

# Conception d'un modèle entomo-agroforestier à légumineuses restauratrices de fertilité et nourricières de *Cirina forda*

Umba di M'balu Joachim<sup>1,2,3,4</sup>, Pululu Basunga Herman<sup>1</sup>, Mumba Djamba Antoine<sup>1,2</sup>, Bamue Solo Darius<sup>4</sup>, Khasa Damase<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Université Loyola du Congo (ULC) B.P.3724 Kinshasa - Gombe

<sup>2</sup> Université Pédagogique Nationale (UPN) B.P. 8815 Kinshasa-Ngaliema

<sup>3</sup> Université La Salle au Congo Kinshasa (ULCK), Avenue Banseke n01 / bis Kinshasa-Kintambo

<sup>4</sup> Université Président Kasa Vubu (UKV), commune de Nzadi, quartier Boma – ville, avenue Pinzi n°14, B.P.314 Boma.

<sup>5</sup> Université Laval (UL) Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Pavillon Abitibi – Prince 2405 rue de la terrasse, G1v0A6, Québec / Canada.

Auteur correspondant E-mail : [joachimumba@yahoo.fr](mailto:joachimumba@yahoo.fr) \_ tél (+243) 82 22 48 733

**Mots clés** : bactérisation, chenille, entomo-agroforesterie, légumineuse de couloir, *Cirina forda*.

**Keywords**: bacterification, caterpillar, entomo-agroforestry, corridor legume, *Cirina forda*.

Submission 10/11/2022, Publication date 31/01/2023, <http://m.elewa.org/Journals/about-japs>

## 1 RESUME

L'expérimentation d'un modèle entomo-agroforestier mettant dans un même espace l'élevage et l'agriculture s'inscrit dans le cadre de la restauration de fertilité du sol et de l'introduction d'entomoculture innovante de *Cirina forda* en agroforesterie. Pour ce faire, les légumineuses rampantes et érigées de couloirs ont été sélectionnées et associées aux légumineuses hôtes de la chenille. En termes des plantes fertilisantes, les essais ont été effectués sur les légumineuses de couloir dont 3 érigées (*Crotalaria retusa*, *Eriosema psoraleoides* et *Sesbania sesban*) et une rampante (*Mucuna gigantea*), et trois autres espèces hôtes de *Cirina forda* qui sont *Burkea africana*, *Entada abyssinica* et *Erythrophleum africanum*. La rotation entre le maïs et les légumineuses de couloir qui sont *Crotalaria retusa*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* et *Sesbania sesban* ont permis l'augmentation de la teneur du sol en azote nitrate, en phosphore et en potassium. L'espèce *Sesbania sesban* s'est démarquée de toutes les autres en donnant la teneur la plus élevée pour les trois minéraux expérimentés. Tous les systèmes racinaires des légumineuses de couloir ont été tous colonisés par *Rhizobium* spp. La moyenne des nodules portés par le système racinaire de chaque légumineuse oscille entre 4 et 144,6. *Sesbania sesban* est l'espèce la plus colonisée par les souches autochtones. Les œufs de *Cirina forda* récoltés sur d'*Erythrophleum africanum* et transférés sur *Burkea africana*. Après l'éclosion de l'œuf, la chenille a subi quatre mues, qui ont duré dans l'ensemble 48 jours. Entre le groupement des chenilles pour la mue et la mue proprement dite, il s'est passé 2 à 3 jours. Les mues sont accompagnées de profonds changements morphologiques dont la dernière était la métamorphose de la larve de la quatrième génération en nymphe.

## ABSTRACT

The experimentation of an entomo-agroforestry model putting in the same space livestock and agriculture is part of the restoration of soil fertility and the introduction of innovative entomoculture of *Cirina forda* in agroforestry. For this purpose, creeping and erect legumes were selected and associated with the host legumes of the caterpillar. In terms of fertilizer

plants, trials were conducted on alleyway legumes, three of which were erect (*Crotalaria retusa*, *Eriosema psoraleoides* and *Sesbania sesban*) and one creeping (*Mucuna gigantea*), and three other host species of *Cirina forda*, namely *Burkea africana*, *Entada abyssinica* and *Erythrophleum africanum*. The rotation between maize and the corridor legumes *Crotalaria refusa*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* and *Sesbania sesbana* resulted in an increase in soil nitrate nitrogen, phosphorus and potassium. *Sesbania sesban* stood out from all the others by giving the highest content of the three minerals tested. All the root systems of the corridor legumes were all colonized by *Rhizobium* spp. The average nodules carried by the root system of each legume ranged from 4 to 144.6. *Sesbania sesban* was the species most colonized by the indigenous strains. The eggs of *Cirina forda* collected from *Erythrophleum africanum* and transferred to *Burkea africana*. After hatching, the caterpillar underwent four molts, which lasted a total of 48 days. Between the grouping of the caterpillars for molting and the actual molting, 2 to 3 days passed. The molts are accompanied by profound morphological changes, the last of which was the metamorphosis of the fourth generation larva into a pupa.

## 2 INTRODUCTION

La végétation du Kongo Central et des zones rurales de Kinshasa est formée d'une multitude d'écosystèmes dont les plus dominantes sont la forêt dégradée et la savane. L'agriculture durable exige la création des recrûs forestiers en privilégiant certaines espèces spontanées à usages multiples et des légumineuses de couloir. L'introduction en agroforesterie des espèces ligneuses légumineuses et hôtes de chenilles comestibles, constitue un prévalu pour l'exploitant agricole en termes des revenus. Cette approche permet de mettre en place des systèmes agroforestiers innovants et proches des écosystèmes originels comme le souhaite Khasa (2014) dans sa nouvelle définition de l'agroforesterie. Les légumineuses ligneuses en dehors de rôle nourricier de chenilles, participent au maintien de la fertilité par l'absorption en profondeur des nutriments minéraux lessivés ou libérés par l'altération des minéraux primaires, qu'ils font remonter vers la surface où ils seront recyclés. Les légumineuses incorporées dans le modèle entomo-agroforestier vivent en symbiose avec des bactéries appartenant au domaine *Bacteria* (*Eubacteria*), règne *Proteobacteria*, Section  $\alpha$  *Proteobacteria* et famille de *Rhizobiaceae*. Ces sont des bactéries gram négatives aérobies vivant à l'état libre dans le sol, et en symbiose avec les racines ou les tiges avec lesquelles elles forment des nodules (Lepoivre, 2003,

[www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/4\\_rhizobium.html](http://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/4_rhizobium.html)). La famille de *Rhizobiaceae* compte quelques genres et espèces. Le genre *Bradyrhizobium* dont l'espèce *Bradyrhizobium japonicum* qui colonise le soja en donnant le meilleur rendement (Baudoin et al., 2003). Le genre *Azorhizobium* colonise l'espèce *Sesbania rostrata* formant avec l'espèce hôte des nodules caulinaires et racinaires (Heller et al. 2000). Le genre *Rhizobium* au sens strict, regroupe la plupart d'espèces symbiotes des légumineuses, formant uniquement des nodules racinaires. Ce genre détient les espèces colonisant l'arachide, le pois cajan, le haricot, le niébé, *Mucuna*, *Crotalaria*. La souche *Sinorhizobium* sp. NGR 234 nodulent 353 espèces de légumineuses appartenant à 112 genres différents et une non légumineuse, alors que d'autres sont très spécifiques. Les principales espèces végétales hébergeant les bactéries fixatrices appartiennent à l'embranchement de *Magnoliophyta*, classe de *Magnoliopsida*, ordre de Fabales (Légumineuses). D'autres espèces végétales n'appartenant pas à l'ordre des Fabales fixent l'azote atmosphérique, il s'agit de *Trema orientalis* et *Croton mubango*. Les mycorhizes résultent d'une union symbiotique durable impliquant entre les systèmes racinaires et certaines cultures. Ces champignons mycorhiziens appartiennent certains au phylum

de *Zygomycota*, classe de Zygomycète et l'ordre des Glomales, et d'autres s'allient aux *Ascomycota* et *Basidiomycota* (Smith & Read, 1997). La mycorhization joue un rôle majeur en agriculture en termes d'amélioration de la nutrition minérale et hydrique d'une part, et la protection phytosanitaire des plantes d'autre part. Cette association cultures et champignons, constituant le socle de la relation sols-plantes-microorganismes est une opportunité à exploiter en entomo agroforesterie par le fait qu'elle améliore la biodisponibilité d'éléments minéraux qui constitue fréquemment la principale contrainte au bon développement du végétal). La sélection des arbres à usages multiples (MPTS) se base sur certains critères dont l'application en agroforesterie, les qualités écologiques et technologiques, ainsi que les éléments socioéconomiques, physiques et biologiques. L'étude sur les préférences des

exploitants agricoles est d'une importance capitale dans le choix des MPTS à associer aux cultures. Les MPTS autochtones et nourricières de *Cirina forda* répondent aux exigences de la zone agro-écologique tropicale humide comme a proposé des arbustes et arbres à usages multiples destinés à trois zones agro-écologiques africaines. Les familles de *Caesalpinaceae* et de *Mimosaceae* sont les légumineuses présentent un intérêt particulier pour l'entomoculture de *Cirina forda*. L'utilisation de modèle entomo-agroforestier faisant partie intégrante de l'agriculture intelligente permettra le reboisement de plantes hôtes de *Cirina forda* et son élevage, point de départ d'une filière d'insectes comestibles. Ce modèle intégrant l'entomoculture constitue une innovation et une diversification de sources de protéines d'origines animales à moindre frais et non polluante de l'environnement.

### 3 MATÉRIEL

#### 3.1 Légumineuses à chenilles

**3.1.1 *Burkea africana* Hook** appartient à la famille de *Caesalpinaceae* et le nombre de chromosomes est  $2n = 28$ . L'espèce est présente du Sénégal jusqu'au nord de l'Afrique du Sud (Arbonnier, 2009). Son bois sert pour la confection de traverses de chemin de fer, de piquets, de mobilier, d'ustensiles, d'instruments de musique, de wagons. L'espèce est très utilisée en médecine traditionnelle (toux, l'inflammation de la langue et des gencives. La décoction ou l'infusion la pneumonie, la ménorrhée, la céphalée, l'empoisonnement et les affections cutanées, etc.). Les jeunes fleurs et la gomme sont comestibles. *Burkea africana* abrite les chenilles *Cirina forda* et *Rohaniela pygmaea*.

**3.1.2 *Entada abyssinica* Steud.** appartient à la famille de *Mimosaceae*. L'espèce est présente en Afrique de l'Ouest, du centre et de l'Est. L'espèce est très recherchée pour la production de bois énergie particulièrement dans les environs de grandes agglomérations. La décoction de racines est prise contre la toux, la bronchite et les douleurs abdominales. Le fruit cru induit le vomissement, utilisé comme antidote au venin de serpent. Ses feuilles tendres

sont consommées comme légume et fourrage pour les bêtes. *Entada abyssinica* est une espèce mellifère et hôte de *Cirina forda*.

**3.1.3 *Erythrophleum africanum panicum*** appartient à la famille des *Caesalpinaceae*. L'espèce est présente dans la majeure partie de l'Afrique tropicale, depuis le Sénégal jusqu'en Afrique du Sud en passant par la R.D.Congo. Ce genre est l'un des rares parmi les *Caesalpinaceae* chez lesquels on ait trouvé des alcaloïdes (Arbonnier, 2004). *Erythrophleum africanum* est utilisée en médecine traditionnelle pour soulager les douleurs dentaires, traiter les maux d'estomac ou la dysménorrhée, soigner les maladies cardiaques et l'épilepsie, déclencher des vomissements après un empoisonnement et soigner la folie, Le bois d'œuvre d'*Erythrophleum africanum* (BURKILL, 1995) et de plusieurs autres espèces d'*Erythrophleum* est commercialisé sous le nom commercial de *missanda*. L'espèce est hôte de *Cirina forda*.

#### 3.2 Légumineuses rampantes et érigées couvrant le couloir

**3.2.1 *Crotalaria refusa panicum* (2n = 16)** appartient à la famille de *Fabaceae*. L'espèce est spontanée en Afrique. L'espèce possède des

vertus médicinales. Les feuilles sont employées aussi bien en usage interne qu'externe contre la fièvre, la décoction de fleurs et de feuilles sert pour apaiser un rhume. Les graines consommées crues ont un effet analgésique pour amortir la douleur d'une piqûre de scorpion. L'espèce est également exploitée comme couverture végétale et pour améliorer l'état du sol, notamment dans les plantations de caféiers et de palmiers à huile en Afrique et dans le Sud-Est asiatique.

**3.2.2 *Eriosema psoraleoides panicum*** appartient à la famille de *Fabacea*. La plante est répandue à travers l'Afrique tropicale et du Sud. Les feuilles réduites en pâte sont utilisées pour empoisonner les poissons. L'extrait foliaire a des propriétés insecticides et insectifuges utilisés pour gérer les poux du chien. La poudre de la plante diluée dans l'eau traite la tuberculose. Les racines broyées, les extraits foliaires et le jus de fruits ont plusieurs usages médicaux : traitement des douleurs abdominales, du sang dans l'urine, de maux d'estomac, d'asthme, de la conjonctivite, des hémorroïdes, de la jaunisse et les blessures au pied. Le bétail repaît des feuilles uniquement à la fin de la saison sèche. Plante abrite les chenilles comestibles *Anaphe* sp.

**3.2.3 *Mucuna gigantea panicum*** appartient à la famille de *Papilionaceae*. L'espèce est spontanée en Asie tropicale, au Japon, en Australie, dans les îles du pacifique et en Afrique. En Afrique tropicale, il est présent depuis la R.D. du Congo jusqu'au Kenya, en Tanzanie et au Mozambique, ainsi qu'à Madagascar et sur d'autres îles de l'océan indien. À cause de la présence de composés toxiques dans la plante, il est recommandé les graines seulement après trempage et cuisson prolongés. Elles sont consommées comme légume feuille ou farine. Les décoctions de racine de *Mucuna gigantea* sont prises pour traiter la blennorragie et la schistosomiase. Les graines réduites en poudre sont utilisées comme purgatif. La poudre est utilisée comme appât des rats.

**3.2.4. *Sesbania sesban* (L.) Merrill** est une espèce qui appartient à la famille de *Fabaceae*, présente en Afrique de l'Ouest et centrale. C'est

une plante à croissance rapide et à vertus médicinales traitant plusieurs pathologies. Les graines sont hématostatiques, les racines sont utilisées contre les vers, les vertiges et les piqures de scorpion. Les feuilles sont insecticides et nématicides. Les fleurs et les fruits peuvent être consommés en grande quantité, tandis que les graines peuvent être relativement toxiques. Le bois est utilisé comme canne à pêche. La plante est utilisée en haie vive et tuteur en culture maraîchère.

**3.3 Semences :** Les semences ont été récoltées dans quatre provinces. Celles de *Burkea africana*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* et *Sesbania seban* ont été cueillies au Kongo Central, *Crotalaria refusa* à Kinshasa, *Entada abyssinica* dans le Tanganyika et enfin *Erythrophleum africanum* au Kwango.

**3.4 Logiciel Statistix 8,0 :** Le logiciel Statistix 8.0 a été utilisé pour l'analyse de la variance (ANOVA) et la plus petite différence significative (PPDS).

### 3.5 Méthodes

**3.5.1 Prélèvement des échantillons de sols à céréales :** Les échantillons des différents sols ayant hébergé le maïs ont été prélevés pour effectuer différentes analyses dont le pH, l'azote nitrate, le phosphore et potassium.

**3.5.2 Test de germination :** Le test de germination des semences scarifiées a été effectué dans boîtes de Pétri, avec papier buvard comme substrat et humecté avec de l'eau distillée.

**3.5.3 Préparation de sachets en polyéthylène de sol à céréales :** Dans les sachets en polyéthylène contenant le sol à céréales, ont été semées les légumineuses rampantes et érigées de couloir (*Crotalaria refusa*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* et *Sesbania sesban*) et les légumineuses hôtes de *Cirina forda* (*Burkea africana*, *Entada abyssinica* et *Erythrophleum africanum*).

**3.5.4 Bactérisation :** Les nodules portés par certains systèmes racinaires des espèces étudiées ont été récoltés et écrasés. La pâte ainsi obtenue a servi pour l'enrobage des graines candidates au semis.

**3.5.5 Semis :** Le semis a été fait à raison de 5 graines par sachet de chaque espèce végétale expérimentée, s'accompagnant de l'appréciation sur la levée, la croissance des plantules et la période de l'apparition des premiers nodules.

**3.5.6 Nodules portés par les systèmes racinaires :** Les nodules des systèmes racinaires de légumineuses expérimentées ont été

dénombrés, pesés en examinant de la présence du pigment rose, le hémoglobine.

**3.5.7 Récolte et transfert des œufs de *Cirina forda* :** Les œufs de *Cirina forda* récoltés sur *Erythrophleum africanum* dans la province du Kwango, ont été transférés sur *Burkea africana* au Kongo Central. Les observations ont été menées jusqu'à la nymphose.

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

**4.1 Test de germination :** Le pouvoir germinatif défini comme la capacité d'une semence à germer, est apprécié par la faculté germinative et l'énergie germinative. La faculté germinative prend en compte le nombre de semences germées au bout de temps imparti pour l'espèce à germer, tandis que la moitié de cette durée donne l'énergie germinative. Parmi

les espèces expérimentées, seule d'*Entada abyssinica* a fait l'objet de scarification. Les résultats obtenus montrent le pouvoir germinatif qui se confond à la faculté germinative oscille entre 6 et 8 jours pour les espèces expérimentées, tandis que celle de l'énergie germinative varie entre 3 et 4 jours (tableau 1).

**Tableau 1 :** Pouvoir germinatif des espèces expérimentées

Espèces	Énergie Germinative	Faculté Germinative (Pouvoir Germinatif)
<i>Entada abyssinica</i>	3	6
<i>Crotalaria refusa</i>	4	8
<i>Eriosema psoraleoides</i>	3	6
<i>Mucuna gigantea</i>	4	8
<i>Crotalaria refusa</i>	4	8
<i>Sesbania sesban</i>	3	6

**3.2 Teneur en éléments minéraux après culture des légumineuses de couloir sur sol à maïs :** La rotation entre le maïs et les légumineuses de couloir qui sont *Crotalaria refusa*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* et *Sesbania sesban* augmente la teneur du sol en azote nitrate, en phosphore et en potassium. L'espèce *Sesbania sesban* se démarque de toutes les autres en

donnant la teneur la plus élevée pour les trois minéraux expérimentés après son passage dans le sol ayant hébergé auparavant la culture de maïs. Effet la teneur en ppm est respectivement 288, 120 et 215 pour l'azote nitrate, le phosphore et le potassium (tableau 2), avec les mentions très élevées, élevés et moins élevées.

**Tableau 2 :** Teneur en azote, phosphore et potassium après passage des légumineuses de couloir sur le sol à maïs

Espèces Expérimentées	Teneur (En Ppm)		
	Azote nitrate	Phosphore	Potassium
<i>Crotalaria refusa</i>	237	74	163
<i>Eriosema psoraleoides</i>	243	77	171
<i>Mucuna gigantea</i>	248	78	175
<i>Sesbania sesban</i>	288	120	215
<i>Zea mays</i>	215	69	150

### 4.3 Nodulation des espèces éprouvées :

Les résultats consignés dans le tableau numéro 3 illustrent que tous les systèmes racinaires des espèces éprouvées ont été tous colonisés par la bactérie fixatrice de l'azote libre à plusieurs vitesses. La moyenne des nodules portés par le système racinaire de chaque légumineuse oscille entre 4 et 144,6. *Sesbania sesban* est l'espèce la mieux colonisée par les souches autochtones, suivi de très loin par *Crotalaria refusa*, et enfin

*Eriosemapsoraleoides* et *Mucunagigantea* ferment la marche (tableau 3). L'analyse de la variance montre que la valeur de F est différente hautement significative en termes de nombre des nodules présents sur les systèmes racinaires. La comparaison des moyennes du nombre de nodules montre que de *Sesbaniasesban* et les autres légumineuses de couloir qui sont *Crotalaria refusa*, *Eriosemapsoraleoides* et *Mucunagigantea*.

**Tableau 3 :** Nombre de nodules portés par plant de légumineuses de couverture

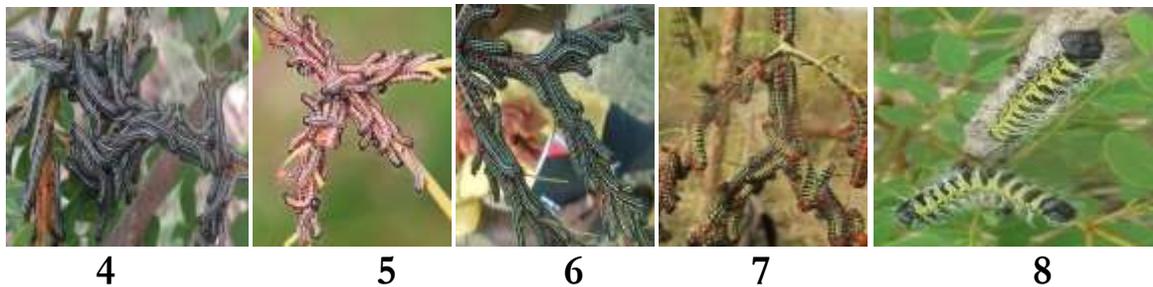
Espèces végétales	Répétitions					Total	Moyenne
	1	2	3	4	5		
<i>Crotalaria refusa</i>	11	17	13	9	10	60	12+/- (3,16) b
<i>Eriosema psoraleoides</i>	3	5	2	3	3	16	3,2+/- (1,09) b
<i>Mucuna gigantea</i>	3	5	3	4	3	18	3,6+/- (0,89) b
<i>Sesbania sesban</i>	159	130	137	143	154	723	144,6+/- (11,93) a

**4.4 Élevage de *Cirina forda* :** Les œufs récoltés dans la province du Kwangosur *Erythrophleum africanum* ont été transférés sur *Burkea africana* au Kongo Central (fig.1). L'endroit idéal pour ce faire est le bourgeon où on trouve de jeunes et tendres feuilles très appréciées par les chenilles. Les grappes d'œufs ont été attachés en utilisant un lien ou de la colle. Les œufs éclosent au fur et à mesure et jusqu'au dernier normal et les jeunes larves sorties de coquilles restent sur la grappe et attendent la sortie de la dernière pour le voyage nourricier vers les jeunes et tendres feuilles (fig.2). A la fin de l'éclosion des œufs normaux, les chenilles remontent regroupées aux feuillages en fil indien. A ce stade les chenilles mènent une vie grégaire (fig.3). La chenille *Cirina forda* subit quatre mues avant d'entrer en nymphose. Chaque mue dure trois jours et elle est accompagnée de profonds changements en ce qui concerne la couleur de la tête, les pattes et les poils (fig.4, 5, 6, 7 et 8). Après la mue, les chenilles vêtues de leurs nouvelles robes migrent vers les feuilles pour s'alimenter. La durée entre

l'éclosion de l'œuf et le début de la nymphose est de 48 jours. La chenille *Cirina forda* était la proie des bioagresseurs pendant le stade larvaire dont les guêpes, les punaises brunes et les parasitoïdes. Les signes précurseurs de la nymphose commencent une dizaine de jours après la quatrième mue par la descente des chenilles vers le sol, qui se cachent sous les feuilles séchées. C'est à ce stade que les chenilles matures ont été ramassées pour mener la nymphose contrôlée. Elles ont été récoltées aux pieds des arbres et mises dans le bassin et contenant du sable propre humecté et des feuilles sèches. L'humidité a fait l'objet d'un contrôle constant et chaque fois renouvelée le mouillage régulier du sable. La disparition des chenilles pressage le début de la métamorphose de chenille en chrysalide. Les chrysalides sont soigneusement récupérées et placées dans un bassin contenant du sable humecté couvert d'une étoffe et d'une toile moustiquaire. Les chrysalides mises dans ces conditions d'élevage n'ont pas donné naissance aux imagos papillons comme attendu.



1 2 3  
Figures 1, 2 et 3 : grappes d'œufs, éclosion et sortie de larves, chenilles regroupées au feuillage



4 5 6 7 8  
Figures 4, 5, 6, 7 et 8 : changements morphologiques subies par les chenilles après chaque mue

## 5 DISCUSSION

Les différentes légumineuses ont été semées sur le substrat sable pour apprécier l'énergie germinative et la faculté germinative dont l'ensemble constitue le pouvoir germinatif. Les semences d'*Entada abyssinica*, espèce à chenille ont nécessité la scarification, ainsi la germination qui est de l'ordre d'une vingtaine de jours a été ramenée à 6 jours. Ces résultats concordent avec ceux de Ngangu (non publié), qui a effectué la scarification sur les semences d'*Erythrophleum africanum* et a réduit la germination de 30 à 4 jours. Les semences des légumineuses de couloir *Crotalaria refusa*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* et *Sesbania sesban* ont subi aucun traitement, elles ont présenté un pouvoir germinatif oscillant entre 6 et 8 jours. Un accent particulier a été mis sur la nodulation des légumineuses de couloir dont le rôle est d'enrichir le sol réservé aux cultures. Tous les systèmes racinaires des espèces expérimentées ont été colonisés par le genre *Rhizobium* autochtone, accusant des écarts importants en

termes de nombre des nodules. L'espèce *Sesbania sesban* s'est distinguée des autres par son effectif imposant de nodules portés par un système racinaire dont la moyenne atteint 144,6, alors que pour les autres elle a oscillé entre 4 et 12. Ces résultats ont permis de retenir *Sesbania sesban* comme la légumineuse de couloir de prédilection pour renouveler la fertilité du sol. L'espèce est déjà utilisée comme engrais vert et tuteur (ARBONNIER, 2009). L'essai mené sur le passage de *Cirina forda* d'une plante hôte à une autre, illustre que l'espèce est hébergée à la fois par d'*Erythrophleum africanum* et *Burkea africana*, et non par *Entada abyssinica*. Les deux premières espèces appartiennent à la même famille de *Caesalpinaceae* et en plus sont des succédanés, tandis que la dernière espèce est une *Mimosaceae*. Il est donc possible que l'espèce *Cirina forda* compte en son rang des sous espèces qui évoluent sur les plantes hôtes différentes telle que *Crossopteryx febrifuga* (N'gala) de la savane boisée de Kongo Central. *Cirina forda* qui est

hébergée par d'*Erythrophleum africanum* et *Burkea africana*, deux *Caesalpinaceae*, ne se nourrit pas des feuilles de *Entada abyssinica*, une *Mimosaceae*, or elles sont toutes des légumineuses. Il est donc évident que *Cirina forda* de la *Rubiaceae* *Crossopteryx febrifuga* soit une sous espèce. Les essais menés sur des œufs récoltés sur d'*Erythrophleum africanum* et transférés sur d'autres plantes hôtes n'ont accepté comme plante nourricière le feuillage de *Burkea africana*, son produit de substitution. Le sol à maïs a été analysé dont la teneur en ppm est de 215, 69 et 150 respectivement pour l'azote nitrate, le phosphore et le potassium. Après la récolte de cette céréale, le même sol a porté par la suite les légumineuses de couloir *Crotalaria refusa*, *Eriosema psoraleoides*, *Mucuna gigantea* et *Sesbania sesban*. Cette rotation maïs-légumineuses de couloir a permis une augmentation de la teneur en azote nitrate, en phosphore et en potassium. Les résultats obtenus correspondent à ceux de WANI & al. (1991), qui ont montré que les légumineuses en rotation avec les céréales

## 6 CONCLUSION

L'objectif visé dans cette recherche est de proposer un modèle agroforestier, qui doit répondre aux attentes de l'exploitant agricole local. Le système le plus proche des écosystèmes locaux est celui qui hébergeait des ligneuses à multiples usages autochtones, associé aux légumineuses de couloir pour restaurer la terre, ainsi les plantes à chenille en vue de l'introduction de l'entomoculture un élevage innovant. Le modèle retenu est celui de couloirs cloisonnés par les arbres. Les trois ligneuses qui ont été retenues sont de légumineuses et hôtes *Cirina forda*, la chenille la plus consommée à Kinshasa. Elles appartiennent à deux familles : *Caesalpinaceae* (*Erythrophleum africanum* et *Burkea africana*) et *Mimosaceae* (*Entada abyssinica*). Les deux *Caesalpinaceae* sont succédanés, ce qui explique que les œufs de *Cirina forda* récoltés sur l'un et transférés dans l'autre évoluent normalement. L'implantation de ces deux espèces facilitera l'élevage de la chenille *Cirina forda*. Les quatre légumineuses de couloir testées ont hébergé les souches locales de la bactérie

améliorent la teneur non seulement en azote, mais aussi en d'autres éléments comme le phosphore et le potassium. Les semences d'*Entada abyssinica* ont été cultivées sur le sol à maïs. Les résultats obtenus s'illustrent par une diminution de la teneur en azote nitrate, une légère augmentation en potassium et enfin celle de phosphore passe presque au double. Le fait que les légumineuses ligneuses soient moins colonisées par les bactéries fixatrices, pourrait expliquer la contreperformance observée en termes de teneur en minéraux. Après l'éclosion, la chenille de *Cirina forda* subit quatre mues avant d'entrer à la nymphose. Chaque mue s'opère en espace de deux à trois jours. La durée entre l'éclosion de l'œuf et le début de la nymphose est de 48 jours. Toutes les phases de la métamorphose n'ont pas été atteintes. La réussite était de règle de l'éclosion de l'œuf jusqu'au stade de chrysalide. Les conditions expérimentales mises en œuvre n'ont pas permis d'arriver à la phase de papillon l'insecte parfait.

fixatrice de l'azote *Rhizobium* spp, avec mention spéciale pour l'espèce *Sesbania sesban* dont le système racinaire a porté en moyenne 144,6 gros nodules efficaces, synonyme d'une intense fixation d'azote et améliore la teneur en phosphore et en potassium. Le dernier facteur et non le moindre est la rotation de céréales avec les légumineuses. Effet les céréales favorisent l'amélioration de la teneur en azote, en phosphore et en potassium. L'essai a permis de sélectionner les essences pour proposer le modèle entomo-agroforestier composé de céréales et de *Sesbania sesban* pour la restauration de sol de couloir en éléments minéraux, et enfin les légumineuses hôtes de *Cirina forda*. *Sesbania sesban* à croissance rapide et fort colonisée par les souches autochtones est la plante de couloir sélectionnée pour faire partie du modèle entomo-agroforestier, ainsi que les succédanées *Burkea africana* et *Erythrophleum africanum* d'une part, et d'autre part *Entada abyssinica* facilement au système racinaire très colonisé par les souches locales de *Rhizobium*. Le choix de meilleures

légumineuses spontanées de couverture et de céréales en rotation dans le couloir constitue une stratégie pour maximiser la nutrition, la

protection et l'augmentation de rendements des spéculations exploitées (fig.9).

légumineuses ligneuses à chenilles	0. Légumineuses de couloir à cycle végétatif court pour la restauration du sol	légumineuses ligneuses à chenilles
<i>Burkea africana</i>	1. Cultures céréalières	<i>Burkea africana</i>
<i>Erythrophleum africanum</i>	2. Cultures de légumineuses à graines ou oléifères	<i>Erythrophleum africanum</i>
<i>Entada abyssinica</i>	3. Cultures de tubercules	<i>Entada abyssinica</i>

**Figure 9 :** Système entomo-agroforestier commençant par la restauration du sol et suivi de la rotation des cultures

Comparé à l'immense diversité de la faune sauvage de la R.D.Congo, l'élevage ne concerne que très peu d'espèces locales. Le pays n'a pas encore instauré dans ses divers axes de recherche en agro-alimentaire la domestication et l'élevage des insectes, et pourtant une fraction importante de la population congolaise est entomophage. Il existe une grande diversité de chenilles comestibles, dont *Cirina forda* qui détient la grande part du marché local et prisée par les consommateurs. Parti des œufs transférés, son élevage a atteint en termes de métamorphose le stade de chrysalide. Malheureusement la technique mise en œuvre sur le traitement des

nymphes n'a pas permis d'obtenir les papillons, ensuite les coupler pour la ponte, bouclant ainsi le cycle. Dès sa sortie de la coquille, la chenille *Cirina forda* devient la proie de différents ravageurs. Parmi les ravageurs, il y a la présence des punaises et les guêpes. D'autres insectes pondent leurs œufs sur corps de la chenille, dont les asticots se comportent comme parasitoïdes. L'élevage de *Cirina forda* n'est pas arrivé au bout du cycle de la métamorphose. L'introduction de légumineuses de couloir qui jouent à la fois le rôle d'amendement et fertilisant est une bonne stratégie pour restaurer les sols.

## 6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arbonnier M. (2009), *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Ouest*, Quae, Paris, 573 pages
- Baudoin J.P, Demol J., Lauant B.P., Marechlr. , Mergeac G. et OtoulE. (2003), *Amélioration des plantes, Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales*, les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 581 pages
- Burkill H.M. (1995), *The useful plants of West Tropical Africa*, Families E-I. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, 989 pages
- Heller R., Esnault R. Et Lance C (2000), *Physiologie végétale 2. Développement*, Dunod, Paris, 366 pages.
- Lepoivre P. (2003), *Les procaryotes phytopatogènes in phytopathologie*, de Boeck, Bruxelles, pages 79-103
- Khasa, D (2014). *Système agroforestier tropicaux*. Inédit, ISAV/Kimwenzu,
- Smith S.E., Read D.J., (1997) *Mycorrhizal symbiosis*, Academic Press; Harcourt Brace and Company Publishers, — 605 p.
- Wani SP, McGill WB, Tewari JP (1991) "Mycorrhizal and common root-rot infection, and nutrient accumulation "in barley grown on breton loam using N from biological fixation or fertilizer.
- [www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/4\\_4\\_rhizobium.html](http://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/4_4_rhizobium.html), consulté le 15 septembre à 16heures.