

# LA FERTILISATION DES MILS ET SORGHOS \*

par

C. CHARREAU  
Maître de Recherches

J.-F. POULAIN  
Chargé de Recherches

Centre de Recherches Agronomiques de Bambey  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

## 1) INTRODUCTION

Au Sénégal, les mils et sorghos fournissent l'aliment de base à la population. Ce seul fait justifie l'intérêt que le Centre de Recherches Agronomiques de Bambey a porté à l'amélioration de ces deux céréales.

Une méthode culturale permettant une augmentation des rendements en mil et sorgho est à la base de la libération du paysan Sénégalais. En effet, les faibles rendements de ces deux céréales sont la cause de la sous-alimentation et des soudures pénibles, que le paysan doit pallier par des expédients : notamment la culture du mil Souna (hâtif) moins productif mais mûrissant en septembre, et dont la réussite même est très aléatoire.

Les deux causes essentielles des faibles rendements sont :

la pluviométrie déficitaire ou à mauvaise répartition,  
la pauvreté des sols en éléments minéraux et organiques.

Les deux conséquences sont :

le raccourcissement des périodes de repos du sol (friches en général),  
l'accroissement des surfaces consacrées à l'arachide (celle-ci entraînant une augmentation des revenus indispensable pour l'achat de l'aliment vivrier).

Il est donc apparu très rapidement aux chercheurs de Bambey la nécessité impérieuse de promouvoir une méthode culturale permettant une augmentation des rendements, et cela dans le plus bref délai.

De nombreux facteurs interdépendants interviennent dans l'élévation des rendements des mils et sorghos. La fumure est, parmi ceux-ci, l'un des plus faciles à modifier. C'est aussi celui qui est susceptible (avec le travail du sol) (19) de montrer les résultats les plus spectaculaires et les plus rentables.

La répartition dans l'espace des deux céréales dépend, en premier lieu, des conditions climatiques : au-dessus de l'isohyète 1.000 mm le sorgho domine, de 1.000 mm à 600 mm, on trouve le sorgho et le pénicillaire, au-dessous de 600 mm, le sorgho se raréfie et à partir de 400 mm on ne trouve plus que le pénicillaire. On peut, évidemment, trouver du sorgho au-dessous de 400 mm, mais c'est alors dans des conditions bien spéciales (zones inondées, culture de décrue) (7).

La texture des sols conditionne également la présence du mil ou du sorgho. Les pénicillaires sont habituellement réservés aux sols sableux (Dior ou Dek-Dior) qui ont moins de 7% d'argile. Les sorghos nécessitent des sols plus lourds de texture sablo-argileuse (Dek).

A l'intérieur de ces conditions climatiques et texturales bien définies, examinons les résultats obtenus jusqu'à ce jour par l'utilisation de la fumure sur ces deux céréales.

\* Etude présentée au Colloque CCTA/FAO sur les céréales des zones de savane (Dakar, 29 août au 4 septembre 1962).

## II) RECHERCHE D'UNE FORMULE COMPLÈTE IMMÉDIATEMENT VULGARISABLE

De 1950 à 1955, une série d'essais ont eu pour objectif l'établissement d'une formule complète valable pour les mils et les sorghos. La méthode utilisée a été celle des équilibres. Elle permet d'explorer systématiquement les triangles NPK. La dose d'engrais restant constante, seules les proportions de NPK varient. Il s'agissait de trouver rapidement une formule complète, équilibrante pour les éléments majeurs. En menant ces recherches au premier stade, les chercheurs du CRA n'ont jamais perdu de vue l'insuffisance de la méthode. Un programme était donc défini, qui avait pour but, dans un deuxième stade, la recherche d'équilibres de fumure plus complète (N—S—P—K—Ca—Mg) destinés à mieux satisfaire les besoins physiologiques et à conserver (voire améliorer) le potentiel de fertilité des sols.

En 1951, la formule 13,3 — 13,3 — 0 assure une plus-value de 64 % à 150 kg/ha. Le sulfate d'ammoniaque seul provoque une augmentation de plus de 50 % à 150 kg/ha (rendement du témoin 580 kg/ha) (1).

Ce premier essai permettait de mettre en lumière trois faits (confirmés ensuite par de nombreux essais) :

une action statistiquement non significative des doses (150 ou 300 kg/ha), ce fait implique l'existence de facteurs limitants autres que la richesse minérale,

une corrélation négative très hautement significative entre le rendement et la longueur du cycle végétatif; la maturation générale se trouve donc améliorée par l'engrais qui raccourcit le cycle végétatif,

une action significative de tous les équilibres à dominance azotée.

La même année était également testée à Bambey et en stations l'action résiduelle de la fumure minérale sur arachide (14). Les formules à dominance phospho-potassique se classaient toutes en tête permettant, dès 1951, aux chercheurs du CRA, d'émettre l'hypothèse d'une fumure fractionnant les éléments NP et K sur les composantes de la rotation.

Néanmoins, il restait à préciser la formule complète NPK, sans doute la plus intéressante dans l'immédiat tant au point de vue maintien de la fertilité qu'action directe sur les rendements.

En 1955, une interprétation pluriannuelle : des résultats sur quatre ans avec des écologies très différentes permettait de dégager trois formules valables pour le mil ou le sorgho (2) (3) (4) (5). Ces formules se classaient en tête avec une constance indéniable :

la formule 13,3 — 13,3 — 0 ou simplement 20 — 0 — 0 (après arachide ayant reçu de l'engrais),

la formule 10,9 — 10,9 — 10,9, intéressante dans l'ignorance de la fertilité actuelle des sols,

la formule 14,1 — 7,1 — 7,1 qui deviendra la formule vulgarisée.

Ces essais permettaient, en outre, de préciser quelques modalités d'action des engrais sur le mil.

L'engrais augmente significativement :

rendement de grains à l'unité de surface,

rendement de grains par touffe,

poids des épis à l'unité de surface,

nombre moyen d'épis par touffe,

nombre de touffes à l'unité de surface.

En outre, dans tous les cas, il raccourcit la phase végétative, permettant ainsi à un plus grand nombre d'épis d'arriver à maturité et de réduire l'inconvénient d'une pluviométrie déficiente en fin d'hivernage.

Nombreuses corrélations furent établies entre les facteurs végétatifs et les quantités N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O (5) (6) (8).

Résumons ces résultats dans un tableau :

### Sur mil.

	Nombre d'épis par poquet	Poids moyen d'un épi	Nombre de jours semis-épiaison générale
Action des doses (100 ou 200 kg/ha) .....	Sign.	Non sign.	Non sign.
Corrélation avec N .....	Haut. sign. (+)	Non sign.	Haut. sign. (—)
Corrélation avec P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	Sign. (+)	Non sign.	Sign. (—)
Corrélation avec K <sub>2</sub> O .....	Non sign.	Non sign.	Non sign.

### Sur sorgho.

	Nombre moyen de poquets par parcelle	Nombre moyen de panicules par parcelle	Poids moyen d'une panicule	Rendement au battage	Nombre de jours semis-épiaison générale
Action des doses (100 ou 200 kg/ha)	Non sign.	Sign.	Sign.	Non sign.	Sign.
Corrélation avec N .....	Sign. (+)	T.H.S. (+)	H.S. (+)	N.S. (100 kg) H.S. (—) (2.000 kg)	T.H.S. (—)
Corrélation avec P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	Sign. (+)	Sign. (+)	H.S. (+)	T.H.S. (+)	Non sign.
Corrélation avec K <sub>2</sub> O .....	Non sign.	Non sign.	Sign. (+)	H.S. (+)	Non sign.

A la suite de ces résultats et d'interprétations graphiques, l'intérêt de la formule : 14,1 — 7,1 — 7,1, à une dose qui peut atteindre ou dépasser 200 kg/ha, n'était plus à démontrer.

Nous avons dû accorder la vedette à la vulgarisation de l'engrais. Nous avons préféré les doses faibles (150 kg/ha), car l'application inconsidérée des engrais peut entraîner la mobilisation totale des éléments nutritifs disponibles dans le sol et être la cause de troubles graves. Cette application de l'engrais peut permettre aux cultivateurs de prendre conscience des gains, qu'ils sont en droit d'espérer de l'application des techniques modernes. Mais cette politique à courte vue doit être subordonnée à une politique plus générale à objectif durable et certain d'amélioration de l'agriculture sénégalaise (9) (10) (11) (12) (13).

Il apparaissait avec évidence qu'il était impossible de considérer la fumure minérale sur mil isolément. Le simple fait qu'une dose double d'engrais n'apporte qu'un faible surcroît de production, impliquait la nécessité de poursuivre les recherches : dans le domaine de la fertilisation organique (jachère ou engrais-vert), dans le redressement brutal des facteurs limitants essentiels (phosphore) et dans celui du travail du sol. L'action propre de l'engrais sera d'autant plus élevée et valorisée qu'elle s'exercera sur un milieu favorable. Des doses plus élevées (supérieures à 300 kg/ha) seront alors payantes.

Les différents résultats obtenus en stations furent mis en confirmation en essais multilocaux. Certains de ces essais réussirent, mais il faut reconnaître que la majorité fut un échec. L'analyse des causes de cet échec (par opposition à la réussite des essais multilocaux sur arachide) permit aux chercheurs du CRA de dégager un concept de fertilité des sols beaucoup plus valable que celui qui pouvait être issu de la simple considération des rendements en arachide. En effet, la culture du mil ou du sorgho est beaucoup plus délicate (importance de la date de semis, démariage, binages) et sensible à la moindre variation du milieu. La plus petite erreur ou insuffisance dans une technique culturale provoque une baisse de rendement spectaculaire. Fréquents sont les sols qui donnent 400 kg/ha de mil grain, mais 2.000 ou 2.500 kg/ha d'arachide. Certains parlent ainsi « de sols à arachides ». Il est préférable de parler de sols trop usés pour supporter la céréale, mais encore suffisamment riches pour fournir une production appréciable en arachide.

Dès 1954, l'idée était donc née de la nécessité d'améliorations foncières, testées par les rendements de la culture vivrière outre ceux de l'arachide.

### III) RECHERCHES SUR LES CONDITIONS PÉDOCLIMATIQUES INFLUENÇANT LA CROISSANCE DES MILS ET SORGHOS

Ces recherches intéressent principalement le mil, plus répandu que le sorgho dans la zone Nord du Sénégal.

Les investigations précédentes, concernant la mise au point d'un équilibre et d'une dose de fumure minérale, avaient certes abouti à un résultat positif. Mais les accroissements de rendement obtenus par cette méthode paraissaient trop peu importants par rapport à la potentialité productive de la plante, telle qu'on pouvait la mesurer dans d'excellentes conditions de culture.

Il s'agissait donc, dans un deuxième stade, de reconnaître les facteurs limitant la production, de faire sauter ces goulots d'étranglement et de rentabiliser au maximum la fumure minérale.

Pour cela, une étude préalable sur la physiologie du mil s'imposait. Elle fut réalisée par P. VIDAL entre 1959 et 1961 (4). Les conclusions essentielles de cette étude sont exposées dans une autre communication (16). Nous pouvons les résumer ainsi : l'eau et l'azote sont les deux premiers facteurs limitant la croissance du mil. Il est essentiel, pour la réussite de la culture, que l'alimentation hydrique et l'alimentation azotée soient assurées régulièrement à la plante, pendant toute la durée de son cycle végétatif.

Les valeurs du stock d'eau du sol disponible pour la plante définiront une première limite de la production du mil. C'est ainsi qu'en sol Dior (sol ferrugineux tropical sur sable, très répandu au Sénégal), où le stock d'eau utile a été chiffré à 125 mm, la capacité de production du mil serait limitée à 2 t/ha ; en sol Dek (sol brun entrophe sur sable et marno-calcaire), le stock d'eau utile s'élève à 210 mm et autorise une production de 3,3 t/ha.

Mais les ressources azotées naturelles des sols ne permettent pas, en général, d'atteindre ces rendements. Elles constituent le premier goulot d'étranglement et limitent la production aux environs de 1 t/ha.

S'il est impossible, en culture sèche, d'agir sur l'alimentation hydrique de la plante, il est par contre facile d'intervenir dans son alimentation azotée. Il sera nécessaire, alors, de tenir compte du mouvement des solutions dans le sol et en particulier des pertes par drainage qui se produisent en août-septembre, ainsi que l'ont montré les études en cases lysimétriques (17).

Les autres éléments minéraux ne sont évidemment pas sans influence sur la production. Les études en bacs de végétation et en cases lysimétriques (17) ont permis d'établir un bilan minéral de la culture, en chiffrant les exportations de la plante et les pertes par drainage. Il en ressort que l'application d'une fumure du type 14-7-7, à la dose de 100 kg ou 150 kg/ha, est insuffisante pour compenser les prélèvements de la plante et les pertes par drainage.

Le maintien de la fertilité du sol n'est pas assuré par cet apport d'engrais. Les éléments les plus lessivés sont l'azote et la chaux, dans une moindre mesure le soufre et la potasse. Les pertes de phosphore sont, par contre, insignifiantes.

Des recherches de corrélation entre la nature du sol et la croissance de la plante furent effectuées. Dans un premier stade, il s'agissait moins de comparer la croissance de la plante sur différents types de sol, comparaison souvent délicate en raison de la variabilité d'autres facteurs (pluviométrie en particulier), que d'étudier, sur un même type de sol, les variations de croissance de la plante en fonction de l'hétérogénéité du terrain. Une étude sur l'influence de *Acacia albida* sur la fertilité du sol et la croissance du mil (18) nous permet d'aborder ce problème et d'en tirer les conclusions suivantes :

a) L'influence de cet arbre sur la fertilité du sol est très marquée; il y a un net gradient de fertilité depuis la proximité immédiate du tronc jusqu'à la limite de la zone influencée par la chute des branches et des feuilles.

b) La production du mil est en relation très étroite avec la fertilité du sol; la gamme de variation des rendements est très étendue, puisqu'elle va de 370 kg/ha à 2.900 kg/ha (rendements estimés à partir de la récolte par pieds).

c) Les modifications apportées au sol par *Acacia albida* intéressent toutes les caractéristiques physiques et chimiques du sol et se traduisent par un relèvement général de la fertilité, et non pas seulement par le relèvement du niveau de tel ou tel élément.

d) De nombreuses corrélations furent établies entre éléments du sol, éléments de la feuille de mil et rendements.

Il apparaît donc, à la lumière de cette expérience, que les récoltes de mil en terrain amélioré peuvent être cinq à six fois supérieures à ce qu'elles seraient sur le même sol dans les conditions naturelles, mais que ce résultat ne peut être atteint que par une action globale sur le sol et une véritable transformation de celui-ci impliquant :

- α) Augmentation de la matière organique et de l'humus.
- β) Amélioration des caractéristiques physiques et en particulier de la capacité pour l'eau.
- γ) Relèvement du niveau de tous les éléments minéraux, en particulier phosphore et potasse.

Ce but peut être atteint, comme le prouve l'action bénéfique de l'*Acacia albida*, mais à condition de ne pas se limiter à la seule fertilisation chimique. Il faudra, en outre, faire appel :

- a) au travail du sol pour modifier de façon favorable le profil cultural,
- b) à la fumure organique et à la fumure verte,
- c) à une rotation améliorante.

C'est dans cette voie que se sont orientées les expérimentations au champ.

#### IV) VÉRIFICATION PAR L'EXPÉRIMENTATION AU CHAMP DES HYPOTHÈSES PRÉCÉDENTES

L'expérimentation au champ, mise en place à partir de 1959, a été orientée en fonction des résultats des études précédentes.

Elle porta sur :

- la fumure azotée,
- le travail du sol,
- l'influence de la rotation.

##### 1) La fumure azotée.

L'azote ayant été reconnu comme le pivot de la fumure du mil au Sénégal, et plus particulièrement dans la région de Bambey, il importait de préciser :

- la dose optimum,
- le meilleur mode d'application,
- la forme d'engrais azoté la plus intéressante.

Les deux premières questions furent abordées dans un même essai mis en place en 1961, en cinq points du Sénégal, représentatifs de strates écologiques différentes.

Dans cet essai furent mis en comparaison :

- quatre doses d'engrais azoté (dont une dose nulle),
- quatre modes de fractionnement de l'engrais azoté.

Une importante fumure phospho-potassique fut épandue uniformément sur l'essai pour combler les carences éventuelles du sol en ces éléments. Les doses d'azote furent déterminées, sur chaque point d'essai, en fonction des considérations théoriques sur les rendements; les modes de fractionnement et les dates d'application de l'engrais azoté furent choisis d'après la connaissance du régime hydrique des sols.

Sur chaque point d'essai, des prélèvements de sol furent effectués et des profils hydriques relevés régulièrement. En outre, des prélèvements de feuille pour diagnostic foliaire furent effectués en cours de végétation.

Les résultats furent les suivants :

A LOUCA (pluviométrie 306 mm, sol brun rouge subaride sur sable). Moyenne de l'essai très faible : 228 kg/ha.

Aucune action des modes de fractionnement, ce qui est en rapport avec la faible pluviométrie. Effet linéaire des doses d'azote; la plus forte dose, de 45 kg/ha significative par rapport aux autres, ne semble pas correspondre à un maximum. Sur le plan économique, par contre, les

plus-values obtenues sont, en valeur absolue, trop faibles pour rentabiliser l'apport d'engrais. Dans cette région il importe donc, avant d'aborder les problèmes de fertilisation, de donner la priorité à l'étude des techniques culturales et de l'adaptation des variétés au milieu. Ce n'est que lorsque des solutions auront été trouvées à ces questions, permettant d'atteindre un rendement minimum de 400 à 500 kg/ha, que l'étude de la fertilisation pourra être reprise avec profit.

A BAMBEY (sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sur sable; pluviométrie : 682 mm). Moyenne générale élevée : 1.613 kg/ha.

La dose d'azote la plus intéressante, du point de vue économique, semble se situer autour de 40 kg/ha, chiffre qui avait été prévu par les études théoriques. Des apports de 20 kg de  $P_2O_5$  et 20 kg/ha  $K_2O$  paraissent suffisants pour corriger les déficiences du sol. Cela revient à utiliser la formule 14-7-7, mais à la dose de 300 kg/ha au lieu de 150.

Quant au fractionnement de l'engrais azoté, il ne paraît se justifier, dans la région de Bambeby, qu'en année à forte pluviométrie, l'apport en deux temps (deux tiers au semis, un tiers vers la mi-août) serait sans doute le plus intéressant.

BOULEL (sol ferrugineux tropical lessivé sur sable et cuirasse fossile; pluviométrie : 653 mm). Moyenne générale de l'essai : 1.523 kg/ha.

L'hétérogénéité du terrain à l'intérieur des blocs et la pluviométrie déficitaire de l'année ne permettent pas de tirer de cet essai des conclusions définitives. Aucune différence significative n'apparaît entre les doses d'azote pour le rendement en grains, alors que leur effet se fait nettement sentir sur le rendement en pailles. L'étude comparée de l'analyse des sols et du diagnostic foliaire actuellement en cours permettra peut-être d'expliquer ce fait, à première vue assez surprenant. Il semble en effet anormal que, dans les conditions écologiques de Boulel, l'azote soit sans effet notable sur les rendements d'une céréale comme le mil quand, par ailleurs, une importante fumure phospho-potassique est fournie à la plante.

De même, aucune conclusion ne se dégage quant à l'influence du mode de fractionnement de l'engrais azoté. La pluviométrie de l'année étant nettement déficitaire par rapport à la normale, l'essai devra être reconduit.

NIORO (sol rouge faiblement ferrallitique sur grès argileux; pluviométrie : 684 mm). Moyenne générale de l'essai : 1.323 kg/ha. Importante attaque parasitaire en octobre (cantharides).

Effet global hautement significatif des doses d'engrais. Le rendement maximum ne semble pas être atteint avec la plus forte dose (90 kg/ha). Par contre, sur le plan économique, les plus-values obtenues ne sont pas suffisantes pour rentabiliser l'engrais azoté. Il serait hasardeux de s'en tenir à ce résultat, car l'attaque parasitaire a certainement perturbé les résultats, sinon le sens de l'expérimentation (sur les pailles, non attaquées par les insectes, les différences entre traitement sont beaucoup plus accusées).

Aucune différence significative n'apparaît entre les modes de fractionnement, mais là encore la pluviométrie se trouve très nettement déficitaire par rapport à la normale (916 mm).

SÉFA (sol beige ferrugineux tropical lessivé à tâches et concrétions sur grès argileux; pluviométrie : 1.289 mm). Moyenne générale de l'essai : 1.584 kg/ha.

Très faible efficacité des doses d'engrais; seule la plus forte dose d'azote (90 kg/ha) se trouve supérieure au témoin.

L'étude conjointe du diagnostic foliaire et de l'analyse des sols permettra peut-être d'expliquer ce fait et, éventuellement, d'y porter remède.

L'effet global du fractionnement de l'engrais azoté est, par contre, hautement significatif. Le meilleur fractionnement paraît être le suivant : un tiers au semis, deux tiers début août. L'intérêt du fractionnement s'explique aisément par le lessivage important, auquel sont soumis les sols de cette région pendant l'hivernage.

Bien que fournissant certaines données intéressantes, les conclusions de cet essai doivent être confirmées et précisées par les résultats d'une ou deux campagnes. L'essai a donc été reconduit en 1962 sur les mêmes emplacements, mais avec un protocole modifié.

La même année 1961 fut mise en place à BAMBEY, par M. VIDAL, une expérimentation destinée à comparer l'action de différentes formes d'engrais azoté sur les rendements du mil.

L'essai comportait dix traitements, à savoir :

Témoin.  
Sulfate d'ammoniaque au semis.  
Sulfate d'ammoniaque, moitié au semis, moitié au 20 août.  
Nitrate de chaux au semis.  
Nitrate de chaux, moitié au semis, moitié au 20 août.  
Urée et soufre.  
Fumier.  
Azorgan.  
Fumier et sulfate d'ammoniaque.  
Urée.

Les doses étaient toutes identiques pour chaque traitement, soit :

60 kg/ha d'azote.  
30 kg/ha de  $P_2O_5$ .  
30 kg/ha de  $K_2O$ .

Les traitements se classent dans l'ordre suivant, en kg/ha :

Fumier et sulfate d'ammoniaque .....	1.778
Sulfate d'ammoniaque (deux épandages) .....	1.778
Urée et soufre .....	1.759
Fumier .....	1.708
Urée .....	1.612
Nitrate (deux épandages) .....	1.562
Sulfate d'ammoniaque (un épandage) .....	1.560
Azorgan .....	1.450
Nitrate (un épandage) .....	1.260
Témoin .....	1.170

Tous les traitements sont significativement supérieurs au témoin, mais seul le sulfate d'ammoniaque est significativement différent des autres formes d'azote. Ceci pourrait s'expliquer par l'apport de soufre concomittant à celui d'azote, surtout si l'on considère que le traitement urée et soufre se place dans le groupe de tête, immédiatement derrière les deux traitements au sulfate d'ammoniaque.

Le diagnostic foliaire révèle, par ailleurs, que le faible niveau de fertilité du terrain, ainsi que son hétérogénéité, ont introduit une variabilité importante des résultats, masquant finalement l'effet des différentes formes d'azote.

Un nouvel essai sera effectué sur un sol plus largement pourvu en éléments minéraux autres que l'azote, de sorte que celui-ci soit valorisé au maximum par la plante.

## 2) Le travail au sol.

Diverses observations faites sur le terrain donnaient à penser que le mode de préparation du sol pouvait influencer fortement sur la croissance des mils et sorghos. Une expérimentation comparant l'effet de différentes techniques culturales fut donc mise en place en 1961 par R. NICOU. Les résultats en sont exposés dans une autre communication (19). Ils montrent que des plus-values importantes de rendement ont été obtenues en augmentant la profondeur de travail du sol. La préparation du sol et le semis pourraient se faire en sec pour le mil (tout au moins dans la zone Nord du Sénégal), alors que pour le sorgho, cultivé généralement sur des terrains plus compacts, il serait nécessaire de travailler après les premières pluies.

L'interaction entre le travail du sol et de l'utilisation des engrais par la plante a été mise à l'étude cette année.

## 3) La rotation.

Les mils et sorghos entrant normalement dans un système de rotation culturale avec d'autres plantes, il était indispensable de placer l'étude de leur fertilisation dans le cadre des rotations les plus couramment pratiquées.

Cette façon de voir se justifiait d'autant plus que l'objectif poursuivi dans la fertilisation

ne se limitait pas à l'obtention, plus ou moins aléatoire, d'un supplément de récolte, mais à une amélioration progressive de la fertilité du sol conduisant à une augmentation générale des rendements.

C'est ainsi que la fertilisation du mil fut étudiée dans le cadre d'une rotation quadriennale : sole de régénération-arachide-mil-arachide, préconisée par le CRA. Cette expérimentation fut mise en place, en 1959, par J. FAUCHÉ et P. VIDAL.

Les traitements comparés sont les suivants :

a) Sole de régénération :

- Jachère naturelle brûlée.
- Jachère naturelle enfouie.
- Mil engrais vert enfoui.

Chaque traitement est subdivisé en deux, suivant qu'il y a ou non phosphatage de fond à la dose de 500 kg de phosphate tricalcique (baylifos) à l'ha.

b) Première arachide.

Les parcelles, ayant reçu le  $P_2O_5$  l'année précédente, reçoivent 50 kg de  $K_2O$ . Aucun apport sur les autres.

c) Mil.

Les parcelles ayant reçu de l'engrais minéral les années précédentes reçoivent 60 kg d'N à l'ha (trois fractions). Aucun apport sur les autres.

d) Deuxième arachide.

Mêmes traitements que pour la première.

En outre, un dispositif supplémentaire permet d'isoler l'effet principal d'un fertilisant, mais dans le cadre d'un seul assolement (engrais vert-arachide-mil-arachide).

Le même essai a été répété en bacs de végétation soumis à la même pluviométrie. Les bacs ont un dispositif pour recueillir les eaux de drainage, ce qui permet d'établir le bilan minéral de chaque traitement.

En 1961, les parcelles de l'essai au champ furent cultivées en mil *Pennisetum*, les bacs de végétation en sorgho hydrique (la dimension de ces bacs étant trop faible pour permettre un développement végétatif normal du mil).

Les résultats sont exposés dans une note rédigée par P. VIDAL, dont nous extrayons les conclusions suivantes :

a) Action des différents modes de régénération :

A	Jachère naturelle brûlée.	Rendement mil	912 kg/ha
L	Jachère naturelle enfouie.	Rendement mil	1.244 kg/ha
Bo	Mil engrais vert enfoui.	Rendement mil	1.070 kg/ha

Faible différence entre les traitements; seul le traitement L est significativement supérieur à A. On ne peut donc pas conclure, de façon définitive, sur la supériorité absolue et permanente de la jachère enfouie.

b) Action des différents modes de régénération, avec fumure PKN :

C	Jachère naturelle brûlée + PKN.	Rendement mil	1.565 kg/ha
M	Jachère naturelle enfouie + PKN.	Rendement mil	1.809 kg/ha
Do	Mil engrais vert enfoui + PKN.	Rendement mil	1.947 kg/ha

Dans tous les cas, la fumure minérale, appliquée suivant la technique du CRA :

- phosphatage de fond sur la sole de régénération,
- potasse sur arachide,
- azote sur mil,

a une action hautement significative sur les rendements.

L'augmentation est importante et atteint 900 kg dans le cas du mil engrais vert.

Avec apport de fumure minérale, le mil engrais vert fournit un rendement significativement supérieur à celui obtenu après jachère naturelle brûlée.

c) Action des éléments minéraux sur le rendement.



Ces actions ont pu être isolées grâce au dispositif supplémentaire établi dans le cadre de l'assolement : engrais vert-arachide, mil-arachide. Les résultats montrent :

une action significative de la seule fumure azotée sur mil (supplément de 370 kg/ha),

une action significative de la fumure azotée sur mil, combinée à l'effet résiduel de K apporté à l'arachide précédente (supplément de 417 kg, très voisin du chiffre de 370 kg obtenu avec fumure azotée seule),

une action hautement significative de la fumure azotée combinée à l'effet résiduel du phosphatage de fond (supplément de 596 kg; l'effet résiduel de P, qui est nul quand on n'apporte pas d'N sur mil, entraîne un supplément de 226 kg dans le cas contraire),

une action hautement significative (différence 904 kg/ha) de la fumure azotée sur mil combinée aux effets résiduels de P et K. La productivité du kg d'N est considérablement renforcée par les effets résiduels de P et K et représente, dans ce cas, 15 kg de grain.

Toutes les parcelles ont été soumises au contrôle du diagnostic foliaire.

Les **conclusions générales** qui se dégagent de cet essai peuvent se résumer ainsi :

1) Excellente confirmation au champ des données théoriques fournies par les études antérieures, en particulier en ce qui concerne le diagnostic foliaire.

2) Dans les conditions naturelles, la production des mils est d'environ 1.000 kg/ha en bonne culture. L'apport d'azote seul peut élever le niveau jusqu'à 1.500 kg/ha; au delà le facteur limitant est le P, puis le K.

3) Le rendement de 1.975 kg obtenu dans les meilleures conditions correspond sensiblement au potentiel de production qu'autorisent, théoriquement, les ressources hydriques du sol Dior.

4) Les apports d'engrais minéraux dans la rotation, qui à première vue peuvent paraître importants, n'ont aucun caractère superflu mais constituent au contraire un minimum obligatoire pour maintenir un haut niveau de production. Ceci avait d'ailleurs été prouvé par l'établissement des bilans minéraux en bacs de végétation et cases lysimétriques.

5) L'apport des fertilisants effectué isolément suivant la technique : P sur fumure verte, K sur arachide, N sur mil paraît particulièrement favorable à une alimentation correcte du mil et préférable à la fumure annuelle NPK.

**RÉSUMÉ.** — Depuis une douzaine d'années des progrès substantiels ont été accomplis, au CRA de Bambey, dans le domaine de la fertilisation des mils et sorghos.

Les objectifs de recherches se limitaient, au départ, à la mise au point d'une formule d'engrais équilibrante, vulgarisable à faible dose. Mais bien vite apparut la nécessité de dépasser cet objectif, d'étudier la fertilisation du mil dans le cadre de la rotation, de réaliser progressivement une amélioration foncière du sol. Il n'y a, en effet, pas d'autre moyen à notre avis pour maintenir, de façon durable, la production à un niveau élevé.

Actuellement, la fertilisation minérale, appliquée dans le cadre de la rotation quadriennale préconisée par le CRA et associée à des techniques culturales appropriées, permet d'obtenir des rendements en mil variant entre 1.500 et 2.000 kg/ha, ce qui représente le double ou le triple des rendements couramment observés dans la région. Le potentiel de production des sols n'est malheureusement pas infini et semble limité, en premier lieu, par leur capacité de stockage de l'eau. Cependant, les niveaux actuels de production peuvent être, croyons-nous, dépassés; d'autre part, des résultats insuffisants ont été obtenus dans différentes régions du Sénégal, où les conditions écologiques semblent pourtant favorables. L'expérimentation future devra résoudre ces problèmes; elle s'attachera plus particulièrement à définir les interactions entre les différentes techniques d'amélioration du sol : façon culturales, éléments minéraux majeurs et mineurs, fumier et fumure verte, successions culturales.

Comme par le passé, les essais seront suivis en collaboration par le pédologue et le physiologiste; l'étude conjointe de l'analyse des sols, de leur régime hydrique et du diagnostic foliaire s'est, en effet, révélée une méthode des plus fructueuses pour éclairer et prolonger les données de l'expérimentation au champ.

Jusqu'à présent les études expérimentales ont surtout concerné le mil, céréale plus répandue

dans la zone Nord du Sénégal. Dans l'avenir les efforts porteront également sur le sorgho, dont les réactions à la fertilisation semblent d'ailleurs très voisines de celles du pénicillaire, d'après les premiers résultats obtenus.

L'intérêt de ces recherches n'est pas à démontrer puisque, par elles, on peut raisonnablement espérer doubler, voire tripler, la production vivrière d'un pays comme le Sénégal, sans augmentation des superficies cultivées et en améliorant le potentiel de productivité des sols.

**SUMMARY.**—Since about 12 years on fertilizing research millet and sorghum has significantly improved at Bambey (Senegal).

At the beginning research purpose was to perfect a balancing fertilizer formula that can be vulgarized in small quantity. But rapidly it appears necessary to go beyond this aim, to study millet fertilizing with rotation, to gradually improve soil. We think that only these ways are enable to durably maintain production at a high level.

Presently millet yields of 1,500-2,000 kg can be obtained by applying fertilizers in four course rotation as recommended by CRA Bambey and by associating it with suitable cropping systems, this represents twice or three times as high as the common yields in the area. But unfortunately potentials of soil are not endless and they appear to be limited at first by water stockage capacity. Yet we think that present production levels can increase. On the other hand insufficient results have been obtained in different areas in Senegal where ecological conditions are favorable. Further tests must solve these problems; they must more particularly determine the interaction between the different systems of soil improvement: cropping systems, greater and lesser minerals, manure and green manure.

As in the past, the tests shall be carried out both by the pedologist and the physiologist. The joint studies on soil analysis, water content and foliar diagnostic have proved a more profitable method to enlighten and extend field experimentation data.

Till now experimental studies have been principally related to millet, a cereal more prevalent in the northern part of Senegal. In the future, sorghum will be equally studied because its responses to fertilizing appear very similar to those of millet from the first results.

The interest of the research is not to be proved because it can expectedly double and even triple food production in a country like Senegal without cultivated acreage increase and with the improvement of soil yield capacity potential.

**RESUMEN.** — Desde hace unos doce años, en el CRA de Bambey (Senegal) se van obteniendo resultados importantes en el campo de la fertilización de los mijos y sorgos.

Al principio tratábase solamente de hallar una fórmula de fertilización equilibrada que se podría vulgarizar en dosis pequeña. Pero los investigadores sintieron la necesidad de ir más allá, de estudiar la fertilización del mijo asociada con la práctica de la rotación y de mejorar progresivamente el suelo. Efectivamente no conocían otro medio para conservar la producción a un nivel elevado y de modo duradero.

Actualmente la fertilización mineral, con rotación cuatrienal y labores de cultivo apropiadas, permite alcanzar rendimientos de 1,500 a 2,000 kgs/há de mijo, lo que representa dos o tres veces los rendimientos generalmente observados en la misma región. Desgraciadamente el potencial de producción de los suelos parece limitado por su escasa capacidad para almacenar agua. Sin embargo será probablemente posible ascender a niveles de producción superiores a los de hoy. Por otra parte, resultados insuficientes fueron obtenidos en varias zonas del Senegal donde las condiciones ecológicas parecen favorables. La experimentación futura deberá resolver estos problemas y especialmente tratará de definir las interacciones entre las varias técnicas de mejoramiento del suelo: labores de cultivo, nutrientes mayores y menores, estiércol y abono verde, sucesión de cultivos.

Como antes, el pedólogo y el fisiólogo controlarán juntamente los ensayos, pues el estudio concomitante del análisis de los suelos, de su régimen hídrico y de su diagnóstico foliar se ha revelado un método de los más valiosos para precisar y aumentar los datos de la experimentación en el campo.

Hasta hoy fué sobre todo estudiado experimentalmente el mijo que es el cereal más cultivado en el Norte del Senegal. En los programas futuros se incluye también el sorgo cuya respuesta a la fertilización parece, según los primeros resultados obtenidos, muy vecina de la del mijo.

*El interés de estas investigaciones es evidente, pues permitirán probablemente doblar o triplicar la producción alimenticia del Senegal, sin que se aumente las áreas cultivadas y sólo mejorando el potencial de productividad de los suelos.*

## BIBLIOGRAPHIE

- 1) Contribution à l'étude de la fumure du mil (*Pennisetum*) au Sénégal. F. CORIOLS et R. TOURTE. Annales CRA, 1951.
- 2) Les engrais NPK. Poursuite de l'étude de leurs effets. R. TOURTE. Annales CRA, 1952.
- 3) Les engrais NPK sur l'arachide et le mil au Sénégal. Suite de leur étude par R. TOURTE et J. FAUCHÉ. Annales CRA, 1953.
- 4) Perfectionnement des techniques culturales au Sénégal. R. TOURTE, P. GAUDEFROY-DEMOMBYNES et J. FAUCHÉ. Chap. III, L'engrais, Annales CRA, 1954.
- 5) Contribution à l'étude des populations sélectionnées de mil (*Pennisetum typhoides*). M. BONO, Y. DURAND, J. MOUSSEAU. Annales CRA, 1955.
- 6) Nouveaux résultats dans l'étude de l'action de quelques engrais minéraux sur les sorghos et les mils. M. BONO, J. FAUCHÉ. Annales CRA, 1955.
- 7) Activité du CRA Bambey dans la région du fleuve Sénégal. GAUDEFROY-DEMOMBYNES. Annales CRA, 1956.
- 8) Influence des fumures organiques et minérales sur la production des sorghos et la qualité des récoltes. P. VIDAL, M. BONO, J. FAUCHÉ. Annales CRA, 1962.
- 9) Contribution à l'étude de la fumure du mil (*Pennisetum*) au Sénégal. F. CORIOLS, R. TOURTE. Annales CRA, 1951.
- 10) Les engrais NPK. Poursuite de l'étude de leurs effets sur arachide et mil au Sénégal. Annales CRA, 1952.
- 11) L'assolement au Sénégal. R. TOURTE.
- 12) La fumure minérale des sols au Sénégal. R. TOURTE, C. CHARREAU, J.-F. POULAIN, P. VIDAL, R. NICOU.
- 13) Espoirs permis par la science agronomique en agriculture africaine. R. TOURTE.
- 14) P. VIDAL. Croissance et nutrition des mils cultivés au Sénégal. (A paraître.)
- 15) P. VIDAL. Contrôle de la nutrition minérale des mils par la méthode du diagnostic foliaire. (A paraître.)
- 16) P. VIDAL. L'influence des facteurs pédoclimatiques sur la nutrition et la production du mil *Pennisetum* cultivé au Sénégal. (A paraître.)
- 17) P. BONFILS, C. CHARREAU, M. MARA. Etudes lysimétriques au Sénégal. Annales CRA, 1962.
- 18) C. CHARREAU, P. VIDAL. Influence de l'*Acacia albida* sur la fertilité du sol, la nutrition minérale et la production des mils. (A paraître.)
- 19) R. NICOU. L'influence de quelques techniques de culture sur les rendements des mils et sorghos. (A paraître.)
- 20) Compte rendu des essais fertilisation mil 1961. C. CHARREAU. (Inédit.)

# L'AGRONOMIE TROPICALE

—  
Extrait du n° 1  
JANVIER 1963  
—

## LA FERTILISATION DES MILS ET SORGHOS \*

par

C. CHARREAU  
Maître de Recherches

J.-F. POULAIN  
Chargé de Recherches

Centre de Recherches Agronomiques de Bambey  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 29.662-2p1

Cote : B