

Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines

R.J. Carsky¹
 B. Douthwaite²
 V.M. Manyong²
 N. Sanginga³
 S. Schulz²
 B. Vanlauwe³
 J. Diels²
 J.D.H. Keatinge⁴

¹ International Institute of Tropical Agriculture,
 BP 08-0932,
 Cotonou,
 Benin

<r.carsky@cgiar.org>

² Institute of Tropical Agriculture,
 Oyo Road,
 Ibadan,
 Nigeria

³ Tropical Soil Biology and Fertility Institute,
 Nairobi,
 Kenya

⁴ International Crops Research Institute for the
 Semi-arid Tropics,
 Patancheru 502 324,
 Andhra Pradesh,
 India

Résumé

L'intégration des légumineuses fixatrices d'azote dans les systèmes techniques de production a donné lieu à de nombreux travaux de recherche destinés à améliorer ou restaurer la fertilité des terres, mais très peu de ces systèmes techniques sont vraiment appropriés par les paysans en Afrique de l'Ouest.

À l'*International Institute of Tropical Agriculture* (IITA), les recherches ont porté d'abord sur les systèmes agro-forestiers et les cultures de couverture. Ces deux systèmes, très performants biologiquement et agronomiquement, posent de grands problèmes d'adoption et de diffusion. En effet, la bibliographie et les expériences réalisées montrent bien que les paysans n'adoptent pas une méthode uniquement pour améliorer la fertilité de leurs terres, mais qu'ils en attendent aussi des avantages économiques. En conséquence, l'IITA a mis l'accent sur un effet positif additionnel des légumineuses : la réduction du parasitisme du *Striga hermonthica*. Une équipe pluridisciplinaire a été constituée pour étudier plusieurs aspects des rotations céréales-légumineuses à graines et générer des recommandations pour les services de recherche finalisée des pays d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale. L'impact de cet effort est très net au nord du Nigeria, où la rotation soja-maïs sur deux ans augmente le revenu brut de 50 à 70 % par rapport à la monoculture du maïs, du fait d'un contexte économique incitatif. Cela conduit beaucoup d'ONG à tester les rotations céréales-légumineuses à graines avec les paysans.

Mots clés : Agronomie ; Phytotechnie ; Environnement ; Afrique de l'Ouest.

Summary

Lessons for appropriate soil management technology generation for the savannas and their application to the grain legume-cereal rotation system

There are many legume-based technologies capable of regenerating soil fertility but few are being adopted by farmers in West Africa. At the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) we found that alley cropping and cover cropping systems are biologically sustainable but have low adoption by farmers in the medium term. Negative reactions by farmers stimulated us to consider grain legume rotations for soil fertility maintenance, a decision that permitted a concentration of efforts by several disciplines on the same system. The immediate payoff was the generation of a large body of scientific information generated by a small number of researchers. Positive reactions of farmers has led to research at the farm level, focusing on the increases in maize yield due to the N benefits and the reduction in *Striga hermonthica* parasitism. A preliminary estimate of the impact can be calculated for Northern Nigeria where gross revenue from soybean-maize rotation is 50 to 70% higher than continuous maize cropping. Several research and development efforts are now underway testing soybean or cowpea rotation with maize.

Key words: Agronomy; Phytotechny; Environment; West Africa; Central Africa.

Les rotations et les jachères incluant des légumineuses constituent un élément important de la gestion durable de la fertilité des terres des savanes africaines. La présence des légumineuses fixatrices d'azote diminue le besoin d'azote et génère des produits à forte teneur protéique pour la consommation humaine ou animale. Les légumineuses utilisées permettent aussi de diminuer les quantités d'engrais azotés nécessaires pour les céréales suivantes. Dans sa quête de techniques de gestion durable du sol, l'*International Institute of Tropical Agriculture* (IITA) a successivement mis l'accent sur plusieurs systèmes techniques susceptibles de se substituer avantageusement à la jachère pratiquée par les paysans. L'intérêt pour ces systèmes de « jachère artificielle » a ainsi évolué des cultures en couloirs de 1976 à 1992, aux systèmes à plantes de couverture de 1980 à 1999 et, finalement, aux rotations incluant des légumineuses à graines depuis 1994. Dans ce parcours, les expériences de nos prédécesseurs ont été d'une grande utilité. Aussi, souhaitons-nous par cet article partager largement les enseignements que nous en avons tirés.

La culture en couloirs

Douthwaite *et al.* [1] ont retracé le cheminement des travaux menés par l'IITA sur la culture en couloirs, en faisant ressortir quelques événements saillants. Le tout premier fut la publication en 1981 de Kang *et al.* [2], qui montre que la culture en couloirs réussit à maintenir les rendements du maïs pendant quatre années de culture continue alors que les rendements chutent sur la parcelle témoin.

Sur la base des résultats expérimentaux obtenus par l'IITA, le réseau de recherche sur l'agriculture en couloirs pour l'Afrique tropicale (AFNETA) fut créé en 1989 dans le but d'expérimenter cette technique dans diverses zones écologiques des savanes humides et des forêts de l'Afrique. En 1992, l'AFNETA coordonnait déjà des essais dans 20 pays et il en est résulté de nombreuses publications sur ce thème.

À partir des années 1990, certains chercheurs ont commencé à s'intéresser à l'adoption des cultures en couloirs par les paysans. Des études conduites par Whitome [3], Dvorak [4], Swinkels et Franzel [5] ainsi que Adesina *et al.* [6] relevelent

les contraintes inhérentes à ce système ainsi que la faiblesse de la diffusion de paysan à paysan. Un exemple fourni par Adesina *et al.* montre que les paysans qui ont été informés de cette technique par d'autres paysans ne l'ont pas testée. Smith [7] suggère que la culture en couloirs serait pertinente dans des zones à densité de population élevée ayant un faible accès aux marchés. Cette idée repose sur le fait qu'il faut beaucoup de travail et que les mêmes effets bénéfiques peuvent aussi être fournis par les engrais et les herbicides ; la culture en couloirs doit donc viser les zones densément peuplées mais ne disposant pas d'un accès facile aux engrais.

D'un point de vue plus général, le principal enseignement de cette expérience des cultures en couloirs est qu'il faut que le paysan en tire des avantages économiques directs et pas seulement une amélioration du sol. Dans le sud du Bénin, par exemple, c'est le besoin de bois de chauffe qui stimule l'adoption des jachères plantées d'*Acacia auriculiformis*. Mais, même si un avantage économique est possible, les paysans ont besoin d'essayer la technique et de la modifier pour se l'approprier ; de plus, des systèmes complexes et nouveaux comme la culture en couloirs sont plus difficiles à comprendre et à tester que des techniques élémentaires simples comme de nouvelles cultures ou bien de nouvelles variétés.

Au demeurant, d'autres systèmes agroforestiers sont mis en œuvre par les paysans en Afrique de l'Ouest. La jachère à palmiers à huile est une pratique ancienne d'agroforesterie au sud du Bénin [8]. Tout en améliorant la fertilité du sol, ce système produit de l'huile et des matériaux de vannerie pour l'artisanat, puis du vin de palme et de l'alcool lors de l'abattage des palmiers, en fin de « jachère ». Tous ces produits génèrent des ressources monétaires et font de la jachère à palmiers à huile un investissement à avantages économiques multiples.

La plantation d'*Acacia auriculiformis* est un autre système agroforestier qui gagne actuellement du terrain dans le sud du Bénin. Outre l'amélioration de la fertilité, ce système fournit du bois de chauffage, de construction et de menuiserie, denrées rares dans les savanes surpeuplées du littoral béninois. Dans certaines régions du Bénin, son expansion se poursuit même au-delà des projets qui l'ont promu [Douthwaite, Carsky et Floquet, non publié, 2001].

Les cultures de couverture : le cas du mucuna (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

Les travaux de plusieurs auteurs ont établi qu'une courte jachère à mucuna (de moins d'un an) accroît le rendement des cultures suivantes, dans diverses situations [9]. Dans certains cas, cela a pu être attribué à l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol, mais le plus souvent l'augmentation du rendement après une jachère à mucuna est liée à une meilleure nutrition azotée de la culture céréalière, grâce essentiellement à la production de biomasse et à la teneur en azote de la jachère à mucuna [9].

Le mucuna fut l'une des nombreuses espèces de légumineuses de couverture testées par l'IITA dans des systèmes de couverture vivante au milieu des années 1980 [10]. Cette espèce fut rapidement testée dans le sud du Bénin, dans le cadre d'une recherche participative [1] intégrant plusieurs autres techniques de maintien de la fertilité du sol. Certains paysans ont ainsi pu observer que la jachère à mucuna affaiblit l'*Imperata cylindrica*, facilitant ainsi sa maîtrise. Par la suite, beaucoup de demandes de semences de mucuna ont été adressées aux agences de recherche et de développement. Selon Manyong *et al.* [11], les taux d'adoption initiale furent relativement élevés dans les villages où la technique fut testée au départ. Le fait que les paysans aient réagi surtout à l'inhibition des adventices par le mucuna indique que l'amélioration de la fertilité du sol ne suffit pas à elle-seule pour promouvoir l'adoption des jachères améliorantes qui occupent les terres sans produit économique direct. L'aptitude à affaiblir l'*Imperata* s'est avérée un atout décisif pour l'adoption de la jachère cultivée en mucuna.

Le cas du mucuna a aussi montré qu'un produit économique peut promouvoir l'adoption d'une jachère cultivée. Au Bénin, un marché actif des semences s'est en effet développé tant que la culture du mucuna était en expansion. Manyong *et al.* [11] ont suivi l'évolution du ratio coût/bénéfice pour un paysan adoptant le mucuna et ont constaté que la vente en tant que semences des graines produites double le bénéfice. Le produit économique direct généré par le système technique constitue une forte incitation pour

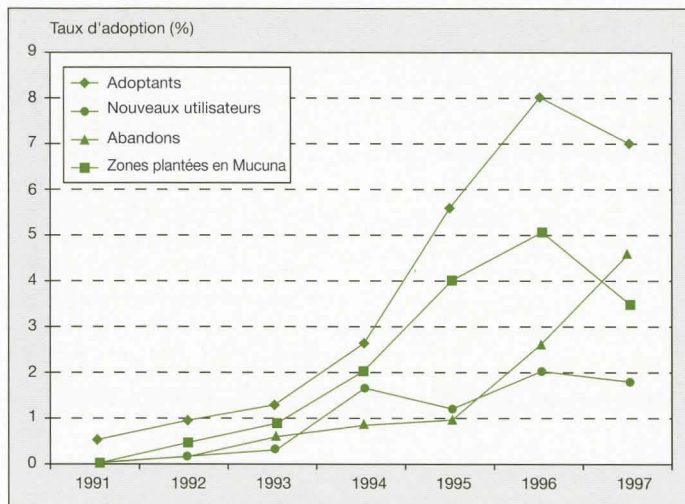


Figure 1. Dynamique de l'adoption de la jachère à mucuna dans le sud du Bénin, de 1991 à 1997 [12].

Figure 1. Dynamics of mucuna fallow adoption in Southern Benin from 1991 to 1997 [12].

des paysans démunis recherchant des profits économiques immédiats. Une étude effectuée ensuite dans le sud du Bénin dans la foulée des projets de développement [12] a montré que les taux d'adoption étaient visiblement en baisse et que les taux d'abandon augmentaient (figure 1). Aucune étude d'adoption n'a suivi, mais des discussions informelles avec les paysans ont fait ressortir le manque de débouchés pour les graines produites comme la cause majeure de l'abandon du mucuna. Dans un essai comparant des légumineuses à graines au mucuna à Kaduna, au Nigeria, on a noté que les rendements du maïs après mucuna sont

plus élevés qu'après niébé, mais que la rotation avec du niébé est économiquement plus intéressante [13]; les paysans ont donc fini par abandonner le mucuna au profit du niébé.

Suite à l'expérience avec le mucuna du Bénin et d'autres pays, Carsky *et al.* [9] pensent que l'adoption sera assez limitée en Afrique de l'Ouest sur la base des seuls avantages prouvés que sont l'amélioration de la fertilité du sol et la lutte contre les mauvaises herbes. Cependant, des niches géographiques restreintes ont été identifiées où les jachères courtes à mucuna sont bien adaptées (figure 2).

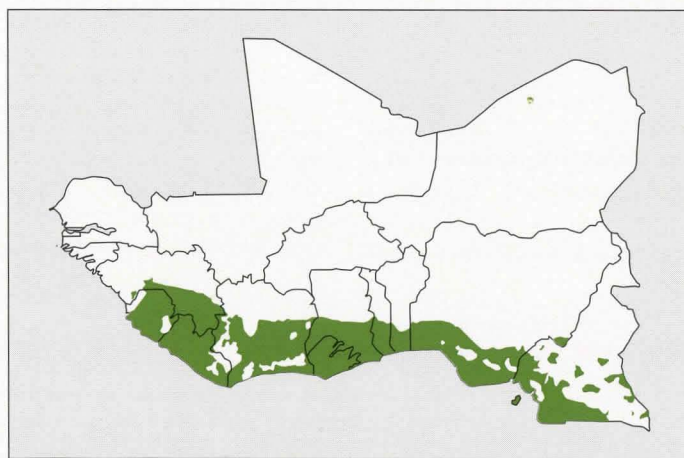


Figure 2. Zone où le mucuna pousse bien (moins de 75 % de sols acides, moins de 90 % de sols fixateurs de P, et longueur de la campagne supérieure à 150 jours), et où la saison est assez longue pour une culture vivrière ou de rente la même année que la jachère à mucuna (longueur de la saison de culture supérieure à 240 jours).

Figure 2. Area in which mucuna will grow well (coverage of acid soils less than 75 %, coverage of P-fixing soils less than 90 %, and length of growing period greater than 150 days) and where the growing season is long enough for a food or cash crop and a mucuna fallow (length of growing season greater than 240 days).

Une extension du domaine d'adoption peut intervenir là où le mucuna possède des avantages secondaires qui répondent aux contraintes locales. Dans la lutte contre *Striga hermonthica*, parasite des cultures céréalières des savanes, par exemple, quelques observations [14] laissent supposer que le mucuna peut réduire sa nuisance. Par ailleurs, l'utilisation des graines ou des feuilles de mucuna dans l'alimentation animale est possible. Certaines équipes ont ainsi montré l'intérêt d'introduire des graines [15, 16] ou des feuilles [17] de mucuna dans la ration des petits ruminants. Enfin, il peut y avoir des niches économiques favorables au mucuna liées au label « agriculture biologique » : présentement, au Bénin, un projet s'emploie à produire du « coton biologique » pour le marché européen. La jachère à mucuna pourrait alors s'avérer la meilleure source biologique d'azote pour le coton et être plus facile à contrôler sans herbicides que les adventices spontanées.

Rotations à base de légumineuses à graines

Alors que l'IITA et ses partenaires s'évertuaient à trouver des niches pour la culture en couloirs et la jachère à mucuna, la culture du niébé était très répandue en Afrique de l'Ouest [18] et les surfaces cultivées en soja étaient en progression, notamment au Nigeria. Les variétés de soja proposées par l'IITA furent adoptées vers la fin des années 1980 et le début des années 1990 grâce aux efforts déployés par les ONG et les organismes étatiques de développement. Dans l'État de Benue, zone où le soja est cultivé depuis plusieurs décennies, Sanginga [19] a observé que plus de 50 % des agriculteurs enquêtés avaient adopté les nouvelles variétés de l'IITA sur une période de 10 ans. Dans le sud de l'État de Kaduna, où une autre ONG donnait des semences améliorées de soja aux agriculteurs, Manyong *et al.* [20] ont constaté que, dès la troisième année, 35 paysans avaient transmis les semences des nouvelles variétés à 45 autres paysans. La consommation du soja au Nigeria fut par ailleurs stimulée par un important effort consacré à l'élaboration et à la diffusion de recettes culinaires à base de soja ou incluant ce produit dans les plats traditionnels [21]. L'étude du marché urbain dans une grande ville comme Ibadan a montré que le soja, qui

Tableau 1. Potentiels d'amélioration de la fertilité du sol et d'appropriation par les paysans de jachères cultivées en légumineuses.

Table 1. Potential soil improvement and farmer adoption of leguminous fallows.

Type de légumineuse dans la jachère	Potentiel d'amélioration du sol	Potentiel d'appropriation par les paysans
Ligneuse	Élevé	Très faible
Fourragère	Élevé	Très faible
De couverture	Élevé	Faible
À graines	Faible à modéré	Élevé

n'était vendu que sur 2 marchés en 1987, l'était sur 19 marchés en 1990 et que le nombre de détaillants vendant du soja était passé de 4 à 419 [21].

Le niébé étant un aliment très consommé en Afrique de l'Ouest, l'adoption de rotations à base de niébé est facilitée. Ainsi, Dembele [22] a enregistré au Mali des taux d'adoption plus élevés pour les systèmes incluant des légumineuses à graines que pour les légumineuses fourragères. Oyewole *et al.* [13] ont aussi observé que les paysans préfèrent la succession niébé/maïs à mucuna/maïs, bien que l'arrière-effet du niébé pour le maïs soit moins bon que celui du mucuna.

Face à cette situation, l'IITA a décidé, au milieu des années 1990, de focaliser ses recherches sur les légumineuses à graines, notamment celles relevant de son mandat (soja et niébé). Cette décision a été prise malgré les effets très faibles des légumineuses à graines sur les taux de matière organique des sols, parce que leur potentiel d'adoption est bien plus élevé que celui des jachères cultivées en légumineuses (tableau 1).

De plus, le soja, et peut-être le niébé, pourraient être de faux hôtes de *Striga hermonthica*, plante parasite des céréa-

les, comme l'ont montré le criblage *in vitro* d'un grand nombre de lignées de soja et la validation en plein champ des résultats [23]. Cette découverte, si elle se confirme, donnerait à ces légumineuses à graines un avantage supplémentaire, en plus des graines pour l'alimentation et de l'amélioration du sol.

En conséquence, l'équipe « savanes humides » de l'IITA a été dotée de moyens importants pour lui permettre de travailler sur les caractéristiques qui devraient renforcer les avantages des légumineuses à graines dans les systèmes de culture : amélioration de la fixation biologique de l'azote, utilisation efficiente du phosphore du sol et des engrais, production de biomasse à usages multiples et stimulation de la germination des graines de *Striga hermonthica*.

Meilleures pratiques pour les rotations incluant des légumineuses à graines

Cycle de l'espèce légumineuse

Nous avons observé qu'une culture de soja ou de niébé à cycle long a un plus grand effet sur la céréale en rotation.

Cette observation porte sur l'effet de deux variétés de soja de cycle différent en tant que précédent du maïs [24]. Elle a été confirmée [25-27] dans le cadre d'essais multilocaux menés dans le nord du Nigeria (tableau 2). Les variétés tardives ont laissé plus de résidus contenant plus d'azote, à la récolte. Des données tirées de Schulz *et al.* [18] indiquent également que la matière sèche aérienne résiduelle augmente avec la durée du cycle du niébé (tableau 3). En conséquence, on peut penser que les effets du niébé augmentent avec la durée du cycle de la variété. Par ailleurs, Stoop et van Staveren [28] ont démontré que l'impact sur le rendement du mil augmente avec l'allongement du cycle du niébé précédent.

Nutrition en phosphore des légumineuses

Une nutrition suffisante en P est essentielle pour la symbiose fixatrice d'azote chez les légumineuses ; c'est une condition nécessaire pour qu'elles puissent profiter au système sol-plante. Ainsi Ogoke *et al.* [29] ont constaté que l'azote résiduel du soja (fanés et feuilles tombées avant la récolte) augmente et passe de 25 kg/ha sans apport de P à 39 kg/ha avec apport, entraînant une amélioration conséquente du bilan azoté. Sanginga *et al.* [30] ont découvert que le bilan apparent de l'azote chez le niébé est amélioré, grâce à l'application de P, sur les lignées de niébé qui répondent à l'application de l'engrais phosphaté. Cet effet est lié à une meilleure nodulation, l'apport de P ayant doublé ou triplé le nombre des nodosités et leur poids frais. L'importance de l'apport de P a été également démontrée dans une étude sur la rotation niébé-maïs au Nigeria [31].

Enfin, il a été signalé que certaines légumineuses, comme le mucuna, améliorent la biodisponibilité du P modérément soluble du sol, et que le même effet s'étend aux engrais modérément solubles et aux phosphates naturels, ce qui peut être utile pour l'agriculture « biologique ».

Durée de l'inter-culture entre la légumineuse et la culture suivante

Le problème de la persistance des résidus des légumineuses en contre-saison est illustré par des observations sur l'évolution de la litière de mucuna. Carsky *et al.* [14] ont enregistré la disparition des résidus de mucuna au rythme de $d \approx 1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ par mois pendant la saison sèche près de Bauchi, dans le nord du Nigeria (195 jours de saison sèche), au point que le sol était à nu au moment du semis du

Tableau 2. Bilan azoté (kg/ha) de cultures de soja (avec enfouissement des fanés) dans des essais multilocaux (3 ou 4 sites par essai) dans le nord du Nigeria.

Table 2. N balance (kg/ha) of soybean crops (with haulms returned) in multi-locational trials (3 or 4 sites per trial) in Northern Nigeria.

Lignée de soja	Cycle	Essai 1	Essai 2	Essai 3
TGx 1485-1D	Précoce	- 5,4	- 7,2	- 12,2
TGx 1805-2E	Précoce	- 3,9	---	---
TGx 1681-3F	Précoce	- 7,5	---	---
TGx 536-2D	Intermédiaire	---	---	- 2,6
TGx 1809-12E	Intermédiaire	+ 1,7	---	---
TGx 923-2E	Tardif	+ 9,5	---	+ 1,6
TGx 1670-1F	Tardif	+ 1,5	+ 3,8	+ 10,9

Essai 1 = Singh *et al.* (2003) ; Essai 2 = Singh *et al.* (2003) ; Essai 3 = Ogoke *et al.* (2003).

Tableau 3. Matière sèche aérienne (t/ha) de niébé et de soja en fonction de la durée du cycle et du traitement insecticide (nombre d'observations entre parenthèses) [18].

Table 3. Aboveground dry matter (t/ha) of cowpea and soybean as a function of maturity class and insecticide treatment (number of observations in parentheses) [18].

Maturité	----- Niébé -----		Soja
	+ Insecticide	- Insecticide	
Précoce	2,2 (29)	2,3 (34)	1,4 (289)
Intermédiaire	2,5 (73)	3,9 (41)	1,7 (302)
Tardive	3,3 (99)	3,9 (69)	1,9 (227)

maïs suivant. Les effets attendus du mulch sont alors fortement réduits.

L'intervalle de temps entre la récolte du précédent niébé et le semis des céréales tient donc un rôle important. Pour s'en convaincre, on peut se référer à l'effet du précédent niébé noté dans les essais menés par Dakora *et al.* [32] et Carsky *et al.* [31]. Néanmoins, les calendriers agricoles dépendent beaucoup des objectifs et des contraintes des agriculteurs (calendriers alimentaires, disponibilités de la main-d'œuvre familiale, etc.) et la réalisation de deux cycles de culture par an pose souvent de nombreux problèmes.

Importance d'une « jachère améliorée » appropriable par les paysans

Les effets favorables du soja ou du niébé sur la fertilité du sol sont faibles à modérés. Toutefois, les paysans profitent des graines produites, de la réduction du *Striga hermonthica* là où il sévit, et du fourrage là où il est nécessaire. La succession soja ou niébé/maïs a donc fait l'objet d'essais intensifs avec les paysans du nord du Nigeria, à partir de 1999. L'expérimentation de rotations avec des légumineuses à graines fait prendre peu de risques aux paysans, comparée à la culture en cou-

loirs ou aux plantes de couverture. Ces dernières requièrent en effet de gros investissements en main-d'œuvre, pour une augmentation incertaine du rendement : si des stress biotiques ou abiotiques apparaissent (attaques de déprédateurs ou sécheresse), alors l'investissement n'est guère rentabilisé par le rendement du maïs.

Dans une étude conduite dans plusieurs villages [33], le soja et le niébé ont été utilisés pour réduire la densité des graines de *Striga hermonthica* dans le sol. Au bout d'une année de culture de soja (14 exploitations) ou de niébé (5 exploitations), la densité de *Striga hermonthica* fut considérablement réduite (tableau 4). Une autre étude, consacrée à la fertilité du sol et à l'intérêt économique des rotations céréales-soja, a été menée dans le nord de l'État de Kaduna (Kaya). Elle a permis de comparer deux variétés de soja, TGx 1448-2E et Samsoy 2, au *Dolichos lablab* et au maïs comme précédents des céréales. Le maïs et le sorgho venant après le soja TGx 1448-2E ont donné des rendements satisfaisants avec moins d'engrais que d'habitude. En fait, les cultivateurs sont très intéressés par cette variété pour les raisons suivantes : fort rendement, bon comportement au stockage, résistance à la cercosporiose grise et à

l'éclatement des gousses, et stimulation, même modérée, de la germination du *Striga*.

Les bénéfices nets les plus élevés (sur les deux campagnes) ont été obtenus avec le précédent soja TGx 1448-2E (1 450 dollars US/ha) puis avec le soja local Samsoy 2 (1 000 dollars US/ha). De l'analyse économique de ces systèmes, il ressort une amélioration de 50 à 70 % du revenu brut de l'agriculteur par rapport aux pratiques actuelles, notamment la culture continue du maïs. Avec des conditions économiques aussi favorables, les paysans sont très intéressés par ce système. Aussi, au cours de la campagne suivante, grâce à la diffusion de paysan à paysan, de nombreux agriculteurs des villages proches du site de référence ont adopté la variété de soja TGx 1448-2E [34].

SG 2000 (une grande ONG de développement agricole) a commencé à expérimenter la rotation légumineuse à graines/maïs avec de nombreux paysans dans le nord du Nigeria. Et des chercheurs de plusieurs systèmes nationaux de recherche sont en train de tester ces systèmes.

Une estimation rapide d'impact faite *a priori* estime que la surface consacrée à la culture de légumineuses à graines a augmenté de 10 % dans les savanes nord-guinéennes du Nigeria (environ 30 000 hectares), avec des gains de productivité atteignant 20 %. Cela se traduirait par une hausse de N fixé et une augmentation de la mobilisation du P des sources de phosphore modérément solubles, évaluées chaque année à 44 millions de dollars US [35].

Limites des interventions techniques

Bien que la mise au point de technologies correspondant bien aux conditions des producteurs constitue un avantage décisif, l'importance de l'environnement économique et de la diffusion de l'information ne doivent pas être ignorés. Plusieurs problèmes défavorisent les cultures de légumineuses à graines par rapport aux céréales : faible productivité, difficultés de conservation et de transformation, voire, pour certaines, l'existence d'aspects nutritifs défavorables. Certains attribuent d'ailleurs à ces facteurs la tendance

Tableau 4. Densités initiales de graines de *S. hermonthica* (Sh) dans le sol avant (1999) et après (2000) un an de rotation de soja, dans 19 champs paysans dans l'État de Kaduna.

Table 4. Initial *S. hermonthica* (Sh) seed densities in the soil prior to (1999) and after (2000) one year of soybean or cowpea rotation on 19 farmers' fields in Kaduna State.

Traitement	1999 (graines Sh.m ⁻²)	2000 (graines Sh.m ⁻²)
Pratique paysanne	16 594	26 042
Rotation soja ou niébé	30 081	15 390
Probabilité	0,8891	0,0560

des sociétés rurales à limiter la production de légumineuses au fur et à mesure de leur développement [36]. Présentement, la demande de soja et de niébé en Afrique paraît loin d'être satisfaite, mais de toute évidence les marchés locaux et régionaux sont limités et les producteurs africains pourraient difficilement se placer sur les marchés internationaux. Le prix mondial du soja est en effet nettement inférieur au prix actuellement pratiqué sur le marché nigérian. À l'avenir, dans le contexte de libéralisation des échanges, les décisions des agriculteurs de produire telle ou telle denrée, tout comme la recherche de systèmes de production vivrière durables, devront prendre en compte la mondialisation des marchés. Les politiques agricoles nationales peuvent cependant influencer sur l'économie des exploitations paysannes [37] : Adesina et Coulibaly [38] ont par exemple montré que l'avantage comparatif de l'agriculture en couloirs a augmenté au Cameroun après l'arrêt des subventions et la dévaluation du Franc CFA. Des politiques peuvent sûrement être en mesure d'encourager ou de décourager la culture des légumineuses à graines. Un facteur clé de la réussite des rotations incluant ces légumineuses à graines réside en effet dans la fixation biologique de l'azote dont les performances dépendent de la nutrition minérale des plantes, en particulier en phosphore, et donc de la disponibilité des engrais. Des politiques agricoles favorisant la distribution des intrants, le financement de l'agriculture, ou la régulation des marchés, peuvent donc énormément influencer l'adoption par les paysans de systèmes techniques innovants permettant une gestion durable des terres agricoles [37] ■

Références

- Douthwaite B, Manyong VM, Keatinge, JDH Chianu, J. The adoption of alley farming and mucuna: lessons for research, development, and extension. *Agrof Syst* 2002 ; 56 : 193-202.
- Kang BT, Wilson GF, and Siphens L. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam.) in southern Nigeria. *Plant Soil* 1981 ; 63 : 165-79.
- Whitmore MPB. *The Adoption of Alley Farming in Nigeria and Benin: The On-Farm Experience of IITA and ILCA*. Unpublished PhD thesis, Cambridge (England), University of Cambridge, 1994.
- Dvorak KA. *Adoption potential of alley cropping: final project report*. Resource and Crop Management Research Monograph No. 23. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 1996 ; 70 p.
- Swinkels R, Franzel S. Adoption potential of hedgerow intercropping in maize-based cropping systems in the highlands of western Kenya. 2. Economic and farmers' evaluation. *Exp Agric* 1997 ; 33 : 211-23.
- Adesina AA, Chianu J, Mbila D. *Property rights and alley farming technology adoption in West and Central Africa*. Paper presented at the International Workshop on Property Rights, Collective Action and Technology Adoption, organized by the CGIAR System-wide Initiative on Property Rights and Collective Action, ICARDA, Aleppo, Syria, 22-25 November 1997.
- Smith J. *Socioeconomic Characterization of Environments and Technologies in Humid and Sub-humid Regions of West and Central Africa*. Resource and Crop Management Research Monograph No. 10. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 1992 ; 15 p.
- Kang BT, Versteeg MN, Osiname O, Gichuru M. L'agroforesterie dans la zone humide de l'Afrique: trois réussites. *L'agroforesterie aujourd'hui* 1991 ; 3 : 4-6.
- Carsky RJ, Becker M, Hauser S. Mucuna fallow for the maintenance and restoration of soil fertility of tropical cropping systems: Potential and limitations. In: G. Tian G, Ishida F, Keatinge JDH, eds. *Soil fertility Maintenance in West Africa*. Madison (Wisconsin, États-Unis): Soil Science Society of America Spec. Publ. No. 58, 2001 ; 111-35.
- Akobundu IO. Integrated weed management techniques to reduce soil degradation. In: Combellack JH, Levick KJ, Parsons J, Richardson RG, eds. *Proceedings of the First International Weed Control Congress, Vol. 1*, Melbourne (Australia): Weed Science Society of Victoria Inc, 1992 : 278-88.
- Manyong VM, Houndékon AV, Gogan A, Versteeg MN, van der Pol F. Determinants of adoption for a resource management technology: The case of *Mucuna* in Benin Republic. In: Zhang Senwen, Wang Yunlong, eds. *Advances in Agricultural and Biological Environment Engineering*, Proceedings of a conference (ICABE), Beijing, 15-19 August 1996. Beijing (China): China Agricultural University Press, 1996 : 1-86-93.
- Honlonkou AN, Manyong VM, N'Guessan Tchetché. Farmers' perceptions and the dynamics of adoption of a resource management technology: the case of *Mucuna* fallow in southern Benin, West Africa. *International Forestry Review* 1999 ; 1 : 228-35.
- Oyewole B, Carsky RJ, Schulz S. On-farm testing of *Mucuna* and cowpea double cropping with maize in the Guinea savanna of Nigeria. In: Carsky RJ, Keatinge JDH, Manyong VM, Eteka AC, eds. *Cover Crops for Integrated Natural Resource Management in West Africa*. Proceedings of a Regional Workshop, October, 1999, Cotonou, Benin. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 2000 : 138-47.
- Carsky RJ, Tarawali SA, Becker M, Chikoye D, Tian G, Sanginga N. *Mucuna - herbaceous cover legume with potential for multiple uses*. Resource and Crop Management Research Monograph No. 25. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 1998 ; 52 p.
- Castillo-Caamal AM, Castillo-Caamal JB, Ayala-Burgos AJ. Velvet bean (*Mucuna* spp.) supplementation of growing sheep fed with a basal diet of Napier grass (*Pennisetum purpureum*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2003 ; Special Issue on *Mucuna* as Food and Feed.
- Mendoza-Castillo H, Castillo-Caamal JB, Ayala-Burgos A. Impact of Velvet Bean (*Mucuna* spp.) Supplementation on Milk Production of Goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2003 ; Special Issue on *Mucuna* as Food and Feed.
- Muinga RW, Saha HM, Mureithi JG. The effect of *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) forage on the performance of lactating cows. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2003 ; Special Issue on *Mucuna* as Food and Feed.
- Schulz S, Carsky RJ, Tarawali S. Herbaceous legumes: The panacea for West African soil fertility problems? In: Tian G, Ishida F, Keatinge JDH, eds. *Soil fertility Maintenance in West Africa*. Madison (Wisconsin, États-Unis): Soil Science Society of America Spec. Publ. No. 58, 2001 : 179-95.
- Sanginga PC. *Adoption and social impact assessment of agricultural technologies: The case of soybean in Benue State, Nigeria*. PhD thesis, Ibadan, Nigeria, University of Ibadan, 1998.
- Manyong VM, Dashiell KE, Oyewole B, Blahut G. Spread of new soybean varieties in a traditional soybean growing area of Nigeria. In: Bezuneh T, Ouedraogo S, Menyonga JM, Zongo JD, Ouedraogo M. eds. *Towards Sustainable Farming Systems in Sub-Saharan Africa*. Ouagadougou (Burkina Faso): African Association of Farming Systems, Research Extension and Training, 1998 : 151-62.
- Osho O, Dashiell KE. Expanding soybean production, processing and utilisation in Nigeria. In: Ferris RSB. *Postharvest technology and commodity marketing*. Proceedings of a postharvest conference, Nov 1995, Accra, Ghana. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 1998 : 151-6.
- Dembele E. Activités liées à l'utilisation des légumineuses herbacées au Mali-sud. In: Carsky RJ, Keatinge JDH, Manyong VM, Eteka AC, eds. *Cover Crops for Integrated Natural Resource Management in West Africa*. Proceedings of a Regional Workshop, October, 1999, Cotonou, Benin. Ibadan (Nigeria): IITA, 2000 : 254-8.
- Berner D, Carsky R, Dashiell K, Kling J, Manyong V. A land management based approach to integrated *Striga hermonthica* control in sub-Saharan Africa. *Outlook Agric* 1996 ; 25 : 157-64.
- Carsky RJ, Abaidoo R, Dashiell KE, Sanginga N. Effect of soybean on subsequent maize grain yield in Guinea savanna of West Africa. *African Crop Sci J* 1997 ; 5 : 31-9.
- Ogoke IJ, Carsky RJ, Togun AO, Dashiell K. Maize yield following phosphorus-fertilized soybean in the Nigerian guinea savanna. In: Badu-Apraku B, Fakorede MAB, Ouedraogo M, RJ Carsky RJ, eds. *Impact, Challenges and Prospects of Maize Research and Development in West and Central Africa*. Proceedings of a Regional Maize Workshop 4-7 May, 1999, Cotonou, Benin. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 2001 : 205-13.
- Singh A, Carsky RJ, Lucas EO, Dashiell K. Maize Grain Yield Response to Previous Soybean crop and Residue Management in the Guinea Savanna of Nigeria. In: Badu-Apraku B, Fakorede MAB, Ouedraogo M, R.J. Carsky RJ, eds. *Impact, Challenges and Prospects of Maize Research and Development in West and Central Africa*. Proceedings of a Regional Maize Workshop 4-7 May, 1999, Cotonou, Benin. Ibadan (Nigeria): International Institute of Tropical Agriculture, 2001 : 214-24.

27. Singh A, Carsky RJ, Lucas EO, Dashiell K. Soil N balance as affected by soybean maturity class in the Guinea savanna of Nigeria. *Agric Ecosyst Environ* 2003.
28. Stoop WA, van Staveren JP. Effect of cowpeas in cereal rotations on subsequent crop yields under semi-arid conditions in Upper Volta. In: Graham PH, Harris SC, eds. *Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture*. Cali (Colombia): CIAT, 1982 : 653-7.
29. Ogoke IJ, Carsky RJ, Togun AO, Dashiell K. Effect of P fertilization of soybean on N balance in the guinea savanna of Nigeria. *Agric Ecosyst Environ* 2003.
30. Sanginga N, Lyasse O, Singh BB. Phosphorus use efficiency and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. *Plant Soil* 2000 ; 220 : 119-28.
31. Carsky RJ, Singh BB, Oyewole B. Contribution of early season cowpea to late season maize in the savanna zone of West Africa. *Biol Agric Hortic* 2001 ; 18 : 303-15.
32. Dakora FD, Aboyinga RA, Mahama Y, Apaseku J. Assessment of N fixation in groundnut (*Arachis hypogea* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and their relative N contribution to a succeeding maize crop in northern Ghana. *MIRCEN J* 1987 ; 3 : 389-99.
33. Schulz S, Hussaini MA, Kling JG, Berner DK, Ikie FO. Evaluation of integrated *Striga hermonthica* control technologies under farmer management. *Exp Agric* 2003.
34. Sanginga N, Okogun JA, Diels J, Vanlauwe B, Carsky RJ, Dashiell K. Nitrogen contribution of promiscuous soybean in maize cropping systems. In: Tian G, Ishida F, Keatinge JDH, eds. *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. Madison (Wisconsin, États-Unis): Soil Science Society of America Spec. Publ. no. 58, 2001 : 69-89.
35. Sanginga N, Dashiell K, Diels J, et al. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal – grain legume – livestock systems in the dry savanna. *Agric Ecosyst Environ* 2003.
36. Smil V. Some unorthodox perspectives on agricultural biodiversity. The case of legume cultivation. *Agric Ecosyst Environ* 1997 ; 62 : 135-44.
37. Keatinge JDH, Breman H, Manyong VM, Vanlauwe B, Wendt J. Sustaining soil fertility in West Africa in the face of rapidly increasing pressure for agricultural intensification. In: Tian G, Ishida F, Keatinge JDH, eds. *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. Madison (Wisconsin, États-Unis): Soil Science Society of America Spec. Publ. No. 58. 2001 : 1-22.
38. Adesina AA, Coulibaly O. Policy and competitiveness of agroforestry-based technologies for maize production in Cameroon. An application of policy analysis matrix. *Agric Econ* 1998 ; 1334 : 1-13.