



Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation  
et l'agriculture

# Légumes secs et exploitations durables en Afrique subsaharienne



# Légumes secs et exploitations durables en Afrique subsaharienne

par

## **SIEGLINDE SNAPP**

*Department of Plant, Soil and Microbial Sciences  
Université de l'État du Michigan  
East Lansing, (les États-Unis d'Amérique)*

## **MARYAM RAHMANIAN**

*Division de la production végétale et de la protection des plantes (AGP)  
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture  
Rome (Italie)*

et

## **CATERINA BATELLO**

*Division de la production végétale et de la protection des plantes (AGP)  
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture  
Rome (Italie)*

Sous la direction de:

## **TEODARDO CALLES**

*Division de la production végétale et de la protection des plantes (AGP)  
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture  
Rome (Italie)*

Citation recommandée: Snapp, S., Rahmanian, M., Batello, C. 2018. *Légumes secs et exploitations durables en Afrique subsaharienne*, sous la direction de T. Calles. Rome, FAO.

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles de l'auteur/des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN: 978-92-5-130332-0

© FAO, 2018

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) ou adressée par courriel à [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) et peuvent être achetés par courriel adressé à [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

Photographies de couverture (première et quatrième): © Sieg Snapp

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| Avant-propos  | v         |
| Remerciements   | vii       |
| Abréviations, sigles et acronymes   | viii      |
| Résumé  | ix        |
| <b>1. Introduction</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Importance des légumes secs pour l'agriculture durable et l'agroécologie  | 1         |
| 1.2 Importance des légumes secs dans la nutrition familiale                   | 4         |
| 1.3 Importance des légumes secs en tant que source de revenus                 | 5         |
| <b>2. Légumes secs en Afrique</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1 Classification des légumes secs   | 6         |
| 2.2 Culture des légumes secs en Afrique                                       | 10        |
| 2.3 Déterminants de la culture des légumineuses                               | 12        |
| 2.4 Types de croissance des légumes secs / légumineuses et services assurés   | 12        |
| <b>3. Légumes secs / légumineuses et systèmes agricoles de niche</b>          | <b>14</b> |
| 3.1 Présentation des systèmes agricoles de niche                              | 15        |
| 3.2 Possibilités offertes par la génétique                                    | 19        |
| 3.2.1 Zones tropicales de climat chaud à très chaud et semi-aride à subhumide | 19        |
| 3.2.2 Zones tropicales de climat frais subhumide à humide                     | 22        |
| 3.2.3 Hauts plateaux tropicaux  | 23        |
| 3.2.4 Zones tropicales humides  | 23        |
| 3.3 Possibilités en matière de gestion  | 24        |
| 3.3.1 Zones tropicales semi-arides  | 24        |
| 3.3.2 Zones tropicales subhumides à humides                                   | 26        |
| 3.5 Possibilités en matière de stockage et de technologie des semences        | 27        |
| <b>4. Promotion des légumes secs et des légumineuses</b>                      | <b>29</b> |
| 4.1 Systèmes semenciers   | 29        |
| 4.2 Vulgarisation axée sur la promotion des légumineuses                      | 31        |
| 4.3 Vulgarisation axée sur la gestion des cultures                            | 32        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. Priorités de recherche</b>   | <b>33</b> |
| 5.1 Priorités de recherche sur les légumes secs des zones tropicales semi-arides et subhumides | 38        |
| 5.1.1 Haricot commun ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)   | 38        |
| 5.1.2 Niébé [ <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.]   | 39        |
| 5.1.3 Arachide ( <i>Arachis hypogaea</i> L.)   | 40        |
| 5.1.4 Pois d'Angole [ <i>Cajanus cajan</i> (L.) Walp.]   | 41        |
| 5.2 Priorités de recherche sur les légumes secs des zones tropicales humides                   | 42        |
| 5.3 Priorités de recherche sur les légumes secs des hauts plateaux tropicaux                   | 43        |
| 5.4 Priorités de recherche sur les légumes secs dans les systèmes rizicoles irrigués           | 43        |
| 5.5 Nouvelles orientations de recherche  | 43        |
| <b>6. Conclusions et recommandations</b>   | <b>44</b> |
| <b>7. Recommandations clés</b>   | <b>45</b> |
| <b>Références</b>  | <b>46</b> |

## Avant-propos

Les légumes secs font depuis longtemps partie des cultures de base des petits exploitants agricoles d'Afrique subsaharienne. Le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], par exemple, est utilisé depuis des millénaires en Afrique, et est actuellement considéré comme le légume sec le plus important des zones arides de l'Afrique tropicale. C'est l'une des plus anciennes plantes cultivées, elle est capable de pousser dans des conditions difficiles (dans des sols sableux et en se contentant de précipitations rares).

Les légumes secs, et les légumineuses en général, ont également joué un rôle important dans la préservation de la santé des sols et l'amélioration des sols africains pauvres en nutriments. Cependant, au fil du temps, les préférences des consommateurs se sont portées vers les plantes amylacées principales (riz, manioc, maïs, par exemple), qui font l'objet de vastes recherches et sont soutenues par de nombreuses politiques dans le monde. La superficie de terres arables consacrée aux légumes secs est bien inférieure à celle allouée aux grandes céréales, ce qui a des conséquences néfastes sur l'équilibre nutritif des sols du continent. Les légumes secs contribuent à améliorer la fertilité des sols du fait de leur capacité à fixer biologiquement l'azote atmosphérique et, pour certains d'entre eux, à améliorer le renouvellement biologique du phosphore.

Du fait de leur grande valeur nutritionnelle, les légumes secs occupent une place importante dans une alimentation équilibrée et saine. Ils sont une bonne source de protéines et de micronutriments (fer et zinc, par exemple). Ils peuvent contribuer de manière essentielle à la lutte contre l'anémie ferriprive, l'une des plus importantes carences en micronutriments constatées en Afrique subsaharienne, et contre les carences protéo-énergétiques, à la fois quantitatives et qualitatives, souvent à l'origine d'une malnutrition généralisée qui se manifeste par le retard de croissance ou l'émaciation. En outre, les légumes secs sont pauvres en graisses et riches en fibres alimentaires, lesquelles ont pour effets, entre autres, de ralentir l'absorption des lipides, d'abaisser le taux de cholestérol sanguin et de favoriser la digestion. Les avantages nutritionnels des légumes secs peuvent jouer un rôle important dans la réduction de la faim et l'amélioration de la santé humaine, et contribuer ainsi à la réalisation des objectifs de développement durable des Nations Unies. Cependant, ces avantages sont souvent sous-estimés, ce qui a amené l'Assemblée générale des Nations Unies à déclarer l'année 2016 Année internationale des légumineuses, initiative qui a pour objet de faire reconnaître la contribution des légumes secs à l'agriculture durable, au bien-être humain et à l'environnement.

Au sein de la FAO, le Bureau régional pour l'Afrique (Ghana) et la Division de la production végétale et de la protection des plantes (Siège de l'Organisation, Rome) aident les pays à intensifier durablement la production agricole en Afrique, et les légumes secs font souvent partie des actions menées

dans ce cadre. Parmi les objectifs de l'initiative régionale intitulée *Intensification durable de la production et développement des chaînes de valeur en Afrique* figurent l'accroissement de la diversification de l'agriculture et la promotion de pratiques culturales innovantes. Dans cette optique, on peut envisager d'intégrer des légumes secs dans les systèmes de production de manioc, de maïs et de riz, trois cultures très importantes puisqu'elles représentent 40 pour cent environ des denrées alimentaires sur le continent. Une meilleure intégration des légumes secs contribue à l'intensification durable de ces systèmes de production et au développement des chaînes de valeur.

Des recherches considérables ont été menées pour élaborer des stratégies d'appui à la culture et à l'utilisation des légumes secs dans les petites exploitations agricoles d'Afrique subsaharienne, et elles ont généré une grande quantité de données, publiées ou non. Il manque toutefois une étude faisant autorité dans ce domaine. Pour combler cette lacune et sensibiliser à l'importance des légumes secs en Afrique subsaharienne, les auteures ont rassemblé et synthétisé les informations disponibles dans le présent document, qui fournit un état des lieux complet et présente les stratégies les plus à même d'améliorer les systèmes de culture clés en Afrique subsaharienne.

La présente étude renforce les connaissances dont nous disposons sur les légumes secs et les techniques qui y sont associées en Afrique subsaharienne, et est également destinée à inciter à accroître leur utilisation dans la production végétale. Elle constitue une référence utile pour les chercheurs, les agents de vulgarisation, les responsables de l'élaboration des politiques et les donateurs.



**Bukar Tijani**  
*Sous-Directeur général*  
*Représentant régional pour l'Afrique*  
*Bureau régional pour l'Afrique*  
*Organisation des Nations Unies*  
*pour l'alimentation et l'agriculture*



**Hans Dreyer**  
*Directeur*  
*Division de la production végétale et de la*  
*protection des plantes*  
*Organisation des Nations Unies*  
*pour l'alimentation et l'agriculture*

---

## Remerciements

Nos sincères remerciements vont à tous les esprits visionnaires qui travaillent aux côtés des agriculteurs, ou qui sont eux-mêmes agriculteurs, et dont le dévouement contribue au développement d'une agriculture et de systèmes alimentaires durables, communauté par communauté. Vos indications précieuses et votre engagement ont été notre source d'inspiration pour cette étude. L'auteur principal tient à remercier sincèrement Teodoro Calles, qui s'occupe tout particulièrement des légumineuses, et qui a fait partie des nombreuses personnes qui ont travaillé sans répit pour faire de l'Année internationale des légumineuses une belle réussite. Mais il n'est qu'un exemple de l'appui constant de tous les scientifiques et membres du personnel de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Le directeur de publication souhaite exprimer sa gratitude à Claudia Nicolai, Diana Gutiérrez, Michela Baratelli, Ricardo del Castello, Maria Xisiti et aux nombreuses autres personnes qui ont contribué à l'élaboration de cette publication. Les auteures et le directeur de publication souhaitent remercier les trois réviseurs externes anonymes, dont les suggestions ont permis d'apporter des améliorations importantes au document final. L'auteure principale voudrait remercier les membres de sa famille pour leur soutien et leur compréhension, sans lesquels cette étude n'aurait pas vu le jour.

Les auteures et le directeur de publication adressent leurs remerciements à Thorgeir Lawrence pour la révision finale du document aux fins de conformité au style rédactionnel de la FAO, à Chrissi Smith pour la mise en page et à Suzanne Redfern pour la maquette de la couverture.

## Abréviations, sigles et acronymes

|              |   |
|--------------|---|
| <b>C</b>     | Carbone   |
| <b>CGIAR</b> | Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale        |
| <b>FAO</b>   | Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| <b>FBA</b>   | Fixation biologique de l'azote                                      |
| <b>N</b>     | Azote   |
| <b>ONG</b>   | Organisation non gouvernementale                                    |
| <b>P</b>     | Phosphore   |
| <b>PABRA</b> | Alliance panafricaine de recherche sur le haricot                   |
| <b>PI</b>    | Protection intégrée   |
| <b>QD</b>    | Qualité déclarée  |
| <b>SDCL</b>  | Système à double culture de légumineuses                            |

## Résumé

En Afrique subsaharienne, l'insécurité alimentaire touche 153 millions de personnes (soit 25 pour cent environ de la population). Le problème pourrait encore s'aggraver du fait de la dégradation constante des sols entraînée par la diminution du taux de matière organique et les apports insuffisants en éléments nutritifs. Plus de 75 pour cent des terres agricoles africaines pourraient être classées comme «dégradées» d'ici à 2020. Cette situation est susceptible de mettre en péril la production alimentaire en Afrique subsaharienne, tant que le plan quantitatif que qualitatif, ainsi que la durabilité des systèmes de production agricole existants.

L'utilisation d'engrais pourrait renverser la tendance; or l'Afrique a une capacité de production d'engrais presque inexistante (elle dispose principalement d'installations qui effectuent des mélanges de produits fertilisants). Les engrais proviennent d'autres régions que l'Afrique et sont transportés à grands frais sur de longues distances. L'accès des agriculteurs d'Afrique subsaharienne aux engrais est de ce fait très limité, ce qui accroît encore le risque de dégradation des sols.

Appréciés pour leurs multiples avantages, les légumes secs sont cultivés depuis longtemps en Afrique subsaharienne. Les légumes secs, et les légumineuses en général, peuvent être très utiles du fait de leur capacité à fixer biologiquement l'azote atmosphérique et à améliorer le renouvellement biologique du phosphore; ils pourraient donc devenir la pierre angulaire de l'agriculture durable en Afrique. À cet égard, un corpus de travaux publiés souligne l'importance de la diversification des systèmes de production existants, et notamment avec des légumineuses, qui apportent des services environnementaux essentiels – en matière de lutte contre l'érosion du sol et de reconstitution des stocks de nutriments des sols, par exemple. La présente publication s'intéresse à certaines des stratégies prometteuses qui s'attachent à promouvoir la culture et l'utilisation des légumineuses dans les petites exploitations agricoles d'Afrique subsaharienne. Elle s'inscrit dans le sillage de l'Année internationale des légumineuses, initiative ayant pour objet de mettre en avant la contribution des légumes secs au bien-être de l'humain et à l'environnement.

L'un des problèmes rencontrés à l'échelle mondiale tient au fait que les statistiques ne reflètent pas bien la diversité des légumes secs. On ne sait pas précisément quels légumes secs sont cultivés, ni où ils sont cultivés. De ce fait, leur importance pour l'Afrique subsaharienne est sous-estimée, et on a tendance à moins investir dans la recherche sur les légumineuses. Les systèmes de production agricole existants sont dominés par les céréales, et se prêtent donc bien à une diversification par l'utilisation de variétés locales ou nouvelles de légumineuses. Le système de culture mixte basé sur

le maïs se développe rapidement et est un exemple de diversification de ce type, notamment avec des variétés de haricot. Cela s'explique en partie par le nombre élevé de variétés de haricots qui ont été mises au point, dans le cadre de partenariats menés sur des décennies et soutenus par l'Alliance panafricaine de recherche sur le haricot, afin de répondre aux demandes des marchés locaux et régionaux. Ces recherches sur le haricot ont notamment permis de lancer des activités pionnières de sélection végétale participative et de vulgarisation, en association avec des organisations communautaires et des chaînes de valeur participatives, et de s'intéresser aux systèmes semenciers informels. Cet exemple montre comment la recherche sur les légumes secs peut changer la donne pour les petites exploitations d'Afrique subsaharienne, en élargissant l'éventail de possibilités offertes par la génétique et en soutenant l'innovation. De nombreuses variétés privilégiées par les agriculteurs méritent d'être mises en avant, de même que certaines techniques, telles que l'innovant système à double culture de légumineuses (SDCL) récemment annoncé par le Gouvernement malawien. Parallèlement, la présente étude met en évidence un retard dans le lancement de variétés s'agissant de certains légumes secs et la nécessité de mener sans délai de nouvelles recherches sur l'adoption, les obstacles à l'adoption et l'impact de l'adoption de nouvelles variétés.

Parmi les priorités de recherche figurent les travaux destinés à mieux faire connaître et à diffuser les propriétés associées aux types de légumes secs polyvalents, qui sont très appréciés en Afrique subsaharienne. Les différents types de légumes secs remplissent différentes fonctions et, de manière générale, les légumes secs polyvalents sont ceux qui répondent le mieux aux divers besoins des agriculteurs (produits alimentaires, combustible, fourrage et services écosystémiques comme la pollinisation). Un compromis est nécessaire entre l'indice de récolte et les autres fonctions, trop souvent négligées par les chercheurs et les décideurs, qui ont tendance à se soucier presque exclusivement de l'augmentation des rendements en graines. Une autre question sur laquelle il faudrait se pencher sans délai est celle de la résistance aux organismes nuisibles et des approches éducatives et conseils agronomiques visant à renforcer la protection intégrée (PI) contre les ravageurs. Enfin, le rôle de certaines légumineuses et de leurs propriétés biochimiques dans la promotion de la santé des écosystèmes et des communautés est un domaine d'étude crucial, qui apportera des solutions urgentes nécessaires aux agricultrices et à la pérennité des communautés.

# 1. Introduction

L'Organisation des Nations Unies a proclamé l'année 2016 Année internationale des légumineuses, et a ainsi donné une occasion exceptionnelle de déterminer les contributions majeures apportées par cette famille de plantes et la manière de les renforcer. On entend par «légumes secs» les légumineuses qui produisent une graine sèche utilisée pour l'alimentation humaine ou animale (FAO, 1994). Les légumes secs appartiennent à la famille des *Leguminosae*, ou *Fabaceae*, troisième famille de plantes à fleurs, dans laquelle on trouve des espèces dotées de caractéristiques uniques qui contribuent de manière essentielle aux moyens de subsistance, à la nutrition et aux systèmes de production durables. Dans le monde entier, les légumineuses participent à l'entretien de la fertilité des sols, ainsi qu'à la production de produits végétaux et de fourrages diversifiés et riches en protéines.

Le présent rapport porte sur une étude de documents qui a permis d'évaluer les solutions prometteuses offertes par les légumes secs en matière de préservation de la sécurité alimentaire, de nutrition et de conservation de l'environnement dans les petites exploitations agricoles africaines. Nous nous sommes principalement intéressées aux cinq légumineuses les plus cultivées en Afrique subsaharienne, à savoir le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.), le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et le pois d'Angole [*Cajanus cajan* (L.) Huth]. Cette étude se penche donc sur quatre espèces de légumes secs, ainsi que sur l'arachide (qui n'est pas considérée comme un légume sec). Nous avons sélectionné l'arachide du fait de sa très importante production en Afrique [près de 14 millions de tonnes d'après la FAO (2016)], où elle représente la deuxième légumineuse à graines et une source majeure de protéines d'origine végétale, d'huile et de revenus pour de nombreux petits exploitants agricoles. Le même raisonnement a motivé le choix des légumes secs et de l'arachide pour une récente étude de la FAO consacrée au commerce régional des légumineuses (Koroma *et al.*, 2016).

Nous avons structuré cette étude autour des zones agroécologiques. Le recensement des cultures de légumineuses et des systèmes de gestion a été réalisé en fonction des systèmes agricoles de niche, des zones tropicales arides aux zones tropicales humides. Les principales perspectives et lacunes en matière de vulgarisation et de recherche ont également été examinées en suivant cette structure. Pour terminer, nous avons exposé les solutions recommandées en matière de promotion des cultures de légumineuses et d'ajustement des politiques publiques.

## 1.1 IMPORTANCE DES LÉGUMES SECS POUR L'AGRICULTURE DURABLE ET L'AGROÉCOLOGIE

Les systèmes agricoles intégrés qui sont principalement fondés sur les processus biologiques sont fondamentaux pour la production alimentaire

agroécologique (Marinus *et al.*, 2016). Les légumineuses représentent la seule solution de substitution aux engrais synthétiques, lesquels requièrent des combustibles – pour leur production à l’aide du procédé Haber Bosch (engrais azotés) – ou des ressources minières rares (engrais phosphorés) (Drinkwater et Snapp, 2008). L’utilisation d’engrais est associée à de graves problèmes environnementaux, notamment la présence de plus en plus fréquente d’espèces végétales envahissantes, l’altération de la qualité de l’eau et la contribution aux émissions de gaz à effet de serre, ainsi que l’apparition de «zones mortes» dans de grandes étendues d’eau (Rockström *et al.*, 2016). Il est également important de noter que les engrais sont des produits très onéreux pour les agriculteurs d’Afrique, continent dont la capacité de production de fertilisants est presque inexistante. Les usines de production d’engrais en Afrique se limitent à des activités de mélange de fertilisants produits sur d’autres continents et transportés à grands frais sur de longues distances.

La dégradation des sols, problème mondial dû à des apports insuffisants en éléments nutritifs et à la diminution des taux de matière organique, menace la production alimentaire en Afrique et dans d’autres régions (Bekunda, Sanginga et Woomer, 2010). D’après une étude, plus de 75 pour cent des terres agricoles africaines seront classées comme «dégradées» d’ici à 2020 (Scherr, 1999). Un corpus de travaux publiés souligne l’importance de la diversification, notamment avec des légumineuses – groupe d’espèces végétales qui apportent des services environnementaux essentiels, par exemple en matière de lutte contre l’érosion des sols et de reconstitution des stocks de nutriments de ces derniers (Fornara et Tilman, 2008; Powell, Pearson et Hiernaux, 2004). S’agissant de la gestion intégrée des engrais, les techniques reposant sur le taux matière organique dépendent à la fois directement et indirectement de la présence de légumineuses, car les effluents d’élevage sont une source importante d’amendements organiques, mais leur qualité et leur quantité sont fonction de l’alimentation des animaux, et la qualité des aliments pour animaux est elle-même tributaire des légumineuses (Snapp, Mafongoya et Waddington, 1998). Des arguments solides montrent que, pour une agriculture durable, il faut réserver une part substantielle des terres arables à la culture de légumineuses (Barrios, Buresh et Sprent, 1996; Koutika *et al.*, 2005). À cette fin, on fait souvent appel à des polycultures ou à des systèmes de cultures mixtes comprenant des légumineuses. Cependant, les caractéristiques biologiques et le type de croissance des légumineuses sont également des facteurs importants. Ainsi, une légumineuse caractérisée par une forte croissance végétative et une longue durée de croissance sera très efficace sur le plan de la conservation des sols et de l’amélioration de leur fertilité. À l’inverse, une légumineuse précoce, à croissance rapide et à indice de récolte élevé, telle que le haricot nain, ne sera pas très intéressante pour les sols. On peut avancer que, plus une légumineuse a une durée de vie importante, plus elle contribuera à la remise en état des sols; cet argument a été utilisé dans un appel récent à des solutions plus pérennes aux défis agricoles en Afrique (Glover, Reganold et Cox, 2012). Parallèlement,

le contexte environnemental et socioéconomique détermine la proportion de cultures de légumineuses, et les types de légumineuses choisis par les agriculteurs. Le contexte influe également sur la proportion de légumineuses qui sera nécessaire pour assurer des services environnementaux.

Les légumineuses sont essentielles à une production durable, du fait qu'elles contribuent à la productivité des sols par des apports directs d'azote fixé biologiquement et par des apports indirects d'azote provenant des effluents d'élevage (Giller et Cadisch, 1995). Toutes les espèces de légumineuses n'ont pas de relations symbiotiques avec les rhizobiums, mais ce caractère important est commun à toutes les légumineuses cultivées. Si un système racinaire est bien nodulé, grâce à des rhizobiums efficaces, la quantité d'azote fixée est généralement comprise entre 30 et 40 kg par tonne de biomasse produite (Peoples *et al.*, 2009). De nombreux facteurs influent sur la quantité d'azote fixé biologiquement, mais la croissance de la plante est l'un des principaux (une fois la symbiose établie). L'inoculation d'espèces rhizobiales appropriées dans des légumineuses est une pratique agricole intéressante, notamment lorsque les rhizobiums autochtones ne sont pas présents en quantité suffisante ou lorsqu'ils ne sont pas bénéfiques. Tout dépend cependant des espèces cultivées car souvent, les légumineuses autochtones ne répondent pas à l'inoculation. C'est le cas du niébé en Afrique.

Les légumineuses sont l'une des principales sources d'aliments de haute qualité pour animaux, et sont essentielles à l'intensification durable des systèmes d'élevage, et notamment des chaînes de valeur du secteur laitier et des systèmes d'engraissement en milieu confiné. En outre, les légumineuses sont l'une des composantes essentielles de toute initiative visant à diversifier et à améliorer l'alimentation des animaux d'élevage qui ont accès à des parcours ou à des pâturages. L'élevage en Afrique est en général plus extensif qu'intensif, et beaucoup de travaux publiés se sont penchés sur la faisabilité des cultures fourragères dans le contexte des petites exploitations africaines. Les agriculteurs africains suivent en général des pratiques agricoles extensives qui sont très éloignées de la nature intensive de la production fourragère et, de fait, on estime que leur adoption des légumineuses fourragères est à ce jour très faible, voire nulle (Sumberg, 2002).

Il existe des obstacles à l'adoption de pratiques agricoles qui nécessitent d'investir dans une production végétale spécifiquement destinée à l'alimentation animale – notamment la capacité à générer des revenus et des rendements suffisants pour effectuer un tel investissement; ce sont souvent les chaînes de valeur du secteur laitier ou de la production de viande de grande valeur qui sont en mesure de le faire (Tarawali *et al.*, 1999). Cependant, la mise au point de techniques rentables n'est pas la seule difficulté. Il apparaît clairement nécessaire de mener des recherches pour comprendre les autres obstacles, et déterminer les niches socioéconomiques dans lesquelles les cultures fourragères et les cultures polyvalentes pourraient offrir des perspectives intéressantes aux agriculteurs. Des questions importantes, telles que les préférences des agriculteurs et les techniques de ciblage, doivent être prises en compte dans le cadre de domaines

de recommandation et/ou d'une meilleure compréhension de la demande (Sumberg, 2002). Les résidus de cultures de légumineuses utilisés comme fourrage ont été présentés comme l'une des options techniques envisagées pour améliorer la qualité des aliments pour animaux tout en assurant aux agriculteurs des revenus convenables du fait de la double utilisation des légumineuses (comme culture vivrière ou commerciale et comme source de fourrage) (Powell, Pearson et Hiernaux, 2004). Le recyclage des éléments nutritifs issus des légumineuses via l'ingestion par les animaux et la gestion des effluents nécessite en outre d'investir dans des connaissances, des infrastructures et des moyens de transport. L'adoption des légumineuses implique donc plusieurs étapes, notamment si cette pratique est envisagée dans le cadre d'un processus d'intensification des cultures et de l'élevage et de développement agricole.

## **1.2 IMPORTANCE DES LÉGUMES SECS DANS LA NUTRITION FAMILIALE**

L'un des objectifs primordiaux en matière de développement durable est de mettre fin à toutes les formes de malnutrition, et notamment de réduire sensiblement le retard de croissance chez l'enfant. Le manque de protéines, problème très répandu en Afrique, est à l'origine de l'une des formes de malnutrition les plus pernicieuses. Les légumineuses alimentaires sont particulièrement appréciées pour leurs produits riches en nutriments, notamment la graine et, très souvent, la partie végétale (feuilles et gousses) (Dixon et Sumner, 2003). Les produits végétaux à teneur élevée en protéines issus des légumineuses sont également utilisés pour l'alimentation animale. Ces produits comprennent les tiges, les feuilles, ainsi que les gousses et les graines mûres ou immatures. Les avantages nutritionnels des légumineuses ne s'arrêtent pas à la teneur élevée en protéines. Ces plantes apportent également un complément unique d'acides aminés (tryptophane et lysine, notamment) (Asif *et al.*, 2013). Ces acides aminés sont très peu présents dans les céréales. Celles-ci présentent également une teneur insuffisante en zinc et en acide folique (importante source de fer), contrairement à la plupart des produits issus des légumineuses. Les légumineuses alimentaires sont donc très complémentaires des céréales, lesquelles constituent la plus grande source de calories dans les régimes alimentaires du monde entier.

Les légumes secs apportent la diversité alimentaire nécessaire. Ils contribuent ainsi de manière cruciale à la nutrition humaine, en offrant une source extrêmement importante de protéines, de divers acides aminés et de vitamines du groupe B, de fer, de zinc, de magnésium et de calcium (Messina, 1999). La diversité des acides aminés est essentielle, car les combinaisons d'acides aminés qui entrent dans la composition des protéines des céréales et dans celles des légumineuses sont à la base de régimes alimentaires équilibrés dans le monde entier, notamment dans les régions où la nutrition des familles est dépendante de produits alimentaires d'origine végétale. Les composés phytochimiques et les fibres alimentaires figurent également parmi les avantages nutritionnels d'une alimentation riche en légumineuses.

La teneur élevée en nutriments des légumineuses tient à leurs propriétés complexes et très particulières au plan biochimique. Au cours de l'évolution, de nombreuses légumineuses ont développé des ensembles uniques de composés biochimiques, qui sont autant de mécanismes de défense face à la préférence manifestée par les insectes et d'autres animaux pour les tissus riches en nutriments et, dans certains cas, de mécanismes d'adaptation au stress dans des environnements marginaux (Cullis et Kunert, 2016). Il n'est donc pas surprenant de trouver dans les graines et autres produits alimentaires issus des légumineuses à la fois des propriétés antinutritionnelles et nutritionnelles. Il s'agit notamment d'inhibiteurs d'enzyme, de lectines, de polyphénols et, dans certains cas, de tanins (Odeny, 2007). De tels composés sont souvent associés à une moindre valeur nutritionnelle des aliments, car ils entraînent une diminution de la digestibilité, ainsi que de la biodisponibilité de certains minéraux. Un traitement des graines de légumineuses par des moyens mécaniques ou biologiques (fermentation, par exemple) ou par la chaleur est souvent nécessaire pour éliminer ces propriétés antinutritionnelles (Deshpande *et al.*, 1982) et améliorer la biodisponibilité de certains minéraux. La sélection végétale joue également un rôle important, et a notamment permis de mettre au point des cultivars de légumes secs présentant une teneur élevée en micronutriments. Parallèlement, il est indispensable de tenir compte des préférences des agriculteurs dans le contexte de l'amélioration des propriétés nutritionnelles. L'histoire de l'amélioration des haricots en Afrique offre un bon exemple. Les recherches menées sur les haricots des Andes se sont révélées déterminantes – le germoplasme andin est à l'origine d'un type de graine d'une grosseur et d'une qualité qui a emporté l'adhésion d'une écrasante majorité d'agriculteurs en Afrique subsaharienne. L'attention portée à ce germoplasme auparavant négligé a été cruciale pour l'introduction de haricots à plus forte teneur en fer, en zinc et en phosphore (Cichy *et al.*, 2009).

On sait qu'il peut être difficile de démontrer les incidences des légumineuses sur la nutrition des familles, étant donné que le type d'alimentation a une incidence sur la santé et la nutrition par de nombreuses voies, directes et indirectes. C'est la raison pour laquelle peu d'études se sont penchées sur cette question importante. L'une d'elles, menée en Ouganda, a montré que la promotion de cultivars de haricots améliorés avait fait progresser la sécurité alimentaire – mais pas les revenus (Laroche *et al.*, 2015). Une autre étude, réalisée dans le nord du Malawi, a permis de constater une diminution du retard de croissance chez l'enfant dans les villages où des recherches participatives associant éducation nutritionnelle et diversification des cultures de légumineuses avaient été menées (Bezner-Kerr, Berti et Shumba, 2011). Ces observations appellent clairement des recherches supplémentaires.

### 1.3 IMPORTANCE DES LÉGUMES SECS EN TANT QUE SOURCE DE REVENUS

Le rôle des légumineuses à graines dans les systèmes agricoles africains est multidimensionnel, et de nombreux légumes secs représentent une source

de revenus importante, car ils se vendent à bon prix sur les marchés locaux ou internationaux. Le prix est souvent lié à la nature nutritive des graines de légumineuses (forte teneur en protéines, compléments en acides aminés sans équivalent et composés biochimiques spécifiques variant selon les espèces). Parallèlement, une enquête auprès des ménages malawiens a montré que les agriculteurs ne dégageaient pas toujours un profit de leurs ventes de légumineuses, du fait de la main-d'œuvre nécessaire, des problèmes d'accès à des semences de qualité et des variations énormes des prix des légumineuses (Snapp *et al.*, 2002). En outre, des études réalisées en Inde ont permis de constater que les prix des légumineuses étaient rarement réglementés ou soutenus par les pouvoirs publics et qu'ils variaient considérablement d'un marché à l'autre et dans le temps – variations qui contrastent avec la stabilité générale des prix des céréales (Rao, 2000). Des études de marché seront nécessaires pour évaluer dans quelle mesure les légumineuses peuvent être considérées comme pouvant être vendues à un prix plus élevé – que les céréales de base –, pour mesurer les fluctuations des prix et pour déterminer en quoi ceci est de nature à inciter les agriculteurs à cultiver des légumineuses.

La manutention après récolte ainsi que le stockage et la transformation sont des aspects essentiels des chaînes de valeur des graines de légumineuses. Ils ont tous d'importantes incidences sur le potentiel de création de revenus. Une attention particulière doit être portée à la sensibilisation à ces questions, ainsi qu'aux infrastructures qui permettent aux petits exploitants de participer aux différents stades de la chaîne de valeur des légumineuses. Cela est particulièrement vrai pour les agricultrices. L'encadré 1 souligne les avantages – et les défis – liés à une activité de transformation du niébé en un en-cas nutritif. En Afrique de l'Ouest, ce type d'activité peut être une source importante de revenus agricoles.

## 2. Légumes secs en Afrique

### 2.1 CLASSIFICATION DES LÉGUMES SECS

Cette section propose une brève introduction à la classification des légumineuses, ainsi qu'une présentation de la culture et de l'utilisation des légumineuses en Afrique. Elle fournit les éléments de contexte importants associés à cette étude.

La famille des *Leguminosae* se scinde en trois sous-familles: *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae* et *Papilionoideae* (Lewis *et al.*, 2005). D'après cette source, la sous-famille des *Papilionoideae* est la plus importante, avec 28 tribus. Elle comprend toutes les espèces considérées comme des légumes secs, ainsi que d'autres légumineuses à graines importantes. Comme indiqué au tableau 1, d'après la FAO (1994), le terme «légume sec» désigne le grain sec issu du haricot (différentes espèces de *Phaseolus* et de *Vigna*), du pois cultivé (*Pisum sativum* L.), du pois d'Angole, du niébé, du pois chiche, de la lentille (*Lens*

## ENCADRÉ 1

**Niébé en Afrique de l'Ouest: défis et possibilités**

Le niébé est une «graine en or» pour de nombreuses entrepreneuses en Afrique de l'Ouest, qui l'utilisent pour préparer un beignet frit doré appelé «kosai». Ce beignet nutritif vient compléter les céréales de base en apportant des protéines de grande qualité (lesquelles représentent, en poids, 25 pour cent environ de la graine de niébé). Les revenus tirés de cette activité dépendent de l'expérience de l'agricultrice / chef cuisinière / responsable de la commercialisation, et de la demande locale de kosai, mais les recettes qu'elle génère sont bien supérieures au salaire minimum. La demande de niébé, comme en-cas et source de protéines de base, est en constante augmentation. Sa production en Afrique de l'Ouest, du Niger au Nigéria, a progressé d'environ 10 pour cent par an sur la dernière décennie. Parmi les nouvelles variétés de niébé, on trouve un certain nombre de variétés à double usage très appréciées, qui constituent des sources extrêmement importantes de fourrage de grande qualité pour l'engraissement des animaux d'élevage. Elles offrent ainsi une nouvelle possibilité de création de revenus, car l'engraissement des animaux en prévision des fêtes religieuses est une source relativement stable de revenus agricoles en Afrique de l'Ouest, dans un contexte marqué par l'irrégularité des précipitations et les fluctuations des marchés. La production de niébé pose de nombreux défis, car une plante aussi nutritive est une proie de choix pour les ravageurs comme les pucerons et les foreurs des gousses. Des problèmes liés à des niveaux dangereux de résidus de pesticides dans le niébé ont été mis en évidence et soulignent l'urgence de renforcer la sensibilisation à des moyens de lutte moins toxiques contre les ravageurs. Il est clairement nécessaire de mettre au point des variétés plus résistantes aux ravageurs et d'encourager des méthodes de stockage non toxiques, telles que les sacs «PIC».

*culinaris* Medik.), de la fève (*Vicia faba* L.), du lupin (différentes espèces de *Lupinus* L.), de la vesce commune (*Vicia sativa* L.), du pois bambara [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] et des légumes secs NDA<sup>1</sup> (catégorie regroupant des espèces d'importance mineure au plan international). Parmi les autres légumineuses cultivées en Afrique, on peut citer le soja [*Glycine max* (L.) Merr.], l'arachide et de nombreuses espèces fourragères comme la luzerne brésilienne [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.] et le faux mimosa [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit].

La présente étude porte sur le haricot commun, le pois chiche, le niébé et le pois d'Angole, ainsi que sur l'arachide, légumineuses de base cultivées dans les petites exploitations africaines. Elle s'intéresse également à des légumineuses qui sont cultivées de manière plus occasionnelle en Afrique, mais qui sont

---

<sup>1</sup> «Non désigné ailleurs».

Tableau 1. Classification des légumes secs d'après la FAO (1994)

| Code FAO | Produit                        | Notes <sup>1</sup>  |
|----------|--------------------------------|---|
| 176      | Haricots (secs)                | Cette catégorie générale comprend les espèces suivantes: 1) haricot commun ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), 2) haricot de Lima ( <i>Phaseolus lunatus</i> ), 3) haricot d'Espagne ( <i>Phaseolus coccineus</i> ), 4) haricot tépary ( <i>Phaseolus acutifolius</i> ), 5) haricot adzuki ( <i>Vigna angularis</i> ), 6) haricot velu de la Basse Nubie ( <i>Vigna radiata</i> ), 7) haricot urd ( <i>Vigna mungo</i> ), 8) haricot riz ( <i>Vigna umbellata</i> ) et 9) haricot mat ( <i>Vigna aconitifolia</i> ). |
| 191      | Pois chiches                   | Cette catégorie ne comprend que le pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ).  |
| 187      | Pois (secs)                    | Cette catégorie ne comprend que le pois ( <i>Pisum sativum</i> ).   |
| 195      | Niébé (sec)                    | Cette catégorie ne comprend que le niébé ( <i>Vigna unguiculata</i> ).  |
| 201      | Lentilles                      | Cette catégorie ne comprend que la lentille ( <i>Lens culinaris</i> ).  |
| 197      | Pois d'Angole                  | Cette catégorie ne comprend que le pois d'Angole ( <i>Cajanus cajan</i> ).  |
| 181      | Fèves                          | Cette catégorie ne comprend que la fève ( <i>Vicia faba</i> ).  |
| 210      | Lupins                         | Cette catégorie comprend plusieurs espèces appartenant au genre <i>Lupinus</i> L.   |
| 205      | Vesces                         | Cette catégorie ne comprend que la vesce commune ( <i>Vicia sativa</i> ).   |
| 203      | Pois bambara                   | Cette catégorie ne comprend que le pois bambara ( <i>Vigna subterranea</i> ).   |
| 211      | Légumes secs, NDA <sup>2</sup> | Cette catégorie générale comprend des espèces qui revêtent une importance mineure au niveau international: 1) dolique d'Égypte ( <i>Lablab purpureus</i> ), 2) pois sabre ( <i>Canavalia ensiformis</i> ), 3) pois ailé ( <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> ), 4) guar ( <i>Cyamopsis tetragonoloba</i> ), 5) pois mascate ( <i>Mucuna pruriens</i> ) et 6) pois tubéreux africain ( <i>Sphenostylis stenocarpa</i> ).   |

1. Les noms scientifiques proviennent de la base de données taxonomiques actualisée Tropicos (MBG, 2016).

2. «Non désigné ailleurs».

souvent importantes à l'échelle locale. Vous en trouverez une description plus détaillée ci-après. Il est important de noter que les légumineuses sont souvent cultivées à plusieurs fins – fourrage, combustible ligneux, produits à usage médicinal, vente directe et alimentation humaine. Le soja est également une légumineuse qui prend de plus en plus d'importance dans toute l'Afrique, mais cette plante est rarement utilisée en tant que produit alimentaire et a fait l'objet d'autres analyses (Gasparri *et al.*, 2016); elle n'a donc pas été intégrée dans la présente étude.

En 1994, la FAO a publié des catégories pour faciliter l'établissement de rapports sur les légumes secs, lesquelles n'ont pas évolué de manière substantielle depuis lors (tableau 1). Ce système de classification comprend huit éléments clairement définis (espèces uniques) et trois classes regroupant plusieurs espèces («haricots (secs)», «lupins» et «légumes secs NDA»). L'utilisation de ces classes regroupant plusieurs espèces est source de confusion. La catégorie des «haricots (secs)», par exemple, conduit à faire entrer le haricot velu de la Basse Nubie [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek] et le haricot commun dans une seule et même classe, alors que ces plantes appartiennent à des genres distincts et sont associées à des niches environnementales et commerciales assez différentes. La confusion augmente encore du fait que certains utilisateurs des statistiques de la FAO partent du principe que la catégorie «haricots (secs)» comprend uniquement les espèces de *Phaseolus* (comme cela était prévu à l'origine) ou, ce qui est plus problématique, uniquement les espèces de haricot commun couramment cultivées (Deshpande *et al.*, 1982; Eitzinger *et al.*, 2016).

Les problèmes entraînés par ce flou dans la nomenclature sont légion, et de nombreuses plantes sont rattachées à un même type de «haricot» alors qu'elles n'ont pas de liens étroits entre elles. On ne dispose donc que d'un suivi incomplet et imprécis des légumineuses qui sont cultivées et de l'endroit où elles sont cultivées. Cette situation est peut-être l'un des facteurs qui expliquent que l'importance et la diversité des légumineuses utilisées dans le monde sont mal évaluées. En effet, ces problèmes de classification ont entraîné des communications de données insuffisantes et, au final, un sous-investissement dans la recherche, la vulgarisation et des politiques tenant compte de la place des légumineuses dans les systèmes de production agricole. Il est difficile de déterminer dans quelle mesure ce flou dans la nomenclature est révélateur du manque d'attention portée à cette famille de plantes, ou si elle en est la cause. Le suivi inadéquat des légumineuses qui sont cultivées et de l'endroit où elles sont cultivées, le réel manque d'études sur l'adoption et l'absence générale d'investissements dans l'amélioration des légumineuses figurent parmi les constatations surprenantes issues d'une récente étude portant sur les recherches du CGIAR sur les légumineuses (Pachico, 2014).

L'un des facteurs importants qui contribuent à ce qui apparaît comme une sous-représentation des légumineuses dans les statistiques agricoles est le fait que de nombreuses espèces sont exploitées comme cultures intercalaires par les petits exploitants dans le monde entier. Les systèmes de polyculture et les cultures destinées à la consommation locale sont souvent négligés au profit des monocultures, notamment de produits qui sont vendus sur les marchés d'exportation (produits de base). De nombreuses légumineuses tropicales entrent dans la catégorie générale «non désigné ailleurs» ou «haricot», et ne font pas l'objet d'un suivi individuel. C'est notamment le cas du pois mascate [*Mucuna pruriens* (L.) DC.], du dolique d'Égypte [*Lablab purpureus* (L.) Sweet] et du pois tubéreux africain [*Sphenostylis stenocarpa* (Hochst. ex A. Rich.) Harms], du haricot de Lima (*Phaseolus lunatus* L.) et du haricot d'Espagne (*Phaseolus coccineus* L.). Ces «légumineuses mineures» sont principalement cultivées sur de petites exploitations, pour la consommation familiale ou la vente sur les marchés locaux. Cela pourrait contribuer à expliquer le manque de suivi et la médiocrité des statistiques sur de nombreuses légumineuses que nous avons évoqués ci-dessus. Ces facteurs, pris dans leur ensemble, nous conduisent à soulever un problème constant de sous-représentation des légumineuses mineures dans les statistiques nationales de production agricole, qui expliquerait pourquoi ces cultures ont rarement figuré parmi les priorités d'investissement dans la recherche. D'aucuns ont récemment suggéré d'utiliser des outils génomiques pour caractériser et améliorer ces cultures, mais cela nécessiterait des investissements très importants, car elles ont fait l'objet de très peu de recherches jusqu'à aujourd'hui (Cullis et Kunert, 2016).

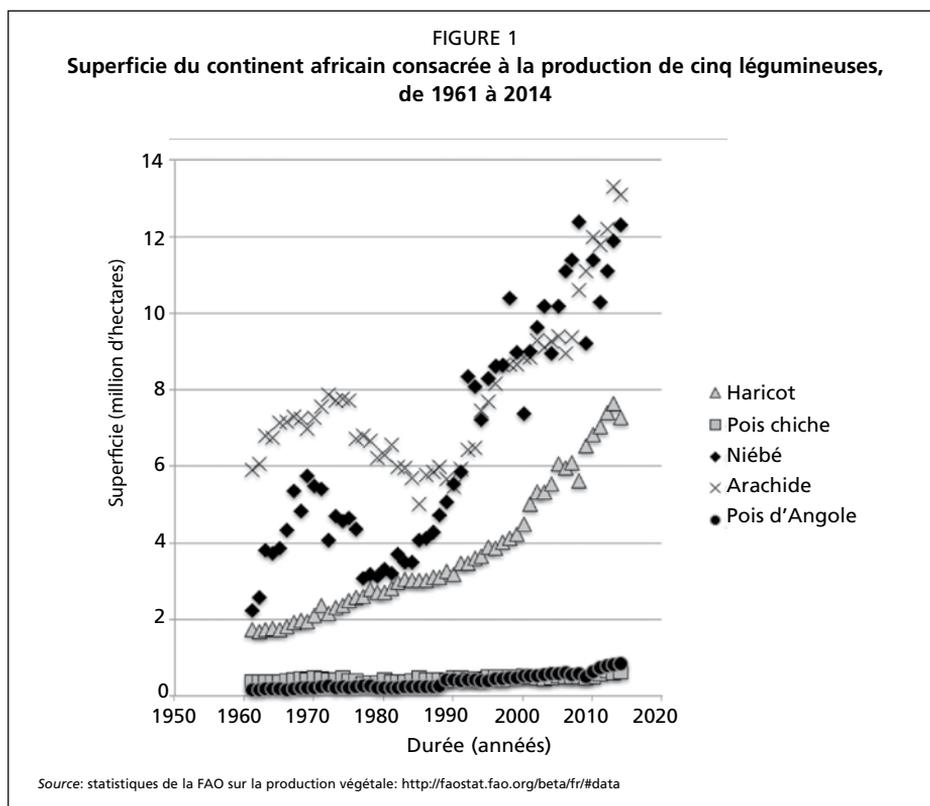
Une étude qui a fait date a mis en évidence plus de deux cents légumineuses tropicales qui justifieraient des recherches du fait du rôle qu'elles pourraient jouer dans le développement agricole (NAS, 1979). La présente étude

ne couvre qu'une petite partie de ces espèces, à savoir celles qui étaient traditionnellement cultivées dans la majeure partie de l'Afrique, mais qui ont été négligées ces dernières années. On sait que la base de ressources génétiques des légumineuses tropicales est gigantesque, et qu'elle mériterait une plus grande attention de la part des obtenteurs. Cela appelle des recherches d'une portée bien plus importante que celle des études actuelles, qui se limitent souvent à identifier une nouvelle résistance aux agressions biotiques et abiotiques en vue de la transférer à une petite sélection de variétés. C'est le cas du haricot tépary (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) qui est étudié pour sa tolérance à la sécheresse et à la chaleur, mais dans un but d'amélioration génétique du haricot commun (Beebe *et al.*, 2011). Il faudrait d'urgence des efforts de recherche soutenus, dotés de ressources suffisantes, pour améliorer les légumineuses tropicales mineures elles-mêmes (Cullis et Kunert, 2016).

## 2.2 CULTURE DES LÉGUMES SECS EN AFRIQUE

La situation de la production de légumes secs en Afrique est difficile à évaluer; comme nous l'avons évoqué plus haut, les statistiques agricoles mondiales sont particulièrement lacunaires s'agissant des légumineuses. Cela est dû en partie à l'énorme diversité des espèces de légumineuses; celles-ci sont en outre souvent cultivées dans le cadre de systèmes de cultures mixtes ou intercalées, ce qui conduit parfois à les négliger au profit de la céréale ou de la plante racine également présente. On constate aussi des problèmes de définition dans les statistiques agricoles: de nombreuses espèces sont mal identifiées ou classées dans des catégories générales composées d'espèces assez différentes. Il y a en effet un flou considérable dans la nomenclature au niveau local comme au niveau international; des noms comprenant les termes «haricot» et «pois» sont souvent utilisés de manière interchangeable pour désigner des espèces complètement différentes, qui sont de ce fait intégrées de manière inappropriée dans les statistiques. Ce problème concerne les publications techniques et l'ensemble de la chaîne de production des légumineuses, du champ au marché. Il est urgent d'étudier la distribution des germoplasmes de légumineuses – y compris les variétés cultivées, et les endroits où elles sont cultivées. Les lacunes dans les connaissances sur les légumineuses sont énormes, et le retard pris par rapport aux autres cultures alimentaires est considérable (Pachico, 2014).

De manière générale, la consommation de légumes secs a diminué dans les régions à revenu élevé (Amériques et Europe, par exemple). En Afrique, en revanche, la zone de production de légumes secs continue de s'étendre, à un rythme rapide dans certains cas (figure 1). Cette expansion pourrait être largement «tirée» par la demande du marché, aux niveaux local et international (Koroma *et al.*, 2016). On peut notamment citer à titre d'exemple la croissance constante de la superficie consacrée à la production de haricots. Les superficies ensemencées en niébé et en arachide ont diminué dans les années 80, avant d'augmenter de nouveau. Aujourd'hui, elles sont en expansion rapide dans toute l'Afrique. La culture du pois d'Angole et du pois chiche est principalement



limitée à des régions spécifiques d’Afrique australe et orientale, et notamment à l’Éthiopie pour le pois chiche. La superficie consacrée à la culture du pois chiche est restée de manière générale inchangée, même si les rendements ont augmenté récemment, notamment en Éthiopie (FAO, 2014). Le pois d’Angole est cultivé depuis de nombreuses années, mais seulement sur de petites superficies en Afrique (figure 1). Les données disponibles pourraient en partie refléter la sous-estimation de cette plante qui est presque toujours utilisée comme culture intercalaire associée au maïs ou, dans certains cas, au sorgho ou à d’autres cultures. Les cultures associées sont donc susceptibles d’être sous-estimées dans les statistiques agricoles. Parallèlement, la superficie occupée par le pois d’Angole augmente rapidement dans de grandes régions du Malawi, de la République-Unie de Tanzanie et du Mozambique (Walker *et al.*, 2015). On constate une forte demande d’espèces de légumineuses mineures dans certains endroits, comme en témoignent le prix de vente élevé du dolique d’Égypte (N. Miller, entretien, 2016) et les nouveaux marchés qui s’ouvrent au pois mascate en relation avec les ventes aux enchères de chèvres au Zimbabwe (Kee-Tui *et al.*, 2015).

Les rendements des légumes secs n’ont pas vraiment suivi le rythme d’expansion des superficies des systèmes de culture. Cela implique que l’accroissement de la superficie consacrée aux légumineuses n’est dû qu’en partie à l’augmentation de la demande. Les systèmes agricoles extensifs qui

continuent de dominer en Afrique pourraient être l'un des principaux facteurs expliquant l'augmentation de la superficie occupée par les légumineuses, car on n'observe d'intensification des cultures que dans quelques régions seulement. Le système de production mixte maïs-haricot que l'on trouve dans la zone sud du centre de la République-Unie de Tanzanie et dans la plus grande partie de l'Afrique australe est un exemple d'intensification qui permet d'augmenter les rendements de légumineuses, parallèlement à ceux du maïs (Blackie et Dixon, 2016).

### **2.3 DÉTERMINANTS DE LA CULTURE DES LÉGUMINEUSES**

Les agriculteurs choisissent souvent les cultures qu'ils pratiquent en fonction des préférences alimentaires de la famille, de facteurs culturels, d'impératifs liés à la sécurité alimentaire et des débouchés commerciaux. Parmi les autres facteurs importants qui influent sur les types de légumineuses cultivés figurent la connaissance des pratiques de production et des pratiques post-production, ainsi que l'accès aux semences (Mhango, Snapp et Kanyama-Phiri, 2013). On constate un certain nombre d'obstacles à la production de légumineuses, notamment l'accent mis sur les céréales et les cultures de rapport, d'où les légumineuses sont souvent absentes, comme le montrent les priorités retenues par nombre de pays et d'institutions de recherche (Isaacs *et al.*, 2016b). La nécessité de répondre sans délai aux besoins en calories avec de petites surfaces cultivées explique en partie l'attention généralement portée aux céréales.

Une approche reposant sur la chaîne de valeur considère cette dernière dans son ensemble, et cherche à améliorer les technologies, les connaissances et les infrastructures à toutes les étapes, de la plantation à la production de graines, sans oublier la transformation après récolte et la commercialisation (Steele, 2011). Ce type d'approche a permis aux agriculteurs et aux groupes d'agriculteurs d'exploiter différentes possibilités: vente directe de légumineuses de haute valeur (arachide, par exemple) ou vente en vue d'un stockage ou d'une transformation, et liens avec les marchés locaux, régionaux et mondiaux (haricot commun et pois d'Angole, par exemple) (Kaoneka *et al.*, 2016). Les approches de vulgarisation et les moyens de soutenir le développement des systèmes semenciers formels et informels sont examinés plus loin, dans la section consacrée à la promotion de la culture des légumineuses en Afrique.

### **2.4 TYPES DE CROISSANCE DES LÉGUMES SECS / LÉGUMINEUSES ET SERVICES ASSURÉS**

Le type de croissance de la légumineuse détermine les types de services qu'elle assure. Les légumineuses cultivées vont de plantes à cycle court (deux à trois mois) à des plantes dont le cycle peut durer deux ans ou davantage. Les légumineuses qui ont un cycle court et qui offrent des rendements élevés en graines contribuent à la sécurité alimentaire, mais n'augmentent pas les niveaux d'azote dans les sols (Giller et Cadisch, 1995). D'autres types très différents de légumineuses ont un cycle de vie long (croissance sur 6 à 9 mois

ou davantage) et produisent de grandes quantités de biomasse, offrant ainsi de multiples avantages. Ces plantes développent des systèmes racinaires profonds et un vaste appareil symbiotique qui contribuent à la fixation biologique de l'azote (FBA) et à la mobilisation du phosphore pendant de nombreux mois, et renforcent ainsi la fertilité des sols. Ce type de légumineuse à cycle long produit souvent de grandes quantités de biomasse en surface, qui est utilisée comme fourrage mais qui contribue aussi à l'alimentation humaine, à la génération de revenus et à l'augmentation de la fertilité des sols.

Un certain nombre d'espèces de légumineuses présentent une capacité exceptionnelle à accroître la solubilisation du phosphore, mécanisme important pour l'amélioration de la fertilité des sols (Drinkwater et Snapp, 2008). Les exsudats racinaires des légumineuses améliorent le renouvellement biologique du phosphore dans certains types de sol, en transformant les réserves de phosphore «peu disponibles» en réserves «solubles» assimilables par d'autres plantes. Ces mécanismes dépendent des espèces, mais sont notamment observés avec de nombreuses légumineuses alimentaires tropicales, telles que le pois chiche, l'arachide et le pois d'Angole (Richardson *et al.*, 2011).

La gestion des résidus est un aspect largement méconnu et négligé, néanmoins important, des contributions des légumineuses à l'agriculture mondiale. La modélisation du bilan du carbone terrestre nécessite de s'intéresser aux pratiques agricoles, et un certain nombre d'études ont mis en évidence l'incertitude engendrée par de grandes inconnues, telles que l'ampleur et l'intensité de l'utilisation des résidus de récolte (Bondeau *et al.*, 2007). Il y a aussi des compromis à prendre en compte, en général dans les zones agroécologiques caractérisées par une production primaire nette élevée des cultures, avec les résidus y associés. Ces zones sont également celles où les résidus de récolte sont utilisés pour l'alimentation des animaux d'élevage ou d'autres usages (combustible, par exemple), ce qui en laisse peu pour l'amendement des sols. Les sols bénéficient donc moins des résidus produits dans les environnements à régime de précipitations mésique, à potentiel élevé; quant aux environnements marginaux à faible potentiel, où les résidus sont rarement prélevés, la quantité utilisable est peu importante, étant donné que la croissance primaire des cultures et des résidus est faible (Valbuena *et al.*, 2012).

Les services que peuvent assurer les légumineuses sont nombreux, et nous venons de présenter quelques-uns de leurs principaux avantages. Nous avons souligné la relation entre le type de croissance et les services assurés, ainsi que l'importance de la gestion pour maximiser les bénéfices de l'intégration des légumineuses. Cependant, l'adoption des légumineuses dépend dans une large mesure du contexte, notamment de l'environnement socioéconomique et des conditions biophysiques. Nous allons maintenant examiner les légumineuses appropriées aux différents systèmes agricoles de niche, le contexte étant l'un des principaux critères de sélection favorisant l'adoption.

### 3. Légumes secs / légumineuses et systèmes agricoles de niche

L'introduction d'un plus large éventail de variétés est un volet essentiel des initiatives visant à aider les agriculteurs à mener des expérimentations et à encourager la production de légumineuses. Les cultivars modernes et les variétés locales traditionnelles peuvent être considérés comme deux sources importantes de diversité. En encourageant des essais participatifs d'une grande diversité de variétés sur le lieu d'exploitation, il est possible d'introduire dans une communauté ou une famille agricole des légumineuses dotées de caractères génétiques nouveaux ou manquants, à des fins telles que la résistance aux maladies ou la tolérance de types de sol pauvres. Cet accès à un large éventail de germoplasmes permettra aux exploitations de se diversifier, surtout s'il s'accompagne d'une sensibilisation à l'importance de la diversité et à l'agroécologie. Cependant, il n'est pas possible de cultiver toutes les légumineuses dans tous les environnements. C'est la raison pour laquelle nous avons opté pour une approche consistant à analyser les niches biophysiques et

**Tableau 2. Niches écologiques des systèmes agricoles, et variétés de légumineuses associées qui ont fait l'objet d'essais et qui sont prêtes à être diffusées dans le cadre d'actions de vulgarisation. Des détails supplémentaires sont fournis au tableau 3.**

| Niche                      | Génétique  | Système agronomique  | Gestion agronomique   | Après récolte  |
|----------------------------|--|--|---|--|
| Zone aride                 | Variétés locales de niébé <sup>1</sup> , adaptées aux milieux difficiles, alimentation et fourrage | Niébé-millet et niébé-sorgho   |   |  |
| Zone semi-aride céréalière | Niébé précoce <sup>2</sup><br>Niébé+   | Niébé tolérant l'ombre, culture relais<br>Variétés d'arachide résistantes aux maladies                                   | Préparation des semences  | EPA<br>Systèmes semenciers - niébé<br>Niébé – sacs PIC |
| Mixte-maïs                 | Haricot précoce  | Culture intercalaire de haricot tolérant l'ombre<br>Recépage - pois d'Angole<br>SDCL <sup>3</sup> pois d'Angole-arachide | Systèmes mixtes céréale-légumineuse et microdosage des engrais      | Arachide<br>Sacs PIC<br>EPA <sup>4</sup>               |
| Haut plateau tropical      | Pois d'Angole+   |  |   |  |
| Zone tropicale humide      | Haricot résistant aux maladies et haricot de Lima  |  | Traitement des semences de haricot (notamment pour les sols lourds) |  |

1. Les légumineuses à graines polyvalentes (souvent appelées «légumineuses à double usage») sont désignées ici par le signe + (type indéterminé de niébé, par exemple). Les sélections locales de pois d'Angole ont été abrégées.

2. Les variétés de niébé, d'arachide et de haricot à maturation précoce ont été désignées comme «précoces».

3. SDCL: Système à double culture de légumineuses, associant la culture de deux légumineuses à une culture principale, par rotation.

4. EPA: école pratique d'agriculture. Les sujets abordés comprennent la gestion intégrée des cultures (protection contre le striga, par exemple), la nutrition familiale et les liens avec les chaînes de valeur commerciales.

socioéconomiques pour les variétés de légumineuses et les systèmes de gestion qui offrent des possibilités prometteuses de diffusion dans le cadre d'actions de vulgarisation (tableau 2).

L'identification des légumineuses qui présentent de bonnes perspectives de réussite est grandement facilitée par la prise en compte initiale de l'environnement du système d'exploitation, selon le concept de niche socioécologique (Ojiem *et al.*, 2006). Le contexte social et économique et les propriétés biophysiques sont donc utilisés pour définir une niche et déterminer les techniques qui pourraient convenir. En tant que première étape dans l'identification des légumes secs prometteurs, il est utile de s'intéresser à un système d'exploitation de niche et de déterminer les «meilleures options» pour cette niche. Cette approche ne vise pas à trouver la meilleure solution. Elle consiste à proposer une série d'options appropriées sur le plan biologique, qui peuvent être évaluées au moyen d'un processus faisant intervenir les agriculteurs ou d'après des indicateurs de performance reposant sur des critères socioéconomiques, en vue de juger de leur adéquation ou de définir les adaptations nécessaires. Les préférences sexospécifiques seront probablement un aspect important des niches socioécologiques pour les légumineuses en Afrique, notamment parce que les femmes jouent souvent un rôle majeur dans la production des légumineuses et dans les activités post-production (Ferguson, 1994).

### 3.1 PRÉSENTATION DES SYSTÈMES AGRICOLES DE NICHE

Dans cette section, nous allons commencer par analyser les gradients de température et de précipitation qui définissent les principales zones agroécologiques dans lesquelles des légumineuses sont cultivées. Dans les zones tropicales arides, les précipitations sont extrêmement variables et inférieures à 500 mm par an; ce type d'environnement n'est généralement pas favorable à la culture de végétaux, et les systèmes agropastoraux y sont dominants. Un accent considérable est mis sur l'élevage dans les zones tropicales arides, mais certains légumes secs extrêmement résistants à la sécheresse y sont également produits; c'est le cas du niébé, qui est cultivé dans le cadre de systèmes mixtes en association avec le millet et le sorgho (Moussa *et al.*, 2016). Les légumineuses fourragères sont parfois importantes dans ces environnements, en tant que source d'aliments de bonne qualité pour les animaux – c'est le cas du Burkina Faso, où l'intérêt des agriculteurs pour ces légumineuses a récemment progressé. Il s'agit toutefois d'une exception dans les zones tropicales arides. À mesure que les précipitations augmentent et présentent un niveau de fiabilité plus élevé (zones tropicales semi-arides et subhumides), les légumineuses deviennent des cultures plus importantes. Les plus courantes sont le haricot commun dans les milieux frais à chauds, et le niébé, l'arachide et le pois d'Angole dans les milieux chauds à très chauds. Dans les contextes où l'élevage prédomine, notamment dans les régions tropicales semi-arides, la production de fourrage peut être aussi importante que celle de graines. C'est

**Tableau 3. Techniques fondées sur des légumes secs considérées comme des «solutions prometteuses» dans le cadre de la vulgarisation. (Ces légumineuses et systèmes de gestion devraient être largement accessibles et encouragés au moyen d'actions de sensibilisation participatives et de politiques permettant leur utilisation par un grand nombre de communautés, d'organisations paysannes et d'agriculteurs.)**

| Technique  | Milieu   | Conditions socioéconomiques                       | Principes  | Adoption  | Références  |
|--|--|---|--|---|---|
| <b>Possibilités offertes par la génétique</b>                                    |  |   |  |   |   |
| Variétés de haricot de haricot (résistance aux maladies)                         | Zones céréalières et systèmes arbres/tubercules, climat frais subhumide à humide | Insécurité alimentaire et orientation commerciale | Diversité, connaissances des agriculteurs                                | Adoption de variétés résistantes aux ravageurs, privilégiées par les agriculteurs dans toute l'Afrique                                      | Muthoni et Andrade, 2015<br>Sperling <i>et al.</i> , 1993                   |
| Variétés de haricot (temps de cuisson, caractères de qualité des graines)        | Zones céréalières et systèmes arbres/tubercules, climat subhumide à humide       | Insécurité alimentaire et orientation commerciale | Diversité, connaissances des agriculteurs                                | Nouveaux critères de sélection pour les sélectionneurs; utilisation par les agriculteurs  | Cichy <i>et al.</i> , 2015  |
| Haricot d'Espagne + tuteurage  | Zones tropicales de haute altitude, climat frais subhumide                       | Forte densité de population, pénurie de terres    | Intensification  | Adoption sur tous les hauts plateaux d'Afrique de l'Est, adoption potentielle sur tous les hauts plateaux tropicaux peuplés                 | Sperling et Munyanesa, 1995   |
| Variétés de pois chiche résistantes aux maladies                                 | Zones tropicales de haute altitude   | Orientation commerciale                           | Intensification  | Éthiopie, contraintes de marché ailleurs  | Pachico, 2014   |
| Variétés polyvalentes de pois d'Angole   | Zones tropicales semi-arides à subhumides  | Insécurité alimentaire et orientation commerciale | Diversité, polyvalence (alimentation, revenus, combustible, P du sol, N) | Croissance rapide en République-Unie de Tanzanie, au Malawi et en Mozambique (moins courantes en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest) | Ae <i>et al.</i> , 1990<br>Orr <i>et al.</i> , 2015                         |
| Variétés polyvalentes de niébé   | Zones semi-arides  | Insécurité alimentaire et orientation commerciale | Diversité, polyvalence (fourrage, alimentation, revenus)                 | Afrique de l'Ouest  | Alene et Manyong, 2006<br>Singh <i>et al.</i> , 2003                        |
| <b>Systèmes possibles</b>  |  |   |  |   |   |
| Systèmes semenciers-haricot<br><br>Systèmes de semences de qualité déclarée (QD) | Tous   | Toutes  | Diversité, connaissances des agriculteurs                                | Nouvelles variétés de haricot adoptées par 3 millions d'agriculteurs en Afrique<br><br>République-Unie de Tanzanie, système de QD           | Abate <i>et al.</i> , 2012<br>Pachico, 2014<br>Rubyogo <i>et al.</i> , 2010 |

Table 3 cont'd

| Technique  | Milieu                         | Conditions socioéconomiques                       | Principes   | Adoption  | Références  |
|--|--------------------------------|---|---|---|---|
| <b>Systèmes possibles</b>  |                                |   |   |   |   |
| Mélanges de légumineuses à graines (variétés cultivées en mélanges et légumineuses cultivées avec des céréales) aux fins de lutte contre les ravageurs             | Zones tropicales subhumides    | Insécurité alimentaire                            | Diversité, connaissances des agriculteurs   | Pratiques agricoles traditionnelles très répandues; recherche encore limitée  | Abate <i>et al.</i> , 2012<br>Ssekandi <i>et al.</i> , 2016     |
| Cultures intercalaires de haricot, niébé, céréale avec micro-dosage des engrais  | Zones semi-arides à subhumides | Orientation commerciale                           | Intensification ciblée  | Adoption avec des haricots dans certaines régions de République-Unie de Tanzanie et du Zimbabwe                       | Snapp, Aggarwal et Chirwa, 1998<br>Twomlow <i>et al.</i> , 2010 |
| Culture relais de niébé avec une céréale   | Zones semi-arides              | Insécurité alimentaire                            | Diversité, résilience   | Pratique agricole traditionnelle  | Kamara <i>et al.</i> , 2011<br>Nederlof et Dangbégnon, 2007     |
| Préparation des semences   | Zones semi-arides à subhumides | Insécurité alimentaire                            | Intensification ciblée  | Pratique agricole traditionnelle  | Abdalla <i>et al.</i> , 2015<br>Harris <i>et al.</i> , 2001     |
| Techniques faisant appel au système de double culture de légumineuses (SDCL <sup>1</sup> ) (arachide ou haricot associés en culture intercalaire au pois d'Angole) | Zones semi-arides à subhumides | Insécurité alimentaire et orientation commerciale | Diversité, polyvalence (alimentation, revenus, combustible, P du sol, N, matière organique du sol), intensification<br><br>Résilience | Centaines de milliers d'agriculteurs au Malawi  | Chikowo <i>et al.</i> , 2014<br>Snapp <i>et al.</i> , 2010      |
| Conservation physique des sols/  | Zones semi-arides à subhumides | Insécurité alimentaire et orientation commerciale | Diversité, polyvalence (alimentation, revenus, combustible, P du sol, N, matière organique du sol), intensification                   | Pratique agricole traditionnelle, utilisation ciblée des intrants dans les zones de conservation des eaux et des sols | Aune et Bationo, 2008<br>Sanginga <i>et al.</i> , 2003          |
| Sacs PIC   | Zones semi-arides à subhumides | Orientation commerciale                           | Intensification ciblée  | Rapports contradictoires, rentabilité supérieure avec les légumineuses, mais risque de coûts                          | Baoua <i>et al.</i> , 2012<br>Sudini <i>et al.</i> , 2015       |

<sup>1</sup> SDCL: Système à double culture de légumineuses, associant la culture de deux légumineuses à une culture principale, par rotation



pour cette raison que le niébé et le pois d'Angole sont largement appréciés en tant que légumineuses à double usage ou polyvalentes – qui favorisent la croissance végétative –, par opposition aux légumineuses associées à un indice de récolte élevé – qui favorisent la croissance des graines.

On observe en effet une grande diversité dans les habitudes de croissance des légumes secs, et l'intégration de types différents est l'un des moyens de renforcer la résilience des systèmes agricoles (figure 3). Les types de légumes secs à maturation précoce, tels que le haricot commun ou le niébé à 60 jours, permettent d'obtenir de grandes quantités de protéines en peu de temps, du fait de la production rapide de graines. Leur potentiel en matière de génération de revenus est souvent élevé; ils peuvent être vendus sous forme d'en-cas ou comme légume à teneur élevée en protéines (haricots frais, par exemple). D'autres types de légumineuses ont une croissance plus longue et assurent de multiples services: fourrage pour les animaux, combustible ligneux et renforcement de la fertilité des sols, auxquels s'ajoute une petite production alimentaire (Snapp, 2017). Les agriculteurs apprécient cette diversité et cultivent souvent intentionnellement des plantes présentant différents types de croissance. En outre, les agriculteurs, soucieux d'élargir leur portefeuille de cultures, ne demandent généralement qu'à expérimenter de nouvelles variétés. Des enquêtes auprès des ménages au Malawi portant sur le maïs et l'arachide ont fait apparaître que les agriculteurs se disaient souvent intéressés par les variétés modernes à maturation précoce, non pas pour remplacer, mais pour

compléter leurs variétés traditionnelles associées à un cycle plus long (Fisher et Snapp, 2014).

### **Légumineuses polyvalentes**

Ce type de légumineuse associe une croissance végétative abondante à une production de denrées alimentaires, et répond ainsi aux besoins immédiats de nourriture et de revenus, ainsi qu'à des besoins à plus long terme – enrichissement des sols, combustible ligneux et fourrage pour le bétail (Orr *et al.*, 2015). Les légumineuses polyvalentes ont besoin d'une longue période de croissance pour produire la biomasse qui offrira des services supplémentaires, et ne comprennent donc pas d'espèces à cycle court. Les variétés précoces de légumineuse rendent des services importants aux agriculteurs, en fournissant des produits alimentaires et une source de revenus en début de saison et en contribuant à atténuer les effets de conditions météorologiques très variables. C'est le cas notamment des types d'arachide, de niébé et de haricot à cycle court et à maturation rapide qui permettent d'éviter les périodes de sécheresse. On peut mélanger les espèces pour renforcer la résilience, en associant délibérément des légumineuses polyvalentes à cycle long et des espèces à maturation rapide (céréales ou autres légumineuses) (figure 3; Chikowo *et al.*, 2014;). Ce principe agroécologique de diversification peut être mis en œuvre dans le cadre des pratiques agricoles (cultures associées/intercalaires, polycultures et rotations, par exemple).

## **3.2 POSSIBILITÉS OFFERTES PAR LA GÉNÉTIQUE**

### **3.2.1 Zones tropicales de climat chaud à très chaud et semi-aride à subhumide**

L'arachide et le niébé sont des légumineuses particulièrement bien adaptées aux zones chaudes à très chaudes des savanes tropicales semi-arides et subhumides (tableau 2). Des variétés à maturation rapide qui donnent un produit en 60 jours environ ont été mises au point pour le niébé; elles peuvent être intégrées directement dans les systèmes de culture existants en tant que cultures intercalaires, cultures relais ou doubles cultures séquentielles (Singh *et al.*, 2003). Des variétés d'arachide à maturation précoce sont également disponibles, quoique le nombre de cultivars mis sur le marché soit bien inférieur à celui des cultivars de niébé. Les agriculteurs se montreront souvent très intéressés par des écotypes à maturation lente, rapide ou de différentes durées, selon le matériel génétique déjà disponible et les objectifs locaux. Les cultures associées à des durées de maturation différentes constituent souvent un moyen important de renforcer la sécurité alimentaire, car les variétés précoces peuvent donner des produits rapidement en cas de disponibilités alimentaires limitées, tandis que les variétés tardives, dont le type de croissance est souvent indéterminé, donnent plusieurs récoltes sur une période étendue (Snapp, 2017). Elles offrent ainsi une possibilité de stockage et d'allongement de la saison de récolte – l'une des difficultés majeures dans les régions sèches, à précipitations

variables. Cependant, elles peuvent également poser problème dans les milieux humides, où le stockage peut être hasardeux. Dans les environnements exposés à l'insécurité alimentaire, un allongement de la saison de récolte de graines de légumineuses très nutritives sera de toute façon bienvenu.

L'arachide est une culture importante en Afrique, et est tout particulièrement bien adaptée aux zones tropicales subhumides et aux sols sableux. C'est en Afrique de l'Ouest que l'arachide a traditionnellement joué un rôle majeur; plus récemment, on a vu sa production augmenter en Afrique de l'Est, principalement en raison d'une expansion de la superficie consacrée à cette légumineuse (figure 1). L'arachide est une source essentielle d'huile et de protéines dans de nombreuses communautés, et une source majeure de revenus agricoles. Cependant, la production d'arachide se heurte à un problème majeur, à savoir l'incidence des aflatoxines – de nombreux marchés ont en effet adopté une politique de tolérance zéro face à ces substances à origine fongique hautement toxiques. Les aflatoxines représentent un risque majeur pour la santé humaine, et le problème est accentué par les mauvaises conditions de stockage des graines dans les milieux chauds et humides. Quelques variétés d'arachide améliorées génétiquement ont été mises au point en vue de faciliter la lutte contre les aflatoxines, et la sélection végétale se poursuit dans ce sens (Waliyar *et al.*, 2016; tableau 2). Actuellement, les pratiques de gestion agronomique et le stockage après récolte sont des moyens de contrôle importants (Johnson, Atherstone et Grace, 2015). Des solutions de stockage ont fait l'objet d'essais sur le terrain, non seulement pour lutter contre la contamination par les aflatoxines, mais aussi pour protéger les produits contre la prédation des insectes et une mauvaise germination des semences. On peut notamment citer des techniques de stockage hermétique, comme le sac GrainSafe Mini, ultrahermétique, et le sac PICS (Sudini *et al.*, 2015; Williams *et al.*, 2014). Il est cependant important de prévoir des actions de sensibilisation en parallèle: si l'humidité n'est pas correctement gérée avec ce type de stockage, les graines peuvent se détériorer. D'autres approches mises en place pour lutter contre les aflatoxines ont donné de bons résultats sur le plan technique et mériteraient un soutien dans le cadre des politiques publiques, assorti d'actions de sensibilisation, car les dangers pour la santé que représentent ces substances nécessitent une attention immédiate (Wu et Khlangwiset, 2010).

#### ***Cultivars résistants à la sécheresse et aux maladies, et adoptés par les agriculteurs***

Plus de 100 génotypes d'arachide présentant ces caractères ont été mis au point et lancés, mais un grand nombre des variétés les plus utiles a vu le jour il y a plus de 20 ans (tableau 4). Un certain nombre de variétés résistantes aux maladies ont été lancées récemment; elles se répandent peu à peu dans certaines régions – mais on constate aussi un manque d'adoption (Pachico, 2014), que nous examinerons plus loin dans la section consacrée à la recherche. Les

**Tableau 4. Lancement de cultivars pour les légumineuses les plus importantes en Afrique subsaharienne**

|               | Avant les années 70 | Années 70 | Années 80 | Années 90 | Années 2000 | 2010–2013 | Total |
|---------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------|
| Haricot       | 1                   | 6         | 22        | 73        | 130         | 80        | 312   |
| Pois chiche   | 0                   | 3         | 2         | 9         | 12          | 7         | 33    |
| Niébé         | 3                   | 8         | 49        | 65        | 32          | 12        | 169   |
| Arachide      | 20                  | 23        | 25        | 21        | 48          | 7         | 144   |
| Pois d'Angole | 0                   | 0         | 3         | 2         | 12          | 4         | 21    |

Source: d'après une étude de Pachico (2014) actualisée avec les données fournies par Monyo et Varshney (2016).

variétés prometteuses comprennent plusieurs variétés d'arachide résistantes aux maladies (notamment à la maladie virale rosette), qui ont été introduites avec succès dans certains districts d'Ouganda et du Kenya (Okello *et al.*, 2014). De même, il existe des variétés à cycle plus court, dont les gousses plus concentrées nécessitent moins de main-d'œuvre au moment de la récolte que les variétés traditionnelles, qui s'étalent davantage, et qui résistent en outre à la sécheresse; deux de ces variétés (JL24 et CG7) sont maintenant largement utilisées au Malawi (Tsusaka *et al.*, 2016).

Une autre légumineuse importante dans les milieux semi-arides et subhumides est le pois d'Angole. Cette plante s'adapte très bien aux milieux secs, à précipitations variables; cette espèce est toutefois cultivée principalement en Afrique australe et en Afrique de l'Est, où les chaînes de valeur commerciales sont bien développées et reliées aux populations asiatiques urbaines, et ce jusqu'en Inde. En Éthiopie, en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest, le pois d'Angole est parfois cultivé, mais essentiellement dans les potagers familiaux ou en lisière de champ, en tant que culture de bordure (tableau 2).

Souvent, les petits agriculteurs cultivent de préférence du maïs ou du sorgho sur la plupart de leurs terres, afin de répondre à leurs besoins en matière de sécurité alimentaire. Cela a fait obstacle à l'adoption de nombreux légumes secs, et a conduit certains agriculteurs à privilégier les cultures intercalaires où sont associées légumineuses et céréales par rapport aux systèmes de rotation. En Afrique australe et en Afrique de l'Est, la culture intercalaire de pois d'Angole et de maïs s'est révélée être le seul moyen durablement rentable accepté par les agriculteurs de cultiver cette légumineuse dont les propriétés contribuent à la conservation des sols, car ce système assure une fourniture constante de maïs (Rusinamhodzi *et al.*, 2012). De fait, la superficie occupée par le système maïs-pois d'Angole a augmenté de 10 pour cent environ par an depuis 2010 au Mozambique, au Malawi et en la République-Unie de Tanzanie (Walker *et al.*, 2015). Cette évolution pourrait être due en partie à l'adoption rapide d'une variété de croissance moyenne de pois d'Angole à grande tige, utilisée comme combustible et réputée résistante aux coléoptères anthophages (Orr *et al.*, 2015). La production de pois d'Angole reste exposée à des problèmes importants liés aux charançons et à d'autres insectes nuisibles, mais un certain

nombre de variétés à cycle moyen ou long présentent un remarquable potentiel dans des systèmes de cultures mixtes, en association avec le maïs, le sorgho ou d'autres légumineuses (Monyo et Varshney, 2016; Roge *et al.*, 2016). Le nombre de lancements de variétés de pois d'Angole est minime comparé à d'autres légumes secs (tableau 4), mais un certain nombre de variétés approuvées par les agriculteurs mériteraient d'être beaucoup plus largement diffusées.

### 3.2.2 Zones tropicales de climat frais subhumide à humide

Le haricot commun est la légumineuse la plus adaptée aux milieux subhumides et humides, notamment dans les zones plus fraîches. On observe une diversité énorme de variétés cultivées par les agriculteurs, favorisée par les centaines de variétés de haricot lancées par les pouvoirs publics en Afrique – plus que pour toute autre légumineuse (Pachico, 2014). La résistance aux maladies, les caractères de qualité des graines et un temps de cuisson plus court font partie des caractères d'amélioration des cultures sur lesquels les sélectionneurs de haricot se sont penchés ces dernières années (tableau 3; Cichy, Wiesinger et Mendoza, 2015). Ces questions intéressent particulièrement les femmes, qui sont la plupart du temps celles qui cuisinent les légumes secs, et qui expriment souvent de nettes préférences pour certains caractères de qualité (Isaacs *et al.*, 2016). L'intérêt considérable porté aux avantages liés à un temps de cuisson plus court (en matière d'économies de combustible et de réduction de la charge de travail) a été récemment documenté à propos de variétés locales d'Afrique de l'Est et d'Afrique centrale, et ces caractères sont actuellement intégrés dans d'autres lignées de haricot en vue d'une diffusion à plus large échelle. L'éventail de possibilités dont disposent les petits exploitants agricoles s'en trouve élargi; s'ajoute à cela l'intégration de la recherche-action participative en matière d'amélioration des haricots, qui s'attache à soutenir les systèmes semenciers locaux (point abordé plus en détail ci-après, voir également David et Sperling, 1999; Rubyogo *et al.*, 2010).

Globalement, comme le montre le tableau 3, il existe de nombreuses variétés et de nombreux systèmes de culture qui offrent des solutions fondées sur le haricot très prometteuses, et prêtes à être diffusées dans le cadre d'actions de vulgarisation. Des progrès considérables ont été réalisés dans la mise au point de variétés et de mélanges de variétés présentant une meilleure résistance aux maladies et une plus grande tolérance aux insectes (Ssekandi *et al.*, 2016). Il est important d'apporter aux agriculteurs un portefeuille de variétés à expérimenter dans le cadre des actions de vulgarisation, afin d'accroître la diversité génétique disponible au niveau des communautés. La diversification des solutions informelles et formelles en matière de semences est importante, car elle permet une large disponibilité de variétés commerciales et non commerciales. Les systèmes semenciers et les techniques basées sur les semences sont examinés dans la suite de ce document. Ce type de vulgarisation devrait s'accompagner d'un soutien des innovations agronomiques, telles que la culture de haricots en association avec des bananes, du manioc ou d'autres plantes vivaces qui prospèrent dans les milieux très humides (tableau 3).

### 3.2.3 Hauts plateaux tropicaux

Particulièrement adapté aux parties les plus fraîches des zones tropicales, sur les hauts plateaux d'Afrique de l'Est, le haricot d'Espagne montre qu'une adoption rapide est possible lorsque les petits exploitants trouvent un intérêt à utiliser un nouveau type de ressource génétique (Sperling et Munyanesa, 1995). Il nécessite de la main-d'œuvre (tuteurage ou mise en place d'un autre type de support), mais les agriculteurs ont rapidement appris la technique, et ont adopté ce nouveau haricot au cours des dernières décennies (tableaux 2 et 3). Cette popularité semble due aux rendements extrêmement élevés que permet cette plante à cycle long, ainsi qu'à sa capacité à produire de grandes quantités de biomasse feuillue. Le haricot d'Espagne donne plusieurs produits: haricots frais et secs, et feuilles (comestibles, consommées en tant que légume). Ses propriétés en matière d'amendement des sols sont bien supérieures à celles du haricot de petite taille. Le haricot d'Espagne ne peut être cultivé que dans des régions froides de haute altitude, ce qui a limité jusqu'à présent sa zone de production aux hauts plateaux tropicaux d'Afrique de l'Est. En vingt-cinq ans, le haricot d'Espagne s'est répandu sur tous les hauts plateaux du Rwanda, d'Ouganda et du Kenya. Des améliorations génétiques récentes ont ouvert de nouvelles perspectives stimulantes en adaptant le haricot d'Espagne aux zones de moyenne altitude. Ces améliorations comprennent une plus grande tolérance à la chaleur, l'une des caractéristiques clés de l'adaptation de ces plantes grimpantes de moyenne altitude (tableau 4; Checa et Blair, 2012). Ces variétés sont encore en phase d'essai, mais sont des solutions importantes qu'il faudrait envisager d'intégrer dans le portefeuille de diversification face à l'évolution du climat et d'utiliser dans d'autres endroits.

Des variétés de pois chiche résistantes aux maladies ont été largement adoptées en Éthiopie et méritent d'être mentionnées ici, en tant que solution adaptée aux hauts plateaux et aux zones plus fraîches des tropiques (tableau 3). La disponibilité et l'utilisation de nouvelles variétés de pois chiche ont apparemment contribué à l'augmentation de la production de cette légumineuse en Éthiopie; cependant, ces variétés ne semblent pas avoir été adoptées ailleurs pour le moment (Pachico, 2014). Les recherches ont jusqu'ici porté principalement sur la résistance aux maladies et la mise au point de variétés à maturation précoce et à indice de récolte élevé (Bantilan et al., 2014). Comme on l'a vu pour d'autres légumineuses à graines, un large éventail de variétés de pois chiches améliorées pourrait être nécessaire pour répondre aux besoins de différents marchés et aux exigences et objectifs au niveau local (Ashby, 2009).

### 3.2.4 Zones tropicales humides

Le haricot de Lima est une espèce étroitement apparentée à *Phaseolus vulgaris* (haricot commun) qui pourrait stimuler la production de haricots dans les milieux chauds et humides. Cette capacité est en partie due au fait que les variétés traditionnelles de haricot de Lima présentent une tolérance

élevée aux maladies, caractéristique cruciale pour une adaptation aux milieux humides. Jusqu'à présent, peu de recherches ont été consacrées à l'amélioration du haricot de Lima; il faudra donc planifier avec soin les activités de vulgarisation nécessaires pour procéder à des essais au niveau local. Il conviendra de travailler sur les variétés utilisées par les agriculteurs, et de tenir compte des systèmes locaux complexes dans lesquels ces derniers ont intégré le haricot de Lima. Dans les zones tropicales humides du Nigéria, par exemple, le haricot de Lima est cultivé avec le pois tubéreux africain et le manioc (Ibeawuchi, 2007).

### **3.3 POSSIBILITÉS EN MATIÈRE DE GESTION**

#### **3.3.1 Zones tropicales semi-arides**

Le mélange de variétés et d'espèces est une pratique agricole courante, dont il convient de tenir compte. Elle contribue à atténuer les risques liés à la variabilité des précipitations, aux perturbations des marchés et aux écarts extrêmes de température. Les autres avantages liés aux systèmes de cultures mixtes comprennent la sensibilisation aux insectes bénéfiques, l'atténuation des contraintes abiotiques et biotiques et, dans de nombreux cas, la régulation des maladies. Parallèlement, les cultures mixtes peuvent présenter certaines contraintes, comme la nécessité de procéder à plusieurs récoltes et, souvent, de trier les produits.

La résilience aux risques météorologiques est particulièrement importante dans les zones tropicales arides à semi-arides. La culture d'une plante comme le niébé – qui tolère des températures extrêmes et une faible humidité – joue le rôle d'une assurance, en tant que culture intercalaire relais ou en cas d'échec d'une culture céréalière après un événement météorologique extrême. Le pois d'Angole est particulièrement indiqué, du fait de sa phénologie: sa croissance initiale lente permet de l'associer en culture intercalaire au sorgho ou au maïs, car il n'entre pas en concurrence avec la céréale. Le pois d'Angole commence à se ramifier tardivement dans la saison de végétation, ce qui est un mode de croissance parfaitement adapté aux régimes pluviométriques irréguliers, dans lesquels les pluies arrivent souvent après la maturation des cultures céréalières. En outre, la culture intercalaire de pois d'Angole rend un certain nombre de services à la céréale: fixation biologique de l'azote, propriétés d'amendement des sols via la solubilisation du phosphore et conservation de la matière organique du sol lors de la chute des feuilles en milieu de saison. Elle a également un effet régulateur sur la production vivrière, étant donné que les récoltes sont réparties sur toute la saison dans les systèmes mixtes: les feuilles de niébé peuvent être consommées comme légume tôt dans la saison, tandis que les plantes à cycle long comme le pois d'Angole donnent des produits tard dans l'année.

De nombreuses variétés de pois d'Angole peuvent offrir un important rempart face à la sécheresse, grâce à la pratique du recépage. Même si cette pratique ne figure pas dans les recommandations agronomiques officielles et

n'a pas été analysée de manière systématique au cours des dernières décennies (Kane, Rogé et Snapp, 2016), elle est considérée comme efficace par certains agriculteurs, comme le montre une récente enquête menée au Malawi (Rogé *et al.*, 2017). Le recépage consiste à couper les tiges après la première récolte, en vue d'une deuxième saison de culture; cette pratique devrait être évaluée et encouragée plus largement, car elle permet d'économiser de la main-d'œuvre et apporte d'énormes avantages en matière de renforcement des sols et de préservation de la diversité des insectes bénéfiques (tableau 2). Les possibilités de recépage devraient être étudiées dans le cadre du programme de vulgarisation consacré au pois d'Angole, cette technique permettant d'apporter des aliments pour animaux de meilleure qualité et d'atténuer les risques, tout en nécessitant une main-d'œuvre minimale (il est toutefois important de garder à l'esprit que l'élevage d'animaux en liberté peut limiter cette pratique). De manière générale, le pois d'Angole est une espèce qui fixe très efficacement l'azote et qui tire 90 pour cent environ de son azote de la fixation biologique; il a également été démontré qu'il s'agissait de l'une des espèces augmentant le plus efficacement la disponibilité du phosphore, par l'intermédiaire des exsudats racinaires qui accroissent la solubilisation du phosphore dans certains types de sols. En revanche, le haricot est une plante qui fixe très mal l'azote (taux de fixation biologique de 50 pour cent environ), du moins pour la grande majorité des variétés de haricot, qui sont de petite taille.

La gestion zonale des sols est une autre pratique traditionnelle très importante, qui implique de cibler la gestion des sols, de l'eau et des nutriments sur la zone de croissance des plantes, et qui associe souvent une utilisation limitée d'intrants et des pratiques de conservation du sol telles que le *zai* (tableau 2; Aune et Bationo, 2008). Il convient toutefois de noter qu'une étude réalisée au Burkina Faso a permis de déterminer que les agriculteurs utilisaient le *zai* et le paillage pour améliorer les sols pour les cultures de céréales, mais qu'ils ne se servaient pas de ces techniques pour les légumineuses (Slingerland et Stork, 2000). Le fait que les techniques d'amendement des sols soient réservées de préférence aux céréales est un problème important, souligné par de nombreuses études, et l'amélioration agronomique de la production de légumes secs en Afrique nécessite de s'intéresser de près au contexte socioéconomique et aux processus décisionnels des agriculteurs. Il s'agit en effet d'un obstacle aux pratiques de production durables, car la culture de légumes secs doit s'accompagner d'une conservation des sols afin de restaurer la santé de ces derniers et de les protéger. De fait, on a constaté que les systèmes de production diversifiés intégrant des légumineuses contribuaient de manière essentielle à la mise en œuvre d'une agriculture de conservation.

L'une des options consiste à envisager la production de légumineuses dans le cadre de systèmes: les agriculteurs investissent dans des pratiques de renforcement de la fertilité dont tirent profit les légumineuses cultivées avec des céréales, séquentiellement ou simultanément (cultures associées) (Snapp, 2017). Une autre forme de concentration zonale, ciblée, des nutriments issus de sources

inorganiques ou organiques est le microdosage des engrais (par exemple, un bouchon d'engrais versé dans chaque poquet, où l'on fait pousser deux espèces ou davantage). Cette approche consiste souvent à associer une application ciblée de petites doses d'engrais azoté ou phosphaté à un paillis constitué de résidus de récolte ou à un amendement complémentaire de fumier ou d'autres matières organiques (tableau 3; Sanginga *et al.*, 2003).

### 3.3.2 Zones tropicales subhumides à humides

La lutte contre les organismes nuisibles est un problème important dans les zones où les précipitations sont suffisamment abondantes pour favoriser une croissance vigoureuse des adventices. De nombreux insectes et organismes pathogènes prospèrent également dans certaines conditions d'humidité et de température. La diversification des cultures encouragée dans le cadre des systèmes de cultures intercalaires ainsi que les mélanges ou mosaïques de plantations au niveau des champs et des paysages constituent l'un des principaux moyens de prévention des dégâts dus aux ravageurs. Il est possible, en travaillant sur la conception des systèmes de culture et sur des associations de plantations différentes et complémentaires, de mieux réguler les populations de ravageurs et de compliquer ou d'empêcher leur accès aux plantes sensibles (Snapp, 2017). Les cultures intercalaires permettent souvent de supprimer des adventices, car elles entrent en concurrence avec ces dernières pour les ressources (notamment la lumière du soleil). On peut citer à titre d'exemple les combinaisons maïs-haricot et maïs-pois d'Angole, qui sont deux associations importantes largement utilisées dans les zones tropicales subhumides (Rao, Rego et Willey, 1987).

La diversification est essentielle à de nombreux titres, car elle offre d'importants services d'atténuation aux petits exploitants agricoles qui cherchent à renforcer la résilience de leurs systèmes face aux phénomènes météorologiques et aux perturbations des marchés. Les cultures intercalaires sont pratiquées depuis longtemps, mais ont reculé ou ont été fortement découragées dans certains pays (Isaacs *et al.*, 2016a, b). Cependant, elles commencent à être reconsidérées dans les travaux publiés, et on voit leurs principaux avantages recensés dans des méta-analyses ainsi que dans des études complètes (Yu *et al.*, 2016). Les milieux où les précipitations sont suffisantes, notamment les régimes bimodaux que l'on observe dans nombre de zones tropicales subhumides à humides, se prêtent particulièrement bien aux systèmes de cultures intercalaires et de cultures relais. La plantation de deux ou trois plantes complémentaires du point de vue de leur type de croissance est l'un des moyens les plus efficaces de capter la lumière du soleil et de maximiser l'utilisation de l'eau et des nutriments (Kanyama-Phiri, Snapp et Minae, 1998).

Les techniques permettant d'améliorer la fixation biologique de l'azote en associant le pois d'Angole à d'autres légumineuses à cycle court sont examinées ci-après.

Le système à double culture de légumineuses (SDCL) consiste à associer, par rotation: la première année, deux espèces ayant des types de croissance complémentaires, en mode intercalaire, et, l'année suivante, une céréale, qui nécessite de grandes quantités d'azote, et qui profitera ainsi des nutriments apportés par les deux légumineuses. En diversifiant les espèces cultivées, le système à double culture de légumineuses (SDCL) améliore également la résilience de l'ensemble du système de culture du fait de l'«assurance» que procure la culture de plantes qui ont des besoins différents en matière d'humidité et de répartition des précipitations (voir l'encadré 2; Mhango *et al.*, 2013; Smith *et al.*, 2016).

Dans le système à double culture de légumineuses (SDCL), le pois d'Angole est la plante polyvalente occupant l'étage supérieur, qui fournit du combustible ligneux, du fourrage et des produits alimentaires (gousses vertes et grains secs) et qui améliore la fertilité des sols. L'arachide (ou le soja ou le haricot commun), plantée en même temps, occupe l'étage inférieur et fournit des produits précoces et très nutritifs. Comme le décrivent Mhango *et al.* (2013), l'arachide et le pois d'Angole sont plantés sur chaque rang selon un ratio de deux à un; le pois d'Angole dans des poquets (deux plants par poquet, avec un large espacement entre chaque poquet), et l'arachide en une ou deux lignes selon la gestion des terres (lignes jumelées généralement pour les cultures en terrasse, ou lignes largement espacées dans les systèmes de billons ou de billons cloisonnés).

### 3.5 POSSIBILITÉS EN MATIÈRE DE STOCKAGE ET DE TECHNOLOGIE DES SEMENCES

#### **Préparation des semences**

Dans les milieux semi-arides, l'investissement agricole en nature est souvent limité, du fait des risques importants liés à la variabilité des précipitations. Un type d'investissement associé à un risque minimal peut offrir une certaine protection dans ce type d'environnement: il s'agit des technologies fondées sur les semences, telle que la préparation. Le tableau 2 décrit un certain nombre d'innovations importantes en matière de semences, telles que la préparation des semences avant la plantation (prégermination, à l'aide d'eau, puis séchage à l'air, après quoi la semence peut être stockée pendant plusieurs mois). Une fois prégermée, une semence germe plus vigoureusement et rapidement, et permet un meilleur établissement de la culture. Les coûts étant minimes, cette technologie est accessible à la grande majorité des petits exploitants agricoles.

#### **Stockage de légumineuses à l'aide de sacs PICS**

Les sacs PICS et les technologies de stockage connexes offrent un milieu hermétique. Ils permettent de prolonger le stockage pendant de nombreux mois, tout en offrant une excellente protection de la qualité des semences. La rentabilité varie du fait des coûts initiaux associés à l'achat des sacs, qui sont généralement plus intéressants pour les variétés de grande valeur très sensibles aux organismes nuisibles, comme les légumineuses à graines (Baoua *et al.*, 2012; Sudini *et al.*, 2015).

## ENCADRÉ 2.

**Systemes à double culture de légumineuses**

Dans toute l'Afrique, les petits agriculteurs pratiquent des cultures mixtes associant le maïs, le sorgho et le millet à des légumineuses alimentaires. Le sorgho est ainsi souvent planté en alternance avec des pieds très espacés de niébé, sur le même rang ou un rang sur deux. Le maïs et l'arachide ou le haricot commun sont également utilisés en tant que cultures intercalaires. Une approche relativement nouvelle consiste à associer en culture intercalaire deux légumineuses ayant des types de croissances différents mais compatibles. Par exemple, dans une culture intercalaire de pois d'Angole et d'arachide, les deux espèces sont plantées en même temps, mais le pois d'Angole pousse lentement au début, ce qui limite les interférences avec l'arachide. Lorsque l'arachide arrive à maturité, le pois d'Angole décolle; il atteint la taille d'un buisson juste au moment où l'arachide est récoltée. Ainsi, l'étage supérieur et l'étage inférieur sont occupés par deux légumineuses différentes, ce qui double les produits et la fixation biologique de l'azote, et assure un couvert de feuilles continu et complémentaire qui protège le sol de l'érosion. Cette approche consistant à associer deux légumineuses en culture intercalaire à une autre culture est appelée «système à double culture de légumineuses»; elle a été récemment introduite par le Gouvernement malawien en tant que solution agroécologique visant à améliorer la fertilité des sols tout en maintenant deux cultures vivrières dans les champs des petits exploitants. Elle est de plus en plus adoptée au Malawi. Les agriculteurs procèdent à leurs propres expérimentations et proposent de nouveaux modes de gestion des doubles cultures. Par exemple, après la double récolte d'arachide et de pois d'Angole, certains agriculteurs recèpent ce dernier (coupent les tiges) afin de le cultiver une année supplémentaire, souvent en tant que culture intercalaire associée au maïs la deuxième année. D'autres exploitants ajoutent une troisième culture à l'ensemble, en faisant par exemple pousser des potirons à croissance basse entre les rangs ou en ajoutant des rangs de maïs. Quel que soit le système à double culture de légumineuses qu'ils utilisent, les agriculteurs intègrent les principes agroécologiques suivants dans leur exploitation:

- augmentation durable de la production, par un système de double culture de légumineuses sur une parcelle;
- renforcement de la biodiversité agricole face au changement climatique;
- soutien de la couverture vivante des sols à l'aide de résidus de récolte qui améliorent la biologie de ces derniers, renforcent leur état nutritionnel et les protègent contre l'érosion.



© JIM RICHARDSON

*Systeme à double culture de légumineuses utilisé au Malawi*

## 4. Promotion des légumes secs et des légumineuses

### 4.1 SYSTÈMES SEMENCIERS

Il est très important de veiller à améliorer le fonctionnement des systèmes semenciers pour les variétés qui ne sont pas disponibles sur le marché officiel des semences. C'est le cas en Afrique pour les légumineuses: 95 pour cent des semences de légumineuses utilisées par les petits exploitants proviennent de systèmes semenciers informels (McGuire et Sperling, 2016). Il s'agit notamment de semences de ferme, de graines achetées localement en vue d'être utilisées comme semences, et de réseaux constitués avec des proches pour mettre en commun des semences. Dans certains cas, les aides de l'État, sous la forme de subventions ou de distribution de semences après une catastrophe, peuvent être très importantes. Les décideurs publics et les responsables qui définissent les priorités de recherche doivent tenir compte du rôle vital joué par les systèmes semenciers informels, qui doivent donc être soutenus et renforcés. Les petits exploitants agricoles achètent souvent des semences de légumineuses, principalement sur les marchés locaux; il serait donc possible d'utiliser les canaux existants pour promouvoir de nouveaux cultivars, ainsi que des semences de meilleure qualité, distribuées sous forme de petits paquets, par exemple.

À long terme, il sera clairement nécessaire de créer des systèmes semenciers officiels, qui permettront aux petits agriculteurs d'accéder à des semences de bonne qualité. Les actions visant à soutenir les systèmes semenciers formels et informels doivent être coordonnées, et s'inscrire dans des initiatives de sélection végétale participative afin de mettre au point des cultivars qui seront bien accueillis par les agriculteurs (Ashby, 2009). En Afrique de l'Ouest, des approches novatrices en matière d'amélioration des cultures ont intégré les exploitants et les coopératives agricoles du stade de la conceptualisation à l'élaboration de systèmes semenciers viables, en passant par l'amélioration des variétés (Weltzien, vom Brocke et Rattunde, 2005).

Le renforcement des systèmes semenciers informels est au cœur d'un vaste débat. L'une des approches prometteuses consiste à améliorer la production d'une catégorie de semences de «qualité déclarée» (QD), qui implique des systèmes de certification des semences locales moins stricts que ceux associés aux systèmes formels de production de semences certifiées (Abate *et al.*, 2012). Ce système peut encourager une production de semences plus décentralisée et à plus petite échelle, et aboutir à des prix de semences moins élevés, susceptibles d'élargir l'accès à ces dernières. Le soutien de la production de semences QD passe par des politiques de sensibilisation et de soutien, ce qui n'est pas encore le cas dans la plus grande partie de l'Afrique australe. Cependant, on note des exemples positifs, tels que la production

généralisée de semences QD en la République-Unie de Tanzanie, facilitée par des agents de vulgarisation. On peut ainsi encourager efficacement la diversité et améliorer l'accès aux variétés de légumineuses, notamment en recensant et en promouvant les variétés auxquelles les agriculteurs donnent leur préférence.

Divers problèmes de qualité des semences ont été recensés, et certains, potentiellement graves, concernent les conditions de production, de manutention et d'entreposage. On peut citer en particulier les dommages causés par les ravageurs et les causes physiques; la présence de maladies véhiculées par les semences; une nutrition inadéquate des semences; une mauvaise germination; et une moindre vigueur des plants. D'autres problèmes de qualité sont liés à la pureté génétique de la semence, laquelle nécessite d'éliminer les types aberrants (plants qui présentent un phénotype différent de la variété produite). Ce problème se pose lorsque les marchés exigent une uniformité des produits; la gestion de la pureté génétique nécessite de savoir comment les espèces se reproduisent, et de connaître les distances de séparation à respecter pour produire des semences pures. Les problèmes de qualité des semences de légumineuses sont souvent liés à la haute teneur en nutriments des semences, qui les expose davantage aux altérations et aux dégâts provoqués par les ravageurs, comme l'indique une récente étude sur les systèmes semenciers de pois d'Angole au Malawi (Jere, Orr et Simtowe, 2013).

L'amélioration des systèmes semenciers informels passe par le soutien des capacités locales de production et de stockage. Cette approche repose sur le développement des connaissances et l'amélioration de la formation des agriculteurs, des négociants et des autres parties prenantes des systèmes semenciers locaux, en vue d'accroître leurs compétences en matière de production, d'inspection et de stockage des sources de semences locales et d'améliorer la qualité (Abate *et al.*, 2012). Elle s'est montrée efficace pour améliorer la qualité des sources de semences locales (graines utilisées comme semences, semences cultivées localement et semences de ferme). Des exemples venant du Kenya et d'Éthiopie montrent que la qualité des semences de haricot peut progresser de manière considérable avec la formation des agriculteurs, des négociants, ainsi que du personnel agricole des organisations non gouvernementales (ONG). Cette formation concerne notamment la production de semences exemptes de contaminants et, après la production, l'inspection visuelle et la sélection manuelle en vue d'identifier des semences non abîmées, exemptes de maladies (en apparence), à l'aide de tests simples permettant de déterminer la teneur en humidité et la germination des semences ainsi que la présence de champignons (Odhambo *et al.*, 2016; Oshone, Gebeyehu et Tesfaye, 2014). Les efforts sont notamment concentrés sur la saison sèche, pendant laquelle on peut faire appel à l'irrigation pour produire des semences de grande qualité, exemptes d'organismes nuisibles; cependant, peu de recherches ont été communiquées sur cette approche, et il faudrait disposer d'éléments probants pour évaluer cette solution (Kadyampakeni *et al.*, 2013).

Pour finir, on peut citer les activités visant à améliorer la qualité et de l'adéquation des cultivars utilisés pour les distributions de semences après une catastrophe. En outre, des foires aux semences sont utilisées dans les opérations de secours pour donner accès à des cultures et des géotypes plus diversifiés (McGuire et Sperling, 2016). Des foires de ce type sont également organisées en dehors des situations d'urgence par des ONG ou des organisations agricoles, dans le cadre d'actions éducatives visant à mieux faire appréhender la diversité génétique.

#### **4.2 VULGARISATION AXÉE SUR LA PROMOTION DES LÉGUMINEUSES**

La vulgarisation s'est révélée plus efficace lorsqu'elle était centrée sur le client, c'est-à-dire lorsqu'elle soutenait les expérimentations menées par les agriculteurs et privilégiait les approches participatives (Johnson, Lilja et Ashby, 2003). On dispose de nombreux moyens d'appuyer les expérimentations des agriculteurs, l'adaptation locale et l'adoption de solutions techniques. Ce processus peut être encouragé par des initiatives dans le domaine de la sensibilisation et des politiques. Les solutions exposées au tableau 2, et plus en détail au tableau 3, devraient être prises comme base pour lancer un processus de vulgarisation participative et d'apprentissage actif (école pratique d'agriculture, par exemple; voir Davis *et al.*, 2012). Le processus de vulgarisation devrait prendre la forme d'une approche d'apprentissage actif qui permette aux exploitants et aux communautés agricoles d'accéder à des solutions, et non imposer un ensemble de techniques rigides. Cette nouvelle approche tranche avec la manière dont les techniques sont souvent encouragées en Afrique, les conditions locales y étant rarement prises en compte (Snapp *et al.*, 2003).

La présente étude se penche sur les techniques nouvelles et traditionnelles, en s'attachant aux plus prometteuses (tableau 2). Les approches de vulgarisation participatives, qui intègrent les expérimentations des agriculteurs, sont essentielles pour adapter les légumineuses aux milieux locaux. Une collection de variétés locales et de matériel génétique divers est l'un des moyens de renforcer la diversité locale des ressources génétiques à l'appui des expérimentations menées par les agriculteurs. Un autre moyen consiste à s'intéresser à une niche où les légumineuses sont peu présentes. On peut citer à titre d'exemple les paysages dominés par le maïs en Afrique australe (Snapp *et al.*, 2010), ainsi que les systèmes irrigués (officiels et informels) dans lesquels le riz paddy pourrait être associé à des légumineuses, la production de semences de légumineuses pouvant avoir lieu pendant la saison sèche, où la pression des maladies est plus faible. De nouveaux germoplasmes de pois chiche et de haricot velu de la Basse Nubie adaptés aux systèmes irrigués ont été mis au point. Ils comprennent des variétés à maturation précoce et très précoce; celles-ci ont été introduites en tant que cultures d'assolement en vue d'améliorer les performances des systèmes de riziculture en Asie du Sud (Rashid *et al.*, 2004).

Une autre technique très peu coûteuse, que les agriculteurs sont susceptibles d'adopter, est la préparation des semences. Elle se rapporte à des pratiques

traditionnelles telles que le trempage des semences et la sélection des meilleures graines en vue de la plantation, et pourrait être encouragée de manière systématique, en particulier dans les zones semi-arides où les sols sont dégradés et où l'établissement des cultures pose problème, ainsi que dans les zones où elle pourrait être combinée à des cultures à cycle court et à croissance rapide comme la culture relais de variétés précoces de niébé (Rashid *et al.*, 2004).

Les approches participatives peuvent contribuer à élargir l'éventail de lignées de légumes secs et offrir ainsi davantage de choix aux agriculteurs et aux consommateurs. La sélection végétale participative, par exemple, fait appel à un processus qui rassemble souvent des parties prenantes très diverses, et qui repose sur un engagement à lancer un grand nombre de lignées différentes répondant à la fois aux préférences locales et à celles du marché s'agissant de la saveur mais aussi d'autres caractéristiques des graines (Witcombe *et al.*, 2005). On peut notamment citer l'exemple de l'investissement dans la recherche sur le haricot aux niveaux international et national (Rubyogo *et al.*, 2010; Sperling *et al.*, 1993; voir également le tableau 2). Des scientifiques, vulgarisateurs, étudiants et autres parties prenantes ont travaillé pendant plus de deux décennies dans des dizaines d'universités et dans le cadre du réseau organisé «PABRA» consacré au haricot. Il semble que les établissements publics de recherche ont beaucoup moins investi dans les autres légumes secs, tels que le pois d'Angole: peu d'activités ont été consacrées à la collecte des variétés locales ou à l'évaluation des milliers de lignées de germoplasme et, de fait, seuls quelques cultivars de pois d'Angole ont été mis en circulation pour les petits exploitants agricoles africains. Il est nécessaire d'intensifier les activités dans ce domaine.

#### **4.3 VULGARISATION AXÉE SUR LA GESTION DES CULTURES**

La formation en matière de gestion des cultures et d'approches intégrées revêt une importance essentielle pour la promotion des légumineuses, car les caractéristiques qui leur donnent leur grande valeur nutritionnelle peuvent également être à l'origine de problèmes très importants dans le cadre de la production (Snapp *et al.*, 2002). On peut notamment citer leur capacité limitée à concurrencer les adventices, du moins durant leur phase de croissance initiale, leur sensibilité aux dommages causés par des insectes (due en partie à l'attraction exercée par leurs tissus végétaux de grande valeur nutritionnelle) et leur rendement modeste par rapport à de nombreuses autres cultures. Les agriculteurs doivent donc avoir mis en place un plan de surveillance et des mesures de lutte contre les insectes et les organismes pathogènes qui s'attaquent fréquemment à ces plantes. Dans cette optique, ils ont besoin d'une formation en agroécologie, et notamment de connaissances sur les systèmes de cultures intercalaires et les pratiques de protection intégrée. Il faut être conscient du fait que la plupart des légumes secs sont difficiles à cultiver dans les milieux humides, en raison de la pression des ravageurs. La production de niébé sans moyens de lutte contre les pucerons et les foreurs des gousses est

ainsi presque impossible dans les zones subhumides (Agunbiade *et al.*, 2014). Il est donc important de former les agriculteurs à la protection intégrée des légumineuses, et particulièrement du niébé. L'utilisation et le stockage des légumes secs après la production posent également des problèmes qui doivent être traités de manière globale.

Des approches intégrées en matière de formation, couvrant les aspects avant et après production comme la nutrition et le stockage, peuvent donc être essentielles pour encourager une plus large adoption des cultures de légumineuses, notamment dans le cadre d'écoles pratiques d'agriculture (voir le tableau 1). Elles entrent toutefois dans un cadre plus large d'apprentissage par l'action. Une grande attention doit être portée aux priorités locales dans toutes les approches participatives du développement (Obaa, Mutimba et Semana, 2005), et il faut tenir compte du fait que les légumineuses sont peu appréciées dans certains endroits. Dans ce cas, on peut envisager une formation sur la nutrition humaine, qui aura peut-être pour effet de renforcer la demande locale de légumineuses. Il s'agit cependant d'un processus à long terme, répétitif, et les techniques ne doivent pas être présentées comme une solution, mais plutôt comme s'inscrivant dans un processus intégré (Neef et Neubert, 2011). Au Mali, des agriculteurs ont cultivé un large éventail de génotypes de niébé et de sorgho dans le cadre d'une initiative intégrée de formation aux techniques avant et après production (école pratique d'agriculture) qui a mis l'accent sur les difficultés recensées par les exploitants, telle que la lutte contre les adventices parasites, le traitement après récolte et les liens avec les marchés. L'apprentissage entre agriculteurs faisait également partie de ce programme, qui a suivi une approche intégrée et a favorisé une participation importante des agricultrices. Des approches reposant sur des écoles pratiques d'agriculture, axées notamment sur l'intégration des filières commerciales, ont été récemment expérimentées en Ouganda, et semblent prometteuses (Davis *et al.*, 2012).

## 5. Priorités de recherche

La présente section expose les lacunes de la recherche, ainsi que les perspectives déterminantes pour le renforcement de la culture de légumineuses en Afrique. Il faudra tenir compte de ces priorités de recherche si l'on veut que les légumineuses et les micro-organismes avec lesquels elles entretiennent des relations symbiotiques puissent contribuer aux services environnementaux et constituer la base d'une agriculture durable.

### **Nutrition humaine**

La nutrition humaine et l'intégration de l'agriculture et de l'élevage sont toutes deux dépendantes de la teneur en protéines et en divers acides aminés des légumineuses, parallèlement aux graminées. Étant donné ce rôle central, il est

étonnant qu'on ait si peu investi dans la recherche sur les légumineuses tropicales. En témoignent les budgets alloués à la recherche agricole internationale, par exemple le montant dérisoire consacré à la recherche sur les légumes secs dans le financement des activités de base du CGIAR (Pachico, 2014). L'un des autres obstacles est le manque d'informations sur les légumineuses cultivées, et les endroits où elles sont cultivées dans les systèmes agroécologiques, comme nous l'avons vu plus haut. Les études sur l'adoption des variétés de légumineuses sont bien peu nombreuses, et les études d'impact extrêmement rares. Il faudrait encourager ce type de recherches, en étroite corrélation avec des investissements dans les systèmes de sélection végétale participative et dans les systèmes semenciers, afin d'élargir l'accès au matériel génétique amélioré privilégié par les agriculteurs. Enfin, il manque des recherches systématiques sur les services écosystémiques associés aux légumineuses.

Cette section est consacrée aux priorités de recherche pour une série de légumineuses de base, s'agissant de la génétique, de la production, des systèmes post-production et du contexte (tableaux 5 à 9). Établi à partir d'un examen des travaux publiés, ces tableaux présentent les domaines qui constituent des priorités de recherche, et les techniques bientôt prêtes à être diffusées mais qui nécessitent une recherche appliquée. L'accent a été mis sur le haricot commun, le niébé, l'arachide et le pois d'Angole; le pois chiche n'a pas été pris en compte, l'Éthiopie étant pratiquement le seul pays africain où il est cultivé. S'agissant des légumineuses mineures, les travaux publiés

**Tableau 5. Haricot. Priorités de la recherche sur le haricot dans les petites exploitations agricoles africaines**

| Technique                              | Recherche à long terme                                  | Recherche appliquée   | Références  |
|--|---|---|---|
| Génétique                              | Rendement, tolérance à la chaleur et à la sécheresse    | Type déterminé, maturation précoce                                    | Checa et Blair, 2012  |
|  | Tolérance aux maladies                                  | Feuilles pour la consommation en tant que légume                      | Rodríguez De Luque et Creamer, 2014   |
|  | Amélioration de la fixation de l'azote                  | Haricot d'Espagne de moyenne altitude avec une tolérance à la chaleur | Román-Avilés et Beaver, 2016  |
|  | Variétés de haricot utilisables en culture intercalaire | Feuilles pour la consommation en tant que légume                      | Isaacs <i>et al.</i> , 2016a<br>Kamfwa, Cichy et Kelly, 2015<br>Ssekandi <i>et al.</i> , 2016 |
| Production – techniques agronomiques   | Agriculture de conservation                             | Mélanges de variétés  |   |
|  |   | Bananiers fournissant de l'ombre aux haricots                         | Amare <i>et al.</i> , 2014<br>Beebe <i>et al.</i> , 2012                                      |
|  |   | Systèmes de tuteurage pour les variétés grimpantes                    | Isaacs <i>et al.</i> , 2016a  |
|  |   | Variétés adaptées aux cultures intercalaires                          | TerAvest <i>et al.</i> , 2015   |
|  |   | Études de séquençage  |   |
| Cuisson / transformation après récolte |   | Lutte contre les maladies   |   |
|  |   | Variétés à temps de cuisson court                                     | Cichy <i>et al.</i> , 2015.   |

**Tableau 6. Niébé. Priorités de la recherche sur le niébé dans les petites exploitations agricoles africaines**

| Technique                            | Recherche à long terme  | Recherche appliquée                              | Références   |
|--------------------------------------|---|--|--|
| Génétique                            | Tolérance aux ravageurs polyphages  | Type déterminé, maturation précoce               | Agunbiade <i>et al.</i> , 2014<br>Kitch <i>et al.</i> , 1998   |
|                                      | Tolérance aux ravageurs monophages  | Types permettant une double utilisation          | Kristjanson <i>et al.</i> , 2005                               |
|                                      | Niébé avec de grands systèmes racinaires  | Types résistants aux maladies                    | Sprent et Gehlot, 2010<br>Geleti <i>et al.</i> , 2014          |
|                                      | Fixation de l'azote par le niébé dans les zones arides  |  |  |
| Production – techniques agronomiques | Tolérance aux pucerons, pour éliminer les limitations actuelles à l'adoption dans les zones tropicales subhumides à humides | Microdosage des engrais                          | Buerkert et Schlecht, 2013                                     |
| Stockage après récolte               |   | Mise au point de types de stockage améliorés     | Sudini <i>et al.</i> , 2015                                    |
| Cuisson et traitement après récolte  | Transformation  | Feuilles pour la consommation en tant que légume | Geleti <i>et al.</i> , 2014<br>Polreich, Becker et Maass, 2016 |
|                                      |   | Produits à valeur ajoutée                        |  |

**Tableau 7. Arachide. Priorités de la recherche sur l'arachide dans les petites exploitations agricoles africaines**

| Technique                              | Recherche à long terme  | Recherche appliquée   | Références  |
|--|---|---|---|
| Génétique                              | Types de variétés nécessitant moins de main-d'œuvre (faciles à récolter et à transformer)<br><br>Contraintes abiotiques | Résistance aux maladies   | Pasupuleti <i>et al.</i> , 2013   |
|  |   | Résistance aux nématodes  | Tsusaka <i>et al.</i> , 2016  |
| Production – techniques agronomiques   | Séquençage et gestion pour une production durable et l'amélioration des sols  | Systèmes de cultures intercalaires<br><br>Séquences de gestion intégrée de la fertilité des sols<br><br>Microdosage des engrais<br>Préparation des semences | Buerkert et Schlecht, 2013<br>Harris <i>et al.</i> , 2001<br>Nezomba <i>et al.</i> , 2015<br>Snapp <i>et al.</i> , 2010 |
| Stockage après récolte                 | Amélioration génétique afin de lutter contre les aflatoxines  | Gestion des aflatoxines<br>Sacs PIC et systèmes de stockage connexes  | Johnson, Atherstone et Grace, 2015<br>Waliyar <i>et al.</i> , 2016<br>Sudini <i>et al.</i> , 2015                       |
| Cuisson / transformation après récolte | Produits à valeur ajoutée   | Dépistage amélioré et peu coûteux des aflatoxines   | Dalton <i>et al.</i> , 2012   |
| Contexte (marchés, climat, parité)     | Facteurs favorisant l'adoption  | Études tenant compte de la parité hommes-femmes   | Ashby, 2009<br>Pachico, 2014  |
|  |   | Systèmes semenciers   | Snapp <i>et al.</i> , 2002  |

sont peu nombreux, alors que les besoins en recherche sont très importants (tableau 9). Nous invitons les chercheurs à traiter en priorité les géotypes qui sont particulièrement adaptés à différents milieux et qui assurent des services polyvalents, à savoir le haricot de Lima tropical, le haricot d'Espagne, le pois

**Tableau 8. Pois d'Angole. Priorités de la recherche sur le pois d'Angole dans les petites exploitations agricoles africaines**

| Technique                                | Recherche à long terme  | Recherche appliquée  | Références  |
|--|---|--|---|
| Génétique                                | Types à cycle plus long et tolérants aux insectes                           | Pois d'Angole adapté à différents types de sol et climats – semi-aride à humide  | Wendt et Atemkeng 2004<br>Waldman <i>et al.</i> , 2017                                  |
| Systèmes semenciers<br>Approvisionnement | Besoin de systèmes semenciers pour le pois d'Angole                         | Variété polyvalente combustible-alimentation humaine prête à être diffusée à grande échelle  | Orr <i>et al.</i> , 2015<br>Waldman <i>et al.</i> , 2017                                |
| Production – techniques agronomiques     | Solubilisation du phosphore et stabilisation de la matière organique du sol | Séquence de rotation pour augmenter la disponibilité d'eau et d'azote<br><br>Technique utilisant le système de double culture de légumineuses (pois d'Angole avec légumineuse alimentaire en sous-étage) | Ncube <i>et al.</i> , 2009<br>Snapp <i>et al.</i> , 2010<br>FAO, 2016                   |
| Stockage après récolte                   |   |  |   |
| Cuisson / transformation après récolte   | Transformation  | Utilisation comme légume   | Snapp <i>et al.</i> , 2003  |
| Contexte (marchés, climat, parité)       | Adaptation au changement climatique et atténuation des risques              | Ménages dirigés par une femme très favorables aux systèmes fondés sur le pois d'Angole   | Snapp <i>et al.</i> , 2010<br>Mhango <i>et al.</i> , 2013<br>Smith <i>et al.</i> , 2016 |

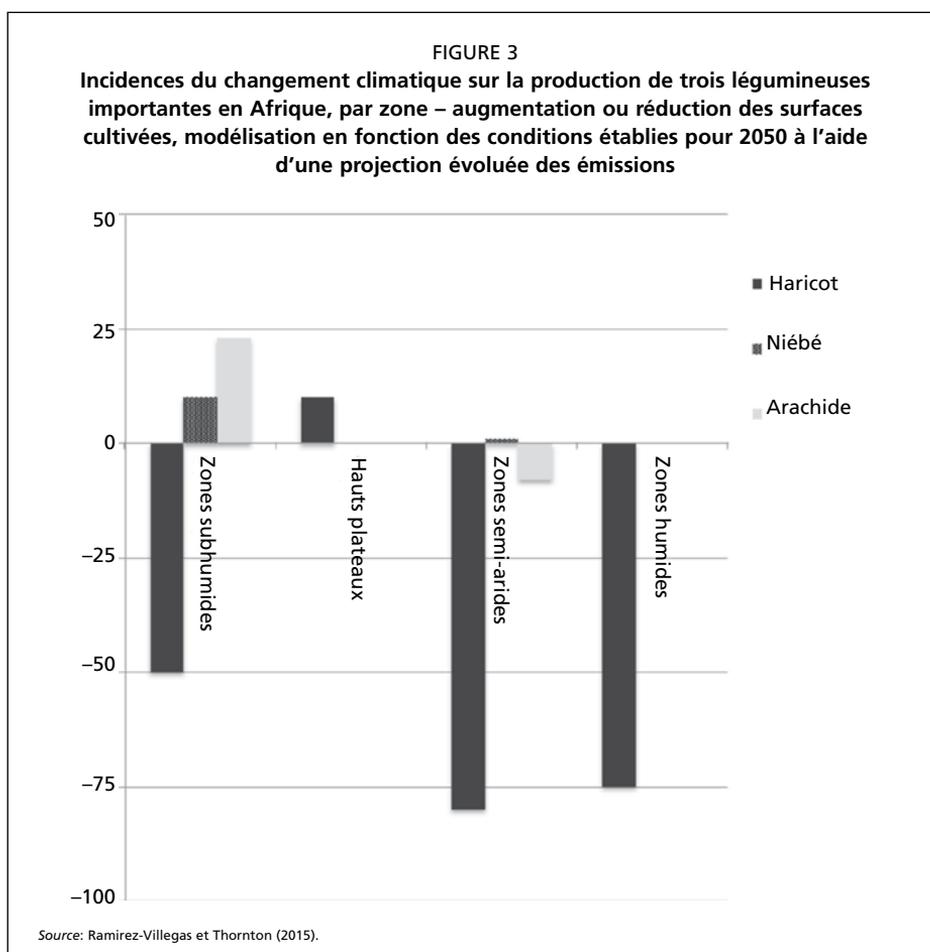
**Tableau 9. Légumineuses mineures polyvalentes et sous-utilisées**

| Technique                              | Recherche à long terme   | Recherche appliquée  | Références  |
|--|--|--|---|
| Génétique                              | Dolique d'Égypte<br>Lupin changeant<br>Pois tubéreux africain<br>(améliorer la qualité des graines, raccourcir le temps de cuisson, mettre au point des graines commercialisables) | Dolique d'Égypte comme légume-feuille<br><br>Identifier des variétés de dolique d'Égypte pour une double utilisation (fourrage et alimentation humaine)                              | Maass <i>et al.</i> , 2010;<br>Geleti <i>et al.</i> , 2014<br>Varshney <i>et al.</i> , 2010 |
| Production – techniques agronomiques   | Suppression des adventices<br>Agronomie du pois tubéreux africain et du haricot de Lima  | Techniques utilisant le système de double culture de légumineuses (SDCL)<br><br>Caractérisation des systèmes agricoles des zones tropicales humides (haricot de Lima, pois tubéreux) | Chikowo <i>et al.</i> , 2014<br>Ibeawuchi, 2007<br>Snapp <i>et al.</i> , 2010               |
| Cuisson / transformation après récolte | Pois mascate et dolique d'Égypte – transformation des graines  |  | Gilbert <i>et al.</i> , 2004  |
| Contexte (marchés, climat, parité)     | Marchés pour de nouveaux types de légumineuses   | Dolique d'Égypte – adaptation à la sécheresse  | Maass <i>et al.</i> , 2010<br>N. Miller, entretien, 2016                                    |

tubéreux africain, le pois mascate et le dolique d'Égypte. Peu d'attention a été portée au recensement de la diversité génétique ni d'ailleurs à la conservation in situ de ce germoplasme si intéressant.

Les recherches sur la caractérisation de la diversité et sur l'amélioration de la qualité des graines et des attributs liés au rendement font partie des actions

prioritaires à mener pour renforcer l'adoption de ces légumineuses mineures. Ces espèces sont souvent considérées comme très importantes dans les cultures et systèmes traditionnels, mais ne sont généralement pas très connues, et peu d'investissements scientifiques leur ont été consacrés. Certaines de ces espèces ont été largement utilisées par le passé, comme le dolique d'Égypte, et, sans surprise, semblent être adaptées à un large éventail de milieux (tableau 9). Des activités sont actuellement menées pour évaluer la diversité des germoplasmes à l'aide d'outils moléculaires (Cullis et Kunert, 2016); cela étant, bien peu d'attention a été portée à la caractérisation génétique phénotypique dans le contexte des petites exploitations agricoles, à la conservation et à l'évaluation des variétés locales (Dwivedi *et al.*, 2016). Nous recommandons d'intégrer des études systématiques – fondées sur des collections de variétés locales et le matériel génétique des collections internationales – dans les grandes priorités de recherche. Il faudra ensuite procéder à des études d'adaptation reposant sur une évaluation du matériel génétique et du milieu; une expérimentation participative sur le lieu d'exploitation sera également importante.



Les sections qui suivent étudient chaque légumineuse au regard des principaux systèmes agricoles de niche.

## **5.1 PRIORITÉS DE RECHERCHE SUR LES LÉGUMES SECS DES ZONES TROPICALES SEMI-ARIDES ET SUBHUMIDES**

### **5.1.1 Haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Adapté à des zones de haute à moyenne altitude, le haricot est très cultivé en Afrique et est présent, dans une certaine mesure, dans presque toutes les zones agroécologiques. Parallèlement, ses rendements sont très dépendants des températures et des précipitations, et il est particulièrement vulnérable au réchauffement climatique, comme le montrent les priorités définies par les chercheurs, examinées ci-après (Redden *et al.*, 2011). De fait, les modèles prévoient une diminution de la zone de production de haricot en Afrique comprise entre 20 pour cent et 80 pour cent d'ici à 2050, à moins que les scientifiques parviennent à augmenter sa tolérance à la chaleur (figure 2; Ramírez-Villegas et Thornton, 2015). Des progrès ont néanmoins été accomplis dans l'adaptation du haricot d'Espagne à la chaleur et à des altitudes moyennes, et d'autres éléments disponibles montrent que des avancées rapides sont possibles en matière de tolérance du haricot à la chaleur (Beebe *et al.*, 2011; Román-Avilés et Beaver, 2016). Les variétés locales de haricot et les plantes apparentées présentent un important potentiel d'adaptation, et devraient être intégrées dans les initiatives de recherche visant à mettre au point des variétés de haricot adaptées aux conditions futures, qui seront marquées par de fortes variations météorologiques et un accroissement des températures (Dwivedi *et al.*, 2016). La tolérance à la sécheresse requiert des investissements à plus long terme que ceux à consacrer à la recherche sur la tolérance à la chaleur; ces deux axes d'étude sont cependant clairement nécessaires.

Les priorités de la recherche sur l'amélioration des systèmes fondés sur le haricot ont été recensées dans une enquête menée auprès de chercheurs africains. En tête de ces priorités figurent l'accroissement des rendements sous des contraintes abiotiques (tolérance à la sécheresse) et l'amélioration de la qualité des graines (réduction du temps de cuisson) (Cichy, Wiesinger et Mendoza, 2015). La deuxième série de priorités la plus citée concerne les systèmes semenciers et l'établissement de liens entre les agriculteurs et les marchés (Rodríguez De Luque et Creamer, 2014). Les autres priorités comprennent la tolérance aux maladies et aux insectes, et notamment aux vers qui s'attaquent aux tiges de haricot. Ces priorités reflètent étroitement à celles exposées dans une étude récente par des scientifiques travaillant sur l'amélioration végétale (Beebe *et al.*, 2012). Les activités de sélection végétale ont longtemps été axées sur la résistance aux maladies, et ont enregistré de nombreuses réussites dans ce domaine. Il est intéressant de noter que les principales priorités mises en avant par ces deux études récentes portaient également sur les contraintes abiotiques et les systèmes semenciers (Beebe *et al.*, 2012; Rodríguez De Luque et Creamer, 2014). Cela montre qu'il faut d'urgence de nouvelles compétences

et des investissements pour étudier la tolérance à la sécheresse, la tolérance à la chaleur et l'efficacité d'utilisation de l'eau des haricots, caractères complexes qui requièrent d'importants investissements.

L'amélioration de la fixation biologique de l'azote ne faisait pas partie des récentes priorités de la recherche sur le haricot, alors qu'il s'agit d'un service environnemental important, dont on souhaite bénéficier, notamment dans les systèmes écologiques fondés sur le maïs qui nécessitent beaucoup d'azote. Les interactions entre la fixation biologique de l'azote et la sécheresse et d'autres contraintes abiotiques constituent un domaine de recherche supplémentaire, présenté par Beebe et ses collègues (2012) comme nécessitant une attention importante et soutenue. Un autre domaine de recherche qui a été presque oublié est celui du rendement des feuilles de haricot; pour les petits exploitants agricoles, les feuilles de haricot sont un légume important et une source de protéines non négligeable, mais ce caractère n'est pas systématiquement étudié par les sélectionneurs. Des progrès rapides pourraient être enregistrés dans ce domaine.

### 5.1.2 Niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

La principale priorité des recherches destinées à améliorer le niébé reste la tolérance aux insectes. Peu de progrès ont été réalisés à ce jour au moyen de la sélection végétale, et il convient de s'intéresser d'urgence à ce problème. Des recherches sont actuellement menées pour élaborer des approches de protection intégrée, notamment d'importantes activités qui s'appuient sur les mesures traditionnelles de lutte contre les ravageurs; cependant, peu d'éléments à ce jour témoignent d'une adoption de la protection intégrée par les agriculteurs, et il faut s'attacher à comprendre les obstacles à cette adoption et à définir des méthodes de vulgarisation efficaces (Tamò *et al.*, 2012). La détermination des techniques agronomiques rentables et adoptables dans la pratique est un autre domaine de recherche complexe, car les terres semi-arides et marginales sur lesquelles le niébé est cultivé en Afrique nécessitent une utilisation judicieuse des intrants et une gestion zonale afin d'optimiser le rendement des nutriments (Buerkert et Schlecht, 2013).

On a observé une croissance rapide de la zone occupée par le niébé ces dernières années en Afrique de l'Ouest, où ce produit est une importante source de protéines et, dans certaines zones, de revenus (encadré 1). Le niébé est de plus en plus apprécié en Afrique australe également (figure 1). Cela étant, peu de recherches sont menées sur les variétés qui ont été adoptées, les écarts de rendement, ou les barrières à l'adoption ou à l'amélioration des résultats (Pachico, 2014). Une étude fondatrice a montré que les femmes s'intéressaient souvent aux caractères de qualité des graines, notamment s'agissant des propriétés de cuisson, du stockage, de la transformation et du goût – et cela valait à la fois pour les consommateurs et les producteurs d'Afrique de l'Ouest (Mishili *et al.*, 2009). Ce type d'évaluation de la sélection génétique participative, mené en collaboration avec les agriculteurs, femmes et hommes, pourrait se révéler essentiel pour mettre au point des variétés correspondant aux

préférences des agriculteurs ainsi que des variétés correspondant aux préférences des marchés (Ashby, 2009).

### 5.1.3 Arachide (*Arachis hypogaea* L.)

Les priorités de la recherche sur l'arachide doivent tenir compte du rôle de cette plante en tant que source de protéines, d'huile et de revenus dans toutes les zones tropicales subhumides, en particulier dans les régions où les températures sont élevées. Cette espèce est également très importante en tant que culture exploitée en rotation, car elle permet d'accroître de manière durable les rendements de maïs, et elle est utilisée comme culture intercalaire dans de nombreuses régions (Waddington *et al.*, 2007). Les producteurs d'arachide sont confrontés à divers problèmes, mais les plus importants, pour les petits exploitants, sont le manque d'accès à des semences de qualité, la charge de travail importante liée à l'élimination des adventices, à la récolte et aux opérations après récolte, et les questions de sécurité sanitaire des aliments. Il a été estimé que la récolte, le battage et le décorticage nécessitaient 75 jours-personnes par tonne (Ojiem *et al.*, 2014). Une variété caractérisée par une plus grande concentration des gousses a été largement adoptée au Malawi, car plus facile à récolter et à battre que les variétés traditionnelles, et nécessitant moins de travail, notamment pour les femmes (Tsusaka *et al.*, 2016); ce caractère pourrait être recherché dans d'autres programmes de sélection. L'un des principaux axes de l'amélioration génétique de l'arachide a consisté à mettre au point des variétés résistantes aux maladies. Cependant, une étude récente a révélé de très faibles niveaux d'adoption des variétés mises au point au cours des deux dernières décennies, ce qui semble indiquer qu'il est nécessaire que les chercheurs accordent davantage d'attention aux obstacles à l'adoption (Pachico, 2014). Cela est particulièrement vrai en Afrique de l'Ouest, où on a observé de manière générale une stagnation des rendements de l'arachide.

La détermination des facteurs d'adoption doit être intégrée aux priorités de la recherche, de manière à pouvoir mettre au point des variétés d'arachide plus adaptées aux ensembles complexes de systèmes agricoles de niche et à pouvoir différencier les besoins selon les sexes, le cas échéant (Ortega *et al.*, 2016). Il est important que les préférences des femmes et des hommes soient considérées comme l'un des aspects clés de la sélection végétale participative; cela permettra de mettre au point des variétés de légumes secs qui répondront aux besoins locaux et qui seront susceptibles d'être largement adoptées (Ceccarelli, Grando et Baum, 2007; Weltzien, vom Brocke et Rattunde, 2005). La graine d'arachide est associée à un large éventail de facteurs de qualité – notamment la teneur en huile et la qualité de cette dernière – lesquels influent sur la durée de conservation ainsi que sur les préférences des marchés. Il faudra peut-être s'attarder sur ce point dans un avenir proche afin de favoriser une large adoption des variétés (Janila *et al.*, 2013).

Il est important de prendre en compte les groupes de maturation pour adapter une variété à une niche; une meilleure compréhension de l'éventail de types de maturation ainsi que des habitudes de croissance de l'arachide aiderait

à répondre aux préférences complexes des petits exploitants en ce qui concerne les caractères génétiques des légumes secs (Pachico, 2014). Les agriculteurs souhaitent en outre souvent une diversité des types de graines: certains types dotés de caractères de qualité recherchés par des marchés spécifiques (condiment, huile) et d'autres présentant par exemple un calendrier de production adapté aux besoins en matière de sécurité alimentaire et de nutrition familiale. La stratégie consistant à s'intéresser aux systèmes semenciers et à produire une gamme de cultivars correspondant aux classes recherchées pour différents marchés et pour une utilisation personnelle a permis de développer la culture des haricots en Afrique, et il conviendrait d'analyser cette réussite afin de déterminer si l'on peut en tirer des enseignements intéressants pour l'arachide (Rubyogo *et al.*, 2010).

#### **5.1.4. Pois d'Angole [*Cajanus cajan* (L.) Walp.]**

Le pois d'Angole est une culture importante dans certaines régions d'Afrique de l'Est et d'Afrique orientale, et la superficie qui y est consacrée a augmenté rapidement (croissance de plus de 10 pour cent par an) au Malawi et au Mozambique au cours des sept dernières années (FAOStat, site consulté le 20 octobre 2016). La phénologie du pois d'Angole est particulière, avec une croissance lente au départ, les branches ne commençant à pousser à partir de la tige centrale qu'au bout de trois ou quatre mois. Cet arbuste est compatible pendant une certaine durée avec des plantes annuelles telles que le maïs, et est presque toujours utilisé comme culture associée (Snapp, Blackie et Donovan, 2003). La sélection végétale et la recherche agronomique ont été principalement axées sur la mise au point de variétés de pois d'Angole associées à un cycle plus court et destinées à être cultivées seules, ce qui constitue une rupture majeure avec l'utilisation habituelle de cette plante dans les exploitations africaines. Les recherches ont rarement eu pour priorité d'étudier les propriétés du pois d'Angole qui enrichissent les sols en nutriments, et notamment l'architecture du système racinaire et les caractéristiques physiologiques qui contribuent à la fixation biologique de l'azote et à la solubilisation du phosphore. On pense que les caractères liés aux exsudats racinaires et à la rhizosphère, auxquels s'ajoute la longue durée de croissance, contribuent à la capacité (documentée dans des travaux) du pois d'Angole de contribuer à transformer des réserves de phosphore non disponibles et peu solubles en réserves assimilables par d'autres plantes, mais on n'a pas étudié en détail les moyens d'améliorer ces caractères (Myaka *et al.*, 2006). Une étude récente a fourni des éléments montrant que le rôle d'agrégation du sol assuré par le pois d'Angole via la rhizosphère pourrait être un mécanisme intermédiaire crucial pour l'amélioration de la disponibilité du phosphore (Garland *et al.*, 2016); cette question mériterait des travaux complémentaires.

L'augmentation et la stabilité des rendements de maïs cultivé en alternance avec le pois d'Angole ont fait l'objet d'expériences sur le terrain au Malawi; cependant, on ne dispose de presque aucune étude sur les mécanismes

correspondants (Snapp *et al.*, 2010). En revanche, le pois d'Angole est rarement associé à des rendements élevés en graines. Des études récentes sur une sélection d'essais ont montré que les agriculteurs n'utilisaient pas tous le pois d'Angole pour les mêmes services: certains privilégient les rendements, tandis que d'autres cherchent à améliorer la fertilité des sols ou à produire du combustible (Waldman *et al.*, 2017).

De plus en plus d'éléments montrent une augmentation de la demande de variétés de pois d'Angole résistantes aux insectes nuisibles et fournissant plusieurs services (voir plus haut). Des témoignages confirment que les attributs privilégiés par les agriculteurs sont ceux qui se rapportent à l'utilisation comme combustible, à la tolérance aux insectes et à l'amélioration de la fertilité des sols. Mthawajumi, une variété non commerciale de pois d'Angole, s'est rapidement propagée au Mozambique et au Malawi (Orr *et al.*, 2015). Des entretiens avec les agriculteurs ont permis de déterminer que le recépage du pois d'Angole est une pratique largement répandue dans les petites exploitations, ce qui plaide en faveur d'une évaluation systématique de la possibilité de recépage et des avantages environnementaux connexes (Rogé *et al.*, 2016).

L'intérêt des agriculteurs se porte souvent sur la polyvalence, notamment dans le contexte africain. Il est donc surprenant, et peut-être contre-productif, que les recherches menées sur le pois d'Angole aient privilégié des caractères principalement recherchés par les marchés (grosses graines, par exemple) et des variétés à cycle extrêmement court et à port érigé, associées à un indice de récolte élevé (ICRISAT Happenings, décembre 2015). Ce type de pois d'Angole ne produit pas les grandes tiges utilisées comme combustible et donne des quantités modestes de feuillage (utilisé à d'autres fins – comme fourrage, par exemple). On conçoit de plus en plus la nécessité de disposer de types de pois d'Angole à double usage, mais cette évolution ne transparait pas encore dans les activités et les financements (Kaoneka *et al.*, 2016). Un effort concerté pour collecter le germoplasme des variétés locales de pois d'Angole et documenter leur utilisation à des fins multiples compléterait avantageusement les activités d'amélioration qui sont menées actuellement. Compte tenu de ce qui a été observé en ce qui concerne la tolérance aux insectes de la variété privilégiée par les agriculteurs au Mozambique et au Malawi, ce type d'évaluation des résultats au niveau des exploitations, associé à une documentation systématique des variétés utilisées par les agriculteurs, pourrait déboucher sur des améliorations rapides (Orr *et al.*, 2015).

## **5.2 PRIORITÉS DE RECHERCHE SUR LES LÉGUMES SECS DES ZONES TROPICALES HUMIDES**

Très peu de légumineuses sont adaptées aux zones chaudes et humides, et la mise au point de variétés de ce type devrait figurer dans les futures priorités de recherche. Cela demandera un effort concerté, car la pression exercée par les maladies et les insectes dans les conditions tropicales humides est élevée, et les légumineuses sont particulièrement sensibles aux stress biotiques (voir plus

haut). Quelques espèces affichent un certain potentiel d'adaptation, comme le haricot de Lima tropical et le pois tubéreux africain, cependant nous n'avons trouvé aucun élément témoignant d'études systématiques d'adaptation, ou d'activités visant à améliorer l'une de ces deux espèces en vue de son utilisation dans un système agricole en zone tropicale humide (tableau 9).

### **5.3 PRIORITÉS DE RECHERCHE SUR LES LÉGUMES SECS DES HAUTS PLATEAUX TROPICAUX**

Les plantes adaptées aux hauts plateaux comprennent plusieurs espèces de *Phaseolus*, notamment le haricot d'Espagne, qui peut être cultivé à de très hautes altitudes (supérieures à 3 000 mètres au-dessus du niveau de la mer), et que l'on trouve dans le monde entier dans les systèmes agricoles de niche des hauts plateaux. De nombreux cultivars de *Phaseolus vulgaris* sont également adaptés aux altitudes élevées, les types grimpants étant généralement cultivés entre 2 000 et 3 200 mètres au-dessus de la mer. Le lupin changeant (*Lupinus mutabilis* Sweet) est une autre légumineuse adaptée aux altitudes élevées, bien qu'elle soit surtout cultivée en Amérique du Sud. Pour augmenter l'utilisation de cette légumineuse polyvalente importante, il faudra mettre au point des types de graines conformes à la demande des marchés et aux préférences locales en Afrique (tableau 9). Le pois d'Angole peut être cultivé jusqu'à 3 000 mètres au-dessus de la mer, bien que les températures plus basses en haute altitude ne soient pas propices à des rendements élevés; il faudra mener d'urgence des études d'adaptation, en parallèle avec les activités d'amélioration végétale et de sélection génétique participative, si l'on veut encourager l'utilisation de cette plante sur les hauts plateaux (tableau 8; Silim *et al.*, 2007).

### **5.4 PRIORITÉS DE RECHERCHE SUR LES LÉGUMES SECS DANS LES SYSTÈMES RIZICOLES IRRIGUÉS**

Très peu de recherches ont été menées sur la diversification du riz irrigué avec des légumineuses en Afrique. Le potentiel du riz irrigué en matière de gestion durable et rentable des sols a été démontré dans des études sur le terrain qui se sont penchées sur l'intégration de légumineuses utilisées comme engrais vert et l'alternance d'une culture de légumineuse et d'une culture de riz (Becker et Johnson, 1999). Cette solution n'a été adoptée qu'à petite échelle en Asie du Sud (Lauren *et al.*, 2001), et on ne trouve aucune étude mentionnant son adoption en Afrique. Les obstacles à l'adoption devraient figurer dans les priorités de recherche, afin de déterminer le potentiel, les limites et les possibilités associés à la diversification des systèmes rizicoles africains avec des légumineuses.

### **5.5 NOUVELLES ORIENTATIONS DE RECHERCHE**

Les légumineuses jouent un rôle écologique essentiel en raison de leur capacité à fixer biologiquement l'azote et de leurs propriétés biochimiques connexes,

qui font d'elles une importante source de protéines et de divers autres nutriments (Topps, 1992). Or on a accordé peu d'attention à l'exploitation de ces capacités.

Du fait de leurs propriétés uniques, les légumineuses polyvalentes constituent une option intéressante pour les agriculteurs; elles sont cependant été largement négligées, mis à part les espèces fourragères ou agroforestières. On peut mettre au point des légumineuses alimentaires à croissance longue, produisant des quantités considérables de matière végétale et dotées de systèmes racinaires profonds, ou en sélectionner parmi les variétés traditionnelles (Snapp, 2017). Les feuilles de certaines espèces (haricot ou niébé, par exemple) peuvent être consommées en tant que légume. Dans presque tous les cas, elles peuvent être utilisées comme fourrage. Le système racinaire abrite des micro-organismes, améliore l'agrégation du sol, et favorise ainsi l'accumulation de carbone dans le sol et, dans de nombreux cas, produit des exsudats racinaires qui solubilisent le phosphore (Ae *et al.*, 1990). Ces phénomènes sont à la base des ressources naturelles et du potentiel de production du système de culture dans son ensemble. Dans cette optique, un investissement dans les activités de sélection végétale sera essentiel pour mettre au point un plus large éventail de génotypes de légumes secs dotés de ces nouveaux caractères génétiques, au sein du germoplasme privilégié par les agriculteurs.

## 6. Conclusions et recommandations

Les formateurs et les décideurs publics doivent s'intéresser à la manière dont ils peuvent promouvoir les légumineuses. La première étape consiste à collecter des données de bonne qualité afin de savoir où les légumineuses sont cultivées et à quelles fins. Les statistiques agricoles ne sont pas très fournies pour les légumes secs; elles regroupent notamment des espèces de haricot différentes, et ne reflètent pas avec exactitude ce qui est réellement cultivé dans de nombreux pays. Des règles et des protocoles sont nécessaires pour favoriser une étude plus détaillée des systèmes de culture des petits exploitants, notamment un suivi des nombreuses espèces et variétés de légumineuses négligées, ainsi que de la consommation, de sorte que les statistiques agricoles indiquent plus précisément les légumineuses cultivées, et où elles sont cultivées. La malnutrition est un problème pressant, et les disponibilités de protéines végétales sont insuffisantes. L'évolution vers des régimes alimentaires plus diversifiés et de plus grande qualité nécessite d'urgence des actions de sensibilisation au rôle des légumineuses dans la nutrition familiale.

Les légumineuses sont à la base d'un développement agricole viable sur le plan écologique et axé sur les besoins des agriculteurs du continent africain.

La conservation de la matière organique du sol et l'accroissement durable de la disponibilité de l'azote et du phosphore sont des questions fondamentales pour l'amélioration de la productivité à l'échelle mondiale. Parmi les priorités de recherche figure la nécessité d'investir dans des espèces de légumes secs polyvalentes afin d'instaurer des systèmes agricoles résilients, l'accent mis jusqu'ici sur les indicateurs de rendement n'étant pas suffisant pour profiter de tous les avantages que peut apporter l'intégration de divers types de légumineuses dans les systèmes de culture. Les phénomènes météorologiques extrêmes et la sécheresse appellent un renforcement de la résilience des systèmes agricoles, et la diversification des cultures avec différentes légumineuses contribuera à atténuer les risques auxquels ces derniers sont exposés. Les types de niébé et de haricot à maturation précoce et à croissance rapide donnent une récolte même en cas de sécheresse, et les variétés de pois d'Angole et de dolique d'Égypte à cycle long présentent l'avantage de produire des graines, des feuilles utilisables comme légume et du fourrage dans des conditions météorologiques très variables.

## 7. Recommandations clés

- Renforcer les travaux consacrés à la communication de statistiques sur les légumes secs et autres légumineuses
- Encourager les innovations dans le domaine des légumineuses, telles que les systèmes à double culture de légumineuses (SDCL), l'utilisation du haricot d'Espagne, la mise au point de haricots à temps de cuisson court, la préparation des semences, et la promotion des variétés de légumes secs privilégiées par les agriculteurs
- Renforcer la résilience des exploitations familiales face aux chocs climatiques et aux perturbations des marchés grâce à une diversification avec des légumineuses à cycle court et long
- Favoriser une diversification judicieuse avec des légumineuses en vue d'une intégration de l'agriculture et de l'élevage et d'une gestion efficiente et durable des engrais
- Donner la priorité à une sélection végétale axée sur les légumineuses de type de croissance indéterminé, avec une production végétative abondante, qui assurent différents services et présentent une résistance aux organismes nuisibles, des propriétés biochimiques favorisant la nutrition, et des caractères génétiques répondant aux besoins des différents acteurs
- Appuyer les recherches qui améliorent la qualité et la gestion des légumineuses, afin de contribuer à des rendements plus durables tout en favorisant l'accumulation de carbone, d'azote et de phosphore dans le sol
- Veiller à ce que les recommandations sur les politiques tiennent compte de l'importance des légumineuses pour les femmes et les familles, en prêtant

une attention particulière à la nutrition, à la sécurité sanitaire des aliments et aux activités de transformation

## Références

- Abate, T., Alene, A.D., Bergvinson, D., Shiferaw, B., Orr, A. & Aasfaw, S. 2012. Tropical grain legumes in Africa and South Asia: Knowledge and opportunities. Research Report, ICRISAT, Nairobi.
- Abdalla, E.A., Osman, A.K., Maki, M.A., Nur, F.M., Ali, S.B. & Aune, J.B. 2015. The response of sorghum, groundnut, sesame, and cowpea to seed priming and fertilizer micro-dosing in South Kordofan State, Sudan. *Agronomy*, 5(4): 476–490.
- Ae, N., Arihara, J., Okada, K., Yoshihara, T. & Johansen, C. 1990. Phosphorus uptake by pigeonpea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science*, 248: 477–480.
- Agunbiade, T.A., Coates, B.S., Datinon, B., Djouaka, R., Sun, W., Tamò, M. & Pittendrigh, B.R., 2014. Genetic differentiation among *Maruca vitrata* F. (Lepidoptera: Crambidae) populations on cultivated cowpea and wild host plants: implications for insect resistance management and biological control strategies. *PLoS One*, 9(3): e92072.
- Alene, A.D. & Manyong, V.M. 2006. Farmer-to-farmer technology diffusion and yield variation among adopters: the case of improved cowpea in northern Nigeria. *Agricultural Economics*, 35(2): 203–211.
- Amare, A., Selvaraj, T. & Amin, M. 2014. Evaluation of various fungicides and soil solarization practices for the management of common bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) and seed yield and loss in Hararge Highlands of Ethiopia. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 6(1): 1–10.
- Ashby, J. 2009. The impact of participatory plant breeding. Pp. 649–671, in: S. Ceccarelli, E.P. Guimarães et E. Weltzien (eds), *Plant breeding and farmer participation*. Rome, Italy, FAO.
- Asif, M., Rooney, L.W., Ali, R. & Riaz, M.N. 2013. Application and opportunities of pulses in food system: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(11): 1168–1179.
- Aune, J.B. & Bationo, A. 2008. Agricultural intensification in the Sahel – the ladder approach. *Agricultural Systems*, 98(2): 119–125.
- Bantilan, M.C.S., Kumara Charyula, D., Guar, P., Moses Shyam, D. & Davis, J.S. 2014. Short duration chickpea technology: Enabling legumes revolution in Andhra Pradesh India. Research Report No. 23. Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. ([www.icrisat.org/what-we-do/mip/SPIA/pdf](http://www.icrisat.org/what-we-do/mip/SPIA/pdf))
- Baoua, I.B., Amadou, L., Margam, V. & Murdock, L.L. 2012. Comparative evaluation of six storage methods for postharvest preservation of cowpea grain. *Journal of Stored Products Research*, 49: 171–175.
- Barrios, E., Buresh, R.J. & Sprent, J.I. 1996. Organic matter in soil particle size and density fractions from maize and legume cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(2): 185–193.
- Becker, M. & Johnson, D. 1999. The role of legume fallows in intensified upland rice-based systems of West Africa. *Nutrient cycling in Agro-Ecosystems*, 53: 71–81.

- Beebe, S., Ramírez, J., Jarvis, A., Rao, I.M., Mosquera, G., Bueno, J.M. & Blair, M.W. 2011. Genetic improvement of common bean and the challenges of climate change. Pp. 356–370, in: S.S. Yadav, R.J. Redden, J.L. Hatfield, H. Lotze-Campen et A.E. Hall (eds), *Crop adaptation to climate change*. Wiley-Blackwell.
- Beebe, S.E., Rao, I.M., Mukankusi, C. & Buruchara, R.A. 2012. Improving resource use efficiency and reducing risk of common bean production in Africa, Latin America, and the Caribbean. Pp. 117–134, in: C.H. Hershey et P. Nate (eds), *Eco-efficiency: from vision to reality*. CIAT, Cali, Colombia.
- Bekunda, M., Sanginga, N. & Woomer, P.L. 2010. Restoring Soil Fertility in sub-Saharan Africa. *Advances in Agronomy*, 108: 183–236.
- Bezner-Kerr, R.B., Berti, P.R. & Shumba, L. 2011. Effects of a participatory agriculture and nutrition education project on child growth in northern Malawi. *Public Health and Nutrition*, 14(8): 1466–1472.
- Blackie M. & Dixon J. 2016. Maize mixed farming systems: an engine for rural growth. Chapter in: J. Dixon, D. Garrity, J.M. Boffa, T. Williams & T. Amede, avec C. Auricht, R. Lott, & G. Mburathi, (eds). *Farming Systems and Food Security in Africa: Priorities for science and policy under global change*. London and New York, USA, Routledge.
- Bondeau, A., Smith, P.C., Zaehle, S., Schaphoff, S., Lucht, W., Cramer, W., Gerten, D., Lotze-Campen, H., Müller, C., Reichstein, M. & Smith, B. 2007. Modelling the role of agriculture for the 20th century global terrestrial carbon balance. *Global Change Biology*, 13: 679–706.
- Buerkert, A. & Schlecht, E. 2013. Agricultural innovations in small scale farming systems of Sugano-Sahelian West Africa: Some prerequisites for success. *Secheresse*, 24: 322–329.
- Ceccarelli, S., Grando, S. & Baum, M. 2007. Participatory plant breeding in water-limited environments. *Experimental Agriculture*, 43: 411–435.
- Checa, O.E., & Blair, M.W. 2012. Inheritance of Yield-Related Traits in Climbing Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Science* 52(5): 1998–2013. DOI: 10.2135/cropsci2011.07.0368
- Chikowo, R., Zingore, S., Nyamangara, J., Bekunda, M., Messina, J. & Snapp, S.S. 2014. Approaches to reinforce crop productivity under water-limited conditions in sub-humid environments in Africa. Pp. 235–253, in: R. Lal, D. Mwase et F. Hansen (eds), *Sustainable intensification to advance food security and enhance climate resilience in Africa*. Springer.
- Cichy, K.A., Caldas, G.V. Snapp, S.S. & Blair, M.W. 2009. QTL analysis of seed iron, zinc, and phosphorus levels in an Andean bean population. *Crop Science*, 49: 1742–1750.
- Cichy, K.A., Wiesinger, J.A. & Mendoza, F.A. 2015. Genetic diversity and genome-wide association analysis of cooking time in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 128(8): 1555–1567.
- Cullis, C. & Kunert, K.J. 2016. Unlocking the potential of orphan legumes. *Journal of Experimental Botany*, 68(8): 1895–1903 Special Issue S1. DOI: 10.1093/jxb/erw437
- Dalton, T. K. Cardwell & T. Katsvario. 2012. External evaluation report on the peanut collaborative research support programme. Bureau of Food Security, USAID.
- David, S. & Sperling, L. 1999. Improving technology delivery mechanisms: lessons from bean seed systems research in Eastern and Central Africa. *Agriculture and Human Values*, 16: 381–388.
- Davis, K., Nkonya, E., Kato, E., Mekonnen, D.A., Odendo, M., Miir, R. & Nkuba J. 2012. Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in eastern Africa. *World Development* 40(2): 402–413.

- Deshpande, S.S., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K. & Cornforth, D.P. 1982. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 47(6): 1846–1850.
- Dixon, R.A. & Sumner, L.W. 2003. Legume natural products: understanding and manipulating complex pathways for human and animal health. *Plant Physiology*, 131(3): 878–885.
- Drinkwater, L.E. & Snapp, S.S. 2008. Nutrients in agroecosystems: Rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy*, 92: 163–186.
- Dwivedi, S.L., Ceccarelli, S., Blair, M.W., Upadhyaya, H.D., Are, A.K. & Ortiz, R. 2016. Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends in Plant Science*, 21(1): 31–42.
- Eitzinger, A., Läderach, P., Rodriguez, B., Fisher, M., Beebe, S., Sonder, K. & Schmidt, A. 2016. Assessing high-impact spots of climate change: spatial yield simulations with Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) model. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. DOI: 10.1007/s11027-015-9696-2
- FAO. 1994. *Definition and classification of commodities, 4. Pulses and derived products*. Rome. [Cited 22 September 2016]. <http://www.fao.org/es/faodef/fdef04e.htm>.
- FAO. 2014. FAOSTAT: Statistics for the year 2014. Rome. [Cited 7 October 2016]. <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- FAO. 2016. Agroecology profile 'Integrating diverse grain legume for increased land productivity on small farms in Malawi'. Rome. [Cited 4 October 2016]. <http://www.fao.org/agroecology/knowledge/practices/en/>
- Ferguson, A. 1994. Gendered science: a critique of agricultural development. *American Anthropologist* 96: 540–552.
- Fisher, M. & Snapp, S.S. 2014. Can adoption of modern maize help smallholder farmers manage drought risk? Evidence from southern Malawi. *Experimental Agriculture*, 50: 533–548.
- Fornara, D.A. & Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 96(2): 314–322.
- Garland, G., Bünemann, E.K., Oberson, A., Frossard, E. & Six, J. 2016. Plant-mediated rhizospheric interactions in maize-pigeon pea intercropping enhance soil aggregation and organic phosphorus storage. *Plant and Soil*, 415(1–2): 37–55.
- Gasparri, N.I., Kuemmerle, T., Meyfroidt, P., Waroux, Y. & Kreft, H., 2016. The emerging soybean production frontier in Southern Africa: Conservation challenges and the role of south–south telecouplings. *Conservation Letters*, 9: 21–31.
- Geleti, D., Hailemariam, M., Mengistu, A. & Tolera, A. 2014. Characterization of elite cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) accessions grown under sub-humid climatic conditions of western Oromia, Ethiopia: Herbage and crude protein yields and forage quality. *Journal of Animal Science Advances*, 4(1): 682–689.
- Gilbert, R.A. 2004. Best-bet legumes for smallholder maize-based cropping systems of Malawi. Pp. 153–174, in: M. Eilittä, J. Mureithi et R. Derpsch (eds), *Green manure/cover crop systems of smallholder farmers*. Dordrecht, The Netherlands, Springer.
- Giller, K.E. & Cadisch, G. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: An ecological approach to agriculture. *Plant and Soil*, 174: 255–277.
- Glover, J. D., Reganold, J.P. & Cox, C.M. 2012. Plant Perennials to Save Africa's Soils. *Nature*, 489 (7416): 359–361.

- Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. & Nyamudeza, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. *Agricultural Systems*, 69(1): 151–164.
- Ibeawuchi, I.I. 2007. Soil-chemical properties as affected by yam/cassava/landrace legumes intercropping systems in Owerri Ultisols Southeastern Nigeria. *International Journal of Soil Science*, 2: 62–68.
- Isaacs, K.B., Snapp, S.S., Chung, K.R. & Waldman, K.B. 2016a. Assessing the value of diverse cropping systems under a new agricultural policy environment in Rwanda. *Food Security*, 8(3): 491–506. DOI: 10.1007/s12571-016-0582-x
- Isaacs, K.B., Snapp, S.S., Kelly, J.D. & Chung, K.R. 2016b. Farmer knowledge identifies a competitive bean ideotype for maize-bean intercrop systems in Rwanda. *Agriculture & Food Security*, 5(1): 1–6.
- Janila, P., Nigam, S.N., Pandey, M.K., Nagesh, P. & Varshney, R.K. 2013. Groundnut improvement: use of genetic and genomic tools. *Frontiers in Plant Science*, 4: Article 23.
- Jere, P., Orr, A. & Simtowe, F. 2013. *Assessment of smallholder seed groups performance and market linkages in Southern Malawi*. Series Paper Number 12. Nairobi, Kenya ICRISAT.
- Johnson, N., Atherstone, C. & Grace, D. 2015. The potential of farm-level technologies and practices to contribute to reducing consumer exposure to aflatoxins: A theory of change analysis. IFPRI Discussion Paper 01452. Washington, D.C., USA, International Food Policy Research Institute.
- Johnson, N.L., Lilja, N. & Ashby, J.A. 2003. Measuring the impact of user participation in agricultural and natural resource management research. *Agricultural Systems*, 78(2): 287–306.
- Kadyampakeni, D.M., Mloza-Banda, H.R. Singa, D.D., Mangisoni, J.H. Ferguson, A. & Snapp, S. 2013. Agronomic and socio-economic analysis of water management techniques for dry season cultivation of common bean in Malawi. *Irrigation Science*, 31: 537–544.
- Kamara, A.Y., Tefera, H., Ewansiha, S.U., Ajeigbe, H.A., Okechukwu, R., Boukar, O. & Omoigui, L.O. 2011. Genetic gain in yield and agronomic characteristics of cowpea cultivars developed in the Sudan savannas of Nigeria over the past three decades. *Crop Science*, 51(5): 1877–1886.
- Kamfwa, K., Cichy, K.A. and Kelly, J.D. 2015. Genome-wide association analysis of symbiotic nitrogen fixation in common bean. *Theoretical and Applied Genetics*, 128(10): 1999–2017.
- Kane, D., Rogé, P. & Snapp, S. 2016. A systematic review of perennial staple crops literature using topic modeling and bibliometric analysis. *PLoS One*, 11: e0155788
- Kanyama-Phiri, G.Y., Snapp, S.S. & Minae, S. 1998. Partnership with Malawian farmers to develop organic matter technologies. *Outlook on Agriculture* 27: 167–175.
- Kaoneka, S. R., Saxena, R.K., Silim, S.N., Odeny, D.A., Ganga Rao, N.V.P.R., Shimelis, H.A., Siambi, M. & Varshney, R.K. 2016. Pigeonpea breeding in eastern and southern Africa: challenges and opportunities. *Plant Breeding*, 135: 148–154. DOI: 10.1111/pbr.12340
- Kee-Tui, S.H.K., Valbuena, D., Masikati, P., Descheemaeker, K., Nyamangara, J., Claessens, L., Erenstein, O., Van Rooyen, A. & Nkomboni, D. 2015. Economic trade-offs of biomass use in crop-livestock systems: Exploring more sustainable options in semi-arid Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 134: 48–60.
- Kitch, L.W., Boukar, O., Endondo, C. & Murdock, L.L. 1998. Farmer acceptability criteria in breeding cowpea. *Experimental Agriculture*, 34(4): 475–486.
- Koroma, S., Molina, P.B., Woolfrey, S., Rampa, F. & You, N. 2016. *Promoting regional trade in pulses in the Horn of Africa*. Accra, Ghana, FAO.

- Koutika, L.S., Nolte, C., Yemefack, M., Ndango, R., Folefoc, D. & Weise, S. 2005. Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status. *Geoderma*, 125: 343–354.
- Kristjanson, P., Okike, I., Tarawali, S., Singh, B.B. & Manyong, V.M. 2005. Farmers' perceptions of benefits and factors affecting the adoption of improved dual-purpose cowpea in the dry savannas of Nigeria. *Agricultural Economics*, 32(2): 195–210.
- Larochelle, C., Alwang, J., Norton, G.W., Katungi, E. & Labarta, R.A. 2015. Impacts of improved bean varieties on poverty and food security in Uganda and Rwanda. Pp. 314–337, in: T.S. Walker et J.R. Alwang (eds), *Crop improvement, adoption and impact of improved varieties in food crops in sub-Saharan Africa*. Montpellier, France, CGIAR Consortium of International Agricultural Research Centers and Wallingford, UK, CAB International.
- Lauren, J.G., Shrestha, R., Sattar, M.A. & Yadav, R.L. 2001. Legumes and Diversification of the Rice-Wheat Cropping System. *Journal of Crop Production*, 3: 67–102.
- Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B. & Lock, M. 2005. *Legumes of the world*. Kew, UK, The Royal Botanic Gardens.
- Maass, B.L., Knox, M.R., Venkatesha, S.C., Angessa, T.T., Ramme, S.B. & Pengelly, C. 2010. *Lablab purpureus* – A crop lost for Africa? *Tropical Plant Biology*, 3(3): 123–135.
- Marinus, W., Ronner, E., van de Ven, G.W., Kanampiu, F.K., Adjei-Nsiah, S. & Giller, K.E. 2016. What role for legumes in sustainable intensification? – Case studies in Western Kenya and Northern Ghana for PROIntensAfrica. [Cited 7 October 2016]. [www.N2Africa.org](http://www.N2Africa.org).
- McGuire, S. & Sperling, L. 2016. Seed systems smallholder farmers use. *Food Security*, 8: 179–195. DOI: 10.1007/s12571-015-0528-8
- Mhango, W., Snapp, S.S. & Kanyama-Phiri, G.Y. 2013. Opportunities and constraints to legume diversification for sustainable cereal production on African smallholder farms. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28: 234–244.
- MBG [Missouri Botanical Garden]. 2016. Taxonomic database Tropicos. Saint Louis. [Cited 30 September 2016]. <http://www.tropicos.org>.
- Messina, M.J. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 439–450.
- Mishili, F.J., Fulton, J., Shehu, M., Kushwaha, S., Marfo, K., Jamal, M., Kergna, A. & Lowenberg-DeBoer, J. 2009. Consumer preferences for quality characteristics along the cowpea value chain in Nigeria, Ghana, and Mali. *Agribusiness*, 25(1): 16–35.
- Monyo, E.S. & Varshney, R.K. 2016. *Seven seasons of learning and engaging smallholder farmers in the drought-prone areas of sub-Saharan Africa and South Asia through Tropical Legumes, 2007–2014*. Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Moussa, B.M., Diouf, A., Abdourahamane, S.I., Axelsen, J.A., Ambouta, K.J. & Mahamane, A. 2016. Combined traditional water harvesting (Zaï) and mulching techniques increase available soil phosphorus content and millet yield. *Journal of Agricultural Science*, 8: 126–139.
- Muthoni, R.A. & Andrade, R. 2015. The performance of bean improvement programmes in sub-Saharan Africa from the perspectives of varietal output and adoption. Pp. 148–163, in: T.S. Walker et J.R. Alwang (eds), *Crop improvement, adoption and impact of improved varieties in food crops in sub-Saharan Africa*. Montpellier, France, CGIAR Consortium of International Agricultural Research Centers and Wallingford, UK, CAB International.

- Myaka, F.A., Sakala, W.D., Adu-Gyamfi, J.J., Kamalongo, D., Ngwira, A., Odgaard, R., Nielsen, N.E. & Høgh-Jensen, H. 2006. Yields and accumulations of N and P in farmer-managed maize-pigeonpea intercrops in semi-arid Africa. *Plant and Soil*, 285: 207–220.
- NAS (National Academy of Sciences). 1979. Tropical Legumes: Resources for the Future. Washington, D.C., USA, National Academy of Sciences.
- Ncube, B., Dimes, J.P., van Wijk, M.T., Twomlow, S.J. & Giller, K.E. 2009. Productivity and residual benefits of grain legumes to sorghum under semi-arid conditions in south-western Zimbabwe: Unravelling the effects of water and nitrogen using a simulation model. *Field Crops Research*, 110(2): 173–184.
- Nederlof, E.S. & Dangbégnon, C. 2007. Lessons for farmer-oriented research: experiences from a West African soil fertility management project. *Agriculture and Human Values*, 24: 369–387.
- Neef, A. & Neubert, D. 2011. Stakeholder participation in agricultural research projects: a conceptual framework for reflection and decision-making. *Agriculture and Human Values*, 28(2): 179–194.
- Nezomba, H., Mtambanengwe, F., Chikowo, R. & Mapfumo, P. 2015. Sequencing integrated soil fertility management options for sustainable crop intensification by different categories of smallholder farmers in Zimbabwe. *Experimental Agriculture*, 51(1): 17–41.
- Obaa, B., Mutimba, J., & Semana, A.R. 2005. Prioritizing farmer's extension needs in a publicly-funded contract system of extension: A case study from Mujono District, Uganda. *Agricultural Research and Extension Network Paper*, 147.
- Odeny, D.A. 2007. The potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in Africa. *Natural Resources Forum*, 31(4): 297–305.
- Odhiambo, W., Ngigi, M., Lagat, J., Binswanger, H.P. & Rubyogo, J.-C. 2016. Analysis of quality control in the informal seed sector: case of smallholder bean farmers in Bondo Sub-County, Kenya. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 7(8): 8–29.
- Ojiem, J.O., De Ridder, N., Vanlauwe, B. & Giller, K.E. 2006. Socio-ecological niche: a conceptual framework for integration of legumes in smallholder farming systems. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 4: 79–93.
- Ojiem, J.O., Franke, A.C. Vanlauwe, B. de Ridder, N. & Giller, K.E. 2014. Benefits of legume-maize rotations: Assessing the impact of diversity on the productivity of smallholders in Western Kenya. *Field Crops Research*, 168: 75–85.
- Okello, D.K., Akello, L.B., Tukamuhabwa, P., Odong, T.L., Adriko, J. & Deom, C.M. 2014. Groundnut rosette disease symptoms types distribution and management of the disease in Uganda. *African Journal of Plant Science*, 8(3): 153–163.
- Orr, A., Kambombo, B., Roth, C, Harris, D. & Doyle, V. 2015. Adoption of Integrated Food-Energy Systems: improved cookstoves and pigeonpea in southern Malawi. *Experimental Agriculture*, 51: 191–209.
- Ortega, D.L., Waldman, K.B., Richardson, R.B., Clay, D. & Snapp, S.S. 2016. Sustainable intensification and farmer preferences for crop system attributes: Evidence from Malawi's Central and Southern regions. *World Development*, 87: 139–151.
- Oshone, K., Gebeyehu, S. & Tesfaye, K. 2014. Assessment of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed quality produced under different cropping systems by smallholder farmers in eastern Ethiopia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 14: 8566–8584.

- Pachico, D. 2014. Towards appraising the impact of legume research: A synthesis of evidence. Rome Italy, Standing Panel on Impact Assessment (SPIA) and CGIAR Independent Science and Partnership Council (ISPC).
- Pasupuleti, J., Nigam, S.N., Pandey, M.K., Nagesh, P. & Varshney, R.K. 2013. Groundnut improvement: Use of genetic and genomic tools. *Frontiers in Plant Science*, 4: 23.
- Peoples, M.B., Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Dakora, F.D., Bhattarai, S., Maskey, S.L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khan, D.F., Hauggaard-Nielsen, H. & Jensen, E.S. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*, 48: 1–17. DOI: 10.1007/BF03179980
- Polreich, S., Becker, H.C. & Maass, B.L. 2016. Accession-specific effects of repeated harvesting of edible cowpea leaves on leaf yield, stability, and reliability. *International Journal of Vegetable Science*, 22(3): 295–315.
- Powell, J.M., Pearson, R.A. & Hiernaux, P.H. 2004. Crop-livestock interactions in the West African drylands. *Agronomy Journal*, 96(2): 469–483.
- Ramírez-Villegas, J. & Thornton, P.K. 2015. Climate change impacts on African crop production. *CCAFS Working Paper* No. 119. Copenhagen, Denmark, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Rao, M.R., Rego, T.J. & Willey, R.W. 1987. Response of cereals to nitrogen in sole cropping and intercropping with different legumes. *Plant and Soil*, 101(2): 167–177.
- Rao, V. 2000. Price heterogeneity and “real” inequality: A case study of prices and poverty in rural South India. *Review of Income and Wealth*, 46: 201–211.
- Rashid, A., Harris, D., Hollington, P.A. & Rafiq, M. 2004. Improving the yield of mungbean (*Vigna radiata*) in the North West Frontier Province of Pakistan using on-farm seed priming. *Experimental Agriculture*, 40(2): 233–244.
- Redden, R.J., Yadav, S.S., Hatfield, J.L., Prasanna, B.M., Vasal, S.K. & Lafarge, T. 2011. The potential of climate change adjustment in crops: A synthesis. *America*, 97: 147–152.
- Richardson, A.E., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H. & Oberson, A. 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. *Plant and Soil*, 349: 121–156.
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P. & de Fraiture, C. 2016. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1): 4–17. DOI: 10.1007/s13280-016-0793-6
- Rodríguez De Luque, J.J. & Creamer, B. 2014. Principal constraints and trends for common bean production and commercialization; establishing priorities for future research. *Agronomía Colombiana*, 32(3): 423–431.
- Rogé, P., Snapp, S., Kakwera, M.N., Mungai, L., Jambo, I. & Peter, B. 2016. Ratooning and perennial staple crops in Malawi. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3): 50. DOI: 10.1007/s13593-016-0384-8
- Román-Avilés, B. & Beaver, J.S. 2016. Inheritance of heat tolerance in common bean of Andean origin. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 87: 113–121.
- Rubyogo, J.C., Sperling, L., Muthoni, R. & Buruchara, R. 2010. Bean seed delivery for small farmers in sub-Saharan Africa: The power of partnerships. *Society and Natural Resources*, 23(4): 285–302.

- Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangara, J. & Giller, K.E. 2012. Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research*, 136: 12–22.
- Sanginga, N., Dashiell, K.E., Diels, J., Vanlauwe, B., Lyasse, O., Carsky, R.J., Tarawali, S., Asafo-Adjei, B., Menkir, A., Schulz, S. & Singh, B.B. 2003. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal-grain-legume-livestock systems in the dry savanna. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(2): 305–314.
- Scherr, S.J. 1999. Soil degradation, a threat to developing-country food security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 27. Washington, D.C., USA, International Food Policy Research Institute.
- Silim, S.N., Gwataa, E.T., Coeb, R. & Omanga, P.A. 2007. Response of pigeonpea genotypes of different maturity duration to temperature and photoperiod in Kenya. *African Crop Science Journal* 15: 73–81
- Slingerland, M.A. & Stork, V.E. 2000. Determinants of the practice of Zai and mulching in North Burkina Faso. *Journal of Sustainable Agriculture*, 16: 53–76.
- Singh, B.B., Ajeigbe, H.A., Tarawali, S.A., Fernández-Rivera, S. & Abubakar, M. 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research*, 84: 169–177.
- Smith, A., Snapp, S.S., Dimes, J., Gwenambira, C. & Chikowo, R. 2016. Doubled-up legume rotations improve soil fertility and maintain productivity under variable conditions in maize-based cropping systems in Malawi. *Agricultural Systems*, 145: 139–149.
- Snapp, S.S. 2017. Agroecology: Principles and practice. Pp. 33–72, in: S.S. Snapp et B. Pound (eds), *Agricultural systems: Agroecology and rural innovation for development*. Second edition. San Diego, USA, Academic Press.
- Snapp, S.S., Aggarwal, V.D., & Chirwa, R.M. 1998. Note on phosphorus and genotype enhancement of biological nitrogen fixation and productivity of maize/bean intercrops in Malawi. *Field Crops Research*, 58: 205–212.
- Snapp, S.S., Blackie, M.J. & Donovan, C. 2003. Re-aligning research and extension services: Experiences from southern Africa. *Food Policy* 28: 349–363.
- Snapp, S.S., Blackie, M.J., Gilbert, R.A., Bezner-Kerr, R. & Kanyama-Phiri, G.Y. 2010. Biodiversity can support a greener revolution in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 20 840–20 845.
- Snapp, S.S., Mafongoya, P.L. & Waddington, S. 1998. Organic matter technologies to improve nutrient cycling in smallholder cropping systems of Southern Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 71: 187–202.
- Snapp, S.S., Jones, R.B., Minja, E.M., Rusike, J. & Silim, S.N. 2003. Pigeon pea for Africa: A versatile vegetable – and more. *HortScience*, 38: 1 073–1 078.
- Snapp, S.S., Rohrbach, D.D., Simtowe, F. & Freeman, H.A. 2002. Sustainable soil management options for Malawi: can smallholder farmers grow more legumes? *Agriculture Ecosystems & Environment*, 91: 159–174.
- Sperling, L., & Munyanesa, S., 1995. Intensifying production among smallholder farmers: the impact of improved climbing beans in Rwanda. *African Crop Science Journal*, 3: 117–125.
- Sperling, L., Loevinsohn, M.E. & Ntabomvura, B. 1993. Rethinking the farmer's role in plant breeding: Local bean experts and on-station selection in Rwanda. *Experimental Agriculture*, 29(4): 509–519.

- Sprent, J.I. & Gehlot, H.S. 2010. Nodulated legumes in arid and semi-arid environments: Are they important? *Plant Ecology and Diversity*, 3(3): 211–219.
- Ssekandi, W., Mulumba, J.W., Colangelo, P., Nankya, R., Fadda, C., Karungi, J., Otim, M., De Santis, P. & Jarvis, D.I. 2016. The use of common bean (*Phaseolus vulgaris*) traditional varieties and their mixtures with commercial varieties to manage bean fly (*Ophiomyia* spp.) infestations in Uganda. *Journal of Pest Science*, 89(1): 45–57.
- Steele, P.E. 2011. *Southern Africa Region legumes and pulses: Appraisal of the prospects and requirements for improved food industry value addition and technical efficiency of the regional food legumes Industry. Unpublished FAO Report.* <http://www.fao.org/fsnforum/sites/default/files/discussions/contributions/FoodLegumesSouthernAfricaVersion.doc>
- Sudini, H., Rao, G.R., Gowda, C.L.L., Chandrika, R., Margam, V., Rathore, A. & Murdock, L.L. 2015. Purdue Improved Crop Storage (PICS) bags for safe storage of groundnuts. *Journal of Stored Products Research*, 64: 133–138.
- Sumberg, J. 2002. The logic of fodder legumes in Africa. *Food Policy*, 27(3): 285–300.
- Tamò, M., Srinivasan, R., Dannon, E., Agboton, C., Datinon, B., Dabire, C., Baoua, I., Ba, M., Haruna, B. & Pittendrigh, B.R. 2012. Biological control: a major component for the long-term cowpea pest management strategy. Pp. 249–259, in: O. Boukar, C. Coulibaly, K. Fatokun, M. Lopez et M. Tamò (eds), *Improving livelihoods in the cowpea value chain through advancements in science.* Proceedings of the 5th World Cowpea Research Conference.
- Tarawali, G., Manyong, V.M., Carsky, R.J., Vissoh, P.V., Osei-Bonsu, P. & Galiba, M. 1999. Adoption of improved fallows in West Africa: lessons from mucuna and stylo case studies. *Agroforestry systems*, 47: 93–122.
- TerAvest, D., Carpenter-Boggs, L., Thierfelder, C. & Reganold, J.P., 2015. Crop production and soil water management in conservation agriculture, no-till, and conventional tillage systems in Malawi. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212: 285–296.
- Topps, J.H. 1992. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodders for livestock in the tropics. *The Journal of Agricultural Science*, 118(1): 1–8.
- Tsusaka, T.W., Msere, H.W., Siambi, M., Mazvimavi, K. & Okori, P. 2016. Evolution and impacts of groundnut research and development in Malawi: An ex-post analysis. *African Journal of Agricultural Research*, 11: 139–158.
- Twomlow, S., Rohrbach, D., Dimes, J., Rusike, J., Mupangwa, W., Ncube, B., Hove, L., Moyo, M., Mashingaidze, N. & Mahposa, P. 2010. Micro-dosing as a pathway to Africa's Green Revolution: Evidence from broad-scale on-farm trials. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88(1): 3–15.
- Valbuena, D., Erenstein, O., Tui, S.H.K., Abdoulaye, T., Claessens, L., Duncan, A.J., Gérard, B., Rufino, M.C., Teufel, N., van Rooyen, A. & van Wijk, M.T. 2012. Conservation Agriculture in mixed crop-livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in sub-Saharan Africa and South Asia. *Field Crops Research*, 132: 175–184.
- Varshney, R.K., Glaszmann, J.C., Leung, H. & Ribaut, J.M. 2010. More genomic resources for less-studied crops. *Trends in Biotechnology*, 28(9): 452–460.
- Waddington, S.R., Mekuria, M., Siziba, S. & Karigwindi, J. 2007. Long-term yield sustainability and financial returns from grain legume-maize intercrops on a sandy soil in subhumid north central Zimbabwe. *Experimental Agriculture*, 43(4): 489–503.
- Waldman, K.B., Ortega, D.L., Richardson, R.B. & Snapp, S.S. 2017. Estimating demand for perennial pigeon pea in Malawi using choice experiments. *Ecological Economics*, 131: 222–230.

- Waliyar, F., Kumar, K.V.K., Diallo, M., Traore, A., Mangala, U.N., Upadhyaya, H.D. & Sudini, H. 2016. Resistance to pre-harvest aflatoxin contamination in ICRISAT's groundnut mini core collection. *European Journal of Plant Pathology*, 145(4): 901–913.
- Walker, T.S., Alwang, J., Alene, A., Ndujenga, J., Labarta, R., Yigezu, Y., Diagne, A., Andrade, R., Andriatsitohaina, R.M., De Groot, H. & Maus, K. 2015. Varietal adoption, outcomes and impact. Pp. 388–405, in: T.S. Walker et J. Alwang (eds), *Crop improvement, adoption and impact of improved varieties in food crops in sub-Saharan Africa*. Montpellier, France, CGIAR Consortium of International Agricultural Research Centers and Wallingford, UK, CAB International.
- Weltzien, E., vom Brocke, K., & Rattunde, H.F.W. 2005. Planning plant breeding activities with farmers. Pp. 123–152, in: A. Christinck, E. Weltzien et V. Hamann (eds), *Setting breeding objectives and developing seed systems with farmers*. Weikersheim, Germany, Margraf Verlag and Wageningen, The Netherlands, CTA.
- Wendt, J.W. & Atemkeng, M.F. 2004. Soybean, cowpea, groundnut, and pigeonpea response to soils, rainfall, and cropping season in the forest margins of Cameroon. *Plant and soil*, 263(1): 121–13.
- Williams, S.B., Baributsa, D. & Woloshuk, C. 2014. Assessing Purdue Improved Crop Storage (PICS) bags to mitigate fungal growth and aflatoxin contamination. *Journal of Stored Products Research*, 59: 190–196.
- Witcombe, J.R., K.D. Joshi, S. Gyawali, A.M. Musa, C. Johansen, D.S. Virk & Sthapit, B.R. 2005. Participatory plant breeding is better described as highly client-oriented plant breeding. I. Four indicators of client-orientation in plant breeding *Experimental Agriculture*, 41: 299–319.
- Wu, F. & Khlangwiset, P. 2010. Evaluating the technical feasibility of aflatoxin risk reduction strategies in Africa. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27: 658–676.
- Yu, Y., Stomph, T.J., Makowski, D., Zhang, L. & van der Werf, W. 2016. A meta-analysis of relative crop yields in cereal/legume mixtures suggests options for management. *Field Crops Research*, 198: 269–279.





Appréciés pour leurs multiples avantages, les légumes secs sont cultivés depuis longtemps en Afrique subsaharienne. Les légumes secs, et les légumineuses en général, peuvent être très utiles du fait de leur capacité à fixer biologiquement l'azote atmosphérique et à améliorer le renouvellement biologique du phosphore; ils pourraient donc devenir la pierre angulaire de l'agriculture durable en Afrique. À cet égard, un corpus de travaux publiés souligne l'importance de la diversification des systèmes de production existants, et notamment avec des légumineuses, qui apportent des services environnementaux essentiels – en matière de lutte contre l'érosion du sol et de reconstitution des stocks de nutriments des sols, par exemple.

La présente publication s'intéresse à certaines des stratégies prometteuses qui s'attachent à promouvoir la culture et l'utilisation des légumineuses dans les petites exploitations agricoles d'Afrique subsaharienne. Elle s'inscrit dans le sillage de l'Année internationale des légumineuses, initiative ayant pour objet de mettre en avant la contribution des légumes secs au bien-être de l'humain et à l'environnement.

ISBN 978-92-5-130332-0



9 789251 303320

I8300FR/1/02.18