



## GUIDE D'ELABORATION DES PROJETS

### A. Identification du projet

---

**Titre du projet :** Projet EFEFAECES « Elevage, Fertilité des sols et Economie des Fermes Agriculture-Elevage sous contraintes Climatiques et Environnementales au Sénégal »

**Zones d'exécution :** Bassin arachidier Nord (environs de Niakhar) et Sud (environs de Nioro) et Haute Casamance (environs de Kolda) pour travailler sur un gradient agro-climatique

**Type de recherche :** Recherches adaptatives (rubrique recherches commanditées)

**Thèmes prioritaires cibles et activités prévues :** Intégration agriculture - élevage

**Nom du coordonnateur de l'équipe de recherche :** Aliou Faye, ISRA – CERAAS

**Structure de tutelle du coordonnateur de l'équipe de recherche :** ISRA-CERAAS

**Institutions partenaires :** LNERV-PPZS, IESOL, BAME

**Coût du projet (XOF) :** 75 108 933 FCFA

— **Durée :** 3 ans

## **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 :** Projet EFEFAECES « Elevage, Fertilité des sols et Economie des Fermes Agriculture-Elevage sous contraintes Climatiques et Environnementales au Sénégal »

**1.2. Domaine concerné :** Intégration agriculture-élevage

**1.3. Thème du WAAPP :** Recherches adaptatives

**1.4. Sous-thème du WAAPP :** Gestion intégrée de la fertilité des sols

#### **1.5. Résumé :**

Dans un contexte de croissance démographique forte, les systèmes agricoles sénégalais sont en transition rapide. La demande croissante en produits alimentaires conduit à la disparition progressive des jachères et à des exportations croissantes de biomasses (grains de céréales sèches, fanes d'arachide) depuis les zones rurales vers les villes conduisant à un appauvrissement alarmant des sols et une baisse des rendements. Dans certaines régions on assiste parallèlement au développement de l'élevage de type embouche ou production laitière à l'étable. Ces nouveaux systèmes d'élevage peuvent favoriser l'entrée de nutriments (par les aliments du bétail importés) et ainsi être au cœur de nouveaux systèmes de production plus durables associant agriculture et élevage par un recyclage efficient des biomasses et des nutriments.

Sur la base de suivi d'exploitations, d'expérimentation à la ferme et de travaux de modélisation, ce projet propose de produire un référentiel technico-économique visant à proposer les bases techniques de systèmes de production efficients, durables (fertilité des sols entretenus), attractifs économiquement et sécurisé (vis-à-vis de l'aléa climatique). Les questions importantes portent sur le dimensionnement des fermes, la taille des troupeaux (ex. combien d'UBT / ha de cultures ?) et le choix entre différents modes de valorisation des biomasses (ex. quels modes de gestion des fumiers limitent les pertes de nutriments ?). Le projet sera mis en œuvre sur 3 sites représentatifs de grandes régions agricoles du Sénégal suivant un gradient agro-climatique prononcé où les potentiels culturaux et les disponibilités en biomasse diffèrent fortement : environs de Niakhar, Nioro et Kolda.

#### **1.6. Mots clés (8 au maximum) :**

Intégration agriculture-élevage, gestion des biomasses, efficience du recyclage des nutriments, conservation des nutriments, fertilité des sols, risque économique.

**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.

Les études prospectives prévoient que la demande mondiale en produits alimentaires double dans les 40 prochaines années en réponse à une forte croissance démographique et à un changement des habitudes alimentaires (Chaumet et al., 2009). Cette croissance sera encore plus prononcée en Afrique Sub-Saharienne où la croissance démographique risque d'être spectaculaire (Cohen, 2004 ; United Nations, 2006). Dans un contexte actuel déjà marqué par l'insécurité alimentaire, la malnutrition et une perte alarmante de fertilité des sols (Smaling et al., 1997; Sanchez, 2002), l'intensification écologique des productions agricoles en Afrique est un défi (Griffon, 2002 ; Doré et al., 2012). Elle passe par une conservation accrue des nutriments et l'augmentation de l'efficacité multi-critères des systèmes agricoles avec l'objectif d'accroître la productivité des agro-écosystèmes tout en maintenant durablement la fertilité des sols et en rendant les activités agricoles plus attractives économiquement et socialement.

La grande majorité des systèmes agricoles d'Afrique sub-saharienne sont mixtes (Herrero et al., 2010). Les interactions entre cultures et élevage en particulier sont omniprésentes, elles peuvent se traduire par des conflits ou constituer une réelle opportunité de développer des synergies positives entre activités (McIntire et al., 1992 ; D'Aquino et al., 1995). L'élevage est déterminant pour la sécurisation économique et alimentaire des ménages agricoles face à l'aléa climatique en particulier (Jones & Thornton, 2009). En effet il occupe une place importante dans l'économie des ménages i) à court terme en terme de spéculation (embouche) (Fafchamps et al., 1998 ; Otte et al, 2012), ii) à moyen terme sous forme d'épargne (élevage extensif transhumant, Ancy et al., 2005; Wane et al., 2009) ; ou/et iii) à long terme par son effet potentiellement positif sur la productivité globale des fermes et la séquestration du C, service éco-systémique potentiellement rémunéré par les marchés internationaux du C (Perez et al., 2007).

En effet l'élevage joue un rôle central dans l'entretien et la restauration de la fertilité des sols, et donc dans l'augmentation des rendements des cultures puisqu'il offre bien souvent la principale source de fertilisants dans un contexte où les engrais minéraux sont très peu accessibles et de plus en plus coûteux. L'effet négatif des troupeaux par leur consommation des résidus de cultures (Giller et al., 2009) est généralement compensée par un retour des fumiers et autres engrais de ferme sur les sols cultivés (Rufino et al., 2007), d'autant plus si les transferts de fertilité orchestrés par les troupeaux

depuis les parcours vers les zones cultivées sont importants (Manlay et al. 2004). Il est donc pertinent d'imaginer l'intensification des systèmes agricoles avec et par l'élevage.

En zone semi-aride à sub-humide, la gestion de la biomasse en tant que ressource limitée, est au cœur du fonctionnement des systèmes mixtes agri-élevage (Andrieu et al., 2013). Au Sénégal en particulier, les animaux d'élevage mobilisent fortement ces biomasses pour leur alimentation (Lericollais, 1999 pour le bassin arachidier et Manlay et al. 2004 pour la Haute Casamance). Une meilleure gestion des biomasses par un usage raisonné des résidus de récolte pour l'alimentation des animaux et la production de fumier à l'étable (avec couverture des tas de fumier par exemple) peut accroître l'efficacité d'utilisation et la conservation des nutriments et du C (Blanchard et al., 2013). Cette gestion raisonnée doit être pensée à l'échelle de l'exploitation avec l'objectif de mieux recycler la matière et éviter les pertes gazeuses et par lixiviation de nutriments et de C (Vayssières & Rufino, 2012). Analyser les cycles biogéochimiques intervenant à l'échelle du système agricole, nécessite à la fois une bonne connaissance de la diversité des pratiques de gestion des biomasses et une compréhension fine des mécanismes biotechniques (agronomiques et zootechniques) sous jacents tels que la production de fèces par les animaux selon les régimes alimentaires (Landais & Guérin, 1992), l'évolution des fumiers au cours de leur préparation/stockage (Landais & Lhoste, 1993) et la réponse des sols et des cultures à divers niveaux d'amendement (Tifton et al., 2008). Le recours à la modélisation est particulièrement utile pour intégrer ces deux types de connaissances (Thornton & Herrero, 2001). Elle permet de tester à moindre coût l'introduction de nouvelles techniques (ex. embouche bovine, fertilisation combinée engrais organique et minéral, couverture des tas de fumier, etc...) sur le fonctionnement globale d'une ferme et sa durabilité (Vayssières et al., 2011). La simulation et la quantification des biomasses recyclées (ex. résidus de cultures, engrais de ferme) et des exports/imports de biomasses depuis/vers les fermes (ex. vente des fanes d'arachide, achat de compléments alimentaires) permet également de calculer tout un panel d'indicateurs techniques, environnementaux (bilan de nutriments), économiques (calcul marges brutes et revenus) (van Wijk et al., 2009 ; Vayssières et al., 2009).

En retenant une approche intégrée à l'échelle de l'exploitation et prenant comme cas d'étude la zone arachidière (zone d'élevage des zébus : animaux de haut format) et la haute Casamance (zone d'élevage d'animaux trypanotolérants) au Sénégal, le projet se propose d'apporter des réponses à la question de recherche suivante : **Quel rôle technico-économique peut jouer l'élevage dans l'intensification durable des systèmes agricoles mixtes sénégalais ?** Avec comme sous-questions :

- Quelles fonctions techniques dans l'amélioration de la productivité des cultures ?

- Quelles perspectives d'évolution des sols et des productivités selon différentes pratiques ? (plus ou moins d'apports organiques, plus ou moins d'exportation des biomasses comme par exemple vente des fanes arachide)
- Quelles fonctions économiques pour les ménages agricoles, en particulier en termes de gestion des risques face à l'aléa climatique ?
- Enfin l'élevage en stabulation est-il une solution technique à recommander ? A quelles conditions et sous quelles conditions de gestion des déjections animales et des matières organiques produites (poudrettes de parc, fumier) ?

### 3. OBJECTIFS (1 page)

---

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

1- proposer un diagnostic du rôle actuel et prospectif de l'élevage en systèmes mixtes agri-élevage au Sénégal tenant compte des fortes compétitions autour de l'usage des biomasses, c'est-à-dire plus spécifiquement :

1.1. décrire les systèmes de productions actuels en lien avec leur environnement pédo-climatique

1.2. comparer les performances des systèmes alternatifs conçus dans le cadre du projet avec ceux observés (systèmes actuels)

2- proposer des leviers techniques basés sur les activités d'élevage et des modèles d'intégration agri-élevage pour améliorer la compétitivité économique et la durabilité (maintien de la fertilité des sols, efficience de recyclage des nutriments) des systèmes mixtes agri-élevage, c'est-à-dire plus spécifiquement : décrire les systèmes de productions actuels en lien avec leur environnement pédo-climatique

2.1. concevoir des modes de collecte/gestion des matières organiques favorisant la conservation des nutriments et un retour optimal des nutriments aux sols,

2.2. concevoir des techniques de fertilisation apports organiques et minéraux favorisant l'augmentation des rendements tout en maintenant la fertilité des sols,

2.3. proposer une vision intégrée de ces deux types d'options techniques sur le fonctionnement global de la ferme (recyclage de la matières, des nutriments et du C ; organisation du travail et répartition des pics de travail sur l'année, etc...).

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

---

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

Le projet aura comme principaux résultats :

- des références techniques sur :

- la capacité de production de fumier par unité de gros bétail UBT (avec teneurs en N, P, K, C des fumiers produits selon leur composition et leur maturité, selon divers modes de production (avec divers degré de paillage) et de gestion des déjections (avec ou sans retournement, avec ou sans couverture).

- la réponse des sols (teneur en C / Matière organique) à divers niveaux d'apports organiques,

- la réponse des cultures (rendements) à divers niveaux d'apports organiques,

- un modèle de simulation représentant le fonctionnement de fermes agri-élevage en termes de flux de biomasse. Ce modèle intégrera les références techniques produites dans le cadre du projet et produira un ensemble d'indicateurs techniques (niveaux de production animale et végétale), environnementaux (bilan nutriments et C) et économique (sensibilité à l'aléa climatique). Ce modèle sera utilisé pour faire des simulations de systèmes de production alternatifs.

- des fiches techniques décrivant les systèmes agri-élevage proposés dans les 3 contextes climatiques et leurs performances économiques : coût d'investissement, revenu potentiel attendu, sensibilité à l'aléa climatique.

#### 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 bon marché, 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 les appliquer dans leur environnement de production et de les présenter dans le cadre de visites champêtres (Farmer Field School).

- Agro pasteurs

Ils seront les principaux bénéficiaires des connaissances générées dans le cadre de ce projet, notamment en matière d'intégration des systèmes agro pastoraux en vue d'une meilleure productivité. 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 des produits issus des parcelles sera mieux sécurisée.

- 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 scientifiques, de rapports ou de fiches techniques. Le projet permettra de faire des avancées scientifiques importantes dans le domaine de l'intégration Agriculture-Elevage et de contribuer à la formation diplômante ou non d'étudiants.

- ONG et structures d'encadrement

Les ONG les accompagnants sur le terrain (ex. Vétérinaire sans frontière qui appui le développement de la production laitière à Kolda) bénéficieront fortement aussi des résultats du projet. En effet :

- le modèle de simulation sera mis à disposition des chercheurs ISRA et des techniciens agricoles pour effectuer des simulations interactives avec les agriculteurs et effectuer du conseil,

- les fiches techniques seront diffusées auprès des agriculteurs des différentes communautés rurales impliquées dans le projet : 2 communautés rurales dans les environs de Niakhar, 2 dans les environs de Nioro et 2 dans les environs de Kolda : soit un total de environs 300 exploitations.

Le projet sera aussi l'occasion de former divers étudiants sénégalais (3 thèses, 10 stages niveau masters) à des recherches pluridisciplinaires, en modélisation appliquée à l'agronomie.

## **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.

Le projet comprend 5 activités principales (subdivisées en 10 sous activités):

- Activité A0 : Coordination et animation du projet

La coordination veillera à la mise en cohérence des différentes activités du projet et au respect du calendrier de réalisation des différentes activités du projet (cf. Chronogramme ci-après), ainsi qu'à la production des rapports d'étape du projet.

Elle comprendra l'organisation de 3 ateliers d'animation du projet : 1 atelier de lancement, 1 atelier à mi-parcours et 1 atelier final de Formalisation des résultats du projet. La coordination se chargera également des actions de communication : conception et impression des fiches techniques, organisation d'atelier de restitution auprès des agriculteurs (farmer field school) et partenaires sur le terrain (ONG), conférence au centre culturel-français sur les enjeux de mieux intégrer l'agriculture et l'élevage dans les exploitations familiales sénégalaises .

#### - Activité A1 : Description de la diversité des systèmes de production et de leur environnement

Cette activité comprend deux sous activités :

- A.1.1. Description du milieu pédo-climatique

L'objectif de cette sous –activité est de renseigner, voir compléter les données et informations existants sur l'environnement pédo-climatique de production des sites ciblées par le projet. Les données climatiques produites dans d'autres projets (ex. ANR ESCAPE) seront revalorisées. Sur le plan pédologique, les zones peu couvertes par les cartographies déjà réalisées, devraient faire l'objet de mesures plus intenses ou de séries d'échantillonnages, d'observations, d'analyses et de caractérisations (SIG) plus importantes. Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols de même que la végétation dans les parcelles de cultures seront caractérisés avant et après l'application des technologies. L'exploitation de toutes ces informations permettra de constituer une base de données nécessaire à la définition de l'échantillon des communautés étudiées et à la définition des scénarios climatiques de modélisation/ simulation (A4).

- A.1.2. Description de la diversité des systèmes de production

L'objectif de cette sous –activité est de décrire les systèmes de production actuels en termes de pratiques de gestion des biomasses et de leur diversité. Les pratiques de gestion des biomasses comprennent l'alimentation des troupeaux, la gestion de leurs effluents (poudrettes, fumiers...), la fertilisation des cultures et la gestion des biomasses végétales produites (vente ou auto-consommation des grains, récoltes et tri des résidus).

#### - Activité A2 : Expérimentation/ Caractérisation des potentiels de production de fumures organiques et de la réponse sol et cultures à divers niveaux d'amendement

L'objectif de cette activité est d' i) évaluer les quantités/la qualité des MO produites par les animaux en stabulation et ii) optimiser l'utilisation de la fumure produite dans l'amélioration et le maintien de la productivité et de la fertilité des champs. La disponibilité de MO en qualité et quantité suffisantes étant une des principales entraves à sa généralisation comme technique de fertilisation des terres, l'accent sera mis sur les possibilités de sa combinaison des faeces et autres matières organiques issus de l'élevage de bovins à l'étable avec des doses réduites d'engrais minéraux pour améliorer durablement les rendements des cultures.

- A.2.1. Evaluation des quantités/qualités de fumure organique produite par UBT :

L'objectif de cette activité à termes est de pouvoir disposer d'informations actualisées et fiables sur les quantités de fumier produites par les bovins en stabulation et utilisables pour la fertilisation des terres. La biomasse, ainsi que son contenu en N, P et C sera suivi tout au long du procès depuis l'alimentation jusqu'au tas de fumier après stockage, juste avant épandage. Les données qui seront générées au cours de cette activité constitueront des inputs importants pour renseigner la base de données mis en place dans le cadre du projet et qui sera également très utile pour les recherches futures sur l'impact environnemental des activités d'élevage.

- A.2.2. Mise en place de dispositifs expérimentaux de fertilisation raisonnée à partir de la fumure de bovins en stabulation :

L'objectif de cette activité est (i) d'actualiser les doses de fertilisation des cultures par la fumure organique et (ii) d'évaluer l'effet de leur combinaison avec le minimum d'engrais minéraux sur les rendements des cultures. Avec les exploitants cibles, des tests seront menés sur différents systèmes céréales, en vue d'élaborer des fiches techniques détaillées qui permettront aux producteurs, d'utiliser avec efficacité les matières organiques issues de la stabulation des animaux. Les suivis agronomiques réguliers des parcelles en expérimentation permettront d'établir de nouvelles fiches de fertilisation (doses, méthodes d'apports) pour les principales cultures céréalières choisies. A la fin de chaque campagne la qualité des résidus des cultures (fane, tiges et feuilles) sera analysée et leur qualité nutritive pour l'alimentation du bétail connue.

### - Activité A3 : Valeurs économiques et marchés associés aux biomasses produites et consommées par les exploitations

L'objectif de cette activité est de décrire les marchés de biomasses (ex. lait, viande, fannes d'arachide, engrais minéraux et organiques, etc...) et donner une valeur économique aux différentes biomasses disponibles et circulantes à l'échelle de l'exploitation : grains, résidus de cultures, provendes et autres

aliments du bétail, animaux d'élevage et leurs produits, lait, fèces, poudrettes, fumiers, etc... Certaines biomasses sont vendues, d'autres sont troquées. L'idée est de proposer une vision intra-annuelle et inter-annuelle de l'évolution des **prix de ces biomasses**.

- Activité A4 : Simulation de systèmes de production alternatifs comportant des activités d'élevage de bovins à l'étable

Cette activité comprend 3 sous-activités :

- A.4.1. Développement du modèle de simulation

Cette sous-activité devra développer un **modèle de simulation** à l'échelle de la ferme opérationnel qui puisse simuler les systèmes de production observés sur les 3 sites d'études.

- A.4.2. Paramétrage du modèle

Cette sous-activité permettra le paramétrage du **modèle de simulation**. Ce modèle étant basé sur une représentation des flux de biomasse. Il s'agira de caractériser et entrer dans le modèle les teneurs N, P, C des différentes biomasses circulantes afin de permettre de prédire les rendements, de faire des bilans de nutriments aux portes de la fermes et évaluer l'impact de systèmes de production sur la fertilité des sols.

- A.4.3. Simulation des systèmes de production innovants

Cette dernière sous activité a pour objectif de simuler les systèmes de production alternatifs comportant des activités d'élevage à l'étable et de comparer les systèmes actuels et alternatifs sur la base d'indicateurs techniques, économiques et environnementaux.

**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 mis en œuvre sur 3 sites d'étude pour suivre un gradient agro-climatique (pluviométrique en particulier), disposer d'une diversité de pratiques d'élevage et de culture, et valoriser d'importantes références agronomiques et zootechniques. L'ensemble des activités seront réalisées sur les 3 sites à l'exception des activités d'expérimentation (A2) qui ne seront conduites que sur les sites A et C, les deux situations les plus extrêmes.

Site1	Système d'élevage dominant	Principales cultures	Pluviométrie annuelle (mm/an)
A- Environs de Niakhar	Système « d'embouche » en plein essor en réponse à la proximité des marchés de	Mil, arachide, niébé, (bissap,	500
B- Environs de Nioro	Système « de confiage » où les troupeaux sont de plus en plus absents des terroirs villageois (confiage et transhumance), en lien avec un essor croissant des cultures,	Arachide, mil, maïs, (riz)	800
C- Environs de Kolda	Introduction d'un « Système lait à l'étable » au sein du système traditionnel où le troupeau quitte les terres cultivées pendant la saison des cultures pour	Maïs, mil, arachide, riz	1000

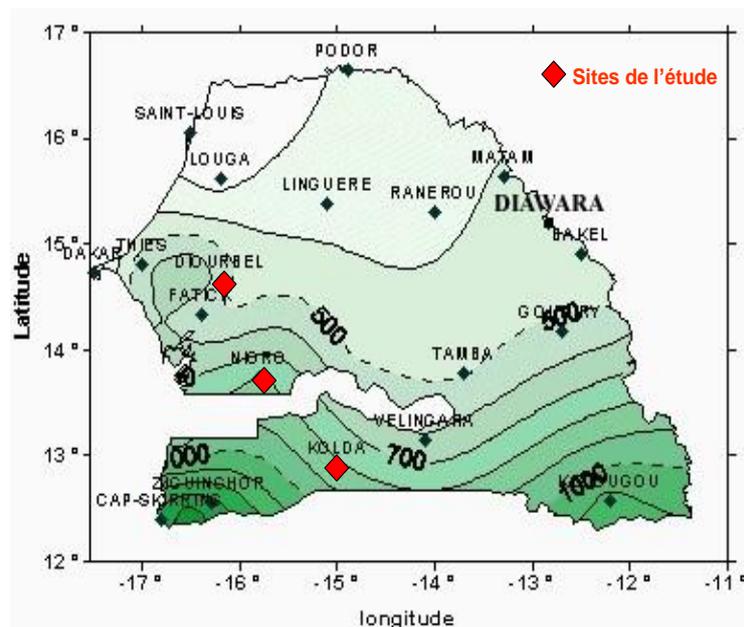


Figure 1 : localisation des trois sites de l'étude

### Activité A.1.1. Description du milieu pédo-climatique et échantillonnage terroirs d'intervention

<sup>1</sup> Le Ferlo n'a pas été retenu car les systèmes sylvo-pastoraux y dominant et demandent une analyse à l'échelle régionale (et non pas à l'échelle exploitation).

Le milieu sera décrit sur la base de la littérature existante et avec la collaboration des services techniques de base des zones cibles (agriculture, élevage, ANCAR etc). Ces derniers nous permettront d'identifier, au cours des missions de prospection et d'implantation du projet, **2 terroirs villageois par site** représentatifs permettant de couvrir une certaine diversité pédo-climatique (soit un total de 6 terroirs).

#### Activité A.1.2. Description de la diversité des systèmes de production et échantillonnage des fermes d'expérimentation

Quarante (40) exploitations seront enquêtées par terroir sur la base d'enquêtes avec questionnaires sur i) la structure des exploitations (surface cultivées et assolement, troupeaux par espèces, main d'œuvre familiale, matériel et équipements), et ii) les pratiques de gestion des biomasses (alimentation animaux, gestion fumure organique, fertilisation cultures), soit un total de **240 fermes**. Une typologie de fermes sera réalisée par site (**3 typologies** basées sur 80 fermes chacune : 1 par site). Cette typologie servira de base à l'échantillon de fermes représentatives des types. Ainsi 4 à 5 fermes par terroir seront dans un 2<sup>ème</sup> temps enquêtées et suivies afin de décrire le fonctionnement de ces fermes en termes de flux de biomasse. Le suivi se fera sur une année complète et comprendra une pesée systématique des principaux flux : récoltes, fumures, alimentations troupeaux, ventes. Les 4 à 5 fermes suivies dans le détail seront autant que possible **des agropasteurs** connus pour leur engagement à l'innovation technologique, en effet ces fermes seront si possible le lieu des expérimentations : activités A.2.1. et A.2.2. En effet concernant l'activité A2 l'ensemble des expérimentations seront réalisées en fermes réelles. Ces fermes seront considérées comme partenaires locaux du projet pour la démonstration des activités expérimentées.

#### Activité A.2.1. Evaluation des quantités/qualités de fumure organique produite par UBT (Unité bétail tropical)

Ce travail d'expérimentation concernera les deux principale races bovines élevées au Sénégal à savoir des zébus Gobra (*Bos indicus* dans environs de Niakhar) et des N'dama (*Bos taurus* dans environs de Kolda). Dans chacune des fermes suivies (avec un total de **16 à 20 fermes** réparties sur les 4 terroirs des environs de Niakhar et Kolda), une pesée hebdomadaire des aliments ingérés et par type, des déjections et des refus alimentaires produits sera effectuée par lots d'animaux. Chaque biomasse sera échantillonnée sur une base mensuelle pour être caractérisée en terme de teneur N, P et C (3 prélèvements annuels : saison sèche chaude, hivernage et saison sèche froide). Le tas de fumier issu de la collecte des refus alimentaires et des déjections sera également suivi en termes de teneur N, P et C au cours de sa maturation par la « méthode des sachets en nylon ». **Deux systèmes de stockage**

seront comparés : un traditionnel en tas à ciel ouvert et un second en tas couvert d'une bâche. Un prélèvement sera effectué tous les 15 jours dans les deux types de tas depuis la phase de conception du tas jusqu'à son épandage afin de définir la cinétique d'évolution du tas. Ces suivis permettront à la fois de déterminer la quantité et la qualité des déjections et des fumiers produits selon divers pratiques d'alimentation et de stockage du fumier. Sur les mêmes lots d'animaux un suivi de l'état corporel, des gestations/mise bas éventuelles et de la production laitière sera également effectuée afin d'avoir une vision complète du bilan N, P, C à l'échelle de l'animal et du tas de fumier. Ainsi des indicateurs d'efficacité N, P et C pourront être calculés (cf. descriptif Activité A.4.2.).

#### Activité A.2.2. Mise en place et suivi des dispositifs expérimentaux de fertilisation raisonnée des terres à partir de la fumure des vaches en stabulation

Sur la base de la littérature existante et la collaboration des services techniques de base des zones cibles (agriculture, élevage ANCAR etc), au moins 3 sites seront choisis par zones au cours des missions de prospections et d'implantation du projet. Dans chaque site, 4 à 5 agropasteurs connus pour leur engagement à l'innovation technologique seront alors identifiés comme partenaires locaux du projet pour la démonstration des activités. Les partenaires 1 et 2 procéderont à un échantillonnage systématique des sols des parcelles des agropasteurs retenus. Ces échantillons seront ensuite caractérisés (physico- chimie) au niveau des Laboratoires Mixtes Internationaux avancées en science du sol (LAPSE ET IESOL) par le partenaire 2 qui est membre desdits laboratoires. Le partenaire 1 assurera l'inventaire forestier dans les parcelles de démonstration avec focus sur les légumineuses ligneuses fixatrices d'azote. Au niveau des animaux en stabulation, les agropasteurs collecteront les fesses produites qui seront séchées puis conditionnées et évaluées quantitativement au bout de 2 à 3 mois. L'évaluation qualitative des produits avant application sera assurée par le partenaire 2. Les résultats de ces travaux donneront des indications précises sur l'état de référence de la fertilité des sols, leur aptitude culturale et sur les possibilités de correction en vue d'un accroissement durable des rendements des cultures.

Ensuite, il s'agira d'une part d'évaluer l'efficacité de nouvelles formules de fertilisations organique et de proposer des combinaisons d'amendement organico minérale dont les effets seront criblés sur les céréales retenues de l'autre. Ainsi pour chaque site du projet et pour chaque spéculation, 7 traitements de fumures de vaches, 4 combinaisons de fumure de vaches et de doses de NPK et i traitement de pratique paysanne (épandage) seront testés à coté d'un contrôle négatif (sans application). La fertilisation par la fumure sera localisée par pied et les quantités par plants calculées à partir de la dose vulgarisée (D : 10 tonnes ha<sup>-1</sup>). Les formules suivantes seront testées : 3/4D ; 2/3D. 1/2D ; 1D. 3/2D ; 4/3D ; 5/4D). Pour les combinaisons, la moitié de la dose recommandée de fumure (1/2D) sera

combinée à la 1/2 ; 1/3 et 1/4 des recommandées de NPK de chaque céréale. Un dispositif en blocs randomisés (cf. figure 2 ci-dessous) comprenant 13 traitements répétés 4 fois sera mis en place pour évaluer l'effet des différents traitements sur les rendements. A coté de ce dispositif sera installée une autre parcelle pour suivre la relation entre la durée du parage (et donc la quantité de fumure apportée) et le rendement en céréales effet de la fumure organique sur les champs cultivés. Ainsi dans la partie pratique traditionnelle de l'agropasteur 12 placeaux de 9 m<sup>2</sup> seront repérés dont 9 seront clôturés empêchant ainsi les animaux de passer ou d'être en stabulation sur ces placeaux. Parmi ces 9 placeaux, 3 seront maintenus clôturés tout au long de la période de parage, 3 resteront clôturés pendant la demi-période de parage et les 3 autres pendant un quart de la durée de parage. Une estimation des dépôts de déjection et urine sera réalisée. Au cours de la saison des pluies qui suit cette période de parage, les cultures seront mises en place selon l'itinéraire technique de l'agriculteur. Les mesures effectuées concerneront le suivi des composantes du rendement des céréales cultivées (par unité de surface, nombre de poquets, nombre d'épis, nombre de grains par épi, poids moyen d'un grain) et le rendement final. Ces observations seront réalisées sur l'ensemble des placeaux. Sur trois parcelles, seront suivies les quantités d'azote et de phosphore dans la solution du sol au cours du temps par l'implantation de systèmes de prélèvement de la solution du sol au cours de la saison des pluies (ampoules tensiométriques). Les exportations d'N et P dans la biomasse seront également suivies au cours du temps. On effectuera pour cela des prélèvements de biomasse à différents stades de croissance de la plante sur lesquels seront mesurés les teneurs en N et P.

La dimension des parcelles élémentaires sera de 9 m<sup>2</sup> et celle du bloc 8\*28 m soit 224 m<sup>2</sup>.

Les applications se feront au moment des semis sous forme de fumure de fond au niveau des poquets. A coté du dispositif de recherche, une autre parcelle de même dimension sera mise en place et où l'agro pasteur conduira sa culture comme il le fait d'habitude (généralement après couchage des animaux). Les agropasteurs des zones cibles seront invités à visiter les parcelles de démonstration dont l'ensemble des opérations culturales seront assurées par les agropasteurs eux-mêmes. Toutefois, les chercheurs effectueront des visites régulières dans les sites et prendront les dispositions de traitements phytosanitaires nécessaires pour parer à toutes éventualités d'attaques.

L'effet des différents traitements sera évalué sur la quantités et qualité de biomasse produite à la récolte. Le rendement en grains sera évalué sur 1000 grains et extrapolée à l'hectare suivant la formule:

$$\text{Rendement ha}^{-1} = \frac{\text{Poids sec échantillon}}{\text{Poids frais échantillon}} \times \frac{\text{Poids Frais total échantillons}}{\text{Poids récolte de la parcelle élémentaire}} \times 10$$

Dans le dispositif en bloc randomisé, une analyse de variance sera faite par le logiciel SAS (2006) pour déterminer l'effet des traitements sur le rendement des cultures. Dans la pratique paysanne, les rendements dans les unités expérimentales seront évalués et leur moyenne comparée avec celles des autres traitements. Cette activité sera conduite chaque année pour validation des résultats. La réalisation de cette activité générera inputs appréciables pour la base de données mise en place dans le cadre du projet

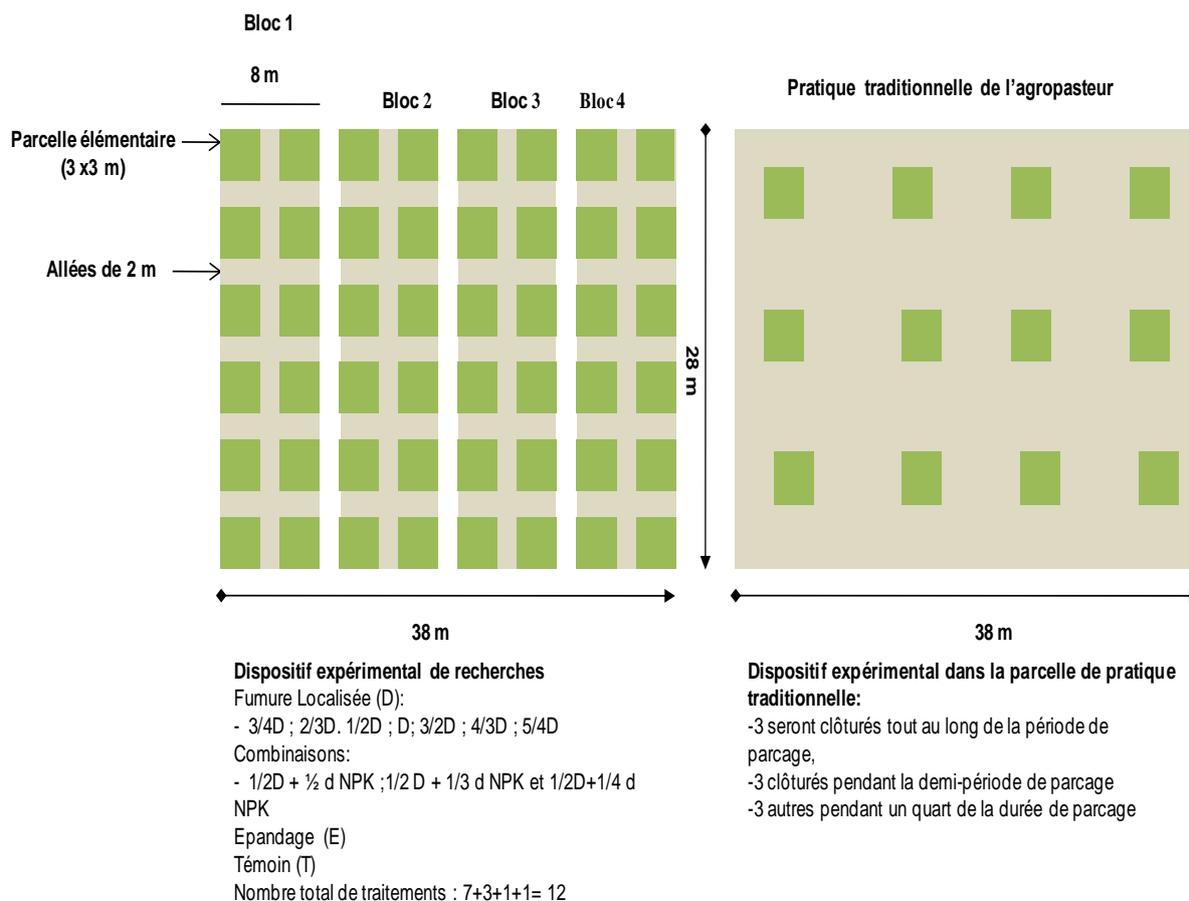


Figure 2 : Dispositif de recherche sur l'optimisation de la fumure des animaux en stabulation dans la fertilisation des terres

### Activité A3 : Valeurs économiques et marchés associés aux biomasses produites et consommées par les exploitations

La description des marchés se fera par enquête. Les agro-éleveurs, ainsi que les commerçants et divers fournisseurs / acheteurs seront enquêtés sur une base saisonnière. Les saisons (3 à 10) seront définies avec ces mêmes acteurs. Les **prix des biomasses** seront demandés à chaque visite. La principale information collectée sera les prix. Une appréciation qualitative des besoins et disponibilités (**adéquation saisonnière offre/demande**) des différentes biomasses sera également appréciée par

enquête. Une attention particulière sera portée sur les biomasses non vendues mais troquées. Un équivalent en FCFA sera alors donné à dire d'experts (fermiers, techniciens).

Pour les biomasses dont la disponibilité est sensible à l'aléa climatique (ex. fanes d'arachide), le suivi se fera sur **deux années consécutives à série climatique contrastée** : une année pluvieuse et une année sèche si possible. Cette vision permettra de mesurer l'effet climat sur les prix (nécessaire pour être intégré dans la partie évaluation de l'effet climat sur la performance des systèmes étudiés).

#### Activité A4.1. : Développement du modèle de simulation

Le modèle développé sera un **modèle de simulation de type stock-flux**. Il représentera le fonctionnement d'une ferme en termes de flux de biomasse. Le modèle sera développé sous Excel pour faciliter sa diffusion auprès des partenaires. Le modèle devra permettre de tester divers alternatives techniques testées et décrites en phase expérimentale (divers mode de stockage des fumures et divers amendements) tout en restant suffisamment simple pour être utilisé avec et par les partenaires (le pas de temps sera probablement saisonnier). Dans un premier temps un modèle conceptuel sera élaboré avec les différents chercheurs du projet. Il décrira l'ensemble des stocks et des flux de biomasse intervenant dans une ferme. Les principales fonctions biophysiques et pratiques déterminant les flux de biomasse seront décrites en fonctions mathématiques sur la base des connaissances produites par les expérimentations du projet et disponibles dans la littérature. Les rendements culturaux devront être climato-dépendants. Une batterie de 6 à 10 indicateurs seront choisis avec les agriculteurs pour évaluer de façon pertinentes les options et systèmes techniques testées et seront ensuite décrits en termes d'équations mathématiques. L'élaboration du modèle de simulation sera l'occasion de synthétiser l'ensemble des données collectées et produites dans le cadre du projet.

#### Activité A.4.2. Paramétrage du modèle

Le paramétrage du **modèle de simulation comprend** :

- Le calibrage des principales fonctions biophysiques du modèle : quantité et nature des fumiers disponibles selon les pratiques d'alimentation et de stockage des fumiers, réponse des cultures aux différentes fumures. Ce dernier sera effectué à partir d'une régression linéaire issue des résultats d'expérimentation produits en activités A.2.1 et A.2.2.
- L'entrée de la base de données spécifiant la « teneur N, P et C des biomasses circulantes ». Cette dernière permettra de convertir l'ensemble des flux de biomasse en flux de nutriments et C. Ces flux sont nécessaires au calcul d'indicateurs environnementaux du type bilans de nutriments aux portes de la ferme.

- L'entrée de la base de données « prix des biomasses circulantes ». Cette dernière permettra de convertir l'ensemble des flux de biomasse en flux économiques et ainsi calculer tout une batterie d'indicateurs micro-économiques du type marge brute, excédent brute d'exploitation.

#### Activité A.4.3. Simulation des systèmes de production innovants

Cette dernière activité est une synthèse de l'ensemble des données produites par les autres sous activités du projet. **2 à 3 fermes** types seront simulées **par site** et **3 à 4 scénarios d'amélioration technique** seront choisis et testés sur la base des résultats produits en activités 2. Cette activité mobilisera le modèle produit en activité A4.1. et A4.2.

Pour chaque ferme type les scénarios alternatif seront comparés entre eux en référence scénario correspond aux pratiques observées pendant la durée du projet. Ainsi les systèmes innovants pourront être comparés aux systèmes actuels sur la base des indicateurs de performance identifiés en phase de modélisation conceptuelle. Les indicateurs seront techniques (e.g. productivité animale et végétale), environnementaux (e.g. bilan N,P,C et efficience N) et économiques (e.g. marge brute, excédent brute d'exploitation).

Une analyse de **sensibilité** des indicateurs de performance à **aléa climatique** sera conduite sur la base de scénarios climatiques identifiés en sous-activité A.1.1. La pluviométrie étant le principal facteur climatique divers séries pluviométriques seront simulées et la variabilité des indicateurs de performances sera mesurée.

#### **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.

Les partenaires locaux du projet (agropasteurs) seront choisis sur la base de leur engagement et leur réceptivité par rapport aux innovations technologiques en milieu rural après entretien avec les structures d'encadrement, ONG, etc. Tout le long de ce processus, les chercheurs du projet interviendront aux cotés des agriculteurs. Des visites croisées entre producteurs de localités différentes seront aussi organisées pour favoriser les échanges d'expériences (farmer field school). Des émissions de sensibilisation et de diffusions seront organisées dans les radios communautaires et des prospectus en français et en langues nationales élaborées pour mieux expliquer les technologies développées de même que le processus de leur optimisation. L'émission *Renou Kom Kom* de la télévision nationale mais les émissions similaires des autres télévisions de même que les canaux de diffusion du CNS seront aussi mis à contribution pour une bonne visibilité des résultats obtenus.

La formation diplômante constitue une composante essentielle de ce projet. En appui aux activités de recherche, il sera proposé des stages de fin d'étude d'au moins 10 ingénieurs ou masters. Trois thèses

de doctorat pourront être soutenues en agro-pédologie, agro-zootéchnie, et modélisation bio-économique. 2 thésards sénégalais dont les indemnités/frais salariaux sont pris en charge par ailleurs ont déjà été identifiés, il reste à identifier le 3<sup>ème</sup> doctorant.

## **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.

A la fin de chaque campagne de saison culturale, des journées champêtres (Farmer Field School) seront organisées dans les différents sites d'action du projet. Au cours de ces journées pendant lesquelles les acteurs institutionnels de même que les décideurs politiques et les structures d'encadrement seront invités, des fiches d'appréciation des rendements basés sur des codes compris par tous seront élaborées pour permettre aux agriculteurs eux même d'apprécier l'impact des pratiques d'amendement sur les rendements des systèmes en comparaison avec les pratiques traditionnelles. L'évaluation des technologies sur la biodiversité tellurique sera faite via les échantillons de sols et leurs analyses physiques, chimiques et biologiques, sur la qualité des récoltes et résidus de cultures.

## **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 projet comprend 4 partenaires dont chacun a la responsabilité d'activités différentes :

- Le CERAAS sera en charge de la coordination et l'animation du projet (A0) et de la conduite d'expérimentation « amendements cultures » en fermes réelles (A2.2).
- Le partenaire IESOL sera en charge de décrire le milieu pédo-climatique (A1.1), de suivre l'évolution des teneurs en N, P et C de la fumure organique (A2.1), de suivre l'évolution de la fertilité physicochimique des sols au cours de l'expérimentation (A2.2) et de caractériser le contenu N,P,C des différentes biomasses circulantes pour alimenter le modèle de simulation (A3).

- Le LNERV-PPZS sera en charge de la description des systèmes de production (A1.2), et la conduite d'expérimentation « production de fumure organique à l'étable » en fermes réelles (A2.1.), du développement d'un modèle de simulation à l'échelle de la ferme (A3.1) et de simulation permettant d'évaluer les performances de systèmes étudiés (A3.2).
- En fin le BAME sera en charge de produire une base de données prix par biomasse (A4), de décrire les principaux marchés de biomasses locaux avec dynamique saisonnière des prix et des disponibilités/demandes (A4), de décrire les indicateurs économiques nécessaires à une évaluation de la sensibilité des revenus à l'aléa climatique (A3).



## 11. CADRE LOGIQUE (2 pages)

Logique d'intervention	Indicateurs Objectivement Vérifiables	Sources de Vérification	Hypothèses & Risques
<p>Objectif global</p> <p>1. proposer un diagnostic du rôle actuel et prospectif de l'élevage en systèmes mixtes agri-élevage dans les 3 sites d'étude</p>	<p>Changements de pratiques des agropasteurs</p> <p>Amélioration de la productivité des systèmes et de productions</p>	<p>Résultats du diagnostic</p> <p>Enquêtes auprès des agropasteurs</p> <p>Rapports, mémoires et publications</p>	<p>Non adhésion des acteurs locaux</p> <p>Non disponibilité à temps des financements</p>
<p>Objectif Spécifique</p> <p>1.1. Décrire les systèmes agricoles en place</p> <p>1.2. Simuler et Evaluer les systèmes alternatifs</p>	<p>Classification des systèmes et solutions proposées</p> <p>Qualité et fonctionnalité des systèmes</p>	<p>Rapports</p> <p>Enquêtes auprès des producteurs, mémoires et publications</p> <p>Expérimentation mis en place</p> <p>Résultats de simulation et d'évaluation, mémoires et publications</p>	<p>Non adhésion des acteurs locaux</p> <p>Non disponibilité à temps des financements</p>
Résultats			
<p>R1. un rapport décrivant les systèmes de production actuels</p>	<p>Document physique et électronique du rapport</p>	<p>Lecture du rapport</p>	<p>Acceptation du projet</p> <p>Disponibilité du financement</p> <p>Adhésion des acteurs locaux</p>

R2. un modèle de simulation avec indicateurs d'évaluation	Nombre modèle de simulation opérationnel	Test modèle Expérimentation mis en place	Acceptation du projet Disponibilité du financement Adhésion des acteurs locaux
R3. un rapport décrivant les systèmes de production futurs issus du travail d'expérimentation et de simulation	Document du rapport (physique ou électronique)	Lecture rapport	Adhésion des acteurs locaux Disponibilité du financement
R4. publications scientifiques sur le modèle et les simulations	Liste de publications écrites	Papiers des articles Sites revues scientifiques	Disponibilité du financement

Logique d'intervention	Indicateurs Objectivement Vérifiables	Sources de Vérification	Hypothèses & Risques
Objectif global 2- proposer des leviers techniques basés sur les activités d'élevage et des modèles d'intégration agri-élevage pour améliorer la compétitivité et la durabilité des systèmes mixtes agri-élevage	Changement de pratique des agropasteurs Amélioration de la productivité et de la qualité des systèmes	Enquêtes auprès des agropasteurs Rapports, publications et mémoires	Aléas climatiques Engagement des agropasteurs Disponibilité du financement

Objectif Spécifique Proposer un référentiel technique	Validation et appropriation du référentiel	Document physique et électronique	Engagement des agropasteurs Disponibilité du financement Qualité des données recueillies
Résultats	Indicateurs Objectivement Vérifiables	Sources de Vérification	Hypothèses & Risques
R1. base de données contenus N, P, C sols et biomasses	Nb lignes base de données	Base Access	Aléas climatiques Fiabilité du matériel informatique et compétence de l'agent en charge de la base de données Qualité des données recueillies
R2. base de données prix biomasses	Nb lignes base de données	Base Access	Aléas climatiques Fiabilité du matériel informatique et compétence de l'agent en charge de la base de données Qualité des données recueillies
R3. fiches techniques production fumure organique	Fiches diffusées auprès de 300 agriculteurs	Enquêtes auprès des agropasteurs Rapports, publications et mémoires Visite sites d'étude	Aléas climatiques Fiabilité du matériel informatique et compétence de l'agent en charge de la base de données Qualité des données recueillies
R4. fiches techniques amendement organique	Fiches diffusées auprès de 300 agriculteurs	Enquêtes auprès des agropasteurs Rapports, publications et	Aléas climatiques Fiabilité du matériel informatique

		mémoires Visite sites d'étude	et compétence de l'agent en charge de la base de données Qualité des données recueillies
R5. fiches techniques décrivant les modèles agri-élevage proposés	Fiches diffusées auprès de 300 agriculteurs	Enquêtes auprès des agropasteurs Rapports, publications et mémoires Visite sites d'étude	Aléas climatiques Qualité des données recueillies

## 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>Aliou Faye</b>	CERAAS (ISRA)	Génie rural-Sciences du sol	PhD
<b>Jonathan Vayssières</b>	PPZS (CIRAD)	Agronome-Modélisateur	PhD
<b>Abdrahmane Wane</b>	PPZS (CIRAD)	Economiste	PhD
<b>Amadou Tamsir Diop</b>	PPZS (ISRA)	Zootechnicien	PhD
<b>Alassane Bah</b>	PPZS (UCAD)	Modélisateur	PhD
<b>Yacine Ndour</b>	IESOL (ISRA)	Agronome-pédologue	PhD
<b>Dominique Masse</b>	IESOL (IRD)	Agronome-pédologue	PhD, Hdr
<b>Moussa Fall</b>	BAME (ISRA)	Economiste	PhD
<b>Bertrand Muller</b>	CERAAS (CIRAD)	Agronome-Agroclimatologue-Modélisateur	PhD

La principale qualité et originalité de l'équipe de recherche proposée ici est sa pluridisciplinarité. Ce caractère pluridisciplinaire est un pré-requis indispensable au développement d'une vision intégrée à l'échelle de l'exploitation agricole. En effet l'équipe comprend : i) des chercheurs des sciences du vivant habitués à conduire des expérimentations pour caractériser les phénomènes biophysiques sous-jacents (ex. évolution de la matière organique dans le sol, développement des plantes cultivées, productions animales), ii) des chercheurs des sciences économiques pour caractériser l'environnement socio-économique et les contraintes/atouts qu'il offre, iii) des modélisateurs pour intégrer les connaissances et produire des outils supports de prospection.

### 13. BUDGET (1 page)

Désignation des postes de dépense	Répartition du budget				
	CERAAS	IESOL	LNERV-PPZS	BAME	Total (FCFA)
I – INVESTISSEMENTS	Partenaire1	Partenaire2	Partenaire3	Partenaire4	
— Matériel et Outillage agricole	750 000	1 350 000	750 000		2 850 000
— Matériel Informatique*	500 000	1 000 000	1 000 000	500 000	<b>3 000 000</b>
— Matériel de Laboratoire	350 000	1 500 000	300 000		2 150 000
— Mobilier et Matériel de Bureau	150 000	150 000	150 000	300 000	750 000
— Matériel de Transport (Motos, Vélos...)			1 200 000		1 200 000
II FONCTIONNEMENT					
1. Achats et variations de stocks	400 000	450 000	450 000		1 300 000
2. Achat de matières premières					
— petit matériel de laboratoire ou agricole	500 000	850 000	500 000		1 850 000
— produits chimiques	300 000	1 650 000	300 000		2 250 000
— fournitures de bureau	300 000	500 000	500 000	480 000	1 780 000
— carburant et lubrifiant**	1 463 616	1 763 616	1 463 616	1 000 000	<b>5 690 848</b>
— autres Achats de fournitures et Matériels***	650 000	1 350 000	750 000	450 000	<b>3 200 000</b>
2. Frais de voyage et de déplacement					
— Frais de transport	100 000	100 000	100 000	100 000	400 000
3. Autres Services Extérieurs A :					
— Documentation et Information scientifique	200 000	200 000	400 000	200 000	1 000 000
— Frais d'études et Recherches***	1 500 000	2 500 000	1 700 000	850 000	<b>6 550 000</b>
— Frais de séminaire, Atelier****	3 300 000				<b>3 300 000</b>
— Publicité, Publications et relations	2 000 000				2 000 000

publiques					
— Frais bancaires	1 500 000	500000	500 000		2 500 000
4. Autres Services Extérieurs B :					
— Frais d'analyse	300 000	950 000	800 000		2 050 000
— Frais de mission****	2 250 000	2 540 000	2 250 000	1 200 000	<b>8 240 000</b>
— Honoraire et prestations de Service*****	1 000 000	1 000 000	500 000	500 000	<b>3 000 000</b>
— Frais de Formation, Stage*****	1 650 000	2 200 000	1 650 000	720 000	<b>6 220 000</b>
— Autres					
5. Frais de Personnel					
— Charges Salariales du personnel*****	1 000 000	2 000 000	3 000 000	1 000 000	<b>7 000 000</b>
<b>Sous-total</b>	<b>20 163 616</b>	<b>22 553 616</b>	<b>18 263 616</b>	<b>7 300 000</b>	<b>68 280 848</b>
<b>Coûts indirects (10 %)</b>	<b>2016361,6</b>	<b>2255361,6</b>	<b>1826361,6</b>	<b>730000</b>	<b>6828084,8</b>
<b>Sous-total</b>	<b>22 179 978</b>	<b>24 808 978</b>	<b>20 089 978</b>	<b>8 030 000</b>	<b>75 108 933</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\*** : le projet consacrera des moyens financiers importants à l'appui des agropasteurs dans l'achat de matériels nécessaires aux expérimentations : bâches plastiques

**Matériel Informatique\*\*** : Un des objectifs clé du projet est la mise en place d'une base de données. Pour cela, il prévu d'acheter 6 ordinateurs portables afin de faciliter et fiabiliser la saisie des données à recueillir par les différents partenaires

**Carburant et lubrifiant\*\*\*** : Tant que ce sera possible, les différentes équipes du projet tenteront de mutualiser leur moyens. Cependant, l'essentiel des activités du projet sont des activités de terrain dans des zones éloignées (Niakhar, Nioro et Kolda) et ne s'exécuteront pas forcément dans les mêmes périodes de l'année d'où l'importance des quantités de carburant qui a été calculée sur la base d'une mission de 5 jour par mois par participant pour 7 mois sur les 12 de l'année. La même justification est valable pour les frais de mission\*\*\*\*\*

**Frais d'études et Recherches\*\*\*\*** : Il est prévu d'organiser des journées champêtres (fields school days) durant lesquelles les agropasteurs des zones cibles du projet seront conviés à évaluer eux-mêmes les effets des technologies sur la productivité des systèmes agropastoraux. Les autorités politiques, administratives et techniques y seront conviées ce qui va demander des moyens financiers importants

**Frais de séminaire, Atelier\*\*\*\*\*** : L'équipe coordinatrice du projet (CERAAS) organisera 1 atelier de lancement, un atelier de revue à mis parcours et 1 atelier de fin de projet à raison de 1200 000F chacun

**Honoraire et prestations de Service\*\*\*\*\*** : Les différentes équipes du projet feront appels à des partenaires extérieurs qui interviendront pour des études spécifiques et seront ainsi payés dans cette rubrique (cartographie, analyse de sols, des matières organiques mobilisées pour les essais et biomasses circulantes dans les exploitations pour le paramétrage du modèle de simulation).

**Frais de Formation, Stage\*\*\*\*\*** : Il est prévu la formation d'un nombre importants de masters (10) qui seront rémunérés dans le cadre du projet, les frais liés au fonctionnement des 3 thèses sont également prévus dans le budget du projet pour permettre aux thésards de suivre des formations spécifiques nécessaire à la bonne conduite de leurs travaux.

**Charges Salariales du personnel\*\*\*\*\***: Pour un suivi régulier et efficace des essais dans les différentes zones ciblées, les différents équipes du projet recruteront localement des techniciens, observateurs et techniciens qui seront payés sur cette rubrique.

## 15. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (2 PAGES)

---

- Ancey V., Monas G., 2005. Le pastoralisme au Sénégal, entre politique moderne et gestion des risques par les pasteurs. *Revue tiers monde* 184, 763-783.
- Andrieu N., Vayssières J., Corbeels M., Blanchard M., Vall E., Tiftonell P., 2013. Multi-level biomass use trade-offs in cereal-based systems of West Africa: a village case study from the Sudano-Sahelian zone of Burkina Faso. *Agricultural Systems*, submitted.
- Chaumet, J.M., Delpeuch, F., Dorin, B., Ghersi, G., Hubert, B., Le Cotty, T., Paillard, S., Petit, M., Rastoin, J.L., Ronzon, T., Treyer, S., 2009. *Agrimonde : Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Note de synthèse Cirad-Inra, Février 2009, 195 pp.
- Cohen, B., 2004. Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts. *World Dev.*, 32, 1, 23-51.
- D'Aquino P., Lhoste P., Le Masson A., 1995. Systèmes de production mixtes - agriculture pluviale et élevage en zones humide et sub-humide d'Afrique. CIRAD 117 p.
- Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., Tiftonell, P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy* 34, 197-210.
- Fafchamps, M., Udry, C., Czukas, K., 1998. Drought and saving in West Africa: are livestock a buffer stock? *Journal of Development Economics* 55, 273-305.
- Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M., Tiftonell, P., 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research* 114, 23-34.
- Griffon, M., 2002. Révolution verte, révolution doublement verte: quelles technologies, institutions et recherche pour les agricultures de l'avenir ? *Mondes Dév.* 30 (117), 39-44.
- Herrero, M., Thornton, P.K., Notenbaert, A.M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H.A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., van de Steeg, J., Lynam, J., Rao, P.P., Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Sere, C., Rosegrant, M., 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science* 327, 822-825.
- Jones, P.G., Thornton, P.K., 2009. Croppers to livestock keepers: livelihood transitions to 2050 in Africa due to climate change. *Environmental Science & Policy* 12, 427-437.
- Landais, E., Guérin, H., 1992. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. 1 : la production des matières fertilisantes. *Cahiers Agricultures*, 1 (4) : 225-238.
- Landais, E., Lhoste, P., 1993. Systèmes d'élevage et transfert de fertilité dans la zone des savanes africaines. 2°: les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cahiers Agriculture* 2, 9-25.
- Lericollais A., 1999. Paysans sereer. *Dynamique agraire et mobilités au Sénégal*. IRD. pp. 668.
- Manlay, R.J., Ickowicz, A., Masse, D., Feller, C., Richard, D., 2004. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget in a village of the West African savanna-II. Element flows and functioning of a mixed-farming system. *Agricultural Systems* 79, 83-107.

- McIntire, J., Bourzat, D., Pingali, P., 1992. Crop–Livestock Interactions in Sub-Saharan Africa. World Bank, Washington DC. pp. 246.
- Otte J., Costales A., Dijkman J., Pica-Ciamarra U., Robinson T., Ahuja V., Ly C., Roland-Holst D., 2012. Livestock sector development for poverty reduction: an economic and policy perspective. Livestock's many virtues. FAO, Pro-Poor Livestock Policy Initiative, Rome, 183 p.
- Perez, C., Roncoli, C., Neely, C., Steiner, J.L., 2007. Can carbon sequestration markets benefit low-income producers in semi-arid Africa? Potentials and challenges. *Agricultural Systems* 94, 2-12.
- Rufino, M.C., Tittonell, P., van Wijk, M.T., Castellanos-Navarrete, A., Delve, R.J., de Ridder, N., Giller, K.E., 2007. Manure as a key resource within smallholder farming systems: Analysing farm-scale nutrient cycling efficiencies with the NUANCES framework. *Livestock Science* 112, 273-287.
- Thornton, P., Herrero, M., 2001. Integrated crop–livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agric. Syst.* 70, 581–602.
- Tittonell, P., Corbeels, M., van Wijk, M.T., Vanlauwe, B., Giller, K.E., 2008. Combining Organic and Mineral Fertilizers for Integrated Soil Fertility Management in Smallholder Farming Systems of Kenya: Explorations Using the Crop-Soil Model FIELD. *Agron. J.* 100, 1511-1526.
- Sanchez, P.A., 2002. Soil fertility and hunger in Africa. *Science* 295, 2019-2020.
- Smaling, E.M.A., Nandwa, S., M., Janssen, B.H., 1997. Soil fertility in Africa is at stake. In: Buresh, R.J., Sanchez, P.A., Calhoun, F. (Eds.), *Replenishing Soil Fertility in Africa*. ASSA, CSSA, SSSA, Wisconsin, pp. 47-61.
- United Nations UN, 2006. *World Urbanization Prospects – The 2005 Revision*, United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs, New York.
- van Wijk, M.T., Tittonell, P., Rufino, M.C., Herrero, M., Pacini, C., Ridder, N.d., Giller, K.E., 2009. Identifying key entry-points for strategic management of smallholder farming systems in sub-Saharan Africa using the dynamic farm-scale simulation model NUANCES-FARMSIM. *Agricultural Systems* 102, 89-101.
- Vayssières J., Bocquier F., Lecomte P., 2009. GAMEDE: a Global Activity Model for Evaluating the sustainability of Dairy Enterprises. Part II – Interactive simulation of various management strategies with diverse stakeholders. *Agricultural Systems* 101, 139–151.
- Vayssières J., Vigne M., Alary V., Lecomte P., 2011. Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. *Agricultural Systems* 104, 146–161.
- Vayssières J., Rufino M.C., 2012. Managing nutrients cycles in crop and livestock systems with green technologies. In: Arcand Y. & Boye J.I. (Eds), *Green Technologies in Food Production and Processing*. Springer, New York, USA, p 151-182.
- Wane A., Touré I., Ancey V.. 2009. Assets of the market, assets of the rural world: Pastoral market income distribution in the Senegalese Sahel (Ferlo). *Journal of income distribution*, 18 (3-4), 232-248.