



La sélection de légumineuses comme engrais verts/cultures de couverture



Que sont les ev/cc ?

Les ev/cc (engrais verts/cultures de couverture) sont des plantes cultivées pour couvrir et améliorer le sol ainsi que pour produire des effets bénéfiques sur d'autres cultures et l'écologie de la terre. On peut utiliser de nombreuses plantes comme ev/cc, mais le présent document porte principalement sur les légumineuses — des plantes appartenant à la famille des Fabacées. En symbiose avec certaines bactéries du sol, les légumineuses ont la capacité de convertir l'azote atmosphérique en azote « fixé » que les plantes peuvent assimiler. Ce processus s'appelle fixation biologique de l'azote.

INTRODUCTION

L'intégration de légumineuses dans les systèmes agricoles permet aux petits agriculteurs qui disposent de peu de ressources d'améliorer la santé et la résilience à long terme de leurs sols. Le succès ou l'échec de cette activité dépend dans une large mesure de la sélection de légumineuses adéquates. Dans ce sens, le présent document offre des connaissances sur la sélection de légumineuses qu'ECHO a acquises en comparant diverses légumineuses dans plusieurs régions de l'Asie du Sud-est et en effectuant des essais de sélection et de culture intercalaire en Afrique du Sud durant cinq cycles de culture. Le document contient également des références à plusieurs publications d'ÉCHO disponibles à www.ECHOcommunity.org. Nous avons utilisé les abréviations suivantes pour nous référer aux divers types de publications d'ÉCHO : AN (Asia Notes), BPN (Notes sur les pratiques exemplaires), EDN (Notes de développement d'ECHO) et TN (Notes techniques). Les sections Références et Autre documentation de ce document contiennent de nombreuses autres sources documentaires sur le sujet.

Quels sont les avantages des légumineuses ev/cc ?

ELLES POUSSENT BIEN DANS LES SOLS PAUVRES

Les terres dont disposent les petits paysans comportent souvent des conditions de culture difficiles. Selon le lieu, par exemple, le sol peut être trop humide, sec, escarpé, érodé, acide, alcalin, salin ou infertile pour obtenir une croissance et un rendement optimaux des cultures alimentaires. Lorsque c'est possible, la terre de catégorie inférieure pour la production de cultures devrait être utilisée à d'autres fins par exemple les pâturages pour les animaux d'élevage. Cependant, de nombreux paysans sont contraints d'élever leurs cultures de base sur ces sols moins qu'idéaux.

L'azote constitue un des nutriments couramment déficients des sols marginaux/dégradés. Les légumineuses ont souvent la capacité de pousser dans les sols déficients en azote en raison de leur capacité à utiliser l'azote atmosphérique. De nombreuses légumineuses tropicales ont des systèmes racinaires

Sommaire :

par le personnel d'ECHO

Publié en 2017

Introduction ([p.1](#))

Principes ([p.3](#))

Pratiques exemplaires ([p.5](#))

Références et Ressources ([p.14](#))

étendus qui peuvent puiser l'humidité et les nutriments enfouis dans les couches profondes du sol. De plus, il existe de nombreuses légumineuses tropicales, notamment certaines adaptées aux zones humides et d'autres, aux zones plus sèches. C'est pourquoi la capacité des légumineuses tropicales à pousser dans une large gamme de conditions difficiles est bien connue.

ELLES AJOUTENT DU PAILLIS BIOLOGIQUE AU SYSTÈME

La conservation des sols est un facteur clé de la capacité des paysannes et paysans à produire année après année suffisamment d'aliments pour leurs familles. À son tour, cette conservation dépend dans une large mesure du maintien de la matière organique dans le sol. De nombreuses fonctions du sol, notamment l'aération, le drainage, la rétention de nutriments et le recyclage des nutriments par les microbes, influent sur la croissance des cultures et sont liées à la matière organique.

Un des éléments fondamentaux de l'agriculture de conservation est que la terre doit être constamment couverte de paillis végétal (Figure 1). Le paillis procure de la matière organique au sol ; il réduit aussi la croissance des mauvaises herbes et protège le sol contre l'érosion. Mais la plupart des paysans n'ont pas assez de résidus de culture pour bien couvrir le sol, surtout s'ils cultivent des sols appauvris et doivent utiliser une partie des résidus pour alimenter leurs animaux (Palm *et al.* 2014).



Figure 1. Paillis de feuilles d'une légumineuse vivante (gauche) et de résidus de plantes récoltées/mortes (droite). *Source: Tim Motis*

Toute solution aura probablement plusieurs aspects. Les paysans qui connaissent la valeur du paillis organique peuvent décider de laisser au moins une partie de leurs résidus de culture dans leurs parcelles. Ils peuvent aussi être en mesure d'amender leurs sols avec une quantité modeste de fumier animal. Ils peuvent produire une quantité additionnelle de paillis en intégrant des légumineuses tropicales dans leurs cultures céréalières de base. Le tableau 1 présente les résultats d'un essai d'ECHO en Afrique du Sud dans lequel un mélange de doliques d'Égypte et de niébés cultivés avec le maïs ont contribué 5 tonnes métriques par hectare de paillis végétal.

Tableau 1. Sources et quantités de matière organique qui, avec l'intégration de légumineuses, pourraient ajouter jusqu'à 10 tonnes et plus par hectare (t/ha) de matière organique retournée au sol.

Source de matière organique	Poids sec (t/ha)*
Résidu de maïs laissé dans le champ après en avoir enlevé 50 % pour le fourrage	3.5
Fumier de bétail amendé au maïs	3.5
Résidu de légumineuses plantées intercalées avec le maïs	5
Quantité totale de matière organique retournée au champ	12

* Ces valeurs sont basées sur un essai dans lequel le maïs est planté à 1 m (entre les rangs) et à 0,6 m (dans les rangs), avec un rang de légumineuses (niébé et dolique d'Égypte) plantées entre les rangs de maïs. Alternance de rangs de maïs et de niébés.

ELLES AMÉLIORENT LA FERTILITÉ DU SOL

À mesure que les légumineuses poussent, l'azote s'accumule dans leurs tiges, feuilles et racines (biomasse). Les légumineuses tropicales peuvent accumuler des quantités substantielles d'azote provenant en grande partie de l'air au moyen de la fixation biologique d'azote. Dans les essais d'ECHO en Afrique du Sud, plus de 100 kg d'azote par hectare

se sont accumulés dans la biomasse au-dessus du sol de légumineuses comme le niébé (*Vigna unguiculata*), le grain de cheval (*Macrotyloma uniflorum*), la crotalaire (*Crotalaria juncea*) et le pois mascate (*Mucuna pruriens*).

De nombreuses légumineuses tropicales ont des systèmes racinaires qui puisent efficacement les nutriments de volumes élevés de sol. Ainsi, leur biomasse est riche non seulement en azote, mais aussi en d'autres nutriments comme le phosphore et le potassium. Lorsque les résidus de légumineuse sont laissés en champ, les nutriments qu'elles ont accumulés retournent au sol. Lorsque le paillis des légumineuses est combiné à des pratiques qui préviennent l'érosion du sol, la matière organique ajoutée aide à maintenir et même à améliorer la fertilité du sol. La Figure 2 montre l'effet des légumineuses sur l'azote dans un sol d'Afrique du Sud quatre mois après leur ensemencement. Notons que les taux de minéralisation de l'azote (conversion par des microorganismes de l'azote organique en azote inorganique dans le sol) étaient les plus rapides dans la couche de sol située immédiatement en dessous des résidus de légumineuse.

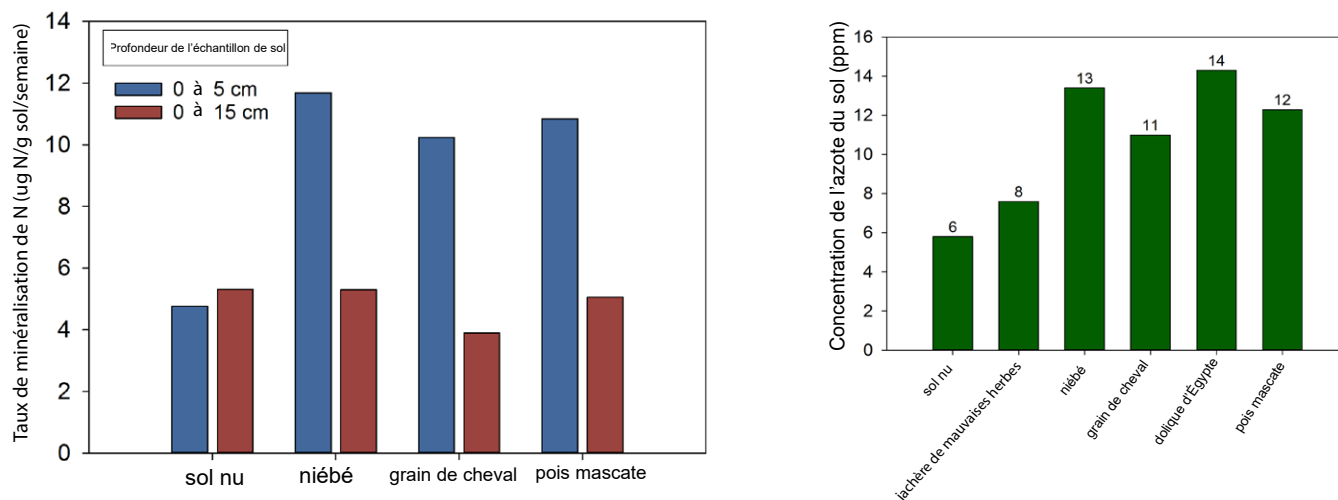


Figure 2. Minéralisation (gauche) et concentration (droite) de l'azote du sol dans un sol nu comparativement à un sol couvert de légumineuses dans un essai d'ECHO en Afrique du Sud.

AUTRES AVANTAGES

Beaucoup de légumineuses produisent aussi des graines (haricots secs) et constituent donc une source supplémentaire d'aliments. La plupart d'entre elles produisent du fourrage pour alimenter les animaux. Il ne faut pas oublier que les nutriments qui se trouvent dans les parties de plante récoltées pour l'alimentation, le fourrage ou tout autre usage ne retourneront pas au sol. Les légumineuses ayant un feuillage dense suppriment les mauvaises herbes en empêchant la lumière d'atteindre le sol. Ce faisant, elles protègent aussi le sol contre l'érosion et les températures extrêmes. Dans les régions tropicales chaudes, la réduction de l'exposition au soleil aide à maintenir un environnement propice à la vie du sol qui autrement ne pourrait pas se développer. Poussant directement dans les champs des paysans, les légumineuses facilitent l'application de matière organique ; le compost comporte plus de travail alors qu'il faut arroser les tas et ensuite transporter et répandre le compost fini dans les champs.

PRINCIPES

1 Propriétés des légumineuses les plus susceptibles d'améliorer le sol

1.1 CAPACITÉ DE BIEN POUSSER SOUS LES CONDITIONS LOCALES

Il faut choisir des légumineuses qui poussent bien sous les conditions locales et dans les sols locaux. Daryanto *et al.* (2015) explorent le lien entre la texture du sol et la performance des légumineuses ; ils indiquent que les sols argileux fins retiennent l'eau et les nutriments, mais restreignent la croissance des racines. Les sols grossiers et sablonneux ont généralement une fertilité réduite et ne retiennent pas bien l'humidité. Dans l'ensemble, les meilleurs sols ont une texture moyenne, mais les petits paysans ont rarement accès à des sols idéaux. Faites de votre mieux pour trouver une légumineuse qui pousse bien — même si ce n'est pas de manière optimale — dans le sol moins qu'idéal. Notons que les légumineuses ont besoin d'un peu de phosphore pour fixer l'azote (Ssali et Keya 1983 ; Zahran 1999).

Il faut aussi tenir compte des conditions climatiques saisonnières dans la sélection des légumineuses les mieux adaptées aux sols locaux. Dans le sud-ouest de la Floride, par exemple, le dolique d'Égypte (*Lablab purpureus*) pousse bien durant la période fraîche et sèche de l'année, mais pas durant l'été chaud et humide.

1.2 CAPACITÉ DE BIEN COUVRIR LE SOL

Le port des légumineuses est variable. Certaines variétés de niébé, de dolique d'Égypte et de pois mascate ont un feuillage abondant qui s'étend rapidement et couvre le sol. Dans un essai de culture intercalaire d'ECHO sur un sol sablonneux, des niébés espacés à 60 cm (dans les rangs) X 100 cm (entre les rangs) a complètement couvert le sol en de 6 à 8 semaines. Le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), la crotalaire, et la téphrosie (*Tephrosia vogelii* et *T. candida*) sont plus dressés, avec une croissance de type arbustive. Les légumineuses dressées comme celles-ci peuvent encore bien couvrir le sol à condition qu'elles ne soient pas trop espacées.

1.3 CAPACITÉ DE PRODUIRE SUFFISAMMENT DE BIOMASSE

On obtient plus de paillis lorsque la légumineuse produit de grandes quantités de biomasse, mais cela comporte aussi des désavantages. Les légumineuses petites et compactes (notamment certaines variétés de niébé à croissance rapide) ont les avantages d'une maturation précoce, d'être plus faciles à cultiver et à récolter mécaniquement et de moins nuire aux plantes des céréales voisines cultivées en association. Cependant, elles ne produiront probablement pas de grandes quantités de biomasse. De la même manière, les variétés précoces de pois d'Angole produisent des gousses avant les variétés de longue durée, mais ces dernières produisent beaucoup plus de biomasse (Figure 3).



Figure 3. Variétés de pois d'Angole dans un essai d'ECHO en Afrique du Sud. Une variété de longue durée (gauche) a produit 30 t/ha de matière sèche comparativement à une variété de cycle court (haut) qui a fleuri plus tôt, mais produit moins de 10 t/ha de matière sèche. Source: Tim Motis

1.4 CAPACITÉ DE FIXER L'AZOTE

Si une légumineuse pousse bien dans un sol pauvre en azote, il y a de fortes chances qu'il s'agit d'une plante qui fixe l'azote. Cependant, il est tout de même utile d'examiner les nodules racinaires (cloques) des légumineuses. On peut facilement détacher des racines ces nodules colonisés par des bactéries fixatrices d'azote en les frottant avec le pouce. Lorsqu'un nodule est coupé en deux, une couleur de rose/rouge à pourpre (Figure 4) indique la présence d'un porteur d'oxygène appelé leghémoglobine, laquelle à son tour indique que des bactéries fixatrices d'azote travaillent bien. Au contraire, une couleur verte ou presque blanche indique une fixation d'azote inefficace ou l'absence de bactéries rhizobiennes. L'inoculation des semences avec une bactérie appropriée peut améliorer la fixation d'azote, notamment la première fois qu'une légumineuse est plantée dans une zone. La plupart des légumineuses cultivées dans les essais d'ECHO forment des nodules roses/rouges sans inoculation. Du coup, cela indique que les souches de bactéries appropriées sont déjà présentes dans le sol. Pour en savoir plus sur l'inoculation des légumineuses, voir [EDN 101](#).



Figure 4. Nodules sur les racines de haricot sabre (gauche) et de niébé (droite) dans des parcelles de recherche d'ECHO dans le sud-ouest de la Floride. On peut noter la coloration rose/rouge des nodules de niébé, laquelle indique l'activité de fixation d'azote biologique. Source: Tim Motis

2 Conditions d'acceptation des paysans

2.1 FAIBLE COÛT

Les paysannes et paysans qui disposent de peu de ressources travaillent habituellement des petites parcelles de terre avec très peu d'argent. Ils ne consacreront probablement pas de terre et/ou de travail précieux pour faire pousser une légumineuse uniquement pour améliorer la fertilité du sol. De plus, ils n'ont pas les moyens d'acheter des semences dispendieuses. C'est pourquoi les légumineuses les plus susceptibles d'être adoptées sont facilement disponibles et poussent bien sans avoir besoin de beaucoup de préparation du sol, d'engrais ou de pesticides.

2.2 AUTRES AVANTAGES TANGIBLES EN PLUS DE L'AMÉLIORATION DU SOL

Les coûts seront encore plus faibles si une légumineuse est polyvalente. Par exemple, si la légumineuse couvre bien le sol, elle peut en fait réduire le travail des paysans en supprimant les mauvaises herbes. Si elle produit des haricots comestibles ou du fourrage, elle peut réduire les frais d'alimentation des paysans et même servir de source de revenus. C'est particulièrement le cas si la légumineuse poursuit sa croissance durant la saison sèche en produisant des aliments sur une terre qui autrement serait inutilisée.

2.3 INTÉGRATION FACILE AVEC LES CULTURES EXISTANTES

Comme mentionné ci-dessus, la terre est une ressource précieuse. En intégrant les légumineuses dans la production de céréales de base, un paysan n'aurait pas besoin d'un autre lopin de terre pour cultiver les légumineuses. Pour que cela fonctionne, la légumineuse ne doit pas concurrencer fortement la culture principale. Le document d'ECHO [BPN 6](#) discute de stratégies pour réduire au minimum l'interférence des légumineuses avec la culture principale.

PRATIQUES EXEMPLAIRES

1 Comprendre le contexte local



Figure 5. Graines de diverses légumineuses avant leur ensemencement.
Source: Tim Motis

1.1 LÉGUMINEUSES EXISTANTES

Les paysans utilisent peut-être déjà les légumineuses de différentes façons. Informez-vous sur les légumineuses déjà cultivées, si elles existent. Si les paysans cultivent des légumineuses, demandez-leur comment ils les utilisent. Vous pourriez peut-être introduire une variété (de légumineuse que les paysans cultivent déjà) qui produit plus de feuillage et/ou un meilleur rendement en haricots.

1.2 DISPONIBILITÉ DES SEMENCES

Il se peut que des semences soient disponibles dans les marchés ou les réserves personnelles de paysans individuels. Selon le pays/la région, les semences pourraient être disponibles dans des entrepôts agricoles, des ONG ou des instituts de recherche.

Si les paysans veulent des semences d'une légumineuse donnée pour laquelle de grandes quantités sont difficiles à trouver, vous devrez peut-être procurer une aide initiale pour aider les paysans à obtenir des semences. Si vous disposez d'une petite quantité de semences pour commencer, envisagez d'embaucher quelques paysans locaux pour multiplier les semences qui pourront ensuite être partagées avec d'autres paysans ou un fournisseur de semences local.

1.3 CONDITIONS DE CULTURE

Quand commencent et finissent les saisons pluvieuse et sèche et quelle est la quantité de pluie annuelle ? Quelles sont la texture et la fertilité des sols ? Quelles sont les températures maximum et minimum ? Les réponses à ces questions vous aideront à sélectionner les légumineuses qui pousseront le mieux dans votre zone.

2 Sélection de cultures prometteuses

2.1 IDENTIFICATION DE LÉGUMINEUSES PROMETTEUSES À ESSAYER

Le personnel d'ECHO a créé le Tableau 2 en se basant sur des observations en champ et des informations en ligne ([Ecocrop](#) et [Tropical Forages](#)). Ce tableau résume les besoins, les traits et les utilisations de plusieurs légumineuses. Il indique par exemple les légumineuses adaptées aux zones humides ou sèches et aux climats chauds ou frais. On trouvera ci-dessous une explication de la classification des légumineuses selon les différents facteurs :

Pluviométrie et climat : Nous avons spécifié des conditions optimales pour chaque légumineuse conformément aux explications de la note au bas du tableau. Les besoins en pluie et température de certaines espèces de légumineuses comme *Neonotonia wightii* sont proches de la limite entre les catégories de pluviométrie élevée et faible et de climat chaud et frais. Ce tableau n'est qu'un outil de départ pour évaluer les légumineuses. Pour obtenir des informations plus détaillées, nous recommandons de consulter des sources comme celles apparaissant au bas du tableau.

pH du sol : Bien qu'un pH du sol presque neutre (7,0) est préférable, les valeurs présentées indiquent le degré de tolérance aux sols acides (<7,0) et alcalins (> 7,0) de chaque légumineuse.

Texture du sol : Les sols légers sont sablonneux et rugueux. Les sols lourds ont une texture fine avec un pourcentage élevé d'argile. Les sols à texture moyenne contiennent un pourcentage intermédiaire de sable et d'argile.

Tolérance au sel : Ces valeurs sont basées sur la tolérance des légumineuses à divers degrés de salinité du sol, laquelle est mesurée en déciSiemens/m (dS/m). On a établi que les légumineuses ont une tolérance au sel faible (< 4 dS/m) ou modérée (4 to 10 dS/m); Ecocrop considère qu'aucune des légumineuses figurant dans le tableau ne tolère une salinité supérieure à 10 dS/m.

Grimpante : Nous avons catégorisé les légumineuses comme grimpantes si elles ont des pousses volubiles qui grimpent sur les cultures voisines, une caractéristique que le paysan peut choisir d'exploiter ou non s'il veut éviter l'interférence des légumineuses avec d'autres cultures. Certaines légumineuses grimpantes sont plus vigoureuses que d'autres. Le dolique d'Égypte et le pois mascate, par exemple, sont plus susceptibles que le niébé de dominer les mauvaises herbes et les tiges des céréales, même si ces trois légumineuses peuvent toutes grimper sur les plantes voisines. D'autres légumineuses, comme le pois d'Angole, sont des arbustes dressés qui peuvent pousser aussi haut ou plus haut que le maïs, mais elles ne sont pas des grimpantes.

Annuelles ou vivaces : La plupart des légumineuses sont cultivées comme des annuelles, mais nous avons indiqué que certaines sont «vivaces» si elles peuvent persister durant la saison sèche ou pousser sur plus d'un cycle de culture.

Comestible : Les légumineuses sont considérées comme comestibles si au moins une partie de la plante est couramment utilisée pour la consommation humaine. Veuillez consulter d'autres sources pour connaître les parties de la légumineuse en question que les humains peuvent manger et à quelle étape.

Fourrage coupé ou de pâturage : Beaucoup de légumineuses peuvent être consommées par les humains et les animaux. Certaines d'entre elles sont généralement coupées et apportées aux animaux. D'autres légumineuses sont mieux adaptées au système de pâturage.

Un grand nombre des légumineuses du Tableau 2 (page 7) figurent dans l'[outil de sélection d'ev/cc](#) dans le site Web d'ECHO à www.ECHOcommunity.org. On trouvera d'autres sources d'information dans la section de lectures supplémentaires du présent document; voir aussi le tableau de sélection des cultures de couverture tropicales Tableau de sélection de cultures de couverture tropicales (Figure 17) dans l'annexe du présent document. Le manuel de Roland Bunch, *Restoring the Soil [La restauration du sol]*, aborde en détail les critères de sélection des légumineuses et comprend un arbre de décision basé sur 91 systèmes de culture paysans comportant des légumineuses ev/cc.

2.2 ÉVALUATION DES LÉGUMINEUSES PROMETTEUSES SOUS LES CONDITIONS DES PAYSANS

Vous pouvez apprendre beaucoup en menant des essais dans de petites parcelles représentatives des champs des paysans. La dimension des parcelles peut varier selon la taille de l'espèce cultivée et son espacement. Pour tenir compte de la variabilité entre les plantes, plantez un minimum de dix à douze plantes par parcelle. Si vous cultivez

Tableau 2. Exigences environnementales, caractéristiques et utilisations de diverses légumineuses

Nom scientifique	nom commun	pluie	climat	gamme de pH	texture du sol (préférée)	tolérance au sel	plante grimpante	longue durée	comestible (humains)	fourrage	pâturage
<i>Aeschynomene americana</i>	aeschynomen	élevée	chaud	4.0 à 8.0	de légère à lourde	faible		●		●	●
<i>Arachis hypogaea</i>	arachide	faible	chaud	4.5 à 8.5	moyenne	faible			●	●	
<i>Arachis pintoi</i>	arachide sauvage	élevée	chaud	4.5 à 7.5	de légère à lourde	faible		●		●	●
<i>Cajanus cajan</i>	pois d'Angole	faible	chaud	4.5 à 8.4	de légère à moyenne	modérée		●	●	●	
<i>Canavalia ensiformis</i>	haricot sabre	élevée	chaud	4.3 à 8.0	de légère à lourde	modérée					
<i>Canavalia gladiata</i>	haricot sabr	élevée	chaud	4.3 à 8.3	de légère à lourde	modérée	●	●		●	
<i>Centrosema pascuorum</i>	centurion	faible	chaud	5.0 à 8.5	de légère à lourde	faible	●			●	●
<i>Clitoria ternatea</i>	pois bleu	élevée	chaud	4.5 à 9.0	moyenne	modérée	●	●	●	●	●
<i>Crotalaria juncea</i>	crotalaire	faible	chaud	5.0 à 8.4	moyenne	modérée				●	
<i>Desmodium intortum</i>	desmodie	élevée	chaud	4.5 à 7.5	moyenne	faible	●	●		●	●
<i>Lablab purpureus</i>	dolique d'Égypte	faible	chaud	4.5 à 8.0	de légère à lourde	faible	●	●	●	●	●
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	siratro	faible	chaud	4.5 à 8.5	de légère à lourde	modérée	●	●			●
<i>Macrotyloma uniflorum</i>	grain de cheval	faible	chaud	5.0 à 8.0	de légère à moyenne	modérée	●		●	●	●
<i>Mucuna pruriens</i>	pois mascate	élevée	chaud	4.0 à 8.0	de légère à moyenne	faible	●			●	
<i>Neonotonia wightii</i>	glycine	élevée	chaud	5.8 à 8.9	de moyenne à lourde	modérée	●	●		●	●
<i>Phaseolus coccineus</i>	haricot écarlate	élevée	frais	5.0 à 8.2	moyenne	faible	●	●	●	●	●
<i>Phaseolus vulgaris</i>	haricot commun	faible	frais	4.0 à 9.0	moyenne	faible	●		●	●	
<i>Sesbania rostrata</i>	sesbania	élevée	chaud	5.0 à 8.5	de moyenne à lourde	modérée			●	●	●
<i>Stylosanthes hamata</i>	luzerne du Brésil	faible	chaud	5.0 à 8.5	de légère à moyenne	modérée		●		●	●
<i>Vicia faba</i>	féverole	élevée	frais	4.5 à 8.6	moyenne	faible			●	●	
<i>Vicia villosa</i>	vesce velue	faible	frais	5.0 à 8.0	de légère à lourde	modérée	●			●	●
<i>Vigna radiata</i>	ambérique	faible	chaud	4.3 à 8.3	moyenne	modérée	●		●	●	
<i>Vigna subterranea</i>	pois bambara	élevée	chaud	4.3 à 7.0	légère	faible			●		
<i>Vigna umbellata</i>	haricot riz	faible	chaud	5.5 à 8.0	moyenne	faible	●		●	●	
<i>Vigna unguiculata</i>	niébé	faible	chaud	4.0 à 8.8	de légère à moyenne	faible	●		●	●	

Sources : Ecocrop et Tropical Forages. La pluie et le climat indiquent les conditions optimales de chaque légumineuse. Le seuil de pluie annuelle est un minimum de 700 mm (< 700 = faible; > 700 = élevée) et le seuil de température maximum moyenne de l'air est de 27 °C (< 27 = frais; > 27 = chaud). La plupart des espèces sont cultivées comme des annuelles, mais celles qui peuvent persister durant la saison sèche ou durant plusieurs années sont vivaces ou « de longue durée. »

chaque légumineuse dans une seule parcelle (Figure 6a), sa gestion sera plus facile et il vous faudra moins d'espace que si vous faites un essai aléatoire répété (Figure 6 b). D'autre part, les essais répétés produisent des résultats plus fiables. On peut aussi obtenir la répétition en effectuant plusieurs essais non répétés (par ex. divers essais simples dans plusieurs endroits) selon le modèle présenté dans la Figure 6a. Si vous désirez recueillir des données en vue d'une analyse statistique, vous devrez effectuer au moins trois répétitions. La photo de la Figure 7 présente un exemple d'essai.

Niébé			Dolique d'Égypte			Pois d'Angole		
Figure 6a. Configuration d'un essai non répété de trois légumineuses.								
Niébé (bloc A)			Dolique d'Égypte (bloc A)			Pois d'Angole (bloc A)		
Pois d'Angole (bloc B)			Niébé (bloc B)			Dolique d'Égypte (bloc B)		
Niébé (bloc C)			Pois d'Angole (bloc C)			Dolique d'Égypte (bloc C)		
						Point le plus élevé ↓ Point le plus bas		
Figure 6b. Configuration d'un essai répété de trois légumineuses. Cette configuration s'appelle RCBD (plan en blocs aléatoires complets). Chaque répétition comporte un « bloc » de parcelles. Une parcelle de chaque bloc (A, B et C) de parcelles est aléatoirement assignée à chaque légumineuse. Si le sol est incliné ou si des arbres à proximité font ombrage sur un des côtés du champ, il faut disposer les blocs perpendiculairement à la pente ou à l'ombre de manière que les parcelles de chaque bloc aient autant que possible le même niveau ou degré d'exposition à l'ombre. Par exemple, on peut voir dans l'illustration que toutes les parcelles du bloc A se trouvent dans la section la plus élevée du champ en pente.								



Figure 7. Essai de sélection d'ECHO en Afrique du Sud peu après l'ensemencement (gauche) et une fois les légumineuses bien établies (droite). Source: Tim Motis

Voici quelques autres suggestions pour l'évaluation de légumineuses en champ :

- Effectuez l'essai dans un endroit facile d'accès de manière à le montrer aux paysans.
- Cultivez les plantes selon les méthodes qu'utilisent les paysans locaux. Par exemple, si les paysans n'ont pas accès à de l'eau d'irrigation, ne comptez que sur la pluie.
- Séparez chaque parcelle d'au moins un mètre, et préférablement plus. Cela donne de l'espace pour marcher entre les parcelles et réduit au minimum le problème de l'invasion des autres parcelles par les plantes volubiles vigoureuses en plus de réduire le risque qu'une légumineuse dressée fasse ombrage à une légumineuse au port étalé.
- Envisagez de planter les légumineuses d'abord seules, plutôt que de les planter avec des céréales. Après avoir évalué les légumineuses plantées seules, vous pourrez effectuer d'autres essais pour observer leur performance lorsqu'elles poussent avec une céréale.
- Prévoyez de planter les légumineuses durant la période d'ensemencement des paysans. Le moment de la plantation dépendra probablement du début de la saison des pluies, de la durée de la saison de culture et des périodes habituelles de plantation des paysans. Faites participer les paysans le plus possible aux décisions relatives à cette activité. Choisissez ce que vous allez mesurer. Vous pouvez inclure la biomasse des plantes

(fraîche et/ou sèche), le rendement en haricots, le pourcentage de sol couvert (Figure 8), la hauteur/largeur de la canopée et la biomasse des mauvaises herbes poussant sous la canopée de la légumineuse. Quels seraient les traits de légumineuse les plus importants que recherchent les paysans ?

Méthode d'évaluation de la contribution en azote de la biomasse de légumineuse

En poussant, les plantes accumulent de l'azote (N). La quantification de leur biomasse permet d'estimer la quantité d'azote qu'elles peuvent retourner au sol si cette biomasse est laissée en champ.

Pour ce faire, il suffit de peser la biomasse récoltée d'une superficie donnée. Dans les essais d'ECHO, nous l'avons souvent fait en coupant, séchant et pesant toute la biomasse à la surface du sol à l'intérieur d'un mètre carré, en utilisant un carré de PVC comme celui de la Figure 8. Si le pays est doté d'un laboratoire ou d'une université qui effectue l'analyse minérale des tissus de plante, l'étape suivante consiste à pulvériser un échantillon représentatif de la biomasse séchée ; la plupart des laboratoires demandent un minimum de 10 grammes (g) de poudre. Les résultats relatifs à la concentration d'azote sont habituellement exprimés en pourcentage (%) du poids sec.

Disons que vous n'êtes pas en mesure d'envoyer des échantillons à un laboratoire et que votre échantillon sec, récolté d'une superficie d'un mètre carré (m), pèse 800 g. Dans ce cas, vous pouvez estimer que le tissu des plantes contient 2,5 % de N. (La valeur réelle pourrait atteindre jusqu'à 3 % et même 4 %. Le matériel laissé à la surface du sol après la récolte des haricots a généralement une teneur en N plus faible que celui qui est enterré dans le sol avant la formation des gousses).

Voici donc comment on calcule l'accumulation de N en kilogrammes par hectare (kg/ha) :

Étape 1 : convertir 800 g/m en kg/ha. Puisqu'il y a 10 000 m²/ha $800 \text{ g/m}^2 \times 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha} = 8\,000\,000 \text{ g/ha} = 8\,000 \text{ kg/ha}$ de matière sèche

Étape 2 : calculer la quantité de N contenue dans les 8 000 kg/ha de matière sèche en supposant que 2,5 % de la matière sèche est de l'azote. $8\,000 \text{ kg/ha de matière sèche} \times 0,025 = 200 \text{ kg/ha de N}$.

Bien sûr, une partie de l'azote est perdue par lixiviation et volatilisation, mais ce calcul constitue une façon d'évaluer la contribution en N de la légumineuse.



Figure 8. Carré fabriqué de PVC pour mesurer le pourcentage du sol couvert par le haricot sabre en Thaïlande. Source: Patrick Trail

Exemple d'un essai d'ev/cc d'ECHO en Asie

Tableau 3. Lieux des essais et noms des organisations/collaborateurs partenaires.

Pays	Lieu	Organisation	Collaborateur
Bangladesh	Bogra	Mennonite Central Committee	Jahangir Alam
Cambodge	Mondulkiri Province	Caritas	Sony Sam
Myanmar	Southern Shan State	Lilypad Co., Ltd.	Melanie Edwards
Philippines	Palawan Island	Aloha House Inc.	Keith Mikkelsen
Thaïlande	Mae Ai	ECHO Asia Seed Bank	Staff

Pour montrer comment mener un essai, et ce que celui-ci peut nous apprendre, nous avons résumé ci-dessous un essai d'évaluation d'ev/cc d'ECHO. Avec l'appui de la Fondation CFH (Conservation, Food and Health), nous avons soumis quatre légumineuses à un essai dans cinq pays de l'Asie

du Sud-est. L'essai avait pour but d'améliorer notre compréhension des effets du climat sur la croissance des légumineuses, laquelle, à son tour, améliorerait notre capacité à répondre aux demandes de conseils sur la sélection des légumineuses. Le travail a été effectué en partenariat avec des individus/organisations travaillant avec les petits paysans dont les noms apparaissent dans le Tableau 3.

Méthodes

Des graines de niébé, de haricot sabre, de dolique d'Égypte et de haricot riz ont été semées directement dans des parcelles de 2 X 2 mètres arrosés par la pluie et sans apport d'engrais. Les graines ont été plantées à une distance de 50 X 50 cm,

selon la disposition apparaissant dans la Figure 9. Le Tableau 4 indique la texture du sol, l'altitude et les dates d'ensemencement de chaque site. Des enregistreurs de données ont été enfouis à une profondeur de 10 cm et maintenus libres de mauvaises herbes pour mesurer la température du sol. Des services météo en ligne indiquant les conditions de lieux aussi proches que possible des sites de l'essai ont fourni les données sur la pluie et la température de l'air. La biomasse à la surface du sol (feuilles et tiges) de la moitié de chaque parcelle a été coupée et pesée lorsque les plantes ont commencé à former des gousses. Un sous-échantillon (200 grammes) de matériel frais et vert a été séché et pesé. On a utilisé le poids sec du sous-échantillon pour calculer la matière sèche en tonnes par hectare (t/ha).

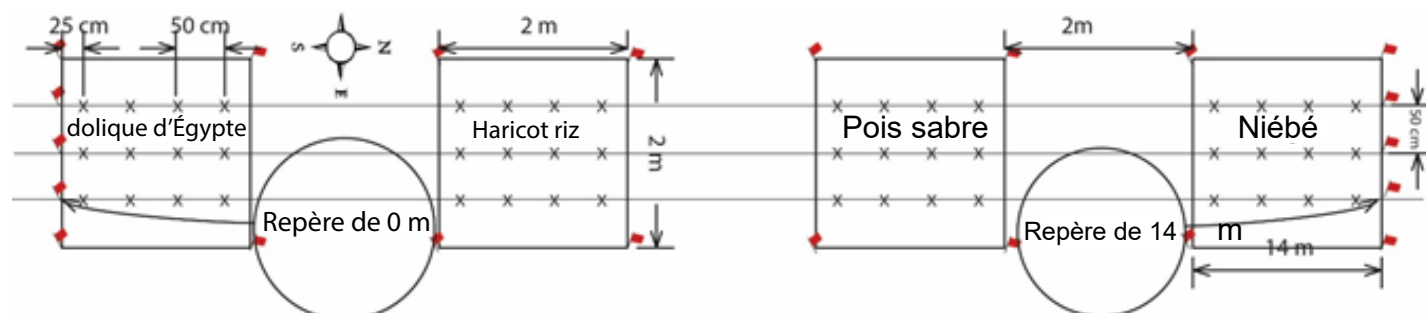


Figure 9. Disposition et espacement d'un essai de légumineuses non répété qu'ECHO a réalisé en Asie du Sud-est.

Climat

Les températures du sol (Figure 10), de 0 à 90 jours après l'ensemencement, ont varié d'un site d'essai à l'autre (aucune donnée sur la température du sol n'a été obtenue au site des Philippines). Les températures minimum et maximum ont été les plus élevées aux sites du Bangladesh et de la Thaïlande, alors que celles du Myanmar étaient les plus fraîches.

Tableau 4. Sol, altitude et date d'ensemencement d'essais d'évaluation d'engrais verts/cultures de couverture en Asie du Sud-est en 2016

Pays	Texture du sol	Altitude (m)	Date d'ensemencement
Bangladesh	Limon	25	14 Août
Cambodge	Argile (rouge)	500	27 Août
Myanmar	limon limoneux	1376	1 Août
Philippines	Argile	55	9 Octobre
Thaïlande	Limon sableux	310	10 Août

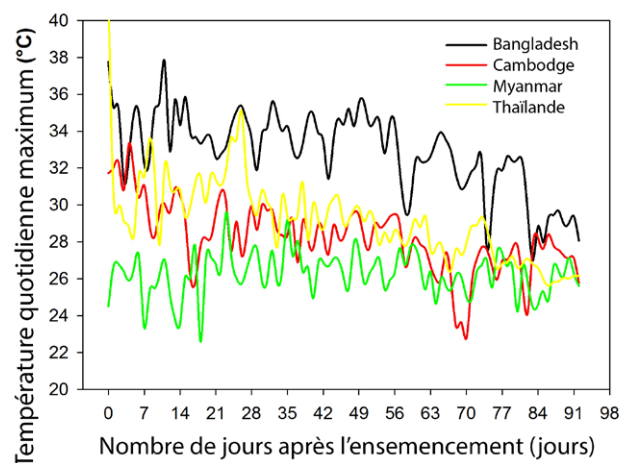
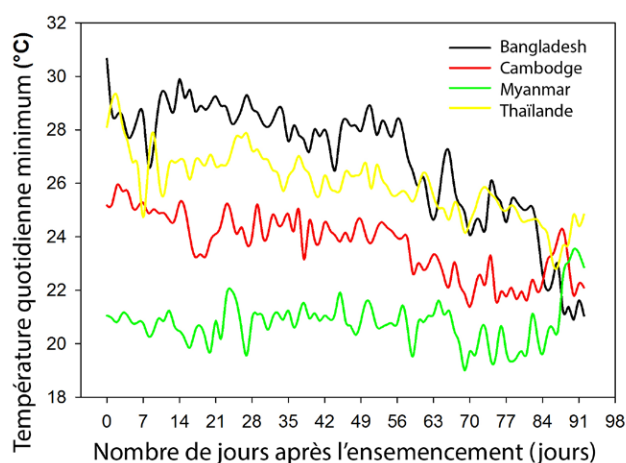


Figure 10. Température quotidienne minimum (gauche) et maximum (droite) du sol à 10 cm de profondeur.

Les températures de l'air (Tableau 5) ont varié avec celles du sol ; elles ont permis de montrer que le site des Philippines était un des plus chauds, avec des températures maximales semblables à celles de la Thaïlande et du Bangladesh.

Tableau 5. Températures minimum et maximum moyennes pour chaque mois sur cinq sites d'essai.

	Bangladesh		Cambodge		Myanmar		Philippines		Thaïlande	
Mois	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Août	28	35	26	32	21	28	31	35	25	35
Septembre	27	34	26	33	20	30	31	34	25	35
Octobre	25	34	25	32	18	29	31	34	24	35
Novembre	22	33	24	32	13	22	31	34	24	35
Décembre	20	31	23	28	11	21	29	32	19	33

Formule : $DJC = ([\text{température maximale} + \text{température minimum}]/2) - \text{température minimum requise pour la croissance de la culture}$

Par exemple, durant un jour, la température minimum a atteint 25°C et le maximum, 32°C.

La culture pour laquelle nous calculons les DJC cesse de croître si la température descend sous un minimum de 10°C. [Pour simplifier la tâche, nous avons choisi la température de 10°C pour toutes les plantes de l'essai de légumineuses en Asie, car il s'agit de la température minimale couramment utilisée pour calculer les DJC du maïs.]

Par conséquent, le nombre de DJC de ce jour est = $[(32 + 25)/2] - 10 = 18.5$. Ce calcul est fait pour chaque jour de croissance de la plante et permet de calculer le nombre cumulé de DJC durant la saison de croissance.

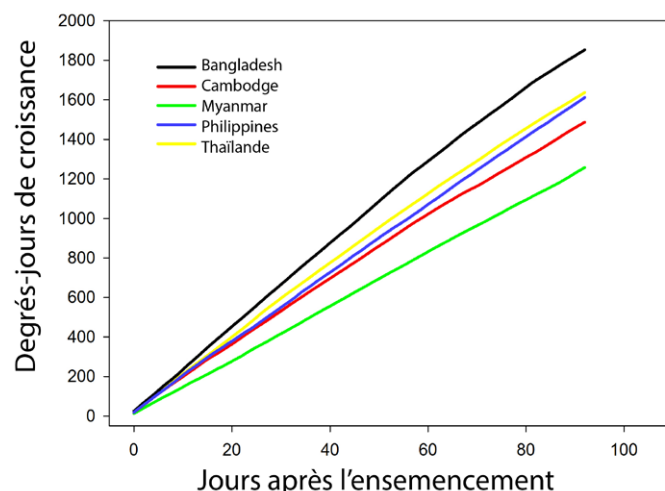


Figure 11. Méthode de calcul du nombre de degrés-jours de croissance (DJC), et résultats de chacun des cinq essais (pays) d'évaluation de légumineuses. Les DJC sont basés sur la température du sol dans tous les pays à l'exception des Philippines où la température de l'air a été utilisée parce que les données sur la température du sol pour ce pays ont été perdues.

Une autre façon d'évaluer la relation entre la croissance des cultures et la température consiste à suivre l'accumulation de chaleur dans le temps, laquelle peut se faire en calculant le nombre de « degrés-jours de croissance » (DJC) selon la méthode décrite dans la Figure 11. Les DJC sont utilisés pour prédire le moment auquel une culture atteint sa maturité. Dans cet essai, les DJC ont été calculés en utilisant la température du sol, laquelle reflète probablement mieux les conditions de la zone des racines que la température de l'air. Comme prévu, le site du Bangladesh a accumulé les DJC le plus rapidement et celui du Myanmar, le moins. La Figure 11 nous indique qu'au moins 1000 DJC ont été accumulées sur une période de trois mois. On peut utiliser ces données pour montrer combien de DJC sont requis pour atteindre une étape de croissance donnée (par ex. la floraison ou la formation de gousses).

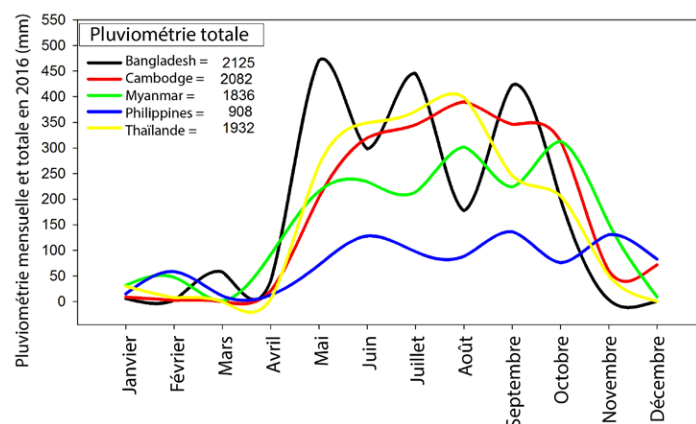


Figure 12. Pluviométrie mensuelle à chacun des cinq sites d'essai (pays) où les légumineuses ont été évaluées.

La Figure 12 présente la pluviométrie de chaque mois en 2016. En général, les pluies ont commencé en mai/juin. À l'exception du site des Philippines, où les pluies ont continué jusqu'en décembre, la saison des pluies s'est terminée en octobre/novembre. Les sites des Philippines et du Bangladesh ont reçu le moins et le plus de pluies, respectivement.

Résultats et leçons apprises

Le nombre de jours à la formation de gousses (Figure 13) indique la vitesse à laquelle les légumineuses poussent. Dans l'ensemble, les niébés mûrissent plus rapidement que les autres légumineuses. Les niébés ont mûri le plus vite (environ 45 jours après l'ensemencement) au site du Bangladesh, un résultat cohérent avec le fait que les DJC se sont accumulés le plus rapidement au Bangladesh (Figure 11). Statistiquement, il y a une forte corrélation inverse entre la période de récolte des niébés et les DJC (coefficient de corrélation de Pearson [CCP] > -0,93; valeur-P < 0.0001). Cela signifie que la période de maturation des niébés diminue à mesure que les DJC augmentent. Étant donné sa tendance à s'établir rapidement, le niébé pourrait être un bon choix pour les zones ayant une saison des pluies courte

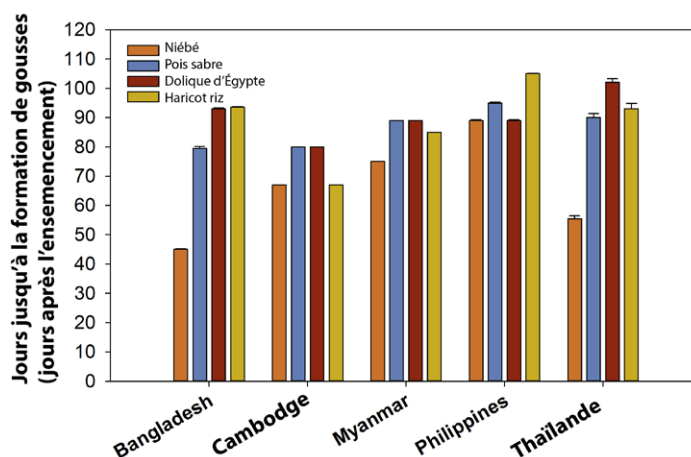


Figure 13. Jours de l'ensemencement jusqu'à la formation des gousses de légumineuses soumises à des essais dans cinq pays.

et où les unités de chaleur (DJC) s'accumulent rapidement. La couverture précoce du sol est un autre motif pour choisir une légumineuse qui pousse rapidement.

De leur côté, le haricot sabre, le dolique d'Égypte et le haricot riz ont nécessité autour de trois mois pour commencer à produire des gousses. Les légumineuses qui vivent plus longtemps offrent une couverture du sol en fin de saison des cultures et diverses options alimentaires ou de fourrage ; elles représentent de bons choix pour augmenter la productivité en saison sèche, si la saison des pluies dure assez longtemps pour qu'elles s'établissent bien.

La quantité de matière sèche en surface (Figure 14) indique à quel point la légumineuse pousse dans un endroit donné. C'est le haricot sabre qui a produit le plus de biomasse à chaque site. Il a produit l'équivalent de 12 t/ha de matière sèche au Bangladesh et aux Philippines et 9 t/ha en Thaïlande. Le haricot riz a produit près de 9 t/ha au Bangladesh et 6 t/ha en Thaïlande. Le niébé a produit 5 t/ha ou plus au Bangladesh et aux Philippines.

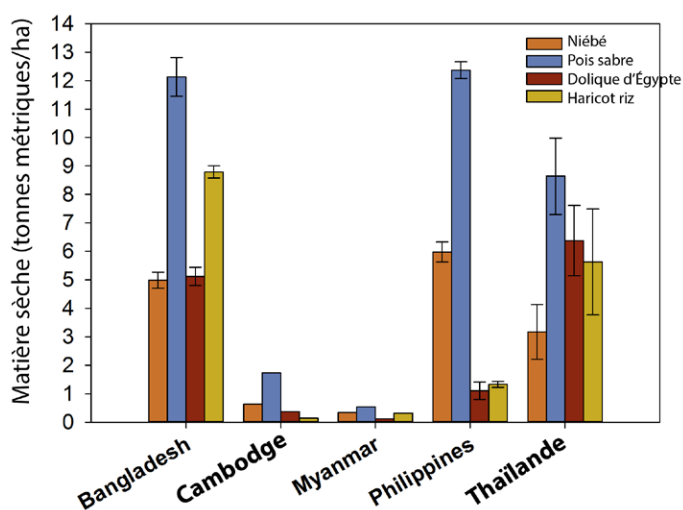


Figure 14. Production de matière sèche (tonnes métriques/hectare) pour des légumineuses soumises à des essais dans cinq pays.

Dans l'ensemble, les légumineuses ont poussé le mieux au Bangladesh (Figure 15) et en Thaïlande. La texture du sol de ces deux sites est moyenne (limon), les DJC se sont accumulés rapidement et les pluies ont été abondantes. Même si le niébé et le haricot sabre ont bien poussé dans le site des Philippines, ce ne fut pas le cas pour le dolique d'Égypte et le haricot riz. Le site des Philippines a été le plus sec (Figure 12), alors peut-être qu'il n'y a pas eu suffisamment de pluie pour que le dolique d'Égypte et le haricot riz s'établissent. Le dolique d'Égypte est bien connu pour ses racines profondes et sa résistance à la sécheresse, mais il a besoin de plus d'humidité durant sa longue phase d'établissement.



Figure 15. Dolique d'Égypte (gauche) et haricot riz (droite) cultivés dans des parcelles d'essai au Bangladesh. Source: Patrick Trail et Jahangir Alam.

Aucune des légumineuses n'a bien poussé dans les sites du Cambodge et du Myanmar. Deux facteurs qui ont peut-être limité la croissance des légumineuses sont les faibles niveaux de phosphore dans le sol et les températures fraîches. L'université Maejo en Thaïlande a analysé le sol du site au Cambodge et a qualifié le niveau de phosphore de « très faible » (seulement 2 ppm ; il aurait fallu de 10 à 12 ppm pour obtenir un niveau « modéré »). Par comparaison, le sol au Bangladesh avait 438 ppm de phosphore. Les légumineuses ont besoin de phosphore pour fixer l'azote. Par ailleurs, la texture lourde du sol argileux a possiblement restreint la croissance des racines. Le site du Myanmar a reçu suffisamment de pluie (Figure 12) et a un sol limoneux. Mais à 1376 m d'altitude, les températures minimums au Myanmar étaient plutôt fraîches (Figure 10).

Nous avons effectué des tests de corrélation pour trouver les facteurs climatiques qui semblent avoir le plus d'impact sur la matière sèche. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6 de l'annexe. Voici quelques-unes des résultats les plus intéressants :

- En général, la corrélation entre la biomasse des légumineuses et la température du sol était bien meilleure que celle entre la biomasse et la température de l'air. Dans cet essai, la température du sol a été mesurée sur place alors que celle de l'air a été mesurée dans un site à une certaine distance du sol. De plus, la température du sol reflète directement les conditions des racines des plantes, ce qui pourrait être significatif.

- Dans l'ensemble, la corrélation entre la quantité de matière sèche des légumineuses et les premiers mois (mois 1 et 2) était beaucoup plus forte que celle entre la matière sèche et les températures plus tard dans la saison. Exception notable, la meilleure corrélation de la matière sèche du dolique d'Égypte était avec les températures minimums du sol et maximum de l'air du 3e mois.
- La pluie semble avoir été un facteur plus important pour le dolique d'Égypte et le haricot riz que pour le niébé et le haricot sabre. Dans le cas du dolique d'Égypte, il y a une corrélation entre la biomasse de matière sèche et la pluie reçue tôt (mois 1), mais pas avec la pluie reçue plus tard (mois 2 et 3) durant la saison de croissance, ce qui semble montrer l'importance des pluies pour l'établissement précoce des cultures.
- Il y a une forte corrélation entre les DJC et la biomasse de matière sèche produite par chaque légumineuse.

3. Apprendre et travailler avec les paysans pour adopter les légumineuses les plus performantes

À la fin de l'essai d'évaluation des légumineuses, il devrait être assez facile d'identifier les espèces/variétés les plus performantes. Il est à espérer que les opinions des paysans aient été reçues et notées. Si les paysans ne sont pas habitués à cultiver des ev/cc, l'essai aura peut-être aidé à les sensibiliser.

Dans l'essai présenté ci-dessus, les petites parcelles ont servi d'excellents espaces de démonstration et d'enseignement. Les paysans et le personnel ont appris à aménager de petites parcelles d'essai, et celles-ci ont aussi produit de précieuses occasions d'activités de sensibilisation (Figure 16).



Figure 16. Plantation d'ev/cc dans un site au Bangladesh (gauche), et parcelles d'essai utilisées pour l'apprentissage des paysans et l'échange d'information en Thaïlande (droite).

L'impact positif d'un simple essai de légumineuses, en termes de relations humaines et d'amélioration des moyens de subsistance, a été vécu sur le site du Bangladesh, comme le résume Patrick Trail ci-dessous.

Avant de recevoir la visite d'un agent de vulgarisation agricole l'année dernière, Abdul Motin ne savait rien sur les engrais verts/cultures de couverture (ev/cc) et n'avait jamais tenté d'en cultiver. Il ignorait que les cultures de couverture offrent de nombreux avantages liés à l'amélioration des sols, par la fixation d'azote, l'ajout de matière organique, la suppression des mauvaises herbes et la réduction de la température de surface. Et il aurait probablement hésité à essayer ce type de culture sur sa précieuse parcelle de terre — surtout sans l'encouragement d'un ami agriculteur de confiance qui travaillait avec le Comité central mennonite (MCC) du Bangladesh.

C'est ici que la relation entre le paysan et l'agent de vulgarisation, un lien crucial dans la chaîne de valeur agricole, entre en jeu. Ce lien relie la recherche et les paysans; tout particulièrement, il relie les besoins des paysans aux spécialistes de la recherche agricole.

Mettant à profit des essais régionaux d'ECHO de différents ev/cc l'année dernière, un très bon agent de vulgarisation agricole a réussi à apporter la recherche à la ferme. En travaillant ensemble, Abdul et l'agent de vulgarisation agricole Jahangir Alam ont réussi à plusieurs égards. Ils ont réuni des données sur diverses espèces d'ev/cc, ont fourni à ECHO de précieuses informations à compiler et diffuser dans l'ensemble de son réseau élargi (recherche); MCC Bangladesh a amélioré sa renommée et crédibilité dans la communauté en raison de son bon travail et de la création d'un site de démonstration en champ additionnel (vulgarisation); et Abdul a appris une nouvelle approche pour améliorer la fertilité de son sol d'une manière pratique et appropriée à son environnement (paysan).

À la fin des essais terrain, Jahangir a suggéré à Abdul qu'il n'ajoute que la moitié de l'azote habituel lors du prochain cycle de culture pour observer lui-même les avantages que procurent les légumineuses. Abdul a suivi son conseil et il a trouvé que le chou-fleur qu'il a planté dans la section du champ dans laquelle des ev/cc avaient été cultivés l'année précédente poussait aussi bien que d'habitude, et même mieux que celui poussant dans la section du champ dans laquelle aucun ev/cc n'avait été planté.

Ce témoignage nous rappelle que réussir à obtenir de meilleurs résultats agricoles commence souvent par le développement de bonnes relations avec les gens.

Continuez d'échanger avec les paysannes et paysans sur l'intégration des légumineuses qu'ils ont observées dans l'essai dans leurs pratiques actuelles et leurs systèmes de culture. Des essais subséquents et des activités de vulgarisation peuvent contribuer à ces échanges. Voir [BPN 6](#) pour en savoir plus sur la culture intercalaire, la culture de relais, la culture en bandes et d'autres méthodes pour réduire au minimum la concurrence des légumineuses avec les principales cultures des paysans.

CONCLUSION

Les légumineuses cultivées en tant qu'ev/cc peuvent aider à maintenir et à améliorer la santé du sol. Mais pour avoir du succès, il faut trouver les légumineuses adaptées aux conditions de croissance locales et aux besoins et contraintes des paysans. Il existe de nombreuses espèces de légumineuses. Il faut bien connaître le contexte local pour choisir les légumineuses qui pourraient potentiellement bien pousser dans un milieu donné. Des facteurs comme les conditions climatiques, les traits du sol et le mode de croissance des plantes sont également importants. Nous vous encourageons à consulter des ressources utiles (comme celles mentionnées dans le présent document) pour en savoir plus sur des légumineuses particulières. On peut confirmer les caractéristiques de ces légumineuses en les cultivant dans des petites parcelles et en suscitant le plus possible la participation des paysans. En prenant le temps d'étudier et d'évaluer les légumineuses, avant de choisir d'en faire la promotion, on contribue à accroître le succès des paysans dans l'utilisation des ev/cc.

RÉFÉRENCES

Cook, B.G., B.C. Pengelly, S.D. Brown, J.L. Donnelly, D.A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B.F. Mullen, I.J. Partridge, M. Peters, et R. Schultze-Kraft. 2005. [Tropical Forages](#): an interactive selection tool [Fourrages tropicaux : un outil de sélection interactif], [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT et ILRI, Brisbane, Australie.

Daryanto, S., L. Wang et P-A Jacinthe. 2015. [Global Synthesis of Drought Effects on Food Legume Production](#) [Synthèse globale des effets de la sécheresse sur la production de légumineuses alimentaires]. *PLOS ONE* 10 (6).

[Ecocrop](#). 1993-2007. FAO, Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations unies.

Palm, C., H. Blanco-Canqui, F. DeClerck et L. Gatere. 2014. [Conservation agriculture and ecosystem services: An overview](#) [Agriculture de conservation et services écosystémiques : un aperçu]. *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 187: 87-105.

Ssali, H. et S.O. Keya. 1983. [The effect of phosphorus on nodulation, growth and dinitrogen fixation by beans](#) [Les effets du phosphore sur la nodulation, la croissance et la fixation de diazote des haricots]. *Biological Agriculture and Horticulture* 1(2):135-144.

[Tropical Forages](#)

Zahran, H.H. 1999. [Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate](#) [Symbiose rhizobium-légumineuses et fixation d'azote sous des conditions extrêmes et dans un climat aride]. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 63(4):968-989.

LECTURES SUPPLÉMENTAIRES

Information générale

- Green Manure Crops [Les engrais verts] ([TN 10](#))
- An Introduction to Soil Fertility [Introduction à la fertilité du sol] ([TN 57](#))
- Nutrient Quantity or Nutrient Access? A new Understanding of How to Maintain Soil Fertility in the Tropics [Quantité de nutriments ou accès aux nutriments? Une nouvelle vision du maintien de la fertilité du sol dans les tropiques] ([EDN 74](#))
- The Use of Green/Manure Cover Crops for Relay Cropping in Northern Thailand Thailand [L'utilisation d'ev/cc en culture de relais dans le nord de la Thaïlande] ([AN 10](#))
- Vegetative and Agronomic Technologies for Land Husbandry [Technologies végétaives et agronomiques dans l'aménagement des terres] ([EDN 89](#))
- Roland Bunch, Cinq ans en Afrique ([EDN 131](#))

Techniques d'utilisation des ev/cc

- Modèle A « 2: 4: 2 » de cultures intercalaires du maïs / des ([EDN 133](#))
- Conservation Agriculture in East Africa: An Update [L'agriculture de conservation en Afrique de l'Est : Une actualisation] ([EAN 1](#))
- L'agriculture de conservation dans les zones à forte pluviosité ([EDN 127](#))
- Use of Legume Cover Crops in Orchards or Plantations [L'utilisation de légumineuses comme cultures de couverture dans les vergers ou plantations] ([EDN 46](#))
- Inoculation of Leguminous Crops and Trees [L'inoculation des espèces légumineuses] ([EDN 101](#))
- Site Web de l'université Cornell, [Conservation Agriculture: Global Research and Resources](#) [Agriculture de conservation : recherches et ressources mondiales]
- Farooq, M. H. Kadambot et M. Siddique (sous la direction de). 2015. [Conservation Agriculture](#) [Agriculture de conservation] Springer International Publishing, Suisse.
- [Save and Grow](#), livre sur une approche écosystémique d'intensification agricole durable qui comprend le carbone (disponible en format PDF téléchargeable)
- Matusso, J.M.M., J.N. Mugwe, et M. Mucheru-Mana. 2012. [Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of sub-Saharan Africa](#) [Rôle potentiel des systèmes de culture intercalaire de céréales et de légumineuses dans la gestion intégrée de la fertilité du sol des systèmes agricoles des petits paysans de l'Afrique subsaharienne]. Troisième rencontre biennale de RUFORUM, Entebbe, Ouganda.

Informations sur des cultures spécifiques

- Le niébé : pleins feux sur des variétés à usages multiples ([EDN 122](#))
- *Crotalaria juncea*, a promising green manure crop for the tropics [*Crotalaria juncea*, un engrais vert prometteur pour les tropiques] ([AN 3](#))
- *Lablab purpureus*: Une nouvelle culture de base pour les régions soudano-sahéliennes ([TN 73](#))
- *Dolichos lablab*: A Legume that Feeds People, Animals and the Soil [*Dolichos lablab* : une légumineuse qui alimente les gens, les animaux et le sol] ([EDN 82](#))
- Further Support for the Use of Lablab in Dry Areas [Le lablab (*Lablab purpureus*), une nouvelle culture vivrière pour la région soudano-sahélienne] ([EDN 119](#))
- Tephrosia: A Multipurpose Tree for Gm/CC, Soil Conservation and IPM [La téphrosie : un arbuste polyvalent pour les ev/cc, la conservation du sol et la lutte antiparasitaire intégrée] ([EAN 2](#))
- Cowpea: Living Mulch under Maize [Le niébé : Un paillis vivant sous le maïs] ([EDN 123](#))
- Rice Bean – *Vigna umbellata*: Another amazing green manure/cover crop [Le haricot riz – *Vigna umbellata* : un autre engrais vert/culture de couverture remarquable] ([EDN 83](#))
- Success with Velvet Bean in the Republic of Benin [Du succès avec le pois mascate dans la République du Bénin] ([EDN 43](#))
- *Sesbania rostrata*: A green manure production system for rice [*Sesbania rostrata* : un système de production d'engrais vert pour le riz] ([EDN 75](#))
- [Various Plant Information sheets for individual gm/ccs](#) [Diverses fiches techniques d'ev/cc]
- Fiches techniques sur de nombreuses espèces de légumineuses disponibles en ligne dans les sites [Tropical Forages](#), [Winrock](#) (arbres et arbustes fixateurs d'azote), [Ecocrop](#) (FAO), et [Feedipedia](#)

Fertilité du sol, vie du sol et ev/cc

- Bunch, R. 2012. [Restoring the Soil: A Guide for Using Green Manure/Cover Crops to Improve the Food Security of Smallholder Farmers](#) [La restauration du sol : guide d'utilisation des ev/cc pour améliorer la sécurité alimentaire des petits paysans]. Canadian Foodgrains Bank.
- Marjatta E., J. Mureithi, R. DerEilittä, J. Mureithi, et R. Derpsch. [Green manure/cover crop systems of smallholder](#)

[farmers: experiences from tropical and subtropical regions](#) [Systèmes d'év/cc de petits paysans : expériences des régions tropicales et sous-tropicales]. Kluwer Academic Publishers.

- Anderson, Simon, Sabine Gundel, Barry Pound, et Bernard Triomphe. [Cover crops in smallholder agriculture: lessons from Latin America](#) [Les cultures de couverture dans l'agriculture des petits paysans : leçons d'Amérique latine] Londres: ITDG (Intermediate Technology Development Group).
- Hoorman, J.J. et R. Islam. [Understanding Soil Microbes and Nutrient Cycling](#) [Pour comprendre les microbes du sol et le recyclage des nutriments]. Ohioline (Ohio State University Extension).
- Dick, Warren Albert., et Jerry L. Hatfield. [Sustaining soil fertility in West Africa: proceedings of a symposium sponsored by Divisions S-4, S-8, and A-6 of the Soil Science Society of America and the American Society of Agronomy: the papers were presented during the annual meeting in Minneapolis, Minnesota](#) [Le maintien de la fertilité du sol en Afrique de l'Ouest : compte-rendu d'un symposium parrainé par les Division S-4, S-8 et A-6 de la Société des sciences du sol des Amériques et de la Société américaine d'agronomie : les communications ont été présentées lors de la réunion annuelle à Minneapolis, Minnesota] du 5 au 9 novembre 2000.
- [Handbook for Integrated Soil Fertility Management](#) [Manuel de gestion intégrée de la fertilité du sol] Africa soil health consortium. 2012. Sous la direction de Thomas Fairhurst.

Aspects économiques

- Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. 2001. [The Economics of Conservation Agriculture](#) [L'économie de l'agriculture de conservation]. Rome, Italie.
- Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. 2015. [Economic Aspects of Conservation Agriculture](#) [Aspects économiques de l'agriculture de conservation]. Rome, Italie.
- Francis R., P. Weston et J. Birch. 2015. [The social, environmental and economic benefits of Farmer Managed Natural Regeneration \(FMNR\)](#) [Les avantages sociaux, environnementaux et économiques de la régénération naturelle assistée (RNA)]. Vision mondiale Australie.

Vulgarisation

- [Modernizing Extension and Advisory Services](#) (MEAS, Modernisation des services de vulgarisation et de conseil) : site Web contenant de nombreuses publications et outils liés à la vulgarisation agricole.
- [ECHO MEAS Summaries](#) : collection de documents qui résume les idées des MEAS les plus pertinentes au réseau de praticiens terrain d'ECHO.

ANNEXE

Tableau de sélection de cultures de couverture tropicales

Tolérance à la sécheresse ← → Adaptation à l'humidité									
Graminées		Feuilles larges						Graminées	
Sorgho <i>Sorghum bicolor</i> ↑ ↑ ↑ A		Port : ↑ - dressé ↖ - semi-dressé ↔ - étalé ↻ - grimpant Utilisation : Résidus de culture lorsque laissés en champ, réapprovisionnement du sol en matière organique et nutriments. La capacité des légumineuses à ajouter de l'azote au sol est plus élevée que celle des autres types de plantes. ↑ - Consommation humaine ↑ - Fourrage Type de plante : A - annuelle V - vivace							
Teff <i>Eragrostis tef</i> ↑ ↑ ↑ A	Amarante <i>Amaranthus cruentus</i> <i>Amaranthus hypochondriacus</i> ↑ ↑ ↑ A								
Fonio <i>Digitaria exilis</i> ↑ ↑ ↑ A	Célosie <i>Celosia argentea</i> ↑ ↑ ↑ A								
Herbe de Guinée <i>Panicums maximum</i> ↑ ↑ V	Caya blanc <i>Cleome gynandra</i> ↑ ↑ A								
		Légumineuse							
Éleusine <i>Eleusine coracana</i> ↑ ↑ ↑ A	Moringa <i>Moringa oleifera</i> ↑ ↑ ↑ V	Plante à poissons <i>Tephrosia vogelii</i> ↑ V	Luzerne du Brésil <i>Stylosanthes guianensis</i> ↔ ↑ V	Crotalaire <i>Crotalaria juncea</i> ↑ A	Crotalaire <i>Crotalaria ochroleuca</i> ↑ ↑ A	Hirsute indigo <i>Baptisia arachnifera</i> ↑ ↑ A	Arachide sauvage <i>Arachis pintoi</i> ↔ ↑ V	Arbres fruitiers (carambole, papaye) <i>Averrhoa carambola, Carica papaya</i> ↑ ↑ V	Larmes de Job <i>Coix lacryma-jobi</i> ↑ ↑ A/V
Pois d'Angole <i>Cajanus cajan</i> ↑ ↑ A/V	Arachide <i>Arachis hypogaea</i> ↔ ↑ A	Niébé <i>Vigna unguiculata</i> ↔ ↻ ↑ A	Haricot sabre <i>Canavalia ensiformis</i> ↑ ↻ A	Kudzu tropical <i>Pueraria phaseoloides</i> ↔ ↑ V	Pois mascate <i>Mucuna pruriens</i> ↔ ↻ A	Palmier à huile <i>Elaeis guineensis</i> ↑ ↑ V	Noix de coco <i>Cocos nucifera</i> ↑ ↑ V	Canne à sucre <i>Saccharum officinarum</i> ↑ ↑ V	
Millet perlé <i>Pennisetum glaucum</i> ↑ ↑ A	Sarrazin <i>Fagopyrum esculentum</i> ↑ ↑ A	Haricot papillon <i>Vigna aconitifolia</i> ↔ ↑ A	Dolique d'Égypte <i>Lablab purpureus</i> ↑ ↻ ↑ A	Grain de cheval <i>Macrotyloma uniflorum</i> ↔ ↑ A	Haricot riz <i>Vigna umbellata</i> ↑ ↑ A	Ambérique <i>Vigna radiata</i> ↔ ↑ A	Soyja <i>Glycine max</i> ↑ ↑ A	Café <i>Coffea arabica</i> ↑ ↑ V	Maïs <i>Zea mays</i> ↑ ↑ A
Brachiaria <i>Brachiaria sp.</i> ↔ ↑ V	Tournesol <i>Helianthus annuus</i> ↑ ↑ A	Herbe éléphant <i>Pennisetum purpureum</i> ↑ ↑ V							

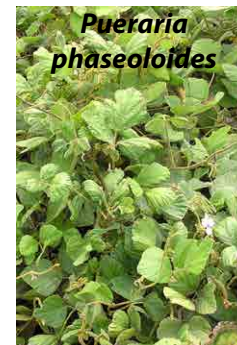


Tableau 6. Force de la corrélation entre la biomasse de légumineuses (de chacune des espèces et des quatre réunies) et des facteurs liés à la température.

	Les 4 légumineuses		niébé		haricot sabre		dolique d'Égypte		haricot riz	
Facteurs liés à la température	Corr ^z	P value ^y	Corr ^z	P value ^y	Corr ^z	P value ^y	Corr ^z	P value ^y	Corr ^z	P value ^y
Min tempmoyenne du sol pendant le mois 1	0.65137	<0.0001	0.77409	0.0086	0.87735	0.0009	0.65690	0.0391	0.76524	0.0099
Min tempmoyenne du sol pendant le mois 2	0.65358	<0.0001	0.78801	0.0068	0.88512	0.0007	0.62917	0.0513	0.77763	0.0081
Min tempmoyenne du sol pendant le mois 3	0.58690	<0.0001	0.61338	0.0593	0.74890	0.0127	0.81216	0.0043	0.62534	0.0532
Max temp. moyenne du sol en moyenne sur le mois 1	0.64472	<0.0001	0.79993	0.0055	0.88324	0.0007	0.56095	0.0916	0.78590	0.0070
Max temp moyenne du sol en moyenne sur le mois 2	0.56799	0.0001	0.76387	0.0101	0.80373	0.0051	0.33760	0.3401	0.74294	0.0138
Max temp moyenne du sol en moyenne sur le mois 3	0.53668	0.0004	0.73925	0.0146	0.76574	0.0098	0.27209	0.4469	0.71880	0.0192
Tempmoyenne du sol au cours du mois 1	0.65277	<0.0001	0.79385	0.0061	0.88699	0.0006	0.61036	0.0609	0.78246	0.0075
Tempmoyenne du sol au cours du mois 2	0.62523	<0.0001	0.79975	0.0055	0.86676	0.0012	0.48034	0.1600	0.78293	0.0074
Tempmoyenne du sol au cours du mois 3	0.66237	<0.0001	0.82073	0.0036	0.90367	0.0003	0.57774	0.0803	0.81136	0.0044
Min temp de l'air moyenne sur le mois 1	0.21921	0.1045	0.78980	0.0008	0.74663	0.0022	-0.28333	0.3263	-0.08655	0.7686
Min temp de l'air moyenne sur le mois 2	0.25598	0.0569	0.79488	0.0007	0.77101	0.0012	-0.21988	0.4500	-0.00356	0.9904
Min temp de l'air moyenne sur le mois 3	0.11512	0.3982	0.71020	0.0044	0.62972	0.0158	-0.40509	0.1508	-0.27637	0.3388
Max temp de l'air moyenne sur le mois 1	0.45769	0.0004	0.49681	0.0707	0.67055	0.0087	0.59143	0.0259	0.54259	0.0450
Max temp de l'air moyenne sur le mois 2	0.39304	0.0027	0.07513	0.7985	0.30097	0.2957	0.86870	<0.0001	0.69084	0.0062
Max temp de l'air moyenne sur le mois 3	0.48451	0.0002	0.47817	0.0837	0.66889	0.0089	0.66644	0.0092	0.61525	0.0192
Tempmoyenne de l'air au cours du mois 1	0.35709	0.0069	0.67988	0.0075	0.75850	0.0017	0.21493	0.4606	0.18934	0.5168
Tempmoyenne de l'air au cours du mois 2	0.51269	<0.0001	0.66380	0.0096	0.82206	0.0003	0.50738	0.0640	0.58646	0.0275
Tempmoyenne de l'air au cours du mois 3	0.39139	0.0029	0.77711	0.0011	0.83645	0.0002	0.08867	0.7631	0.29310	0.3092
Pluie du mois 1	0.02462	.8571	-0.60433	0.0221	-0.45491	0.1022	0.62648	0.0165	0.46955	0.0903
Pluie du mois 2	0.02319	0.8653	-0.54218	0.0452	-0.42458	0.1302	0.45211	0.1046	0.52524	0.0538
Pluie du mois 3	-0.25015	0.0630	-0.51353	0.0604	-0.56661	0.0346	-0.08553	0.7713	-0.12198	0.6778
Pluie du mois 1 à 3	-0.04486	0.7427	-0.66360	0.0097	-0.55330	0.0401	0.48466	0.0790	0.41308	0.1421
Degrés-jours de croissance (DJC) de l'ensemencement à la récolte ^x	0.56583	0.0001	-0.08208	0.8217	0.89629	0.0004	0.75053	0.0124	0.75340	0.0119
DJC accumulés à la fin du mois 1	0.65247	<0.0001	0.79236	0.0063	0.88617	0.0006	0.61306	0.0595	0.78104	0.0076
DJC accumulés à la fin du mois 2	0.64477	<0.0001	0.80245	0.0052	0.88413	0.0007	0.55438	0.0963	0.78843	0.0067
DJC accumulés à la fin du mois 3	0.64922	<0.0001	0.80774	0.0047	0.88939	0.0006	0.55851	0.0933	0.79476	0.0060

^zLa force de la corrélation (corr) a été mesurée avec les coefficients de corrélation de Pearson. Une valeur de -1 indique une corrélation négative parfaite et une valeur de +1 indique une corrélation positive parfaite.

^yLe coefficient de corrélation de Pearson correspondante est statistiquement significatif si la valeur-P ≤ 0.05.

^xAu moment de la formation des gousses, lorsque la biomasse en surface a été récoltée et pesée.