'efficacité de la croissance a été évaluée, ces deux paramètres constituant un plan utilisé pour la représentation des données (Fig. 6). L'ensemble des points admet une courbe enveloppe. Celle-ci présente un palier jusqu'à la valeur seuil d'environ 90 g/m<sup>2</sup> de MSV, puis décroît de façon linéaire. D'après Carroue *et al.*, 3 zones de diagnostic peuvent être distinguées :

- zone A : faible efficacité de la croissance végétative alors que cette dernière était suffisante pour atteindre la valeur seuil de nombre de grains/m<sup>2</sup>. Ceci renvoie à l'existence d'un stress au cours de la période de formation des graines ;
- zone B : seule la croissance végétative est limitante. Faible densité et stress durant la première phase de végétation peuvent expliquer ce fait ;
- zone C : faibles croissance et efficacité. Des facteurs limitants permanents (fertilité) ou ponctuels mais répétés à différents stades de la culture peuvent être des éléments explicatifs.

La projection sur ce type de graphique de 3 classes de rendements ( $\times < 700$  kg/ha,  $700 < \times < 900$  kg/ha,  $900 < \times$ ) permet d'apprécier la valeur diagnostique de cette représentation. En l'occurrence, elle permet dans le cas présent pour chaque site d'un même niveau de production, d'identifier le type de contrainte ayant conduit au rendement final.

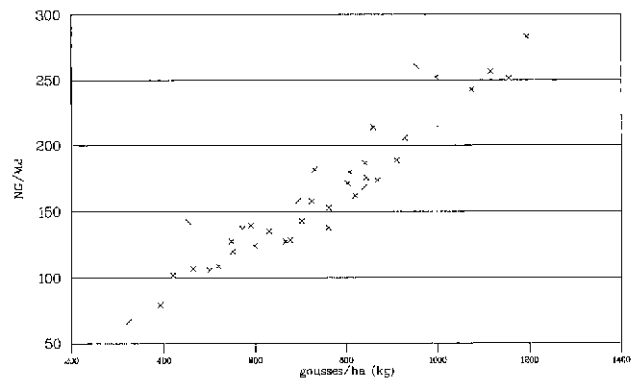


FIG 4. — Liaison entre le rendement gousses/ha et le nombre de grains / m<sup>3</sup> (NG/M<sup>3</sup>).  
Moyennes des parcelles témoins de 40 essais conduits sur 3 années

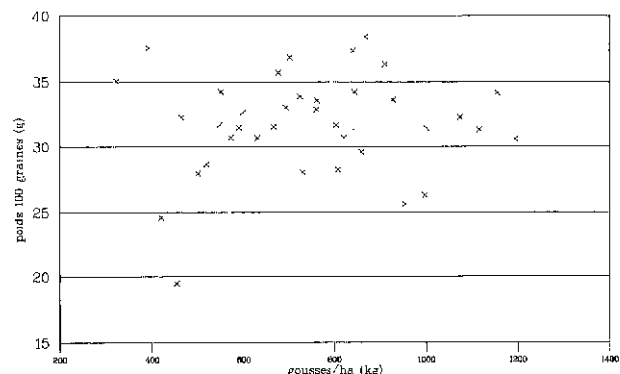


FIG 5 — Liaison entre le rendement gousses/ha et le poids de 100 graines.  
Moyennes des parcelles témoins de 40 essais conduits sur 3 années

### □ Répartition des points

#### ✓ Les sols

On a représenté (Fig. 7) les différents classes de sols décrits précédemment. L'opposition entre sols gravillonnaires cuirassés (SG) et les autres types est mise en évidence

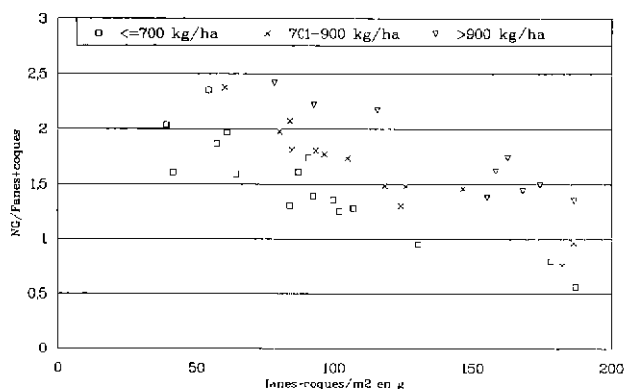


FIG. 6. — Relation entre efficacité de la croissance et matière sèche végétative (fanes+coques/m<sup>2</sup>) Répartitions des rendements gousses en kg/ha

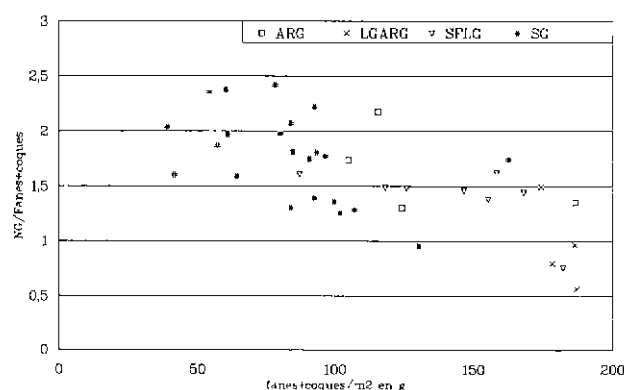


FIG. 7. — Relation entre efficacité de la croissance et matière sèche végétative (fanes+coques/m<sup>2</sup>) Types de sol

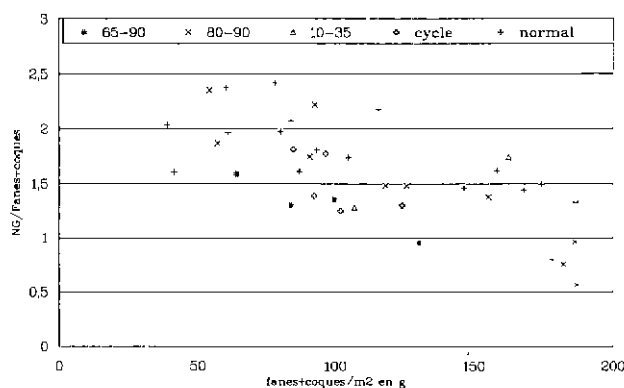


FIG. 8. — Relation entre efficacité de la croissance et matière sèche végétative (fanes+coques/m<sup>2</sup>) Types de stress hydriques

et correspond à une limitation de la croissance végétative due en partie, ainsi que nous le montrent les analyses, à la faible teneur de l'ensemble des éléments minéraux.

La satisfaction des besoins en eau (Fig. 8)

L'abscisse de 140 g/m de matière sèche végétative délimite deux zones. Dans la première, on relève les fortes diminutions d'efficacité provoquées par des stress survenant entre

le 65e jour après semis et la récolte, ainsi que par des successions de déficits hydriques durant tout le cycle. Dans la deuxième zone un effet des stress hydriques juste avant récolte (80-90e jour après semis) ressort. Une sous-estimation du bilan hydrique et peut-être une plus grande sensibilité de l'arachide à la sécheresse en relation avec le développement végétatif important de la culture, pourraient expliquer cette répartition des points.

On est en présence de différences de potentiel de croissance importantes, fonction des sites sur lesquels la culture est conduite. En quels termes ses contraintes se traduisent-elles alors sur l'effet d'apports d'éléments fertilisants ?

### EFFET DE LA FERTILISATION

C'est dans le cadre défini précédemment que doit se replacer l'étude de la fumure. Pour les deux systèmes de fertilisation étudiés (apport sur arachide ou sur céréale), on s'attachera à expliquer la variabilité des réponses (effets et arrière-effets) à partir des paramètres du milieu décrits dans les parties précédentes. L'efficacité des phosphates brut (BK-P) et amélioré (PA) par rapport au supertriple (TSP) sera évaluée dans la même optique.

Une approche économique de la fertilisation permettra par la suite d'évaluer l'intérêt des restitutions minérales ainsi que d'entrevoir une stratégie de l'utilisation des engrais.

### Les réponses aux engrais

#### ✓ Effets directs

- Arachide

Pour l'ensemble de l'expérimentation sur les deux années où ont été déterminés les effets directs des engrais les moyennes pour 20 champs semés en arachide sont représentées tableau III.

TABLEAU III. — Paramètres de récolte de 20 champs en arachide

	Pieds/ha	Fanes/ha kg	Gousses/ha kg	Fanes/ gousses	Gousses/ pieds g
Témoin	144600	990 a	780 a	1.35	5.5 a
BK-P	143900	1180 b	920 b	1.35	6.4 b
PA	144300	1290 c	1020 c	1.36	7.1 c
TSP	144800	1430 d	1140 d	1.33	7.9 d

Pour les deux années concernées (88 et 89) on a procédé à des analyses par regroupement d'essais permettant d'identifier les sites où les effets de la fertilisation étaient comparables (Tabl. IV).

L'efficacité des types d'engrais est fonction de leur solubilité, les classements relatifs des phosphates testés ne variant pas suivant les sites et les efficacités moyennes pondérées des phosphates BK-P et PA par rapport au TSP s'évaluent respectivement à 41% et 66%. L'homogénéité relative des pH à des valeurs neutres explique la faible efficacité du phosphate brut, alors que ce facteur en conditionne le degré de solubilité (Truong, 1989).

Les groupes G1 pour 88 et G3 pour 89 représentent les champs où les effets des engrais ont été les plus faibles pour l'année considérée. Les différences de réponses entre groupes ne trouvent pas leur explication dans les caractéristiques chimiques ou physiques des sols. Les faibles réponses sont la conséquence de facteurs très divers (réserve en eau, épuisement du sol, maîtrise de l'enherbement plus ou moins efficace, problème d'engorgement...).

Par contre, en se référant aux types de successions culturales (paragraphe "Successions culturales rencontrées), on

constate que les groupes où les réponses sont les plus fortes (G2, G4, G5) contiennent pour Toessé les 3 champs sur défriche récente ainsi qu'un sol du groupe ARG, et pour Boussé 2 champs du groupe LG avec les plus fortes fréquences de restitutions minérales. Le facteur entretien de la fertilité des sols, bien que non décelable par les analyses semble donc bien déterminant en ce qui concerne l'efficacité des engrais. On a ici confirmation en milieu réel des phénomènes de baisse d'efficacité de la fertilisation observés généralement en station sur des essais de longue durée (Pieri). L'échantillonnage est cependant ici trop faible pour identifier pour chaque facteur des seuils à partir desquels l'expression de la fertilisation est entière.

Enfin on remarquera que les effets moyens de 88 sont meilleurs que ceux de 89. On a vu que, malgré un déficit pluviométrique en fin de cycle, les conditions de croissance étaient sensiblement meilleures en 88 et dans le cas présent ont permis à l'engrais de provoquer de fortes croissances en fanes (Tabl. V). Les possibilités d'accroissement de matière sèche priment ici pour l'efficacité des engrais en regard d'éventuels stress hydriques de fin de cycle.

- Sorgho

D'une manière générale les coefficients de variation obtenus sur sorgho sont particulièrement élevés, les résultats (Tabl. VI) sont donc peu précis sur l'ensemble de l'expérimentation. La faiblesse des rendements des témoins fait qu'il

est difficile d'apprécier l'efficacité des phosphates par rapport à l'augmentation relative de la production.

La meilleure efficacité relative des engrais sur le site de Boussé durant les deux années est à mettre en relation avec la faiblesse des rendements des témoins. Des difficultés d'assimilation du P du sol sur ce site pourraient en être la cause, alors qu'aucune différence n'apparaît au vu des analyses chimiques des horizons de surface. Une source de P soluble extérieure permettrait de lever ce facteur limitant.

Sur Toessé la moindre efficacité des engrais fait penser à l'existence d'un autre facteur limitant empêchant l'expression de la fertilisation. En particulier, l'équivalence entre engrais soluble et amélioré en 88 alors qu'il n'y a pas eu d'apport d'urée en cours de cycle cette année, suggère l'existence d'un déficit azoté limitant l'action du phosphore. L'apport d'azote 25 jours après semis en 89 et l'amélioration des réponses aux phosphates témoigneraient d'une interaction azote x phosphore sur ce site.

L'efficacité des phosphates brut et amélioré, par rapport au supertriple, est en moyenne comparable aux valeurs trouvées sur arachide. Seul le site de Toessé en 88 s'écarte sensiblement de la moyenne pour les raisons évoquées ci-dessus.

- ✓ Arrière-effets

Leur détermination permet l'évaluation complète de la fertilisation. Pour chaque culture on en mesurera l'importance par rapport aux autres facteurs.

TABLEAU IV. — Groupes de rendements en arachide et effet de la fertilisation

	G1 88 7 champs <sup>(1)</sup>	G2 88 2 champs	G3 89 6 champs	G4 89 2 champs	G5 89 2 champs
Témoin	740	790	730	940	810
BK-P	900 + 160 (22%)	980 + 190 (24%)	820 + 90 (12%)	1080 + 140 (15%)	1020 + 210 (26%)
PA	970 + 230 (31%)	1220 + 430 (54%)	860 + 130 (18%)	1200 + 260 (28%)	1220 + 410 (51%)
TSP	1110 + 370 (50%)	1450 + 660 (84%)	920 + 190 (26%)	1310 + 370 (39%)	1410 + 600 (74%)
BKP/TSP	43%	29%	47%	38%	35%
PA/TSP	62%	65%	68%	70%	68%

(1) un champ est éliminé en 88

1ère colonne rendements gousses en kg/ha

2e colonne augmentations par rapport au témoin en absolu et relatif (%)

2 dernières lignes : efficacité des engrais BK-P et PA par rapport au TSP

TABLEAU V. — Rendements fanes en kg/ha par classe de rendements gousses/ha

	G1 88 7 champs	G2 88 2 champs	G3 89 6 champs	G4 89 2 champs	G5 89 2 champs
Témoin	1170	1280	710	740	930
BK-P	1480 + 310 (26%)	1620 + 340 (27%)	790 + 80 (11%)	930 + 190 (26%)	910 - 20 (0%)
PA	1640 + 470 (40%)	1960 + 680 (53%)	810 + 100 (14%)	920 + 180 (24%)	980 + 50 (5%)
TSP	1870 + 700 (60%)	1990 + 710 (55%)	890 + 180 (25%)	1110 + 370 (50%)	1140 + 210 (23%)

TABLEAU VI. — Rendements grains de 20 champs (5 par site et par année) semés en sorgho en kg/ha et effet de la fertilisation

	Boussé 88	Toessé 88	Boussé 89	Toessé 89	Moyenne
Témoin	150	210	380	540	320
BK-P	230 + 80 (53%)	270 + 60 (29%)	540 + 160 (42%)	640 + 100 (19%)	420 + 100 (31%)
PA	380 + 230 (153%)	360 + 150 (71%)	670 + 290 (76%)	750 + 210 (39%)	540 + 220 (69%)
TSP	460 + 310 (207%)	350 + 140 (67%)	870 + 490 (129%)	870 + 330 (61%)	640 + 320 (100%)
BKP/TSP	26%	43%	33%	30%	31%
PA/TSP	74%	107%	59%	64%	69%

1ère colonne rendements en kg/ha

2e colonne : augmentations par rapport au témoin en absolu et relatif (%)

2 dernières lignes : efficacité des engrais BK-P et PA par rapport au TSP

(On rappelle qu'un apport de 50 kg/ha d'urée a été effectué uniquement en 89)

- Arachide

Les faibles effets enregistrés sur les rendements gousses/ha (Tabl. VII) ne permettent pas ici de distinguer des groupes de réponse.

En moyenne le classement en fonction de la solubilité des engrais est constaté. L'arrière-effet des phosphates de faible solubilité est d'un faible niveau un an après leur application. Les effets sont ici comparables d'une année à l'autre.

Le tableau des productions de fanes (Tabl. VIII) montre la faiblesse des augmentations de croissance dues à l'arrière-effet des engrais, limitant par là même le rendement de la culture.

- Sorgho

Suite à l'hivernage catastrophique sur Toessé en 90, les rendements grains/ha (Tabl. IX) on été à peu près nuls. Les augmentations enregistrées en valeur absolue, sont dans les autres cas très limitées.

Les forts besoins en P pour l'arachide limitent fortement les arrière- effets sur sorgho, et ne laissent espérer aucune augmentation de production autre que l'effet favorable du précédent légumineuse qui n'a pas été mesuré.

## □ Conclusion

Des effets marquants de la fertilisation sont constatés, dont l'importance est conditionnée par l'année climatique et, au niveau du champ, par l'attention accordée au maintien de la fertilité des sols. Le rendement des témoins est d'une manière générale particulièrement faible et témoigne de conditions très limitantes pour le développement des végétaux. On reste éloigné, même sur parcelles fertilisées, du potentiel de production des cultures, alors que des rendements gousses/ha de 2 à 2,5 tonnes sont obtenus en station sur des expérimentations du même type. L'apport d'intrants à des doses relativement faibles, ne répond donc que de façon très partielle aux contraintes de développement des plantes.

D'une manière générale les augmentations de rendements engendrées par l'effet résiduel des engrais est faible. La moyenne des effets servira ici de base au calcul de rentabilité de la fertilisation.

### Approche économique de la fertilisation

Les résultats reportés précédemment permettent d'apprécier la rentabilité économique de l'apport d'une fumure annuelle. On effectuera les hypothèses suivantes :

#### ✓ Prix des engrais :

pour la forme soluble associant à l'hectare 45 kg de TSP et 50 kg de sulfate d'ammoniaque, le prix de la fertilisation de 88 à 90 s'évalue à 6000 FCFA/ha.

Cependant, la fumure minérale actuellement appliquée au Burkina est à base d'engrais complexe NPK (formule 13 N - 20 P - 10 K - 5 S - 1 B203). Le coût de cette fumure à l'hectare est d'environ 10 000 FCFA (forte variation de prix suivant les années : 135 FCFA/kg en 85, 81 FCFA en 86, 96 FCFA en 89 et 109 FCFA en 90). Les teneurs en N, P et S étant comparables à la formule utilisée dans notre expérimentation, et les autres éléments (K et B203) n'étant pas indispensables, on retiendra l'hypothèse d'une équivalence des effets sur les rendements entre cette fumure et la formule à base de TSP. La prise en compte du prix de l'engrais NPK dans le calcul économique permettra d'évaluer la rentabilité de la fertilisation actuellement pratiquée.

Pour le phosphate amélioré, le coût de la fertilisation est donné dans le document de Truong et Fayard et a été évalué

TABLEAU VII. — Arrière-effets sur arachide ; gousses kg/ha

	89 10 champs	90 10 champs	Moyenne
Témoin	700	740	720
BK-P	770 + 70 (10%)	790 + 50 (7%)	780 + 60 (8%)
PA	800 + 100 (14%)	790 + 50 (7%)	795 + 75 (10%)
TSP	820 + 120 (17%)	850 + 110 (15%)	835 + 115 (16%)

TABLEAU VIII. — Arrière-effets sur arachide ; fanes kg/ha

	89 10 champs	90 10 champs
Témoin	810	790
BK-P	850 + 40 (5%)	830 + 40 (5%)
PA	890 + 80 (10%)	830 + 40 (5%)
TSP	880 + 70 (9%)	900 + 110 (14%)

TABLEAU IX. — Arrière-effets sur sorgho ; grains kg/ha

	Boussé 89		Toessé 89		Boussé 90		Toessé 90		Moyenne
Témoin	590		570		170		20		340
BK-P	610	+ 20 (3%)	530	- 40 (-7%)	220	+ 50 (29%)	20	NS	345 + 5 (1%)
PA	630	+ 40 (7%)	610	+ 40 (7%)	220	+ 50 (29%)	20	NS	370 + 30 (9%)
TSP	700	+ 110 (19%)	640	+ 70 (12%)	270	+ 100 (59%)	30	NS	410 + 70 (21%)

Boussé 89 : 4 champs

Boussé 90 : 3 champs

Toessé 89 et 90 : 5 champs

1ère colonne : rendements en kg/ha

2e colonne : augmentations par rapport au témoin en absolu et relatif (%)

TABLEAU X. — Marges obtenues avec apport d'engrais sur arachide

	Gain arachide			Gain céréale	Total gain			Charges	Gain/Coût			Marges		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	1	2	3
NPK	630	370	190	0 kg	39690	23310	11970	10000	3.97	2.33	1.20	29690	13310	1970
TSP	630	370	190		39690	23310	11970	6000	6.62	3.89	2.00	33690	17310	5970
PA	420	240	130		26460	15120	8190	6000	4.41	2.52	1.37	20460	9120	2190
BK-P	200	160	90		12600	10080	5670	4000	3.15	2.52	1.42	8600	6080	1670

TABLEAU XI. — Marges obtenues avec apport d'engrais sur céréale

	Gain céréale		Gain arachide	Total gain		Charges	Gain/Coût		Marges		
	Boussé	Toessé		Boussé	Toessé		Boussé	Toessé	Boussé	Toessé	
NPK	89	500	330	120	32560	24060	15000	2.17	1.60	17560	9060
TSP	urée	500	330	120	32560	24060	11000	2.96	2.19	21560	13060
PA	à 25	290	210	75	19225	15225	11000	1.75	1.38	8225	4225
BK-P	jours	170	100	60	12280	8780	9000	1.36	0.98	3280	-220
NPK	88	310	140	120	23060	14560	10000	2.31	1.46	13060	4560
TSP	sans	310	140	120	23060	14560	6000	3.84	2.43	17060	8560
PA	urée	230	150	75	16225	12225	6000	2.70	2.04	10225	6225
BK-P		80	54	60	7780	6480	4000	1.95	1.62	3780	2480

à 5979 FCFA/ha pour une fumure équivalente à celle que l'on a retenue dans les essais.

Enfin, la formule à base de phosphate brut associant 80 kg/ha de phosphate et 50 kg/ha de sulfate d'ammoniaque amène un coût de la fertilisation de 4000 F CFA/ha.

#### ✓ Prix des produits :

sur la base des prix indicatifs fournis par le Ministère du Commerce, la culture d'arachide s'évalue à 63 FCFA/kg de gousses. Le prix des céréales a été estimé à 50 FCFA/kg de grain et correspond à une hypothèse haute.

#### ✓ Réponses aux engrais :

Pour les effets directs sur arachide trois groupes sont constitués correspondant aux différences d'efficacité des engrais (1=G2+G5 ; 2=G1+G4 ; 3=G3).

Pour le sorgho on prendra en compte l'aspect apport ou non d'urée (100 FCFA/kg) en cours de cycle, ce qui revient à distinguer les deux années 88 et 89 (les effets année et fertilisation sont alors confondus).

Les arrière-effets moyens seront pris pour l'arachide. La faiblesse de ces effets sur sorgho fait qu'on n'en tiendra pas compte dans le calcul, de même que l'effet bénéfique de la légumineuse qui ne peut être chiffré dans l'état actuel de nos connaissances.

Enfin, aucune supposition ne sera faite quant aux autres coûts liés à l'emploi de la fertilisation (main d'oeuvre ..).

Les marges obtenues pour chaque condition de culture (Tabl. X et XI) amènent les remarques suivantes :

- l'apport d'engrais sur céréale est en grande partie valorisée l'année suivante sur arachide. Ceci conduit à des marges comparables à celles acquises par fertilisation de l'arachide pour les champs répondant moyennement aux engrais. Cependant, les plus grandes marges sont obtenus en fumant la culture de rente.
- Si avec les hypothèses précédentes, l'apport d'urée en cours de cycle se justifie pour les engrais solubles, il n'apparaît pas utile pour une fertilisation à base de phosphates brut ou amélioré. Les hypothèses étant favorables quant au prix pour ces calculs, on peut considérer que cet apport est inopportun de façon générale d'un point de vue économique.

Les engrais solubles sont susceptibles de procurer les plus fortes marges, le BK-P ne présentant dans l'ensemble pas d'intérêt au vu de ces expérimentations. Le phosphate amé-

lioré semble assurer un compromis entre possibilité d'augmentation des rendements et limitation des risques dans le cas de problèmes perturbant le développement des cultures. Ses marges sont comparables voir supérieures à celles de l'engrais soluble type NPK sur les champs répondant peu aux engrais ou dans le cas d'une interaction positive azote x phosphore pour une application sur céréale. Sa latitude d'utilisation correspond donc à une stratégie de limitation des risques, et le rend adapté au type de conduite des cultures généralement rencontré dans la zone centre du Burkina Faso.

## CONCLUSION

Dans la région Centre-Nord du Burkina Faso où les conditions de culture sont très limitantes, les espoirs de rendements sont particulièrement faibles en relation avec les types de sols (qualités physiques et chimiques) et la satisfaction des besoins en eau. L'absence de restitution minérale pose le problème de la fertilisation dans des conditions qui soient compatibles avec les contraintes de culture au champ.

L'efficacité des engrais est conditionnée par l'importance de la croissance autorisée par le climat, et, au niveau des pratiques, par le degré d'entretien de la fertilité des sols. Ceci conduit à envisager différentes stratégies d'utilisation de la fumure dans le but d'obtenir une application économiquement rentable. On pourrait ainsi définir pour une conduite optimale de la culture, une fertilisation à base d'engrais soluble appliquée sur les sols régulièrement entretenus donnant une forte probabilité d'obtenir des marges importantes. Par contre, dans l'optique d'une utilisation généralisée de la fumure sur des sols variés et avec de forts risques de limitation du développement, l'emploi d'un engrais de faible coût et d'efficacité moindre (65% par rapport au supertriple) procurant une marge suffisante dans la plupart des cas (latitude d'utilisation) pourrait se justifier. L'apport de phosphate brut dans le cadre d'une application annuelle ne présente ici pas d'intérêt étant donné son efficacité particulièrement faible.

Enfin, l'écart existant entre les rendements obtenus en milieu paysan et en station invite à relativiser l'effet de la fertilisation. D'après les résultats, elle ne peut être envisagée comme un palliatif des techniques visant la restauration et le maintien de la fertilité des sols. Elle n'en constitue qu'un élément, dont l'application unique en limite l'efficacité ainsi que les espoirs de rendements qui lui sont associés.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARRIVETS J (1976). —Fertilisation des variétés locales de sorgho sur les sols ferrugineux tropicaux du plateau Mossi en Haute-Volta, Séminaire sur les engrais (sous l'égide de la FAO), Ouagadougou 28/11 au 8/12/1976. IRAT/CIRAD, 26 p
- [2] CARROUEE B, DORE Th, LACONDE J P, NEY B., SCHMUTZ Th. (1989) —Interprétation des variations du rendement du pois, Congrès "Journée Nationale des Protéagineux. Atout Pois (Paris), ITCF, 5-17
- [3] FRANQUIN P, FOREST F. (1973) —Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique Etudes et travaux, *Agron Trop.* 32 (1), 7-11
- [4] IRHO/CIRAD (1982) —La nutrition minérale et la fumure de l'arachide en Haute-Volta, document IRHO/CIRAD, Haute-Volta, 34 p
- [5] IRHO/CIRAD. —Fichiers d'expériences Burkina Faso 1988 à 1990
- [6] PIERI C (1989) —Fertilité des terres de savannes, Ministère de la coopération CIRAD/IRAT.
- [7] TRUONG B (1989). —Evaluation de l'efficacité agronomique de phosphates naturels provenant d'Afrique de l'ouest, thèse Doc. Sci. INPL Nancy, juin 1989, 132 p
- [8] TRUONG B, FAYARD C (1987). —Proposition d'une filière d'engrais au Burkina Faso à base de phosphate naturel de Kodjari partiellement solubilisé. Document IRAT/CIRAD DRN. E.A /N°2. 90 p

## SUMMARY

**Effectiveness of phosphate fertilization on groundnut and sorghum in Burkina Faso and the use of local phosphates**

Ph. CATTAN, *Oléagineux*, 1992, 47, N°4, p. 171-179

A three-year experiment in two villages in the Central-North region of Burkina Faso made it possible to determine the constraints linked to phosphate fertilization of groundnut and sorghum, in relation to crop development conditions. A detailed environmental study revealed the parameters governing the effectiveness of fertilizers based on phosphates with varying degrees of solubility. The degree of response was evaluated and led to an economic approach, enabling the definition of a fertilizer utilization strategy.

**Key words.** — Fertilization, phosphates, groundnut, sorghum, Burkina Faso, multi-site trial, growth constraints, cost-effectiveness

## RESUMEN

**Eficacia de la fertilización fosfatada del maní y del sorgo en el Burkina Faso y utilización de los fosfatos locales**

Ph. CATTAN, *Oléagineux*, 1992, 47, N°4, p. 171-179

Una experimentación llevada a cabo durante tres años en dos pueblos de la región Centro-Norte del Burkina-Faso, permite determinar los apremios ligados a la fertilización fosfatada del maní y del sorgo, referente a las condiciones de desarrollo de los cultivos. Un estudio detallado del medio ambiente nos lleva a separar los parámetros que condicionan la eficacia de los abonos con base fosfatada de diferentes solubilidades. Se evalúa la importancia de las contestaciones lo que lleva a un enfoque económico que posibilita la definición de una estrategia de empleo de los abonos.

**Palabras claves.** — Fertilización, fosfatos, maní, sorgo, Burkina Faso, estudio multilocal, apremios de crecimiento, rentabilidad.