



# GUIDE D'ELABORATION DES PROJETS

## A. Identification du projet

---

- Titre du projet : Développement de technologies microbiennes pour la restauration de la fertilité des sols du bassin arachidier et l'augmentation des rendements du mil en rotation avec le sorgho.
- Zones d'exécution : le projet va se dérouler selon un gradient Nord-Sud, afin de tenir compte de la variabilité climatique. Deux sites seront choisis dans le nouveau bassin arachidier : Thyssé Kaymor et Saré Yorobana
- Type de recherche : Recherche Appliquée
- Thèmes prioritaires cibles et activités prévues : Développement de stratégies d'adaptation des systèmes céréaliers dans un contexte de variabilité et de changement climatique / Mise au point de technologies d'optimisation de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols (optimisation ressources des sols ; gestion des intrant / climat ; intégration agriculture élevage ; agroforesterie ; etc..)
- Nom du coordonnateur de l'équipe de recherche : Dr Mame Farma Ndiaye Cissé
- Structure de tutelle du coordonnateur de l'équipe de recherche : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
- Institutions partenaires : Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR)
- Coût du projet (XOF) : 57 012 010 FCFA
- Durée : 3 ans

[Tapez un texte]

## B. Renseignements administratifs (Une page par partenaire)

**Nom de l'organisation partenaire : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles / Laboratoire National de Recherches sur les Productions Végétales**

Type d'organisation (cocher la case correspondante)

Institut de recherche	Université	Institut d'enseignement	Association	ONG	Autre (à préciser)
x					

### Coordonnées de l'organisation

**Adresse :** Route des hydrocarbures, Bel-air, BP 3120 Dakar, Sénégal

**Téléphone :** +221 33 859 17 20

**Fax :** +221 33 832 24 27

**Adresse électronique :** info@isra.sn

**Site web:** www.isra.sn

**NOM DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET  
DANS LA STRUCTURE PARTICIPANTE : Dr Mame Farma Ndiaye Cissé**

**TITRE : Chargée de Recherches**

**MONTANT DE LA CONTRIBUTION DEMANDEE PAR LA STRUCTURE (XOF) : 32 659 000 FCFA**

*Je déclare que les renseignements fournis ci-dessus sont conformes et que le Laboratoire National de Recherches sur les Productions Végétales marque son accord pour participer à l'exécution du projet :*

**« Développement de technologies microbiennes pour la restauration de la fertilité des sols et l'augmentation des rendements du mil en rotation avec le sorgho dans le Bassin arachidier ».**

**Personne autorisée à signer : Dr Ndéye Yacine Ndour Badiane**

**Position dans l'organisation : Chef de Centre**

Prénom & Nom

Date

Signature

Ndéye Yacine Ndour Badiane

28 03 2013

---

---

[Tapez un texte]

## B. Renseignements administratifs (Une page par partenaire)

---

**Nom de l'organisation partenaire : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles / Centre de Recherches Zootechniques de Kolda - CRZ/Kolda**

**Type d'organisation**

Institut de recherche	de	Université	Institut d'enseignement	Association	ONG	Autre (à préciser)
x						

**Coordonnées de l'organisation**

**Adresse :** Route des hydrocarbures, Bel-air, BP 3120 Dakar, Sénégal

**Téléphone :** +221 33 859 17 20

**Fax :** +221 33 832 24 27

**Adresse électronique :** info@isra.sn

**Site web:** www.isra.sn

**NOM DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET DANS LA STRUCTURE PARTICIPANTE : Dr Mayécor Diouf**

**TITRE : Chef de centre**

**MONTANT DE LA CONTRIBUTION DEMANDEE PAR LA STRUCTURE (XOF) : 15 323 000 FCFA**

*Je déclare que les renseignements fournis ci-dessus sont conformes et que le Centre de Recherches Zootechniques de Kolda - CRZ/Kolda marque son accord pour participer à l'exécution du projet « Développement de technologies microbiennes pour la restauration de la fertilité des sols et l'augmentation des rendements du mil en rotation avec le sorgho dans le Bassin arachidier ».*

**Personne autorisée à signer : Dr Mayécor Diouf**

**Position dans l'organisation : Chef de Centre**

Prénom & Nom

Date

Signature

Mayécor Diouf

28 mars 2013

[Tapez un texte]

### B. Renseignements administratifs (Une page par partenaire)

**Nom de l'organisation partenaire : Université de Thiès / Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale**

**Type d'organisation**

Institut de recherche	de	Université	Institut d'enseignement	Association	ONG	Autre (à préciser)
			x			

#### Coordonnées de l'organisation

**Adresse :** BP 54 Bambey, Sénégal

**Téléphone :** +221 33 973 60 60

**Fax :** +221 33 973 60 61

**Adresse électronique :** isfar@univ-thies.sn

**Site web :** www.univ-thies.sn

**NOM DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET DANS LA STRUCTURE PARTICIPANTE : Dr Elhadji FAYE**

**TITRE :** Chef de Département Production Forestière

**MONTANT DE LA CONTRIBUTION DEMANDEE PAR LA STRUCTURE (XOF) : 9 030 010 FCFA**

*Je déclare que les renseignements fournis ci-dessus sont conformes et que l'Institut supérieur de Formation Agricole et Rurale marque son accord pour participer à l'exécution du projet « Développement de technologies microbiennes pour la restauration de la fertilité des sols et l'augmentation des rendements du mil en rotation avec le sorgho dans le Bassin arachidier ».*

**Personne autorisée à signer :** Dr Mouhameth Camara

**Position dans l'organisation :** Directeur

Prénom & Nom

Date

Signature

Mouhameth Camara

25 mars 2013

## C. Plan de rédaction des projets recherche stratégique

---

*La police Arial Narrow taille 12, une interligne 1,5 ainsi que le nombre de pages indiquées par partie doivent être strictement respectés)*

### **PARTIE ANONYME**

Les points 1 à 9 devront être présentés sans mention ni de l'identité des scientifiques impliqués dans l'exécution du projet ni de leurs institutions. Au besoin, mentionner Institution 1, Institution 2, Institution 3, etc.).

#### **1. INFORMATIONS GENERALES SUR LE PROJET (2 pages)**

---

1.1. Titre du projet : Développement de technologies microbiennes pour la restauration de la fertilité des sols du bassin arachidier et l'augmentation des rendements du mil en rotation avec le sorgho.

1.2. Domaine concerné : Développement et adaptation

1.3. Thème du Waapp : Développement de stratégies d'adaptation des systèmes céréaliers dans un contexte de variabilité et de changement climatique

1.4. Sous-thème du WAAPP : Mise au point de technologies d'optimisation de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols (optimisation ressources des sols ; gestion des intrant / climat ; intégration agriculture élevage ; agroforesterie ; etc..)

1.5. Résumé :

Au cours des dix dernières années, la production des céréales au Sénégal a été marquée par de fortes fluctuations. Ainsi, la production de mil qui jadis atteignait 800 000 tonnes, oscille, depuis la campagne agricole 1997/1998 entre 400 000 et 600 000 tonnes. La production de sorgho a peu évolué et varie entre 100 000 et 200 000 tonnes. Plusieurs facteurs contribuent à la limitation de l'augmentation de la production céréalière au Sénégal. Il s'agit entre autres d'une contrainte majeure concernant la dégradation de l'environnement agroécologique, parce que tout simplement les systèmes de production ne prennent pas en compte suffisamment le renouvellement des ressources naturelles. Cette situation est aggravée par la variabilité des précipitations, l'augmentation des températures et le manque de terres cultivables dans certaines zones.

Ainsi donc, un objectif réaliste d'amélioration de la productivité consisterait à la mise en œuvre de méthodes appropriées de restauration de la fertilité des sols telles que la promotion de fertilisants biologiques à base de microorganismes et de matières organiques locaux. Tel est le but du présent projet. Dans la zone du bassin arachidier où les longues jachères traditionnellement utilisées sont difficiles à envisager suite à la pression foncière, la mise au point d'un système de raccourcissement du temps de jachère est proposée. Celui-ci permettrait de conserver la fonction principale de la jachère : restauration de la fertilité des sols. Il est basé sur des apports réguliers de microorganismes connus pour leurs effets bénéfiques sur les plantes en combinaison avec l'exploitation de micorphanérophytes

locaux résilients à effet bénéfique sur la fertilité du sol, déjà adaptés aux changements climatiques du milieu et à la forte pression anthropique. Cette technique pourrait permettre une amélioration considérable de la disponibilité des terres du Bassin arachidier et par conséquent de la productivité céréalière.

1.6. Mots clés (8 au maximum) : Jachères, micorphanérophytes, bactéries rhizosphériques, régénération naturellement assistée, fertilisation culture, mil, sorgho,

1.7. Durée : 3 ans

## **2. CONTEXTE & JUSTIFICATION (3 pages)**

Indiquez les motivations scientifiques de la recherche proposée, justifiez l'intérêt de la recherche pour le développement, articulez la recherche avec les priorités nationales et les priorités dans le cadre du WAAPP. Cette partie prendra en charge l'état de l'art sur les questions soulevées.

### **Contexte**

L'État du Sénégal a pris l'option de faire de l'agriculture un moteur de la croissance de l'économie afin de promouvoir une agriculture à forte valeur ajoutée et la diversification agricole est devenue l'une des conditions déterminante pour le développement de cette agriculture. Une des politiques mises en œuvre récemment pour atteindre cet objectif de l'état est la GOANA dont l'objectif global est d'assurer une production suffisante en nourriture afin d'atteindre la souveraineté alimentaire du pays en ce qui concerne tout au moins les principaux produits agricoles consommés par les Sénégalais et en s'appuyant sur les potentialités de chaque région. Un Plan d'investissement (PI) du Programme national d'infrastructures agricoles (PNIA) portant sur la période 2011-2015 vient compléter ce dispositif. Il vise à faire jouer à l'agriculture un rôle majeur dans la croissance de l'économie, la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté à l'horizon 2015. Il représente le volet agricole du NEPAD. Ce présent projet rentre parfaitement dans le cadre de ce qui est attendu de la GOANA.

Aujourd'hui, malgré quelques difficultés, l'agriculture demeure une composante majeure de l'économie sénégalaise. Elle représente 8,4 % du PIB et contribue à la croissance de ce PIB de l'ordre de 0,5 % selon ANSD (2011). Elle mobilise 60 % de la population active (ANSD, 2009) et fait partie des secteurs pour impulser le développement du Sénégal, atteindre la sécurité alimentaire et les Objectifs du Millénaires pour le Développement (OMD). Le présent projet est en cohérence avec les priorités et politiques nationales en matière d'agriculture (GOANA, PNIA, etc) et rentre bien dans le cadre du Programme Agricole Quinquennal (PAQ) du gouvernement du Sénégal qui vise l'amélioration des bases productives du secteur agricole.

Le Bassin arachidier (BA) constitue la principale région agricole du pays. Dans son acceptation traditionnelle, ce qui est appelé le «vieux Bassin arachidier » couvre 5 régions administratives (Louga,

Diourbel, Thiès, Kaolack et Fatick) se trouvant entre les isohyètes 200 et 800 mm. Mais, durant ces dernières décennies, la dégradation des terres (salinisation, baisse de fertilité, ect...) liée aux mauvaises pratiques agricoles entre autre, a entraîné un glissement suivant un gradient Nord-Sud pour englober une partie des régions de Tambacounda et de Kolda. Ce glissement combiné à la migration des populations vers le sud, à fortement contribué à la réduction de la durée de la jachère dans les zones sud qui jadis, du fait de la qualité des sols, constituaient des greniers céréaliers.

Le BA représentait en moyenne 70% des surfaces cultivées et fournissait 67% de la production d'arachide et 66% de la production de mil sur le plan national (DAPS, 2005). L'examen approfondi de l'environnement de production agricole dans le BA réalisé à travers de nombreuses études fait ressortir un certain nombre d'éléments factuels (forte croissance démographique, changements climatiques, baisse de fertilité des sols, etc.) qui renseignent sur la sévérité de la crise qui secoue le secteur agricole et l'ampleur des défis à relever (pauvreté, exode rurale, sécurité alimentaire, durabilité des systèmes de production, etc.). Le contexte biophysique est marqué par une **dégradation des ressources productives**. Il faut aussi mentionner la forte compétition entre les usages alternatifs de l'arbre et la faiblesse de son intégration dans les systèmes agroforestiers (Badiane et al., 2001; Ndiaye et Sagna, 1989). Or, Les technologies agroforestières (cultures intercalaires, haies vives, bandes boisées, enrichissement des systèmes agraires, etc.) qui associent sur les mêmes parcelles, production agricole annuelle (cultures, pâtures) et production à long terme par les arbres (bois, fourrages, litière, jachère) lorsqu'elles sont diffusées permettent un partage maîtrisé des ressources (eau, éléments minéraux, etc.) entre les arbres et les cultures associées.

S'y ajoute que le contexte politique est marqué par des politiques macro-économiques et sectorielles peu incitatives en raison de leur instabilité, des interventions intempestives de l'Etat, source de risque dans un environnement déjà très incertain (Reardon et al., 1996).

### **Problématique**

Les effets bénéfiques de la jachère naturelle sur les stocks de matière organique des sols ne sont plus à démontrer. La Jachère permet la remontée de la fertilité des sols et des potentialités agronomiques et écologiques du milieu (Floret et Pontanier, 2001). La durée de la jachère qui autorise le retour à la savane varie suivant le niveau de dégradation des agrosystèmes et le potentiel résiduel de reconstitution de la biodiversité (séminal, végétatif). De nombreuses études ont déterminé la durée minimale d'une jachère afin qu'elle assure la reconstitution des stocks organiques (Young, 1989). Des durées variant de 10 à 15 ans sont souvent proposées. Toutefois, la pression anthropique sur le milieu ne permet plus à l'agriculteur de maintenir les jachères durant d'aussi longues périodes (Floret et Pontanier, 1997). Et on note même la disparition presque totale de la pratique de la jachère de longue

durée, laissant parfois même la place à la culture continue (Ndiaye et Sagna, 1989 ; Kelly, 1991; Badiane et al., 2000; Diagana, 2003). La jachère naturelle ne peut donc plus remplir complètement son rôle moteur dans la régénération de la fertilité des terres. L'augmentation des prélèvements de bois, et l'intensification du pâturage sur des zones réduites diminue ses fonctions de production. Raccourcie, la régénération naturelle devient moins efficace, et s'accompagne d'une baisse de la biodiversité. Le dysfonctionnement hydrique ainsi que l'érosion ont tendance à s'installer sur des terres de plus en plus dégradées.

La perte annuelle des rendements directement imputable à la baisse de fertilité peut être estimée de l'ordre de 3 à 5% (Piéri, 1991). Pour pouvoir réduire cette perte, plusieurs techniques ont été envisagées (engrais, cultures améliorantes, fumier, fourrages, ect...) y compris une gestion optimale de jachères à cycle de révolution plus court que par le passé comme les techniques de jachère améliorée dont le principe consiste à planter en association avec les cultures vivrières des espèces d'arbres ou d'arbustes améliorants qui sont généralement des légumineuses à croissance rapide, le but étant d'accélérer la remontée biologique. Une voie reste encore à explorer pour accélérer la remontée biologique: les bactéries libres de la rhizosphère capable de promouvoir la croissance de la plante, communément appelé **PGPR** pour **Plant Growth Promoting Rhizobacteria**. Ces dernières sont fréquemment utilisées pour augmenter les rendements des cultures, céréales comme légumes (Fu et al., 2010 ; Mader et al., 2011 ). Mais ailleurs, elles présentent un réel potentiel dans la résolution de divers problèmes environnementaux (de-Bashan, 2012).

### **Etat de l'art**

Les PGPR sont des bactéries isolées de divers environnements et présentant un fort potentiel d'améliorer plusieurs paramètres de la croissance des végétaux. Leur utilisation en agriculture est de plus en plus fréquente, seul ou en combinaison avec d'autres fertilisants (Diaz-Zorita et Fernandez-Canigia, 2009). Ils affectent le développement de la plante à travers plusieurs mécanismes (assimilation des nutriments, stimulation de la production de phytohormone, action antagoniste contre les phytoparasites etc...). Les PGPR ont prouvés leur efficacité dans des programmes de re-végétation et reforestation de zones dégradées, dans le traitement d'eaux usées, dans la phytoremédiation et la phystabilisation de zones dégradées et abandonnées, et même dans la restauration de mangrove (Bashan *et al.*, 1999; Duponnois and Plenchette, 2003; Grandlic *et al.*, 2008; Hernandez *et al.*, 2006; Kuiper *et al.*, 2004; Lebeau *et al.*, 2008; Ma *et al.*, 2011; Sundararaman *et al.*, 2007).

L'une des principales raisons quant aux différents échecs concernant les programmes de re-végétation des zones dégradées avec des plantes natives est la difficulté de démarrer ces plantes parce que la partie supérieure du sol a perdu ses microorganismes bénéfiques capables de s'associer aux plantes et donc une partie de son potentiel de fertilité. Dans de tel contexte, l'utilisation de PGPR présente



plusieurs avantages : (i) la réduction du cout de biorémédiation par la baisse de la quantité de fertilisant et matière organique (ii) la facilitation de l'installation des plantes natives dans des zones dégradées (iii) la promotion de la croissance et de la santé de la plante avec une tolérance à la sécheresse et à la salinité (Bashan, 2012). Deux stratégies sont utilisées dans la recherche de l'apport des PGPR :

1. L'usage de PGPR déjà disponible dans le marché, utilisé en agriculture, avec le risque que le PGPR introduit ne s'installe pas dans le milieu.
2. L'isolement de PGPR à partir de plantes issues de la zone d'intérêt, puis leur multiplication et réintroduction dans leur milieu d'origine.

Le projet se propose de partir du potentiel PGPR d'espèces retrouvées dans les jachères afin de favoriser et accélérer la re-végétation de jachères et limiter la dégradation et l'abandon des terres, et même ouvrir la possibilité de récupérer les terres. Au moment de la remise en culture, nous proposons une combinaison de fertilisation biologique : PGPR et usage de matières organiques. Le projet va aussi intégrer l'arbre dans les systèmes de culture, en tant que potentiel fertilisant mais aussi produit consommé par la population. Les variétés homologuées (ISRA-ITA-CIRAD, 2005, CNCSP, 2012) de mil (Souna 3, IBV8004, Sanio) et de sorgho (CE 180-33 et celles sans tanins SV 621-1A, SV 622-2B) seront utilisées dans le dispositif pour la valorisation de production céréalière.

### **3. OBJECTIFS (1 page)**

---

Préciser le(s) objectif(s) général(aux) et les objectifs spécifiques du projet.

#### **Objectif général**

L'Afrique au Sud du Sahara à l'horizon 2020 devra, selon le FARA, transformer son agriculture et développer ses capacités productives dans le but, entre autres, d'atteindre une croissance soutenue d'au moins 4% à la fois dans l'agriculture commerciale et chez les petits paysans, de réaliser la sécurité alimentaire, d'assurer la durabilité d'une productivité agricole accrue et d'un revenu rural amélioré et d'arrêter la dégradation de son environnement biophysique (Houssou, 2000).

L'objectif général du projet qui s'inscrit parfaitement dans ce cadre est de contribuer à la satisfaction des besoins alimentaires des populations en céréales locales (mil et sorgho), à la réduction de la pauvreté et à la protection de l'environnement au Sénégal.

L'approche du projet privilégiera l'implication active des producteurs. Toutes les activités développées seront de ce fait accompagnées par un volet formation pour une utilisation appropriée et à grande échelle de la technologie des fertilisations à base bactérienne combinée avec les fertilisants organiques.

#### **Objectif spécifique**

Le projet vise plus spécifiquement à améliorer la productivité des systèmes de production du mil et du sorgho, dans le Bassin arachidier. Pour ce faire, la diffusion de variétés de mil et de sorgho

homologuées et/ou locales (suite au diagnostic de mise en place de plateforme), la fertilisation biologique, la gestion et l'introduction des arbres dans les systèmes de cultures à jachères, l'utilisation de leurs produits (bois, feuilles, ...) à des fins agricoles constituent des voies à prospecter et à promouvoir pour booster la productivité des sols et améliorer les rendements des cultures.

#### **4. RESULTATS ATTENDUS (2 pages)**

---

Indiquer les résultats attendus du projet par rapports aux questions posées et aux contraintes à lever

Les résultats attendus à la fin de ce projet sont :

**R1: une plateforme de collaboration est installée et fonctionnelle.** Pour assurer un succès et une pérennité des techniques développées par le projet il est nécessaire d'intégrer les populations dans la gestion des activités du projet. Aussi ce résultat doit être atteint et constitue même un pilier très important du projet. La plateforme de collaboration va inclure tous les acteurs susceptibles de contribuer à la bonne marche du projet, mais aussi susceptibles d'assurer la relève et la diffusion des acquis.

**R2 : la biodiversité des jachères est connue et exploitée pour l'amélioration de la fertilité des sols.** Le projet se base sur le potentiel de bactéries capable de promouvoir la croissance de la plante retrouvée dans la zone d'étude. La typologie des jachères sera réalisée, elles seront caractérisées initialement sur le plan floristique, phytosociologique et de la production de biomasse. Les espèces indicatrices de jeunes jachères ainsi que les espèces principales seront identifiées. Certaines espèces végétales sont déjà connues pour le potentiel bactérien qu'elles renferment mais aussi d'autres propriétés, comme celle d'ascenseur hydrique (*Guiera Senegalensis*). Les jachères renferment d'autres espèces à croissance rapide, mais aussi et surtout résilientes face aux différentes pressions anthropiques. La biodiversité végétale des jachères sera exploitée pour en tirer un inoculum bactérien, mais aussi promouvoir cette biodiversité dans les systèmes de culture. La situation de référence (SR) des sols des jachères sur la base de bio-indicateurs de la fertilité des sols sera parallèlement déterminée.

**R3: la fertilité des sols est améliorée et des méthodes de restauration de la fertilité des sols sont proposées et adoptées par les producteurs.** Ce résultat sera atteint par la combinaison de technique de fertilisation microbienne, mais aussi l'exploitation de ressources organiques disponibles. Des inocula bactériens seront appliqués, et parallèlement, les espèces végétales sources de ces inocula seront gérées (Régénération Naturelle Assistée : RNA), multipliées et réintroduites dans les systèmes de culture afin de favoriser le développement des bactéries isolées et donc multiplier leur action sur le sol, mais aussi l'effet positif de ces espèces végétales sur la fertilité du sol.

**R4. Des techniques de gestion de la jachère sont proposées et adoptées par les producteurs.** Dans le but de restaurer la fertilité des terres en jachères de courte durée, des techniques basées sur la

RNA, l'introduction d'espèces végétales résilientes et améliorant la fertilité des sols seront proposées. Les agriculteurs se chargeront d'assurer la production et le maintien de ces espèces aussi bien dans les jachères que dans les zones de cultures.

## **5. BENEFICIAIRES (1 page)**

Préciser les bénéficiaires potentiels qui bénéficieront des résultats attendus du projet. On précisera également comment ils bénéficieront des résultats du projet. Cela résultera de la démultiplication et de la promotion des procédés, des systèmes ou des technologies développés par le projet.

Il s'agit d'un projet collaboratif et participatif de mise au point et de diffusion d'innovations technologiques qui mettra à la disposition des producteurs des technologies simples dans leur conception et réalisation. Dans le transfert des technologies, un accent important sera mis sur la formation des bénéficiaires qui auront la charge de se les approprier et de les appliquer dans leurs parcelles de cultures.

### **Agriculteurs**

Les agriculteurs vont bénéficier des connaissances générées dans le cadre de ce projet, notamment en matière d'exploitation et de gestion de la biodiversité végétale mais également en matière d'inoculation avec des bactéries. Ils participeront activement à la mise en œuvre des activités.

### **Consommateurs**

Les consommateurs bénéficieront de produits agricoles de meilleure qualité et en quantité plus importante. La consommation de ces produits sera mieux sécurisée grâce à la restitution durable de la fertilité des sols et à la lutte contre les parasites (nématodes, ...).

### **Chercheurs et autres scientifiques**

Pour le chercheur et autres scientifiques, le projet permettra d'obtenir des résultats qui pourront être valorisés sous formes d'articles, de rapports ou de fiches techniques. Le projet permettra de faire des avancées scientifiques importantes dans le domaine de la gestion de la fertilité des sols et de contribuer à la formation diplômante ou non d'étudiants.

### **ONG**

Les ONG, les élus locaux et les groupements de femmes et de jeunes disposeront, à travers les résultats de ce projet, d'un paquet technologique adapté à proposer à leurs partenaires intervenant dans le secteur agricole.

---

## **6. DESCRIPTION DES ACTIVITES DU PROJET** (maximum 1 page par activité)

---

Identifier et faire une description des activités du projet. La description doit tenir compte des actions opérationnelles, des actions de formation, des actions de communication... Elle précisera également le chronogramme d'exécution des activités.

### **Activité 1 : Mise en place et animation d'une plateforme d'échange et de collaboration**

Il s'agit du point de départ du projet qui va se consacrer à mettre en route une plateforme d'échange et de collaboration entre les différents acteurs du projet qui comprennent les systèmes représentatifs/ONG/ collectivités locales/groupements de femmes et de jeunes/OP et les instituts de recherches impliqués. Pour contribuer et faciliter l'insertion des jeunes dans leur région, la plateforme va inclure les centres de formation agricoles de la zone d'étude. L'objectif de cette plateforme est d'assurer une perpétuité du projet, une fois arrivée à son terme. Elle devra permettre aux bénéficiaires de formuler leur attente dans le cadre du projet, et de s'impliquer réellement en réalisant certaines tâches du projet décrites plus loin. Quant aux chercheurs ils vont pouvoir mieux appréhender les attentes des bénéficiaires, et surtout mettre à leur disposition une technologie accessible et acceptée, car conçue communément. Cette plateforme, qui tiendra compte de la mise en valeur de la jachère, portera une attention particulière sur les chaînes de valeurs mil et sorgho et la gestion de la biodiversité qui occupent une place importante dans le vécu quotidien des populations du Bassin arachidier.

### **Activité 2 : Diagnostic environnemental et écologique des jachères**

L'objectif global de cette activité est d'évaluer la biodiversité des jachères au niveau de leur potentiel à fournir des services écosystémiques en particulier au niveau de leur capacité à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol ainsi qu'à s'associer avec des microorganismes capable de promouvoir la croissance de la plante. Cette activité permettra ainsi (i) d'identifier les terroirs pour les essais ainsi que les espèces végétales présentant un intérêt pour une restauration de la fertilité des sols et le développement des cultures, (ii) de sélectionner des espèces locales pour leur réinsertion/promotion/maintien dans les systèmes de culture (iii) d'obtenir un inoculum bactérien adapté au milieu.

#### Tache 2.1: Identification et caractérisation des systèmes de jachères de la zone

Les systèmes de jachères des zones d'étude seront caractérisés à différents niveaux : au niveau de l'âge, de la situation géographique, des caractéristiques physico-chimiques du sol ainsi que de la biodiversité animale et végétale. A travers une démarche participative avec la plateforme et les habitants, il s'agira de décrire les systèmes de jachères, de retracer leur histoire, de même que les pratiques culturelles. Nous nous appuierons sur les travaux préexistants et sur des enquêtes supplémentaires. Les données seront compilées dans une base de données géoréférencées et feront l'objet d'un master.

---

## Tache 2.2: Détermination de l'impact d'espèces végétales sur les propriétés du sol

Cette tache découle de celle précédente. En effet, la caractérisation des jachères nous aura fourni comme renseignements entre autres, les espèces dominantes, résilientes, ayant une utilité sociale, etc.... En y ajoutant les connaissances locaux, les trois espèces les plus représentatifs seront sélectionnées pour déterminer leur degré d'efficacité quant à leur effet bénéfique sur la fertilité des sols et ceci à différents niveaux:

1. Au niveau chimique, d'une part à travers des analyses du sol prélevé en dessous de leur canopée et au niveau de leur rhizosphère, comparativement au sol prélevé en dehors de la canopée et d'autre part à travers la détermination de la valeur agronomique de litières et bois raméaux fragmentés issues des espèces sélectionnées.

2. Au niveau biologique, à travers l'analyse de la diversité de la communauté microbienne, en ciblant le potentiel de bactéries PGPR, en particulier celles impliquées dans le cycle de l'azote et du phosphore, deux facteurs souvent limitant la productivité des systèmes de culture.

Pour une même espèce végétale, ces analyses seront menées sur différents âges afin de déterminer l'effet à court terme et à long de terme de leur développement sur le sol, décrire la dynamique de «restauration de la fertilité» des sols sous l'effet de ces espèces. Ces travaux feront l'objet d'une thèse.

### **Activité 3 : Mise au point d'inoculum bactérien**

Les souches bactériennes obtenues dans la tache 2.2 feront l'objet d'une sélection par rapport à leur impact sur la croissance des variétés de mil, de sorgho choisies et parallèlement sur le développement de jeunes espèces végétales répertoriées dans les jachères et présentant un intérêt agronomique, social et environnemental. L'institution 1 présente un potentiel de production de 24 tonnes d'inoculum tous les 4 mois avec une serre d'environ 280m<sup>2</sup>. Au besoin, une seconde serre de 4ha pourra aussi être utilisée. Les souches sélectionnées ainsi feront l'objet de production à grande quantité.

### **Activité 4: Développer et appliquer des techniques de fertilisation combinées du sol**

L'objectif de cette opération est de démontrer en conditions réelles l'impact des inocula sur la re-végétation des jachères, de caractériser la cinétique de cette re-végétation en fonction du système de jachère, et de déterminer, en collaboration avec les partenaires, en particulier avec les producteurs, ses effets sur le sol et les cultures céréalières (mil, sorgho).

#### Tache 1 : Mise en place de pépinières

Des personnes ressources de la plateforme, ou identifiées par la plateforme se chargeront de la mise en place et du suivi des pépinières par site pour les espèces choisies et caractérisées. Ces plants produits en pépinière dans les sites d'études seront utilisés pour l'installation des haies vives,

l'enrichissement des jachères et la diffusion de bandes boisées pour l'amélioration de la fertilité des sols, de la biodiversité et de la disponibilité de produits forestiers ligneux et non ligneux. Les acteurs impliqués dans la réalisation de ces pépinières bénéficieront aussi de la formation en techniques horticoles innovantes (greffages de jeunes plants, greffages sur pied de fruitiers, etc.). En plus de leur utilisation dans le dispositif et pour la récupération de terres dégradées et abandonnées, la vente des plants greffés ou non constituera une source de revenu pour les acteurs impliqués dans la plateforme.

Tache 2 : Régénération naturelle des jachères assistée par l'inoculation de PGPR obtenus

Les jachères identifiées seront inoculées et la cinétique de régénération sera suivie. Les facteurs seront l'âge de la jachère, la dose d'inoculation. Différents paramètres et variables permettant d'évaluer la fertilité du sol seront suivis au cours de cette opération: Indices biologiques (communauté microbienne; communauté de nématodes, macrofaune) ; Indices chimiques (CE, pH, C, N, Bases échangeables, P).

Pour tester l'impact des inocula sur les fonctions de la jachère, des parcelles de jachères seront remises en culture après les traitements par les inocula. Sur les cultures, les mesures suivantes seront effectuées : taux de germination, phénologie, rendement épis et grains, poids de 1000 graines, biomasse des résidus de récolte des variétés céréalières cultivées. En outre, les traits fonctionnels caractéristiques de l'alimentation hydrominérale des variétés seront aussi suivis. Il s'agira du potentiel hydrique foliaire, de la teneur en matière sèche, de la teneur relative en eau, de la teneur en chlorophylle, de la conductance stomatique et de la transpiration. Le suivi de ces traits fonctionnels qui caractérisent les mécanismes adaptatifs (Grime, 1977, Cornelissen et al., 1999 ; Wright et Westoby, 1999 ; Violle et al., 2007) développés par les variétés permettra de faire un criblage des variétés introduites selon le type de traitement.

## **7. METHODOLOGIE (1 page par activité)**

Préciser de la façon la plus exhaustive la démarche méthodologique, le matériel et les outils utilisés pour la réalisation des travaux envisagés.

Le projet sera exécuté dans les sites des communautés rurales de Thyssé Kaymor dans la région de Kaolack et de Saré Yorobana dans la région de Kolda zone couverte par le nouveau Bassin arachidier du fait du glissement des isohyètes.

### **Activité 1 : Mise en place et animation d'une plateforme d'échange et de collaboration**

La mise en place de la plateforme de collaboration se fera à la suite d'un diagnostic sur les chaînes de valeurs mil et sorgho et la place de la jachère dans le système d'utilisation des terres. Ce diagnostic sera combiné à l'inventaire de la végétation pour faciliter le choix des sites dans les deux communautés rurales et l'identification des acteurs impliqués dans la valorisation des jachères et la vulgarisation ou

l'adoption de nouvelles variétés de mil et de sorgho homologuées. Les différents acteurs seront choisis au niveau des zones de l'étude et comprendront les ONG existant, les groupements de jeunes et de femmes. Des ateliers de travail seront organisés périodiquement au niveau même des sites. Ceci permettra aux différents acteurs de suivre à temps réel les résultats et de planifier la suite des activités. La plateforme sera aussi le lieu de sensibiliser la population sur divers problèmes portant sur la dégradation des terres, les enjeux de l'amélioration des propriétés biologiques, physiques et chimiques des sols seront abordés. Les acteurs de la plateforme effectueront aussi des visites d'échanges dans les sites du projet et dans d'autres sites où la recherche ou le développement a obtenu des résultats satisfaisants sur la valorisation de la jachère, la diffusion de variétés céréalières et la lutte contre la dégradation des terres.

Parallèlement, un site web sera créé où les informations seront partagées.

## **Activité 2 : Diagnostic environnemental et écologique des jachères**

Tache 2.1 : Identification et caractérisation des systèmes de jachères de la zone

La démarche méthodologique comprendra une phase d'identification et une phase de caractérisation socioéconomique et biophysique.

Phase d'identification

Une prospection en zone nord et sud (zone soudano-sahélienne, sahélo-soudanienne, soudanienne) du Bassin arachidier permettra d'identifier et de sélectionner les villages dans les deux communautés rurales qui répondent aux critères de choix retenus dans le cadre du projet: gradient pédoclimatique et anthropique du système de production céréalière, pratique de la jachère, présence de jeunes jachères (0 à 5 ans), présence de *Guiera senegalensis* et/ou *Piliostigma reticulatum*, présence d'autres espèces végétales résilientes.

Phase de caractérisation :

Diagnostic socio-économique et environnemental. Après le choix des sites, une mission diagnostic sera conduite afin de découvrir le milieu réel, de prendre contact avec les chefs de villages et les personnes ressources et d'amorcer l'intégration au sein des villages. Elle permettra de collecter les informations préliminaires sur les ressources des terroirs, sur la pratique de la jachère et sur l'âge des jachères. Les outils d'enquête ciblés au cours de cette mission sont :

- les interviews semi-structurées auprès des chefs de village et les interviews individuelles informelles avec des personnes ressources et quelques agriculteurs, éleveurs et bûcherons rencontrés sur la problématique de la jachère dans le contexte actuel de raccourcissement et de changements climatiques ;

---

- les cartes participatives des ressources du terroir seront réalisées avec les populations ; ces cartes indiqueront les principales ressources naturelles de chaque terroir notamment les ressources foncières et hydriques, les formes d'utilisation des terres et la place de la jachère dans ce système d'utilisation;

- les transects seront effectués dans chaque village afin de parcourir les différentes zones figurant sur les cartes participatives; au regard de la thématique du projet, les transects seront tracés de sorte à traverser les zones agricoles intégrant la pratique de la jachère ; réalisé avec un groupe de paysans, cet outil permettra de générer de nombreuses informations pouvant confirmer ou infirmer des aspects de la carte des ressources notamment sur la pratique de la jachère ; l'interview semi-structurée sera utilisée au cours de la réalisation des transects.

Inventaire : A la suite de cette phase de diagnostic, un inventaire initial mais exhaustif des jachères des villages retenus sera réalisé dans chaque communauté rurale. Cet inventaire portera à la fois sur la flore et la végétation ligneuse et herbacée présentes dans les jachères en utilisant la méthode de Braun-Blanquet (1932) et le système de Raunkiaer (1934). Il sera stratifié sur la base des âges de jachères et des unités géomorphologiques et pédologiques présentes dans les sites. Les variables de croissance (hauteur, diamètre, recouvrement, nombre de rejets de souches, etc.) pour la strate ligneuse et hauteur et biomasse pour la strate herbacée seront mesurées au cours de l'inventaire. La production primaire sera évaluée par la méthode des carrés de rendement.

#### Tache 2.2: Détermination de l'impact d'espèces végétales sur les propriétés du sol

La fertilité du sol des jachères est corrélée à un certain nombre de bioindicateurs de type physico-chimique ou biologique. L'état initial de ces bio-indicateurs sera déterminé dans les différentes jachères identifiées suite à la tache 2.1. Les bio-indicateurs physico-chimiques ciblés sont : les teneurs en carbone, azote, phosphore et agrégation du sol. Les bio-indicateurs biologiques ciblées sont la densité de la macrofaune et la diversité de la microflore. Ces analyses se feront à différents niveaux : (i) au niveau du sol en dessous de la canopée d'espèces végétales sélectionnées après la tache 2.1 (ii) au niveau du sol en dehors de la canopée.

-Caractéristique physico-chimiques des sols : Pour chaque jachère, 4 échantillonnages composites seront constitués à partir de 10 prélèvements effectués le long de 4 transects parallèles et qui traversent la jachère dans le sens de sa longueur. Les dosages du carbone total, de l'azote, du phosphore et des éléments essentiels aux plantes seront effectués.

-Agrégation du sol (Granulométrie) des sols des jachères : Le long de chaque transect, un échantillonnage de sol non destructif sera aussi prélevé. L'organisation microspatiale des jachères sera caractérisée en utilisant la méthode décrite Feller et al. (1991) après une séparation des différentes



fractions granulométriques, selon la taille des agrégats. Les caractéristiques organiques du sol sont conservées lors du fractionnement, ce qui permettra de connaître l'état de décomposition de la matière organique en fonction de l'âge de la jachère et de son peuplement floristique et faunistiques.

-Densité et biomasse de la faune du sol : La méthode utilisée est celle du prélèvement ou dénombrement sur quadrats. Le principe consiste à évaluer la totalité de la faune du sol de taille supérieure à 2 mm et présente dans le bois et dans les 10 premiers cm du sol. La macrofaune présente dans la jachère, est triée manuellement puis dénombrée (densité) et pesée (biomasse). Les prélèvements se feront en début de saison des pluies entre la 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> pluies pour favoriser une activité minimale de la macrofaune du sol. Au laboratoire, les échantillons vont être déterminés à l'aide de la clé de Durand (1981) et classés selon leur appartenance au 7 principaux groupes de la macrofaune : termites, vers de terre, coléoptères, fourmis, myriapodes, diptères et "Autres" (constitués d'araignées, de larves et d'arthropodes non déterminés). La biomasse sera déterminée par pesée pour chacun des groupes.

-Caractérisation des communautés microbiennes des jachères : un prélèvement sera effectué sur le sol servant à étudier l'agrégation des sols et conservé à basse température (4°C). Des analyses PLFA (PhosphoLipides Fatty Acid) seront réalisées selon la méthode de Bligh et Dyer (1959) modifiée par White et al. (1979) afin de renseigner la biomasse des communautés microbiennes avec les différentes proportions, ainsi que sur leur diversité. Les indicateurs de stress seront également étudiés grâce aux données PLFA.

### **Activité 3 : Mise au point d'inoculum bactérien**

La production d'inoculum PGPR se fera en deux étapes :

-Isolement des souches à effet PGPR : Les sols rhizosphériques de trois arbustes représentatifs des jachères identifiées seront échantillonnés et la méthode décrite par Ribeiro et al., (2012) sera utilisée pour l'isolement des PGPR. Des analyses sur le potentiel de fixation d'azote des souches isolées seront faites par la méthode de Bertrand *et al.*, (2001) et Katznelson et Bose (1959) pour le potentiel de solubiliser le phosphore. Ces dernières analyses nous permettront de sélectionner les souches qui doivent faire l'objet de production d'inoculum. Parallèlement aux étapes de sélection, la caractérisation moléculaire des souches les plus performantes sera effectuée. Elle consiste à extraire l'ADN des bactéries des souches purifiées, à amplifier par PCR différents gènes marqueurs (16S et ITS) et enfin à séquencer les produits PCR afin de déterminer la position taxonomique des isolats.

-Formulation de l'inoculum : un inoculum sous forme liquide ou enrobé dans un substrat inerte sera proposé selon l'isolat impliqué dans la formulation.

---

L'effet PGPR est confirmé en inoculant des plants de la pépinière introduits dans les sites, selon dispositif simple avec deux facteurs (présence ou absence de PGPR).

#### **Activité 4: Développer et appliquer des techniques de fertilisation combinées du sol**

##### Tache 1 : Mise en place de pépinières

Le LNRPV dispose d'une serre de 4ha, qui pourra servir de lancer les pépinières dès la première phase du projet. Après le démarrage de la plateforme de collaboration, un ou deux sites seront choisis d'un commun accord avec les agriculteurs afin qu'ils puissent prendre la relève et assurer la continuité de la production de plants. La gestion des pépinières sera confiée aux femmes et aux jeunes. Avec la participation des ONG impliquées dans le projet, ces plants pourront être une source de revenu des bénéficiaires.

##### Tache 2 : Régénération naturelle des jachères assistée par l'inoculation de PGPR obtenus

Le dispositif expérimental sera mis en place en début de saison de la première année de ce projet. L'inoculation sera effectuée au moment de la mise en terre des plantules et il s'agira de faire un suivi temporel sur une jachère d'un an. Pour bien maîtriser le dispositif, sur chaque site, un hectare sera clôturé, et sur les deux hectares restant des haies vives seront installées. Le schéma suivant sera fait:

- 3 couples de deux parcelles (inoculées et témoin non inoculées) d'une jachère de 1 an ; mise en culture dès le départ de la saison des pluies.
- 3 couples deux parcelles (inoculées et non inoculées), piquetées et mises en attente pendant 12 mois, pour avoir une jachère de 2 ans et remise en culture au bout de ces 2 ans.
- 3 derniers couples de deux parcelles (inoculées et témoin non inoculées) piquetés et mise en attente pendant 24 mois, soit la 3ème année de jachère, et remise en culture au bout de ces 3 ans de jachère.

Les inoculations se poursuivront sur les cultures dans les parcelles de jachères précédemment inoculées. Pour accompagner la re-végétation des jachères, les plants des pépinières seront repiqués selon un dispositif en couloir. Au moment de la remise en culture, des coupes sélectives seront réalisées, sans pourtant dessoucher les plants pour permettre leur rejet et conserver leurs effets sur le sol. La biomasse récupérée pourra servir d'amendement des cultures.

##### Suivi de l'impact des traitements sur les jachères :

Chacun des bio-indicateurs mesurés pour caractériser la situation de référence (SR Activité 2) sera suivie juste après inoculation et à intervalle de temps. Des échantillons de sol seront prélevés dans les sites selon la méthode d'échantillonnage décrite dans la tache 2.2, avec un prélèvement sous couvert et hors couvert à 0-20 cm en profondeur. La diversité microbienne sera évaluée dans les sols inoculés comparativement au sol non inoculés par la technique PLFA. Les indices de diversité déduits

des profils fringerprint seront comparé pour estimer l'effet de l'inoculum. Ces indices pourront être pondérés par données pluviométriques et floristiques. La diversité floristique sera évaluée chaque année au mois de septembre pour déterminer la diversité et le comportement des ligneux mais également de la strate herbacée. Dans les différents traitements du dispositif expérimental, les variables liées à la biodiversité (flore et végétation), à la croissance et à la production (dendrométrie et biomasse) seront ainsi suivies. Ce suivi permettra de mettre en évidence les effets de l'inoculation sur les changements de structure et de diversité (remaniement) intervenus dans le temps. Le suivi mesurera mettre en exergue les changements intervenus dans la structure des espèces indicatrices et principales.

#### Suivi de l'impact des traitements sur les cultures

Le comportement de variétés de mil (Souna 3, IBV8004, Sanio), de sorgho (CE 180-33 et celles sans tanins SV 621-1A, SV 622-2B) en rapport le type de traitement dans les zones aménagées. Le Souna 3 (85-95 jours) et l'IBV8004 (75-85 jours) seront cultivés dans la zone de Thyssé Kaymor moins arrosée alors que le Sanio (plus 100 jours) sera utilisé dans la zone de Saré Yorobana plus humide. Le criblage de ces variétés permettrait une diffusion à grande échelle de ces techniques de valorisation des terres dégradées. En outre, ce projet contribuerait à la pérennisation des acquis pour atténuer les effets néfastes des changements climatiques et ainsi permettre aux populations rurales de faire face à la dégradation des terres.

En plus des parcelles gérées par les points focaux et les groupements, des parcelles démonstratives de cultures (mil, sorgho) seront mises en place dans les différents traitements des terroirs villageois par site. Ces parcelles démonstratives seront gérées par des groupements villageois de femmes et de jeunes sous la supervision d'observateurs. D'où la nécessité de recruter 2 observateurs dont un par communauté rural. Ces parcelles serviront comme sites démonstratifs et seront utilisées lors des visites et les séances de formation.

Un suivi des paramètres physiologiques sera aussi effectué afin d'expliquer aux producteurs le comportement des plants du mil et du sorgho (taux de germination, biomasse, phénologie, rendement en épis, graine et résidus de récolte, poids de 1000 graines, etc...) et ainsi évaluer de manière participative les rendements en fonction du statut hydrique (l'état hydrique l'état hydrique de la plante, les échanges gazeux, l'activité photosynthétique, la teneur en pigments photosynthétiques et l'activité enzymatique) dans les parcelles aménagées.

Une analyse de variance sera effectuée pour vérifier l'existence de différences entre les traitements. En présence de différences, le test de Waller-Duncun sera utilisé pour identifier les traitements significativement différents. Une restitution des résultats sera ensuite effectuée au profit de tous les partenaires lors des rencontres de partage des plateformes.

---

---

## **8. VALORISATION ET DIFFUSION DES RESULTATS (1 page)**

Préciser comment les résultats du projet seront valorisés et diffusés en identifiant les activités, les cibles, les supports et les mesures d'accompagnement.

La plateforme de collaboration qui inclut différents partenaires (ONG, groupements, etc....) est non seulement un outil de communication, d'échanges et d'intégration, mais aussi un outil de formation. Les ateliers de la plateforme feront l'objet de formation portant sur un sujet à la demande des bénéficiaires dans le cadre du projet principalement, mais aussi de formation sur les activités du projet. L'implication des élus locaux, des ONG, des OP, des groupements de femmes et de jeunes permettra une large diffusion de la technologie apportée.

Comme il a été décrit précédemment, la mise en place de pépinières est une mesure d'accompagnement pour d'une part la restauration de la fertilité des sols et d'autre part diversifier les sources de revenus.

Par ailleurs, chaque activité déroulée impliquera un étudiant en plus de personnes désignées par la plateforme. Une et deux masters sont prévus dans le déroulement des activités.

Les résultats obtenus dans le projet feront l'objet de publications dans des revues à comité de lecture et de fiches techniques.

Les écoles de formation agricoles participant au projet seront encouragées et encadrées pour l'introduction de connaissances générées par le projet dans leur programme scolaire.

## **9. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE DU PROJET (1 page)**

Résumer les impacts environnementaux et sociaux majeurs positifs et négatifs ; résumer les mesures de gestion environnementale et sociale prévues (sous forme de recherche additionnelle ou de façon inclusive dans le projet de recherche), les besoins en capacités, les responsabilités institutionnelles et les coûts y afférents.

La dégradation des terres touche près de deux tiers des terres arables du pays. Le projet est essentiellement orienté sur l'amélioration durable de la base productive agricole afin de mieux assurer la productivité des agrosystèmes au profit des générations futures. Il fait la promotion de technologies qui vont restaurer la fertilité des terres en zones rurales, limiter leur abandon, augmenter durablement les potentialités productives des terres, augmenter les revenus des populations et contribuer à la sécurité alimentaire. La réhabilitation des fonctions de la jachère va non seulement permettre aux agriculteurs de conserver leurs terres, mais aussi d'ouvrir une perspective à la récupération des terres abandonnées. La mise en place de pépinières et la vente de ses plants constituent une source de

revenus qui pourront être réinjectés par les bénéficiaires pour l'acquisition de divers intrants. Cette source de revenu réduit ainsi leur vulnérabilité et leur dépendance aux produits de récolte.

Parmi les impacts attendus de ce projet nous pouvons citer: l'obtention de nouveaux types d'inoculum bactérien, une large utilisation des innovations, une amélioration significative et durable de la productivité des sols, une amélioration sensible et durable des rendements du sorgho et du mil, une amélioration des avantages économiques (revenus, consommation) que les utilisateurs tirent des innovations, une augmentation du volume des ventes (interne ou export), une plus grande implication des couches les plus défavorisées (femmes, jeunes).

La réalisation du projet permettra en outre de promouvoir l'utilisation dans le milieu rurale des variétés de mil et sorgho sélectionnées par l'ISRA. Des formations diplômantes seront réalisées et les connaissances des bénéficiaires seront améliorées.

## **PARTIE IDENTIFIEE**

### **10. ÉCHEANCIER ET PLAN D'EXECUTION TECHNIQUE (5 pages)**

Décrire les activités planifiées avec leur durée et un chronogramme ; faire apparaître la répartition des tâches entre les partenaires associés ; préciser les travaux en collaboration avec les utilisateurs ; indiquer les stratégies de diffusion et de valorisation des résultats ; indiquer les stages, voyages d'étude, formations de courte durée,...).

Dans cette partie, on indiquera également les mécanismes pour la collaboration entre tous les partenaires. Les aspects comme la planification, le suivi, les responsabilités, les rôles et le rapportage doivent être expliqués.

**Le LNRPV/ISRA** : sera responsable de la mise en œuvre et du suivi de l'action sur le terrain. Il sera chargé de la gestion du projet et de la mise en œuvre des activités de la plateforme, de production d'inoculum et de gestion de la régénération naturelle assistée des jachères. Il sera également impliqué dans les activités de renforcement des capacités des bénéficiaires et dans les activités de formation des producteurs.

**Le CRZ de Kolda/ISRA** déroulera les activités des pépinières ainsi que celles des cultures de mil et de sorgho. Il sera aussi impliqué dans les autres activités ; son rôle sera important dans le fonctionnement de la plateforme, dans le choix et la gestion des sites d'étude.

**L'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR)** sera chargé de réaliser le diagnostic des jachères ainsi que de leur suivi durant le projet ; son rôle sera très important dans le choix des sites. En tant qu'institut de formation partenaire du projet, les candidats masters du projet seront choisis à leur niveau.

Le LMI IESOL à travers le **Laboratoire d'Ecologie Microbienne des Sols et Agro Systèmes Tropicaux** (LEMSAT) sera un associé dans les activités de diagnostic des jachères et de production d'inoculum. En effet, c'est un laboratoire dont les équipements permettront de réaliser les analyses sur les sols ainsi que les isollements et la production d'inoculum.

**Groupes Cibles:** le projet travaillera en étroite collaboration avec chaque groupe cible qui participera activement à toutes les phases du cycle du projet. De plus, les groupes cibles seront les bénéficiaires directs des produits et services délivrés par l'action.

**Autorités locales:** Grâce à leur connaissance du contexte local, les autorités locales pourront conseiller, orienter, faciliter et promouvoir le travail de l'ISRA avec les cibles. De plus, elles participeront directement dans certaines activités telles que l'attribution des périmètres et les activités de plaidoyer et de lobbying.

ACTIVITE	Année 1				Année 2				Année 3			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
A1. Mise en place et animation d'une plateforme												
A2. Diagnostic environnemental et écologique des jachères												
Identification et caractérisation des systèmes de jachères												
Détermination de l'impact d'espèces végétales sur les propriétés du sol												
A3. Mise au point d'inoculum bactérien												
A4. Développer et appliquer des techniques de fertilisation												
Mise en place et suivi de pépinières												
Regénération naturelle des jachères assistée par l'inoculation de PGPR obtenus et remise en culture												
Réunion												
Gestion du projet												
Rapports												

## 11. CADRE LOGIQUE (2 pages)

Logique d'intervention	Indicateurs Objectivement Vérifiables	Sources de Vérification	Hypothèses & Risques
<p><b>Objectifs global</b></p> <p>Contribuer à la satisfaction des besoins alimentaires des populations en céréales locales (mil et sorgho), à la réduction de la pauvreté et à la protection de l'environnement au Sénégal</p>	<p>Le déficit céréalier (mil et sorgho) est connu dès le premier semestre du projet</p> <p>A la fin du projet, au moins 90% des besoins annuels en mil et sorgho des terroirs étudiés sont satisfaits</p>	<p>Rapport des services compétents et rapports et enquêtes du projet.</p>	<p>La volonté de l'Etat du Sénégal de relancer l'agriculture tel que décrit dans le PNIA est un atout pour la réalisation du projet</p>
<p><b>Objectif Spécifique</b></p> <p>Améliorer la productivité des systèmes de production du mil et du sorgho, dans le Bassin arachidier</p>	<p>100 % des jachères disponibles dans chaque terroir étudié sont identifiés dès le premier semestre du projet</p> <p>Les rendements de mil et de sorgho ont augmenté d'au moins 50 % au à la fin du projet par l'utilisation des PGPR associée aux espèces locales</p>	<p>Rapport du projet</p> <p>Rapports des services compétents : agriculture, etc.</p>	<p>L'utilisation de nouvelles variétés de sorgho et de mil est un atout. Cet objectif peut être atteint ailleurs si les maladies sont maîtrisées</p>
<p><b>Résultats</b></p>			
<p><b>R1. une plateforme de collaboration est installée et fonctionnelle</b></p>	<p>Les différents acteurs coordonnent/interviennent dans les différentes phases du projet</p>	<p>Rapport de la plateforme</p>	<p>La disponibilité des membres de la plateforme peut ralentir son efficacité, mais cette contrainte peut être levée grâce aux nouvelles technologies de communication</p>

<p><b>R2. la biodiversité des jachères est connue et exploitée pour l'amélioration de la fertilité des sols</b></p>	<p>100 % des espèces présentes dans les jachères sont identifiées</p> <p>Au moins 90 % de la biomasse produite chaque année par les jachères étudiées est connue</p> <p>Au moins 2 inocula bactériens sont mis au point à la fin du projet.</p>	<p>Rapport projet, Mémoire étudiants, Articles scientifiques</p>	<p>du des</p> <p>La biodiversité des espèces végétales peut être faible et limiter ainsi le potentiel PGPR</p>
<p><b>R3. la fertilité des sols est améliorée et des méthodes de restauration de la fertilité des sols sont proposées et adoptées par les producteurs</b></p>	<p>Le niveau de carbone et d'azote est amélioré d'au moins 30 % par l'utilisation des PGPR à la fin du projet</p> <p>100 % des producteurs pratiquant la jachère ont adopté le paquet technique utilisé dans le cadre du projet au bout des expériences</p> <p>Au moins 60 % des espèces sources d'inoculum bactérien sont multipliés et installés dans les jachères étudiées</p> <p>Le nombre final d'inocula bactérien appliqué a augmenté d'au moins 50 % à la fin du projet</p>	<p>Rapport projet, Mémoire étudiants, Articles scientifiques</p>	<p>du des</p> <p>Les changements climatiques peuvent constituer une contrainte</p>
<p><b>R4. Des techniques de gestion de la jachère sont proposées et adoptées par les producteurs</b></p>	<p>Au moins 80 % des producteurs encadrés dans le projet maîtrisent les techniques de pépinière des espèces végétales résilientes et sources de bactérie PGPR</p> <p>Au moins 50 % de ces producteurs ont reproduit et plantés ces espèces dans leurs jachères</p>	<p>Rapport projet, Mémoire étudiants,</p>	<p>du des</p> <p>Le fonctionnement de la plateforme de collaboration est un atout pour l'acceptation des techniques proposées</p>



## 12. COMPOSITION ET EXPERTISE DE L'ÉQUIPE (2 pages)

Donner la liste et les CV des scientifiques impliqués dans le projet ; joindre une demi-page résumée de l'expérience des membres de l'équipe de recherche et la liste de leurs publications ayant un rapport direct avec la proposition de recherche.

Prénom & nom	Institution	Discipline	Diplôme le plus élevé
<b>Mame Farma Ndiaye</b>	ISRA/ LNRPV	Microbiologie du sol	Doctorat
<b>Malick Leye</b>	ISRA/ LNRPV	Microbiologie du sol	Doctorat
<b>Mayecor Diouf</b>	ISRA/ CRZ Kolda	Eco physiologiste	Doctorat
<b>Elhadji FAYE</b>	ISFAR/UT	Botanique/Ethnobotanique	Doctorat
<b>Dominique Masse</b>	IRD/LEMSAT	Agronome	Doctorat

Le Dr Mame Farma Ndiaye a travaillé durant sa thèse sur la communauté bactérienne de termitières, ce qui lui a permis de maîtriser différentes techniques d'analyse de cette communauté. Le Dr Malick Leye a quant à lui acquis une expérience solide sur la production d'inoculum.

Les Dr Mayecor Diouf, ElHadj Faye et Dominique Masse ont quant eux une longue expérience sur les jachères au Sénégal.

**Masse D.**, Manlay R. (1994). Influence du temps de jachère sur des paramètres physicochimiques du sol et sur la biomasse racinaire dans les régions semi-arides du Sénégal.

Séminaire International Agroforesterie, Septembre 1994, ISRA/DRPF. Dakar, Sénégal

Manlay R., **Masse D.**, Diatta M., Kaire M. (1997). Ressources organiques et gestion de la fertilité du sol sur un terroir agro-pastoral de Casamance (Sénégal). Atelier "Jachère et maintien de la fertilité des sols", 1-4 octobre 1997, Bamako, Mali, Programme Régional Jachère CORAF-FED.

**Masse D.**, Manlay R., Derouard L., Diatta M., Cadet P., Chotte J.L., Floret C., Pontanier R. (1998). Influence du temps de jachère sur les propriétés du sol dans les régions semi-arides du Sénégal. Identification d'indicateurs de fertilité des sols. Poster, actes du congrès mondial de science du sol, 20-26 août 1998, Montpellier, France.

**Masse D.**, Agniel D., Da Conceição Silva K., **Faye E.H.**, Sogoba S., Pinabei T., Yossi H.

(2000). Biomasse racinaire des ligneux dans des jachères naturelles et agro-forestières au Mali et au Sénégal. In : Floret, C., Pontanier, R. (Eds), La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives (poster). Actes du séminaire international, Dakar, Senegal, 13-16 avril 1999. IRD, Dakar.

Bernhard-Reversat F., **Masse D.**, Harmand J.M. (2000). Qualité des litières et décomposition en jachères naturelles ou plantées. p194-203 In : Floret, C., Pontanier, R. (Eds), La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives (vol I). Actes du séminaire international, Dakar, Sénégal, 13-16 avril 1999. John Libbey, Paris, 777p.

**Faye E.**, 2000.- Etude de la dynamique des souches ligneuses dans le cycle culture-jachère en zone soudanaise. Mémoire d'Ingénieur UPB/IDR, 103 p.

**Faye E.**, 2005.- Etude floristique, phytosociologique, phytogéographique, ethnobotanique, et de la régénération après coupe des ressources ligneuses dans la région de Kaolack (Sénégal). DEAE Université Libre de Bruxelles, 83 p.

**Faye E.**, Diatta M., Samba A.N.S. & Lejoly J, 2008.- Usages et dynamique de la flore ligneuse dans le terroir villageois de Latmingué (Sénégal). Journal des Sciences et Technologies, 7 : 43-58

**Faye E.**, Dieng H., Diatta W. & **Diouf M.**, 2009.- Amélioration et gestion de la biodiversité ligneuse au Sénégal et en Mauritanie. Rapport final projet Aforinet/Biodiversité, 50 p.

**Faye E.**, **Masse D.** & Diatta M., 2003.- Dynamique de la régénération ligneuse durant la phase de culture dans un système de culture semi-permanente du sud du Sénégal In Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Floret C. (éds) «Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis ». Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad -Cirad, Montpellier, France.

**Leye, E.H.M.** M. Ndiaye, F. Ndiaye B. Diallo, A.S. Sarr, M. Diouf et T. Diop, 2012. Effet de la mycorhization et de la salinité sur la croissance, les réponses biochimiques et la productivité de *Jatropha curcas* L. cultivée sous serre. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(4): 1741, 1760.

**Leye, E.H.M.** Impact potentiel de la mycorhization arbusculaire (MA) de *Jatropha curcas* L. cultivée sur des sols salés de Latmingué, dans le Bassin du Sine-Saloum. Programmation CST, ISRA-Bel Air, Octobre 2012 (Communication orale).

**Ndiaye M.F.** Relations termites-microorganismes telluriques : cas de termite humivore (*Cubitermes Niokoloensis*) et champignoniste (*Macrotermes sp.*). Mémoire de Thèse de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; 136pp.

Fall S, Hamelin J., **Ndiaye M. F.**, Assigbetse K., Aragno M., Chotte J.L. and Brauman A(2007). « shift in eubacterial communities between the gut of a soil-feeding termite (*Cubitermes niokoloensis*) and its mounds. AEM, 73: 5199–5208.

---

### 13. BUDGET (1 page)

Désignation des postes de dépense	Répartition du budget			Total (F CFA)
	LNRPV	ISFAR	CRZ Kolda	
<b>I – INVESTISSEMENTS</b>				
— Matériel et Outillage agricole		250 000	300 000	550 000
— Matériel Informatique	950 000	800 000	950 000	2 700 000
— Matériel de Laboratoire	1 100 000			
— Mobilier et Matériel de Bureau	300 000		450 000	750 000
— Matériel de Transport				
<b>II FONCTIONNEMENT</b>	<b>2 350 000</b>	<b>1 050 000</b>	<b>1 700 000</b>	<b>4 000 000</b>
1. Achats et variations de stocks				
2. Achat de matières premières				
— petit matériel de laboratoire ou agricole	1 650 000	1 000 000	800 000	3 450 000
— produits chimiques	7 500 000	100 000		7 600 000
— fournitures de bureau	750 000	345 000	450 000	1 545 000
— carburant et lubrifiant	1 380 000	784 100	650 000	2 814 100
— autres Achats de fournitures et Matériels			4 200 000	4 200 000
2. Frais de voyage et de déplacement				
— Frais de transport		600 000		600 000
3. Autres Services Extérieurs A :				
— Documentation et Information scientifique		100 000		100 000
— Frais d'études et Recherches	1 300 000			1 300 000
— Frais de séminaire, Atelier	4 000 000			4 000 000
— Publicité, Publications et relations publiques	1 600 000			1 600 000
— Frais bancaires	1 000 000	270 000	450 000	1 720 000
4. Autres Services Extérieurs B :				
— Frais d'analyse (analyses chimiques)	2 800 000			2 800 000
— Frais de mission	2 160 000	2 160 000	1 130 000	5 450 000
— Honoraire et prestations de Service		600 000	3 600 000	4 200 000
— Frais de Formation, Stage	3 200 000	1 200 000	950 000	5 350 000
— Autres				
5. Frais de Personnel				
— Charges Salariales du personnel				
<b>Sous-total</b>	<b>29 690 000</b>	<b>8 209 100</b>	<b>13 930 000</b>	<b>50729100</b>
<b>Coûts indirects (10 %)</b>	<b>2 969 000</b>	<b>820 910</b>	<b>1 393 000</b>	<b>5072910</b>
<b>Sous-total</b>	<b>32 659 000</b>	<b>9 030 010</b>	<b>15 323 000</b>	<b>57 012 010</b>
<b>TOTAL</b>				

### 14. NOTE EXPLICATIVE DU BUDGET (2 pages)

(Expliquer et justifier les différentes rubriques du budget, particulièrement celles les plus élevées).

Matériel et Outillage agricole : il s'agit de matériel de terrain tels que pelles, hilaires, brouettes, fourches, binettes, machettes, tronçonneuses, rubans décamètres, cordeaux etc....

Matériel informatique : il est prévu du projet de contribuer à équiper les laboratoires de recherches et l'Universités de Thiès en matériel informatique à cause du manque chronique noté au niveau de ces

structures ; ce matériel sera mis à la disposition également des étudiants qui seront encadrés dans le cadre de ce projet.

Matériel de laboratoire : il s'agit de l'achat d'une petite étuve bactériologique de 100l qui servira uniquement à l'incubation des bactéries PGPR. Cet équipement permettra au projet de ne pas accuser de rupture ou de retard dans la production d'inoculum.

Petit matériel de laboratoire ou agricole : il s'agit de renforcer les différents partenaires en petits matériels de laboratoire : tube, pipette, balance électronique, erlenmeyers, verrerie. Les achats de semence et autres intrants agricoles sont aussi pris en charge par cette rubrique.

Produits chimiques : ces produits sont nécessaires pour effectuer les analyses prévues dans le projet; certains (engrais) seront utilisés dans les traitements.

Frais d'analyses : cette rubrique est destinée à couvrir les frais d'analyses chimiques qui seront réalisés par le laboratoire de Bambey.

Carburant et lubrifiant : les conditions d'accès difficiles et les longues distances entraînent des consommations importantes de carburant.

Honoraires et prestations de services : main d'œuvre utilisée sur les sites, les pépinières, la mise en place des essais, les entretiens et suivi, les points focaux.

Frais de mission : prennent en compte les indemnités de déplacement : il est prévu en moyenne 4 jours de missions par mois.

Séminaires/Ateliers – Valorisation des résultats : Ces rubriques bien que sous la responsabilité du LNRPV, appartiennent en commun aux partenaires. Il s'agit notamment de frais qui couvrent les activités de la plateforme.

Frais de formation : cette rubrique prend en charge les formations diplômantes. Chaque structure dispose de budget pour des rencontres nationales et pour prendre en charge une partie des frais de voyages durant les ateliers et séminaires sous régionaux ou internationaux.

## 15. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (2 PAGES)

---

1. Badiane et al., (2001). Gestion et transformation de la matière organique : synthèse des travaux de recherche menées au Sénégal depuis 1945. EDS CILSS, CTA, ISRA 2000. 132 pp.
2. Bashan, Y., Salazar, B., Puente, M.E., Bacilio, M., Linderman, R.G. (2009). Enhanced establishment and growth of giant cardon cactus in an eroded field in the Sonoran Desert using native legume trees as nurse plants aided by plant growth promoting microorganisms and compost. *Biol. Fertil. Soils* 45: 585–594.
3. Bertrand, H., R. Nalin, R. Bally and J. Marel, (2001). Isolation and identification of the most efficient plant growth promoting bacteria associated with canola. *Biology and Fertility of Soil*, 33: 152-156.
4. Bligh, E.G., Dyer, W.J.(1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can.J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917
5. Braun-Blanquet. T(1932). *Plant Sociology*. New York.
6. Cornelissen, J.H.C. , A.L. Carnelli & T. V. Callaghan. (1999). Generalities in the growth, allocation and leaf quality responses to elevated CO<sup>2</sup> in eight woody species. *New Phytologist* 141: 401-409.
7. de-Bashan L., Hernandez J.P., Bashan Y.(2012). The potential contribution of plant growth-promoting bacteria to reduce environmental degradation – A comprehensive evaluation. *Applied Soil Ecology* 61: 171– 189

8. Diagana, B. (2003). Land Degradation in SubSaharan Africa: What Explains the Widespread Adoption of Unsustainable Farming Practices? TOA project draft discussion paper.
9. Díaz-Zorita, M., Fernández-Canigia, M.V. (2009). Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *Eur. J. Soil Biol.* 45: 3–11.
10. Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques (DAPS), 2005. Résultats définitifs de la campagne agricole 2004-2005. MAHRSA, Dakar
11. Duponnois, R., Plenchette, C. (2003). A mycorrhiza helper bacterium enhances ectomycorrhizal and endomycorrhizal symbiosis of Australian Acacia species. *Mycorrhiza* 13, 85–91.
12. Feller, C., François, C., Villemin, G. Portal, J. hl., Toutain, F. et Morel, J. L. (1991). Nature des matières organiques associées aux fractions argileuses d'un sol ferrallitique. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 312: 1491-1497.
13. Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) (1997). Jachère et maintien de la fertilité, actes de l'atelier international, Bamako, 1A oct. 1997, Dakar, Coraf-Orstom-Union européenne, 146 p.
14. Floret Ch., Pontanier R. (eds).( 2001). La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. Paris, John Libbey Eurotext, 356p.
15. Fu Q., Liu C., Ding N., Lin Y., Guo B. (2010). Ameliorative effects of inoculation with the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas sp.* DW1 on growth of eggplant (*Solanum melongena L.*) seedlings under salt stress. *Agricultural Water Management* 97, 1994–2000.
16. Grime JP (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Am Nat* 111: 1169-1194.
17. Hernandez, J.-P., de-Bashan, L.E., Bashan, Y. (2006). Starvation enhances phosphorous removal from wastewater by the microalga *Chlorella spp.* co-immobilized with *Azospirillum brasilense*. *Enzyme Microb. Tech.* 38: 190–198.
18. Houssou M. (2000). Priorités de recherches et de coopération pour l'Afrique au sud du Sahara. Avant projet de cadre d'action (DRESSSEN, Mai 2000), FARA / GFAR, 32 pages.
19. Katznelson H and Bose .B (1959). Metabolic activity and phosphate dissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere and non-rhizosphere soil. *Can. J Nicrobiol.* 5-79-85.
20. Kelly, V. A. ; Diagana, B. ; Reardon, T. ; Gaye, M. ; Crawford, E. (1996). La productivité des cultures vivrières et commerciales au Sénégal : survol historique, nouveaux résultats d'enquêtes et implications politiques. *SD FS II Policy Synthesis N°7F*
21. Kuiper, I., Bloemberg, G.V., Lugtenberg, B.J.J. (2001). Selection of a plant-bacterium pair as a novel tool for rhizostimulation of polycyclic aromatic hydrocarbondegrading bacteria. *Mol. Plant Microbe Interact.* 14 : 1197–1205.
22. Lebeau, T., Braud, A., Jézéquel, K.(2008). Performance of bioaugmentation-assisted phytoextraction applied to metal contaminated soils: a review. *Environ. Pollut.* 153: 497–522.
23. Ma, Y., Prasad, M.N.V., Rajkumar, M., Freitas, H. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. *Biotechnol. Adv.* 29: 248–258. Stout and
24. Mäder P., Kaiser F., Adholeya A., Singh R., Uppal H.S., Sharma A.K., Srivastava R., Sahai V., Aragno M., Wiemken A., Johri B.N.; Fried P.M. (2011). Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat-rice and wheat-black gram rotations in India. *Soil Biology & Biochemistry* 43: 609-619.

25. Ndiaye, J. P., Sagna, I. (1989). La fertilisation des cultures au Sénégal: bilan-diagnostic et perspectives, Bambey, CNRA, 93 p.
26. Piéri C. (1989) : Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. CIRAD-IRAT, Montpellier, 444 p.
27. Raunkiaer C. (1934). The life form of plants and statistical geography. Clarendon, Oxford, 632p.
28. Reardon T., Kelly V., Crawford E., Jayne T., Savadogo K., Clay D. (1996). Determinants of Farm Productivity in Africa: a Synthesis of four Case Studies. MSU International Development paper n°22.
29. Ribeiro C.M. Touré A., Cardoso E.J.B.N. (2012). Isolation, selection and characterisation of root-associated growth promoting bacteria in Brazil Pine (*Araucaria angustifolia*). Microbiol Res. 167(2):69-78
30. Sundararaman, M., Boopathi, T., Gopinath, S. (2007). Status of mangrove ecosystem: exploring the potential role of cyanobacteria in restoration and afforestation. In: Seckbach, J. (Ed.), Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments: Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, Vol. 11. Springer, Heidelberg, Berlin, pp. 209–224.
31. Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., and Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! Oikos 116, 882–892
32. White, D.C., Davis, W.M., Nickels, J.S., King, J.D., Bobbie, R.J. (1979). Determination of the sedimentary microbial biomass by extractable lipid phosphate. Oecologia 40: 51-62.
33. Wright, I.J. and Westoby, M. (1999). Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations and shifts along nutrient compared to rainfall gradients. Journal of Ecology 87(1), 85-97.
34. Young A. (1989). - Agroforestry for soil conservation. C.A.B. International, Wallingford, U.R., ICRAF, Nairobi, 276 p.
- 35.