



L'essentiel de l'information
scientifique et médicale

www.jle.com

Le sommaire de ce numéro

http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/sommaire.md?type=text.html



Montrouge, le 20/03/2014

Jérôme Bossuet

Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article au format électronique (pdf) :
S'appuyer sur les multiples bénéfices des légumineuses à graines pour une agriculture plus productive et nutritive dans les tropiques semi-arides

paru dans

Sécheresse, 2013, Volume 24, Numéro 4

John Libbey Eurotext

Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire.

Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.

© John Libbey Eurotext, 2013

S'appuyer sur les multiples bénéfiques des légumineuses à graines pour une agriculture plus productive et nutritive dans les tropiques semi-arides

Jérôme Bossuet
Vincent Vadez

ICRISAT
Patancheru 502324
Andhra Pradesh
India
<J.Bossuet@cgiar.org>
<v.vadez@cgiar.org>

Résumé

L'azote et le phosphore sont deux des principaux nutriments de l'agriculture mais leur rareté et donc leur prix croissant les rend de moins en moins accessibles aux paysans des tropiques semi-arides. Les légumineuses ont l'avantage par rapport aux autres espèces végétales de pouvoir non seulement fixer biologiquement l'azote atmosphérique, mais aussi d'absorber, grâce à des processus physiologiques, le phosphore présent dans le sol sous forme insoluble. Outre leur potentiel pour augmenter la fertilité des sols, les légumineuses apportent d'autres bénéfices importants aux paysans dans les différents systèmes agraires : elles fournissent un fourrage de qualité au bétail, sont riches en protéines et en énergie, parfois en lipides pour l'alimentation humaine, elles constituent une culture de rotation idéale dans les systèmes céréaliers, et sont aussi devenues une source de revenus pour les paysans dans certains cas. Les légumineuses devront jouer un rôle important dans les systèmes de culture tropicaux semi-arides. Cet article discute de l'importance que pourraient prendre les légumineuses, en particulier à graines, comme culture fertilisante et nutritive dans les régions tropicales semi-arides, à condition que le secteur agricole développe des solutions appropriées aux contraintes auxquelles font face les paysans lors de leur culture.

Mots clés : fertilité du sol, intensification durable, légumineuses à graines, systèmes de cultures, valeur nutritive.

Abstract

Relying on the numerous advantages of grain legumes for more productive and nutritive agriculture in the semi-arid tropics

Nitrogen and phosphorus are two of the main nutrients for agriculture but their growing scarcity makes them increasingly less available and affordable for farmers in the semi-arid tropics. Legumes have the comparative advantage over other plant species of being able to independently fix nitrogen, but also to absorb natural phosphorus that is in non-soluble form in the soil. In addition to soil fertility, grain

Pour citer cet article : Bossuet J, Vadez V, 2013. S'appuyer sur les multiples bénéfiques des légumineuses à graines pour une agriculture plus productive et nutritive dans les tropiques semi-arides. *Sécheresse* 24 : 314-21. doi : 10.1684/sec.2014.0408

Tirés à part : J. Bossuet

legumes bring other important benefits for farmers in different farming systems. It is a quality fodder source for livestock. Rich in protein, energy and sometimes in lipids, grain legumes are nutritious food for humans. They are ideal as rotation crops with cereals and have also become a cash crop in some regions. Legumes should play an important role in future crop systems in semi-arid tropics. This article discuss the importance legumes, in particular grain legumes, could have as fertilizing and nutritious crops for farmers in semi-arid tropics if the current constraints for large-scale cultivation can be addressed.

Key words: crop systems, grain legumes, nutrition value, soil fertility, sustainable intensification.

Introduction

Développement limité des légumineuses malgré de multiples bénéfices

Les légumineuses à graines ont été cultivées depuis le début de l'agriculture il y a plusieurs millénaires en combinaison avec les céréales. Des évidences archéologiques ont montré que l'agriculture du Néolithique dans le berceau de l'agriculture qu'est le croissant fertile au Proche-Orient était basée sur trois céréales (le petit épeautre *Triticum monococcum*, le blé amidonnier *T. dicoccum* et le seigle) et quatre légumineuses (lentilles, pois, pois chiche et vesce amère) (Lev-Yadun *et al.*, 2000).

Les légumineuses ont surtout été utilisées pour leur action fertilisante du sol, augmentant les rendements de céréales par la rotation et l'interculture, mais également comme source de fourrage pour le bétail. Initialement, la récolte de grains pour l'alimentation humaine et animale n'était pas l'objectif principal (Sinclair et Vadez, 2012).

Depuis les années 1950, le marché mondial de certaines légumineuses à graines, en particulier le soja, est en forte croissance afin de répondre à une intensification de l'élevage destinée à satisfaire une croissance soutenue de la consommation en viande. Le soja est en effet incorporé comme source de protéines pour l'alimentation du bétail. Le secteur agroalimentaire utilise aussi les lipides des graines de légumineuses comme le soja et l'arachide afin de produire de l'huile alimentaire ou industrielle. Plus récemment, est apparue une demande croissante pour l'alimentation humaine de légumineuses à graines comme le niébé, l'arachide, le pois chiche, le pois cajan (pois d'angole), en plus du soja qui tenait déjà une place prépondérante en agroalimentaire.

Les légumineuses jouent donc un rôle central dans les systèmes agraires, notamment dans les pays du Sud. Malgré des atouts agronomiques et

nutritionnels, leur production n'a cependant que très peu progressé, voire est en recul ces dernières années dans une région comme l'Afrique de l'Ouest, au contraire de céréales comme le maïs (figure 1A). De plus, leur rendement moyen ne s'est quasiment pas amélioré (à l'exception du soja) depuis 1970 alors que celui du maïs a doublé (figure 1B), reflet du peu d'investissement de la part des paysans, de la recherche, des politiques et des marchés agricoles à leur encontre. Cet article plaide pour une place plus importante des légumineuses dans les régions tropicales semi-arides, au service d'une agriculture plus productive, nutritive et résiliente, en s'appuyant sur les bénéfices multiples et souvent indirects qu'apportent ces légumineuses. Il propose quelques pistes pour un développement de leur culture.

Optimiser l'action fertilisante des légumineuses pour une agriculture plus productive

On estime actuellement qu'au niveau de l'agriculture mondiale 46 Mt d'azote proviennent de la fixation symbiotique par les légumineuses, à comparer aux 87 Mt d'engrais azotés utilisés (Duc *et al.*, 2010).

Dans les régions arides des pays en développement, la plupart des paysans n'ont que peu accès aux engrais chimiques. Cette situation risque de ne pas s'améliorer pour les plus démunis avec la flambée des prix des engrais (figure 2). En effet, les coûts de fabrication des engrais chimiques, azotés et phosphorés notamment, sont en constante augmentation car ils dépendent essentiellement de l'exploitation de ressources non renouvelables (pétrole et roches phosphatées) en voie de raréfaction. Cette situation a une forte incidence sur les coûts de production agricole et sur la disponibilité de ces engrais dans les futurs systèmes de culture. Dans

certaines régions agricoles, l'engrais est devenu la principale variable du coût de production des cultures (Université de Purdue, 2012).

Encourager la culture des légumineuses représente une alternative intéressante qui s'appuie sur la valorisation des ressources locales, afin d'améliorer la fertilité des sols. Le pouvoir fertilisant des légumineuses devrait être mis de plus en plus en valeur dans les années à venir afin d'accroître la productivité agricole des petits paysans du Sud, d'Afrique subsaharienne en particulier.

Car les légumineuses ont cette double capacité fertilisante de :

- fixer l'azote atmosphérique dans le sol ;
- rendre plus disponible à la plante le phosphore présent sous forme insoluble dans le sol.

Savoir optimiser cette fertilisation biologique permettrait d'améliorer la productivité des systèmes de culture et rendrait les paysans moins dépendants d'intrants le plus souvent inaccessibles financièrement (et physiquement pour certains).

Optimiser la fixation symbiotique de l'azote d'une légumineuse

Toute plante a besoin d'azote pour sa croissance puisqu'il constitue un élément constitutif primaire essentiel de toutes les protéines et acides nucléiques requis pour la fabrication de nouvelles cellules fonctionnelles. Les légumineuses ont la capacité, contrairement aux autres plantes comme les céréales, de fixer l'azote de l'air grâce à une symbiose avec les bactéries rhizobia et bradyrhizobia qui produisent une enzyme, la nitrogénase, capable de convertir l'azote atmosphérique en formes azotées utilisables par la plante. La nitrogénase se dégradant très facilement au contact de l'oxygène, même en quantité réduite (Robson et Postgate, 1980), la plante légumineuse hôte développe des nodules – renflements au niveau racinaire – qui abritent les populations bactériennes et assurent un

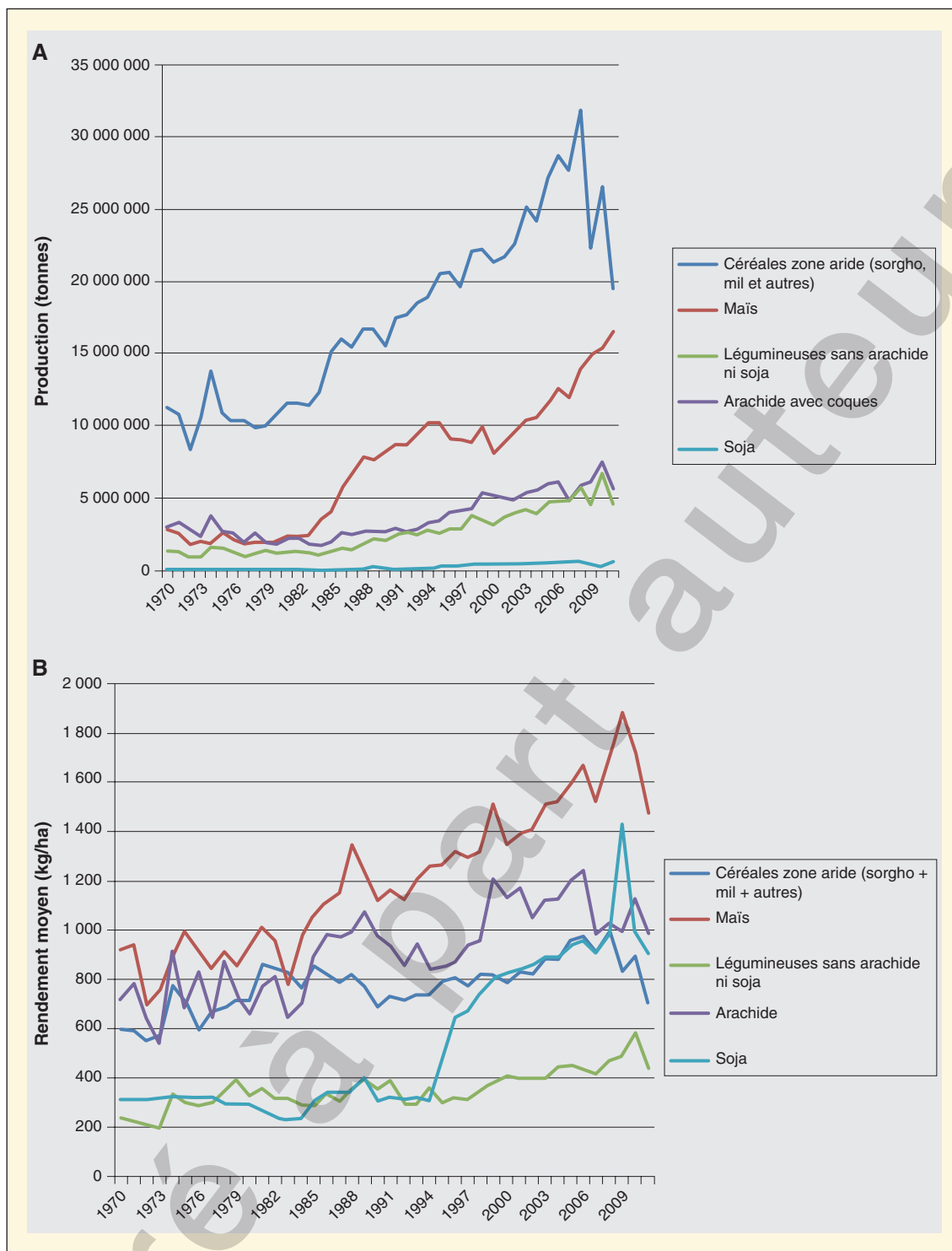


Figure 1. Évolution de la production et des rendements des céréales et légumineuses en Afrique de l’Ouest.

L’ensemble « légumineuses » regroupe : pois bambara, haricot (sec), féveroles (sec), pois chiche, niébé (sec), lentilles, pois (sec), pois d’angole, vesces, autres légumes secs (secondaires).

Source : FAOSTAT, © FAO Statistics Division 2013, 29 mai 2013.

environnement anaérobie propice au bon fonctionnement de l’enzyme nitrogénase. Grâce à cette fixation symbiotique d’azote, la croissance des

légumineuses n’est plus dépendante de la disponibilité en azote minéralisé dans le sol, minéral le plus limitant pour la productivité des cultures.

La recherche agronomique, notamment en physiologie des plantes, étudie depuis de nombreuses années la fixation symbiotique d’azote des légumineuses

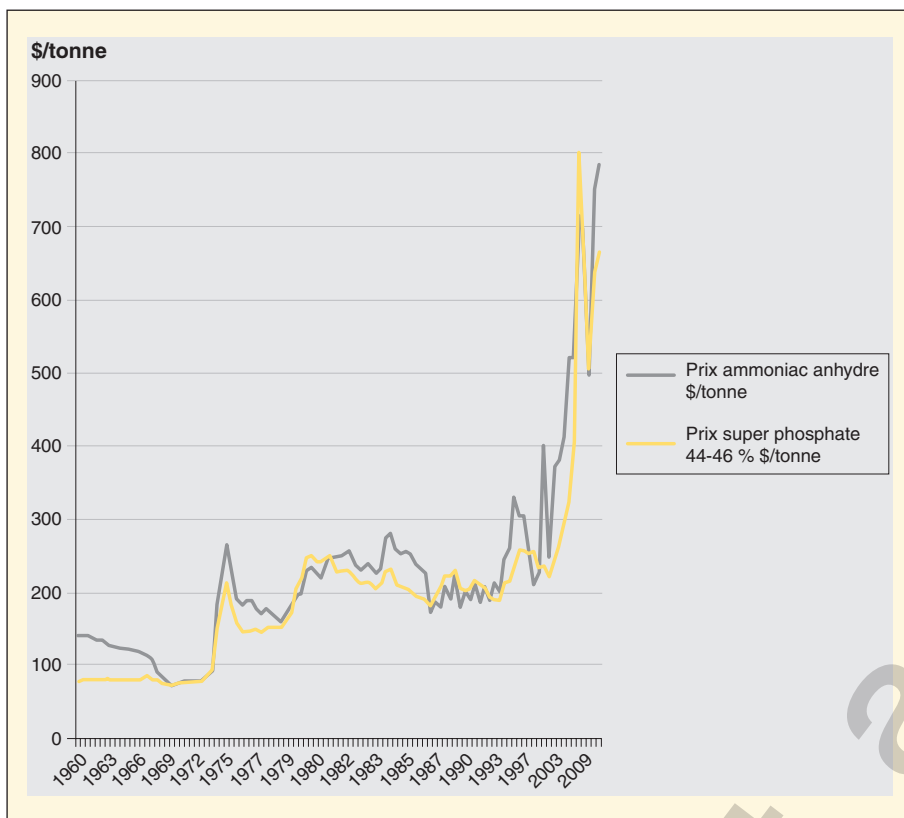


Figure 2. Évolution des prix des engrais aux États-Unis de 1960 à nos jours.

Source : Agricultural Prices, National Agricultural Statistics Service, USDA (<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1002>).

et leur capacité à maintenir ce taux à un niveau élevé avec un impact très sensible sur le rendement des cultures. Cette fixation d'azote des légumineuses dépend de processus biologiques délicats au niveau de la plante hôte et des bactéries. A ce jour, la recherche agronomique s'est essentiellement focalisée sur l'amélioration des bactéries pour optimiser la fixation biologique de l'azote atmosphérique des légumineuses. Cette approche a été bénéfique dans le cas où la bactérie spécifique d'une légumineuse était absente des sols où cette légumineuse était nouvellement cultivée, comme cela a été le cas lors de l'introduction du soja en France dans les années 1970. Cependant, les preuves d'une amélioration de la productivité par des bactéries supposées « plus efficaces » restent à démontrer. La recherche agronomique commence à décrypter des phénomènes de physiologie des plantes qui expliqueraient une variabilité intervariétale de la capacité des plantes légumineuses hôtes à réguler l'activité des nodules. Cette piste de sélection variétale devrait offrir des perspectives plus importantes d'amélioration du taux de fixation

symbiotique d'azote, notamment dans les zones tropicales semi-arides qui sont soumises à la sécheresse et à la faible fertilité du sol, et où la plante hôte est assurément le maillon faible de la symbiose du fait qu'elle est plus directement exposée aux contraintes que la bactérie.

La régulation par la plante hôte du taux d'oxygène au niveau des nodules, modifie l'action de la nitrogénase. De même, les flux d'eau de la plante influent sur l'activité des bactéries. La fixation d'azote semble être un des processus biologiques de la plante les plus sensibles au stress hydrique, avec des taux de fixation qui diminuent avant la modification des échanges gazeux des feuilles (Sinclair et Vadez, 2012). La sensibilité de la fixation d'azote à l'assèchement du sol est particulièrement prononcée pour le soja et le niébé, légumineuses au fort taux de fixation d'azote (Sinclair et Serraj, 1995).

Pour les légumineuses, la majeure partie de l'azote est stockée sous forme de protéines dans les feuilles. La variabilité en termes de développement foliaire, mais aussi en termes de forme de stockage d'azote dans les feuilles (tissus

cellulaires, forme protéique), entraîne par là même une variabilité dans la capacité de fixation d'azote, car l'azote stocké dans les parties aériennes au moment du début de la reproduction conditionne la quantité de grains qui peut être produite. Des géotypes avec un développement végétatif plus rapide, en particulier celui du système foliaire, sont des candidats sérieux à l'augmentation de la capacité de stockage d'azote par la plante.

En résumé, l'activité des nodules est étroitement régulée par la plante hôte. Ce n'est pas tant le profil bactérien que les mécanismes de contrôle de la plante hôte qui influent sur le taux de fixation symbiotique d'azote. La sélection de variétés de légumineuses performantes dans la fixation azotée serait donc plus bénéfique que l'investissement dans la recherche sur les inoculats de rhizobia. Cela est particulièrement vrai dans les systèmes de cultures des pays en développement en milieu aride et semi-aride, où les contraintes abiotiques extrêmes comme le stress hydrique et les carences en nutriments du sol, affectent de manière plus prononcée la plante entière d'une légumineuse à grain, en comparaison avec le microsymbionte dans le nodule ou dans le sol. De plus, quand une nouvelle légumineuse est introduite dans une région, il apparaît qu'une simple inoculation la première année est suffisante pour établir la bactérie dans le sol, puisque les souches inoculées peuvent y survivre même après une longue période sans culture de la plante hôte (Obaton *et al.*, 2002).

Il serait donc pertinent d'orienter maintenant une bonne partie des efforts de recherche vers la compréhension et l'identification des plantes hôtes ayant des capacités plus affirmées à réguler la fixation d'azote. D'autant qu'il existe de larges collections de légumineuses qui n'ont pas ou peu été étudiées sous cet angle, à l'exception peut-être du soja (Sinclair *et al.*, 2010). Ainsi, dans les banques de semences conservées à l'Institut international de recherche sur les cultures des tropiques semi-arides (ICRISAT), 20 268 accessions de pois chiche, 13 632 accessions de pois d'Angole et 15 418 accessions d'arachide sont stockées pour le maintien de la biodiversité, collection qui constitue une vaste ressource génétique pour les programmes d'amélioration des plantes. Il existe actuellement des mini-collections représentatives de ces légumineuses qui sont des outils mis à la disposition des chercheurs pour explorer par exemple la variabilité du

potentiel de fixation d'azote dans ces collections de germoplasmes de légumineuses (Upadhyaya *et al.*, 2008).

Extraction du phosphore du sol

Après l'azote, le phosphore est le macronutriment le plus important pour la croissance des plantes, servant notamment de « monnaie d'échange » pour le transfert de l'énergie entre les cellules. L'absorption du phosphore du sol par la plante est souvent rendue difficile, car le phosphore naturel se trouve sous forme complexe combinée à l'aluminium, au fer et au calcium, forme chimique peu soluble et donc non absorbable par les plantes (Sinclair et Vadez, 2002). Les légumineuses à grain auraient la capacité de transformer ces complexes chimiques en forme phosphorée soluble. Par exemple, Ae *et al.* (1990) ont trouvé que le pois cajan cultivé sur des sols sans phosphore assimilable, croît sans encombre un mois après semis alors que quatre autres types de plantes meurent de carence en phosphore. Une expérience similaire avec l'arachide montre qu'elle survit deux mois après semis tandis que trois autres espèces meurent (Ae et Shen, 2002).

Trois mécanismes seraient en jeu pour expliquer cette capacité à absorber le phosphore non soluble du sol, à savoir la production au niveau racinaire d'acides organiques comme l'acide pissidique pour le pois d'Angole, ou d'enzymes phosphatase, ou une absorption par contact à la surface des racines (Ae et Shen, 2002). Ces mécanismes d'absorption du phosphore du sol dépendent de l'environnement du sol. Ainsi, du fait de l'acidité des sols sahéliens, la solubilisation du phosphore par ces acides organiques ne serait pas forcément efficace. Une caractérisation précise des sols permettrait de sélectionner le bon type de légumineuse pour une absorption optimale de phosphore sur un sol déterminé. Il y aurait aussi une variabilité génétique de cette capacité d'absorption du phosphore comme l'activité d'émission de phosphatase par les racines chez le haricot commun (Helal, 1990).

Connaissant la pauvreté en phosphore des sols sahéliens, du point de vue d'un système de culture, la capacité des légumineuses à absorber du phosphore à partir de formes non solubles est très bénéfique en rotation de cultures avec, par exemple, le blé ou le colza (Hens et Hocking, 2004 ; Nuruzzaman *et al.*, 2005).

On pourrait accroître l'accès au phosphore pour les systèmes de culture tropicaux semi-arides par une meilleure

connaissance des causes de variabilité d'absorption du phosphore par les légumineuses (selon la variété, la nature du sol, ou d'autres facteurs).

Avec la fixation biologique azotée et la mobilisation du phosphore du sol, les légumineuses ont donc un rôle important à jouer dans la fertilisation des sols des régions semi-arides tropicales (SAT). Encourager la culture de légumineuses par le biais de rotation ou d'interculture avec les céréales permet aussi de casser le cycle de nombreux ravageurs et réduit donc les problèmes phytosanitaires.

Une quantification de l'action fertilisante des légumineuses (quantité d'engrais économisée ou gains de rendement), au niveau du système de culture dans sa globalité, y compris pour les cultures associées aux légumineuses, en rotation ou interculture, permettrait de revaloriser ce rôle auprès des paysans et des organismes de développement.

Il faudrait pouvoir évaluer de manière précise cet impact souvent sous-estimé de fertilisation pour mesurer le réel coût-bénéfice d'une culture de légumineuse. Il n'en demeure pas moins vrai que tant que l'industrie des engrais azotés continuera de bénéficier des importantes subventions d'engrais chimiques dans de nombreux pays, sous quelque forme qu'elles soient, les légumineuses continueront de livrer une course inégale. Pour qu'elles soient promues efficacement, les politiques agricoles doivent avoir une position « axiomatique » vis-à-vis des légumineuses en les considérant simplement comme essentielles dans les systèmes agraires. À l'heure des restrictions budgétaires, le rapport intéressant coût-efficacité économique des légumineuses pour les pays importateurs d'engrais peut en effet changer les contours des politiques de soutien agricole, offrant une alternative à la problématique de subventions des engrais. Mais cela demande un investissement en recherche et développement sur ces cultures légumineuses si on veut qu'elles prennent le relais d'une partie de la fertilisation chimique, sans avoir d'impact négatif sur les rendements agricoles.

Réduire les contraintes de culture des légumineuses

Inclure les légumineuses à graines dans les systèmes de culture existants n'est pas sans obstacles. D'abord les rendements de légumineuses à graines sont en général beaucoup plus bas que ceux des céréales, du fait notamment d'une

faible qualité des semences, et qu'elles sont considérées comme cultures secondaires. La richesse des grains en protéines et parfois en lipides requiert davantage d'énergie, ce qui limite aussi les rendements. Les légumineuses sont souvent cultivées en contre-saison avec une durée de croissance plus réduite, et sur des terres marginales. Comme les plantes et les graines sont riches en protéines et phosphore, et, pour certaines espèces très riches en huile, elles attirent aussi maladies et insectes pendant la culture et l'après-récolte (Rachie et Roberts, 1974). Les insectes foreurs de gousses attaquent directement les graines durant la fructification. Les pertes post-récolte sont aussi un problème sérieux durant la phase de stockage des grains, comme par exemple les dommages causés par les insectes comme les bruches du niébé (Fujii *et al.*, 1989), ou la dégradation des lipides des graines de légumineuses oléagineuses, durant le stockage. La production de légumineuses à graines dans les pays en développement est souvent repoussée dans les régions plus marginales. Par exemple en Inde, le pois chiche qui était cultivé traditionnellement dans le Nord a maintenant émigré presque en totalité dans le Sud (Gowda *et al.*, 2009) malgré le potentiel de production inférieur dans ces nouvelles régions, du fait d'un climat plus chaud.

Pour que les légumineuses à graines aient un rôle beaucoup plus important dans les futurs systèmes de culture des régions arides et semi-arides d'Afrique et d'Asie, il faut s'attaquer à ces contraintes pour les rendre plus attractives pour les paysans.

Quelques pistes d'améliorations possibles

Une des priorités est d'améliorer la résistance des légumineuses à graines aux maladies et autres ravageurs. L'arachide par exemple peut être dévastée par des maladies foliaires et virales. L'antracnose a détruit toute la filière pois chiche en Australie occidentale à la fin des années 1990 (Gan *et al.*, 2006). Le thrips des fleurs ou les maladies de pourrissement racinaire sont les principales contraintes de production du niébé au Sahel (Jackai et Daoust, 1986). Les petits paysans n'ont pas les moyens de se procurer fongicides ou insecticides. Et ils n'utilisent pas ces traitements phytosanitaires pour les cultures légumineuses, considérées comme des cultures vivrières ou risquées.

La recherche agronomique se focalise sur de nouveaux systèmes de lutte intégrée contre *Helicoverpa armigera* pour le pois chiche et le pois cajan, et *Maruca vitrata* pour le pois cajan et le niébé (document CGIAR Research Programme Grain legumes, 2012).

Utiliser les dernières avancées en matière de génétique moléculaire pour exploiter des germoplasmes résistants dans des programmes de sélection constitue une piste prometteuse. Un nombre croissant de gènes de résistance aux maladies ont été identifiés chez les différentes espèces de légumineuses, comme la maladie de tache foliaire chez l'arachide. Augmenter la résistance aux maladies permettra de diminuer le facteur risque de leur culture et donc encouragera les paysans à cultiver à nouveau les légumineuses.

Les programmes de sélection des plantes s'intéressent aussi à la résistance aux stress abiotiques liés à la variabilité des précipitations et l'exposition à des températures élevées, dans un contexte de changement climatique (Vadez *et al.*, 2012). Ainsi, le programme de recherche Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire (CCAFS) a montré que le stress dû aux hautes températures, au-dessus de 30 °C, interviendra avec une plus grande fréquence dans les régions arides et semi-arides, en particulier en Afrique du Sud et de l'Est, en Inde et Asie du Sud-Est, qui sont des régions importantes de cultures de légumineuses (Thornton et Cramer, 2012). Or, l'exposition à la forte chaleur durant la floraison et le remplissage des gousses réduit drastiquement les rendements des légumineuses. Développer des variétés performantes résistantes aux stress biotiques et abiotiques peut avoir un large impact sur les rendements des légumineuses. Ainsi, dans certaines régions du Malawi, la production d'arachide locale de type Chilambana ne dépasse guère plus de 800 kg/ha. L'accès à des variétés améliorées et l'application de pratiques agricoles adaptées ont permis d'obtenir des rendements de 1,7 à 2,5 tonnes/ha (données ICRISAT). Cependant, les petits paysans en zones arides et semi-arides ont un accès très limité aux variétés améliorées, de haut rendement et résistantes aux maladies. En effet, dans la plupart des pays en développement, plus de 95 % des semences de légumineuses sont produites par les paysans eux-mêmes. Un axe de développement des légumineuses consiste donc à faciliter l'accès à ces cultivars résistants aux stress biotiques et abiotiques, en s'appuyant en particulier

sur les systèmes informels de production semencière. Une stratégie est de créer et promouvoir des unités de production de semences paysannes de qualité contrôlée, en lien étroit avec des instituts de sélection. Cela offrira un revenu additionnel aux producteurs via une valorisation du prix de la récolte semencière et permettra d'assurer la production et l'accès des paysans à des semences de bonne qualité (Shiferaw *et al.*, 2008). Ce modèle est mis en œuvre sur le programme « Légumineuses Tropicales II » qui, par exemple, a popularisé des variétés de pois chiche résistantes aux fortes températures en Éthiopie (figure 3). La recherche agricole a pu hybrider avec succès certaines espèces de légumineuses. En 2008 en Inde, grâce à un partenariat public-privé, pour la première fois une variété hybride de légumineuse a été commercialisée. Il s'agissait de la variété hybride de pois d'angole « Pushkal » résistante aux maladies et à haut rendement (Saxena *et al.*, 2013). L'hybridation est un outil intéressant de production de cultivars à haut rendement et de qualité génétique homogène qui pourrait inciter le secteur semencier privé à investir plus dans la recherche et développement des légumineuses.

La question de la dynamique d'émergence de ce secteur semencier en tant que levier de développement inclusif agricole, et du retour sur investissement financier et social de cette « incuba-

tion » doit être formalisée et suivie pour s'assurer que l'impact auprès des paysans est optimal et durable.

La sélection et la production de cultivars plus productifs et résistants n'auront cependant qu'un impact limité si ces efforts ne sont pas conjugués à d'autres initiatives sur le terrain pour encourager l'adoption des légumineuses par les paysans. Il faut pour cela comprendre les différents déterminants socio-économiques et culturels de la production, consommation et commercialisation de légumineuses au niveau des communautés paysannes. Les légumineuses à graines peuvent nécessiter une plus grande charge de travail (désherbage, récolte) par rapport aux céréales (Snapp *et al.*, 2002 ; Snapp et Silim, 2002). Les légumineuses sont en majorité cultivées par les femmes. Ainsi l'arachide est dite « culture de femme » dans certains pays d'Afrique de l'Ouest comme au Mali où 85 % de la surface en arachide sont cultivées par des femmes, qui sont aussi largement impliquées dans les activités de préparation culinaire de ces cultures. Étant donné l'accès plus limité aux intrants agricoles qui touche les femmes, une intensification des cultures légumineuses est moins aisée que pour les céréales. Les légumineuses à graines sont souvent présentées comme une source protéique bon marché, il peut y avoir des préjugés négatifs liés à leur consommation. Réduire les pertes de stockage en mettant à disposition des paysans des



Figure 3. Paysanne récoltant manuellement du pois chiche en Éthiopie.

Projet Légumineuses Tropicales 2 (www.icrisat.org/tropicallegumesII/).
Cliché : Alina Paul-Bossuet/ICRISAT.

innovations à des prix abordables et faciles à mettre en œuvre, comme la méthode de triple ensachage hermétique pour le stockage du niébé, qui est promue par le projet *Purdue Improved Cowpea Storage (PICS)* de l'université de Purdue en Afrique de l'Ouest, peut améliorer de façon significative la rentabilité globale de la culture. Plus de deux millions de sacs PICS ont été en effet vendus depuis 2007, permettant aux paysans de stocker pendant plusieurs mois le niébé sans attaque de bruches et autres insectes, sans produits chimiques, et avec des matériels locaux, et donc de ne pas se retrouver contraints de vendre le niébé juste après la récolte, au prix le plus bas.

La taille du marché est aussi importante. Il faut rentrer dans un cercle vertueux. Dès que les volumes et la technicité d'une production augmentent, le marché des semences devient un élément moteur de la filière et marqueur de son développement. Les filières pois chiche en Éthiopie, ou pois cajan en Tanzanie, par exemple, sont stimulées par le marché croissant de ces légumineuses à l'export vers le Moyen-Orient et l'Inde, ce qui facilite l'adoption de variétés améliorées plus productives et plus résistantes aux stress biotiques et abiotiques comme les variétés de pois chiche tolérantes aux fortes températures (Abate, 2012). Tout ce qui facilite la mise sur le marché, comme des technologies de transformation et de meilleure valeur ajoutée, un accès facilité aux informations sur les prix, une connexion plus étroite avec les marchés nationaux et internationaux, facilitera l'adoption de ces cultures (*CCGIAR Research Programme Grain Legumes*, 2012).

La sélection variétale doit aussi prendre en compte les préférences des paysans et des familles. Cela peut être la couleur ou la forme de la graine, le goût, la durée de stockage possible, le temps de cuisson, etc.

Il est donc essentiel de renforcer les méthodes participatives avec les paysans pour améliorer la pertinence et l'adoption de la recherche pour le développement sur les légumineuses (International Institute for Environment and Development, 2012).

Valoriser les qualités nutritionnelles des légumineuses

Les légumineuses ont des qualités nutritionnelles indéniables qui peuvent assurer une meilleure sécurité nutritionnelle et une meilleure santé notamment des

populations pauvres des régions semi-arides. Du fait de sa richesse en fibres alimentaires, vitamines et oligo-éléments ainsi que d'un profil favorable en lipides insaturés et en stérols, le pois chiche pourrait avoir des effets bénéfiques contre certaines maladies comme les troubles cardio-vasculaires, les diabètes de type 2 et certains cancers (Jukanti *et al.*, 2012). Sachant que l'accès aux produits carnés est très limité, voire inexistant, la concentration élevée en protéines des légumineuses à graines est très intéressante sur le plan nutritionnel. Le taux en protéines des légumineuses est en général au moins égal à 25 %, mais peut aller jusqu'à 50 % pour certaines variétés de soja.

La consommation humaine des légumineuses à graines devrait sûrement augmenter pour répondre à la croissance démographique et améliorer les besoins nutritionnels de la population. Le niébé est largement consommé en Afrique de l'Ouest, et en Afrique de l'Est, comme en Tanzanie ou au Kenya. Les habitants, ruraux et citadins découvrent d'autres légumineuses comme le pois cajan ou le pois chiche. En Inde, où la majeure partie de la population est végétarienne, plusieurs légumes secs comme le pois cajan, le pois chiche, les lentilles sont cultivées sur des millions d'hectares. Premier producteur et consommateur de la plupart de ces légumineuses à graines, l'Inde est pourtant déficitaire du fait de la croissance démographique et d'un recul de la culture de ces légumineuses sur les bonnes terres agricoles. Il y aurait maintenant une importation de légumes secs de 2,5 à 3,5 millions de tonnes par an (Ali et Gupta, 2012) et certains pays africains comme le Kenya, l'Éthiopie, la Tanzanie répondent maintenant à cette demande.

Les légumineuses peuvent aussi améliorer significativement l'alimentation animale et donc jouer un rôle important pour développer l'élevage. Dans les systèmes agraires mixtes culture-élevage des pays en développement, où le bétail est en majorité nourri avec les résidus des cultures céréalières, la concentration azotée de ces résidus de récolte (les fanes) est souvent beaucoup plus basse que les besoins requis. Des concentrations d'azote d'au moins 1 à 1,2 % sont en effet nécessaires à la population microbienne du rumen de l'animal pour permettre une digestion optimale du fourrage, (Van Soest, 1994). Ce niveau n'est jamais atteint avec les résidus de céréales, alors que les résidus de légumineuses sont à ce niveau ou au-dessus (Sundstøl et Owen, 1984). Il est donc très probable que les résidus des

cultures de légumineuses joueront un rôle croissant dans l'alimentation du bétail, comme source peu chère de fourrage de qualité, ou même comme l'équivalent d'un additif enrichi en azote pour compléter les résidus de récolte des céréales.

Une évaluation récente de la qualité de fourrage comparant plusieurs variétés d'arachide a démontré une forte variabilité de concentration en azote, facteur qui pourrait être intégré dans les programmes de sélection variétale (Blummel *et al.*, 2012). En effet, il n'y a pas de corrélation négative entre la qualité nutritionnelle du fourrage et la productivité en grain, ce qui veut dire qu'il y a possibilité de sélectionner des variétés à forte productivité et qualité de fourrage supérieure comme c'est le cas avec la variété d'arachide ICGV91114 développée par ICRISAT (ICRISAT, 2009). Dans les systèmes agraires culture-élevage où les ressources fourragères manquent, obtenir une plus forte qualité fourragère des résidus de culture de légumineuses devient très intéressant dans l'économie de la chaîne de valeur des légumineuses.

Assurer, à faible coût, une meilleure sécurité nutritionnelle pour l'alimentation humaine et animale reste une des priorités des politiques agricoles des pays en développement comme en Afrique subsaharienne. Les légumineuses doivent jouer un rôle plus important dans ces politiques.

Il faudra continuer à améliorer la composition des graines et des résidus de culture pour une plus forte valeur ajoutée nutritionnelle par hectare.

Le choix des espèces et des variétés de légumineuses, ainsi que les programmes d'amélioration devront répondre à plusieurs exigences, notamment : assurer un taux de protéines élevé et stable pour les grains et les résidus de culture ; réduire les teneurs en facteurs antinutritionnels tels que les tannins et antitrypsiques pour les pois, les tannins et la vicine-convicine pour la féverole, les alcaloïdes qui sont prohibés dans le cas du lupin ; le tout en garantissant des rendements élevés avec des coûts de production compétitifs vis-à-vis des céréales et autres cultures.

Conclusion

Nous avons vu que dans beaucoup de systèmes de culture, les légumineuses à graines peuvent améliorer la productivité globale du système de trois façons : augmenter les rendements, améliorer la

fertilité du sol, et fournir du fourrage de qualité. La problématique sera de mettre en balance la production de grains qui offre un retour sur investissement immédiat, avec des bénéfices à plus long terme d'accumulation d'azote et phosphore au profit de la culture suivante ou associée de céréales. Le choix entre ces différents rôles sera fait par le paysan selon sa perception du risque et les conditions locales économiques, notamment le prix des engrais et les prix du marché pour les récoltes de légumineuses et céréales.

Dans un contexte de forte variabilité climatique, d'accès limité aux intrants et au capital, la diversification de l'agriculture où l'aspect multi-usages des légumineuses jouera un rôle central qui permettrait d'améliorer la résilience et la sécurité nutritionnelle des paysans dans les tropiques semi-arides. Mais cela passera par une revalorisation des légumineuses en investissant dans la recherche et le développement pour augmenter l'attractivité de ces cultures, tout en reconnaissant par une évaluation au plus juste les différents bénéfices attachés à cette culture. ■

Références

- Abate T, ed., 2012. *Four seasons of learning and engaging smallholder farmers: Progress of Phase 1, Tropical Legumes 2 project*. Patancheru (India); Cali (Colombia); Ibadan (Nigeria): ICRISAT; CIAT; IITA.
- Ae N, Arihara J, Okada K, Yoshihara T, Johansen C, 1990. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science* 248 : 477-80.
- Ae N, Shen RF, 2002. Root cell-wall properties are proposed to contribute to phosphorus (P) mobilization by groundnut and pigeonpea. *Plant and Soil* 245 : 95-103.
- Ali M, Gupta S, 2012. Carrying capacity of Indian agriculture: Pulse crops. *Current Science* 102 : 874-81.
- Blummel M, Ratnakumar P, Vadez V, 2012. Opportunities for exploiting variations in haulm fodder traits of intermittent drought tolerant lines in a reference collection of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crops Research* 126 : 200-6.
- CGIAR Research Programme on Grain Legumes, 2012. *Leveraging legumes to combat poverty, hunger, malnutrition and environmental degradation*. Proposal submitted by ICRISAT, ICARDA, CIAT, IITA to CGIAR Fund Council, 15 August 2012.
- Duc G, Mignolet C, Carrouée B, Huyghe C, 2010. Importance économique passée et présente des légumineuses: Rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. *Innovations Agronomiques* 11 : 1-24.
- Fujii K, Gatehouse AMR, Johnson CD, Mitchel R, Yoshida T, 1989. *Bruchids and legumes: economics, ecology and coevolution*. Proceedings of the Second International Symposium on Bruchids and Legumes (ISBL-2) held at Okayama (Japan), September 6-9, 1989.
- Gan YT, Siddique KHM, MacLeod WJ, Jayakumar P, 2006. Management options for minimizing the damage by ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research* 97 : 121-34.
- Gowda C, Parthasarathy Rao P, Tripathi S, Gaur P, Deshmukh R, 2009. Regional shift in chickpea production in India. In : Ali M, Kumar S, eds. *Milestones in food legumes research*. Kanpur : IIPR.
- Helal HM, 1990. Varietal differences in root phosphatase activity as related to the utilization of organic phosphates. *Plant and Soil* 123 : 161-3.
- Hens M, Hocking P, 2004. An evaluation of the phosphorus benefits from grain legumes in rotational cropping using 33P isotopic dilution. In: Fischer T, et al. *New directions for a diverse planet*. Proceedings for the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 September – 1 October 2004.
- ICRISAT, 2009. *Multi-purpose groundnut: Replaces a 60-year old variety; brings hope to poor Indian farmers*. Documentation. Patancheru (India) : ICRISAT.
- International Institute for Environment and Development, 2012. *Briefing: Putting farmers first: reshaping agricultural research in West Africa*. London : IIED.
- Jackai LEN, Daoust RA, 1986. Insect pests of cowpeas. *Annual Review of Entomology* 31 : 95-119.
- Jukanti AK, Gaur PM, Gowda CLL, Chibbar RN, 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition* 108 : S11-26.
- Lev-Yadun S, Gopher A, Shahal Abbo S, 2000. The cradle of agriculture. *Science's Compass* 288 : 1602-3.
- Nuruzzaman M, Lambers H, Bolland MDA, Veneklaas EJ, 2005. Phosphorus benefits of different legume crops to subsequent wheat grown in different soils of Western Australia. *Plant and Soil* 271 : 175-87.
- Obaton M, Bouniols A, Piva G, Vadez V, 2002. Are *Bradyrhizobium japonicum* stable during a long stay in soil. *Plant and Soil* 245 : 315-26.
- Purdue University, 2012. *Purdue crop cost & return guide*. Purdue Extension ID-166-W. West Lafayette (Indiana, USA): Purdue University.
- Rachie KO, Roberts LM, 1974. Grain legumes of the lowlands tropics. *Advance in Agronomy* 26 : 2-118.
- Robson RL, Postgate JR, 1980. Oxygen and hydrogen in biological nitrogen fixation. *Annual Review of Microbiology* 34 : 183-207.
- Saxena KB, Kumar RV, Tickle AN, Saxena MK, Gautam VS, Chauhan YS, et al., 2013. ICPH 2671 - The World's first commercial food legume hybrid. *Plant Breeding* 132: 479-85. doi: 10.1111/pbr.12045
- Shiferaw BA, Kebede TA, You L, 2008. Technology adoption under seed access constraints and the economic impacts of improved pigeon pea varieties in Tanzania. *Agriculture Economics* 39 : 309-23.
- Sinclair TR, Serraj R, 1995. Legume nitrogen fixation and drought. *Nature* 378 : 344.
- Sinclair TR, Vadez V, 2002. Physiological traits for crop yield improvement in low N and P environments. *Plant and Soil* 245 : 1-15.
- Sinclair TR, Messina CD, Beatty A, Samples M, 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. *Agronomy Journal* 102 : 475-82.
- Sinclair TR, Vadez V, 2012. The future of grain legumes in cropping systems. *Crop and Pasture Science* 63 : 501-12. doi: 10.1071/CP12128.
- Snapp SS, Silim SN, 2002. Farmer preferences and legume intensification for low nutrient environments. *Plant and Soil* 245 : 181-92.
- Snapp SS, Rohrback DD, Simtowe F, Freeman HA, 2002. Sustainable soil management options for Malawi: can smallholder farmers grow more legumes? *Agriculture, Ecosystems and Environments* 91 : 159-74.
- Sundstøl F, Owen E, ed., 1984. *Straw and other fibrous by-products as feed*. Amsterdam: Elsevier.
- Thornton P, Cramer L, 2012. *Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate*. CCAFS Working Paper 23.
- Upadhyaya HD, Dwivedi SL, Varshney RK, Hoisington DA, Gowda CLL, 2008. *Using genetic and genomic resources to broaden the genetic base of cultivated groundnut*. Abstract Book. AAGB 2008. Third International Conference of the Peanut Research Community on Advances in Arachis through Genomics and biotechnology, 4-8 November 2008, ICRISAT, Hyderabad Andhra Pradesh, India.
- Vadez V, Berger JD, Warkentin T, Asseng S, Ratnakumar P, Rao KPC, et al., 2012. Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 32 : 31-44.
- Van Soest PJ, 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd edition. Ithaca (New York, USA) : Cornell University Press.