

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

DIRECTION SCIENTIFIQUE

Centre National de Spécialisation en Riz

REPUBLIQUE DU MALI

Un Peuple - Un But - Une Foi

Domaine de recherche : Système irrigué

Axe de recherche : Analyse du système Sol-Eau-Plante et Gestion conservatoire des ressources naturelles

Titre de la proposition de recherche : Amélioration de la production du riz par des pratiques de gestion durable en riziculture de bas-fond

Liste des chercheurs principaux :

Chef projet : Dr Yacouba Doumbia Agronome – Riz Bas-fonds

Chercheurs associés

Dr. Minamba	Bagayoko	Agro pédologue
Dr. Nianankoro	Kamissoko	Agronome
Mr. Baba	SIDIBE	Agronome

Partenaires : Direction Nationale de l'Agriculture, Direction Nationale du Génie Rural, ORM, ORS, Direction Nationale de l'Hydraulique,

Financement : WAAPP

Durée : 5 ans

Début : 2009

Budget total : Le budget total du projet s'élève à **90 194 272** (quatre vingt et dix million cent quatre vingt et quatorze mille deux cent soixante douze) francs.

1. Informations générales sur le projet

1.1. Titre de la proposition : Amélioration de la production du riz par des pratiques de gestion durable des terres en riziculture pluviale et de bas fond

1.2. Domaine concerné : Système Irrigué

1.3. Résumé

Justification et Objectifs de la recherche proposée

Au Mali, la riziculture est pratiquée dans différentes conditions agro-écologiques : en submersion libre dans les zones inondées, dans les bas-fonds, dans les casiers aménagés avec maîtrise totale de l'eau et dans les conditions pluviales strictes.

Dans l'ensemble, les rendements des variétés exploitées dans ces différents systèmes sont faibles par rapport à leurs potentiels de production et sont très variables. Les raisons de cette variabilité ne sont pas bien connues même si de nombreuses contraintes existent dans les différentes écologies rizicoles. Des études réalisées ont montré que cette variabilité est liée à de multiples problèmes notamment, la pauvreté des sols (Doumbia et al. 2006 ; Wopereis et al, 1999), la pression des ravageurs (ORM, 1996, ORM, 2009), les aléas pluviométriques et de crues, etc. De nos jours, très peu de données statistiques fiables sont disponibles sur l'importance des dégâts causés par les différents facteurs de la baisse de productivité et sur l'impact des technologies développées.

L'objectif général du projet est de déterminer les facteurs explicatifs de la baisse de productivité des sols et cultures et de proposer des solutions d'amélioration selon les différents systèmes sans affecter l'environnement.

Description de la recherche

Dans cette étude, on se propose de mener des activités de recherche suivantes :

- Test des technologies d'amélioration de la productivité des sols et cultures : (fertilisation, organo-minérale, rotation avec légumineuses, culture maraîchères, blé, etc.);
- Détermination des impacts de ces technologies sur les sols et cultures;
- Evaluation économique des technologies introduites;
- Restitution des résultats aux utilisateurs cibles.

Résultats attendus

- Les causes de la baisse de la productivité des sols et culture de riz sont déterminées et hiérarchisées;
- Des technologies d'amélioration incluant, la rotation avec des cultures améliorant la fertilité des sols sont testées et leur impact sur les rendements du riz et les caractéristiques physiques, chimique et microbiologiques des sols sont évaluées;
- Des options de gestion durable de la fertilité des sols en riziculture sont proposés et leur rentabilité économique est déterminée;
- Les résultats de recherche sont restitués aux utilisateurs cibles.

Mots clés : ressources naturelles, fertilisation, environnement, hydrologie, sol, eau plante.

Budget : Le budget total du projet s'élève à **90 194 272** (quatre vingt et dix million cent quatre vingt et quatorze mille deux cent soixante douze) francs.

Durée du projet : 5 ans

2. Justification/Objectifs

Le développement de l'irrigation face au défis de satisfaire les besoins alimentaires des populations, pose des questions importantes sur la durabilité des systèmes de production dans l'ensemble des écosystèmes.

Il devient alors important de comprendre l'ensemble de ces dynamiques afin d'adapter les méthodes de pilotage de la riziculture aux conditions locales pour permettre de réduire les coûts de production et assurer une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation.

En riziculture pluviale pratiquée sur des sols limoneux à limono argileux, les sécheresses de courte durée réduisent significativement le rendement. Yoshida, en 1975, a défini les facteurs qui limitent la croissance et le rendement du riz pluvial qui sont entre autres : les adventices, la carence ou l'excès des éléments nutritifs, le stress hydrique.

Dans le cadre de la fertilisation, le phosphore est plus important en riziculture pluviale qu'en riziculture irriguée à cause de sa forte fixation sur les sols de plateau et de sa faible disponibilité sous des conditions acides.

Les bas-fonds représentent environ 8% des surfaces rizicoles au Mali (FAO, 2001). Ils sont restés longtemps à l'écart des grandes dynamiques de développement, alors que, zones de concentration par excellence des eaux de surface et souterraines, ces bas-fonds représentent des potentialités intéressantes d'intensification et de diversification agricole. Ils sont situés dans la zone soudanienne (pluviométrie comprise entre 800 et 1300 mm/an), qui présente le potentiel bas-fond le plus important.

La faible utilisation des intrants et l'encadrement insuffisant entravent leur mise en valeur. Les actions de développement en faveur des bas-fonds ont généralement porté sur des ouvrages de régulation de l'eau et la construction de réseaux d'irrigation et de drainage. Ces actions ont dans la plupart des cas, entraîné une réorganisation sociale, foncière et technique. Là où les travaux d'aménagement ont été efficaces, ils ont permis de mieux valoriser l'exploitation des terres de bas-fonds (Atelier consortium bas-fond, 1995).

Dans ces zones sous exploitées, le riz est la culture la plus ancienne et les activités sont menées par une population à dominance féminine. Cette riziculture pratiquée dans un contexte peu favorable (bas-fond non réaménagé) ne bénéficiait d'aucun apport d'engrais à cause de l'absence d'un système de crédit pour les femmes. L'absence de fertilisation associée à la faible maîtrise des techniques de culture a conduit à un épuisement des sols considérés fertiles au départ. En outre, ces sols présentent des phénomènes de toxicité ferreuse. Le rendement du riz dans les bas-fonds est faible avec une moyenne d'environ 1000 à 1500 kg ha⁻¹. Les principales contraintes sont entre autres l'envahissement par les mauvaises herbes, l'épuisement des sols, l'absence de techniques appropriées de gestion de l'eau et les maladies. Par ailleurs, une dynamique de diversification est mise en place à travers l'introduction dans les bas-fonds de spéculations telles que la pomme de terre, la patate douce et le manioc. Dans cette dynamique, il y a lieu de définir un système de culture prenant en compte l'interrelation riz et culture de diversification et de mettre au point des alternatives plus motivantes que les pratiques actuelles

La rentabilisation des réhabilitations nécessite une bonne exploitation du matériel végétal dans un système intensifié. Cette rentabilisation passe par la combinaison judicieuse des techniques de culture. L'objectif de cette combinaison est de développer des techniques de

mise en place moins coûteuses, rentables, durables et permettant une meilleure exploitation du matériel végétal. L'amélioration des techniques culturales contribuera à réduire les temps de travaux, à diminuer le coût de production du riz et à augmenter la production de 400 kg.ha⁻¹ en moyenne.

2.1. Source de l'idée

Cette proposition de recherche fait suite aux contraintes prioritaires évoquées par les producteurs des différents systèmes de riziculture au Mali, qui à travers les plateformes des différentes régions, ont souvent exprimé leurs préoccupations face à la variabilité inter annuelle des rendements.

Par ailleurs, l'IER dans son plan stratégique de recherche agricole s'est engagé dans la dynamique d'accompagner les services de développement à assurer une meilleure utilisation des ressources en eau et en sol en riziculture.

2.2. Description du problème

D'une année à l'autre, on assiste à une très forte variabilité voire une baisse des rendements de riz de bas-fond et du riz pluvial.

Concernant la riziculture pluviale et de bas-fond, les rendements sont de l'ordre de 1500 kg ha⁻¹. Des études réalisées ont montré que cette faiblesse de production est liée à de multiples problèmes notamment, la pauvreté des sols (Dolumbia et *al.* 2006 ; Wopereis et *al.*, 1999), la pression des ravageurs, l'insuffisance et l'irrégularité des pluies le vieillissement des semences et leur inadaptation aux régimes actuels de crue, etc.

Les rizicultures de bas fonds et pluviale, pratiquées essentiellement dans la région de Sikasso, Koulikoro et Kayes sont caractérisées par une grande diversité des situations et des pratiques culturales. Dans ces bas-fonds, le riz est en submersion temporaire ou permanente selon le type de bas fonds, la présence ou non d'une nappe sub-affleurant et la position topographique de la parcelle. Ces deux types de riziculture sont fortement dépendants de la pluviométrie qui détermine la superficie exploitée et le niveau de la production. Aussi, la faible fertilité des sols affecte pratiquement l'ensemble des bas-fonds. Les niveaux des éléments majeurs (N, P, K) sont très variables. L'étude diagnostique menée à Sikasso dans les sites de Nièna et de Finkolo-Ganadougou en 2002 ont montré que les teneurs en azote du sol (0,05 %) sont faibles. Pour le phosphore, ces teneurs qui se situent généralement entre 1 et 7 ppm sont pauvres. Quant au potassium, ses valeurs varient de 0.02 à 16 ppm (CRU-CP15). La toxicité ferreuse a été identifiée au niveau de quelques bas-fonds et affecte le rendement d'environ 40 à 60%. Les mauvaises herbes constituent une contrainte majeure dans tous les bas-fonds eu égard au mode de mise en place (semis direct à la volée) et diminue considérablement les rendements d'environ 40 à 80%.

Sur les sols de riziculture pluviale et de bas fond, les mêmes techniques sont utilisées en termes de fertilisation et mode d'exploitation. Le système de culture actuel se caractérise généralement par la monoculture du riz sur des sols pauvres en matière organique, en azote et en phosphore. Ce qui peut entraîner une baisse considérable de la fertilité générale des sols.

Le système de fertilisation n'est pas bien équilibré pour assurer le remplacement des éléments nutritifs dont l'exportation s'est accrue avec la pratique de la double culture. Cette double

culture de riz et la dégradation des sols déjà observée par endroit sont des facteurs potentiels pour mettre en cause les efforts d'intensification.

2.3. Point des connaissances

En riziculture pluviale et de bas-fond, les recherches menées sur les adventices par Vlamis et Davis 1944 ; Miura et Kanaki 1950 ; Yoshida et Kawasaki 1953 ; Clark *et al.* 1957 ; Chaudhry et Mclean 1963 ont montré que les mauvaises herbes constituent le facteur le plus limitant la croissance.

A l'ADRAO, des études ont été faites sur le riz pluvial dans le domaine de l'amélioration variétale, de la défense des cultures et de l'agronomie. Celles en amélioration variétale ont permis la mise au point de nouvelles variétés de riz africain « NERICA » permettant d'obtenir des rendements élevés de 5 t.ha⁻¹ (Somado *et al.*, 2008) Il s'agit de créer des conditions techniques nécessaires pour permettre à ces différentes variétés de mieux extérioriser leur potentiel de l'ordre de 3.5t.ha⁻¹. Dans cette écologie pluviale, les méthodes de préparation varient d'un pays à un autre. En Afrique 98% des parcelles sont préparées manuellement (FAO, in De Datta et Vernon, 1975). En Afrique de l'Ouest, le riz est semé à la volée ou en poquet en ligne. Dans des zones où la pluviométrie est moins de 1500mm, le semis du riz est fait en poquet sur 40 % des parcelles contre 60% à la volée.

Les études réalisées par le Programme Riz bas-fond à partir de 2002 sur les modes de semis, ont révélé que les options 150 kg.ha⁻¹urée + 100 kg ha⁻¹PNT (semis en poquet et à la volée), 100 kg.ha⁻¹ urée + 100 kg.ha⁻¹ PNT (semis en poquet et en ligne) sont économiquement rentables, et que les bonnes dates de semis des variétés de riz pluviales en zone Mali-Sud se situent entre le 15 juin et le 30 juin où le rendement paddy dépasse les 2200 kg.ha⁻¹(rapport de recherche, 2007 ; PSA3-2 RBF, pp.33).

Les bas-fonds font actuellement l'objet de convoitise et de nombreux efforts sont mis en œuvre pour leurs aménagements. La riziculture de bas fond a toujours été une activité des femmes. Cette activité se déroule dans des conditions moins favorables (parcelles non aménagées). Dans ces conditions, les apports d'intrants (engrais, herbicides) sont assez limités eu égard à la non disponibilité de crédit. Les rendements ainsi obtenus sont très faibles (quelques centaines de kg à 1000 kg.ha⁻¹). Toutefois, avec la combinaison de l'ensemble des facteurs (variétés, préparation du sol, densité, fertilisation), ce rendement peut passer de 1000 à plus de 3000 kg.ha⁻¹ (Ahmadi *et al.* 1996b) sans gros investissements.

La riziculture de bas-fonds est sous l'influence du niveau d'aménagement des bassins versants dont ils reçoivent les eaux et les sédiments.

Dans cette écologie rizicole, les principales contraintes sont, outre les aléas hydriques liés au niveau de l'aménagement, la faible fertilité des sols, la toxicité ferreuse, les mauvaises herbes. Les études menées depuis quelques années ont permis d'aborder les aspects liés à la toxicité ferreuse, à la fertilité et à la fertilisation

Au Mali, la toxicité ferreuse a fait l'objet de très peu d'études. Des analyses de sol et de plants ont été faites à Longorola, Solo et Sorona par le projet Bas-fond IER/CIRAD (Bozza, 1996). L'importance et la répartition du problème par rapport aux bas-fonds ne sont toujours pas connues.

Cependant, le programme riz bas-fond (2002 à 2006) a noté que le Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) à la dose de 300 kg.ha⁻¹ combinée à 200 kg ha⁻¹ d'urée et 100 kg.ha⁻¹ de chlorure de potasse s'est montrée efficace. L'effet variétal s'est traduit par un très bon comportement de la variété BW348 dont le rendement moyen peut atteindre ou dépasser les 5000 kg.ha⁻¹. Par ailleurs, toutes les variétés tolérantes proposées se sont bien adaptées aux différentes écologies. Suivant les réalités de chaque zone, les préférences ont porté sur Wita4, Wita12, BW348-1, V8L2-4 à Kléla ; BW348-1, Wita12, V8L2-4 à Nièna et à Finkolo – Ganadougou. Aussi les variétés Sik353 A-10 et Sik350 A150 testées dans les conditions de la station de Longorola se sont révélées tolérantes. Selon Sahrawat & Diatta (1994), la toxicité ferreuse est plus sévère en saison sèche qu'en saison des pluies. Elle est souvent associée à la déficience en potassium (Tanaka, 1973). En effet les racines du riz ont la capacité d'exclure le Fe, mais cette faculté est altérée par divers facteurs dont, en particulier la déficience en potassium (André, 1987). D'autres cations comme le Ca, Mg, Mn, Zn et Cu influencent l'absorption du Fe. Un apport combiné de NPK a permis d'augmenter le rendement.

L'étude menée par Sarahwat *et al.* (1995) sur le comportement variétal par rapport à la toxicité ferreuse a montré la performance de certaines variétés telles que Tox 3118-6-E2-3-2, CK4, Tox 3052-41-E1-2.

Les techniques culturales telles que la date de semis ou du repiquage, la gestion de l'eau et une submersion précoce du sol peuvent être appliquées afin d'atténuer la toxicité ferreuse sur le riz (Ponnamperuma, 1977 ; Abu *et al.* 1989 ; Winslow *et al.* 1989)

En collaboration entre l'IER et l'ADRAO, l'impact de la riziculture sur les maladies humaines causées par des vecteurs (malaria et schistosomiase) a été étudié. Les conclusions préliminaires indiquent que l'irrigation n'accroissait pas la transmission de la malaria au Sahel et maintenait probablement l'endémicité à un niveau réduit (ADRAO, 2000)

Par ailleurs, l'Institut National de la Recherche Agronomique (France) à travers ses unités d'agronomie a fait d'importants travaux sur les impacts environnementaux des pratiques agricoles. Boizard H *et al.* (2004) ont évalué l'impact environnemental des pratiques agricoles à l'échelle de l'exploitation par le biais d'indicateurs. Il ressort que le choix des indicateurs dépend de l'objectif fixé : évaluer un impact ou orienter sur des modifications de pratiques pour limiter l'impact. Selon l'objectif, le choix des indicateurs et des données brutes nécessaires ne sera pas le même.

Girardin *et al.*, 2007 à l'aide d'indicateurs ont évalué l'effet des pratiques culturales sur l'environnement. Ces indicateurs sont étalonnés en référence à la production intégrée, c'est-à-dire qu'ils sont un moyen d'évaluer dans quelle mesure les pratiques mises en œuvre par le paysan permettent d'atteindre les objectifs de la production intégrée.

Girardin *et al.* (1996) à partir de l'outil INDIGO¹, ont élaboré une matrice d'interaction qui met en relation les pratiques agricoles avec les différentes thématiques environnementales. Cette matrice croise les thématiques environnementales (ressources naturelles et environnement social) avec l'ensemble des pratiques agricoles ayant un impact potentiel sur l'environnement que l'on regroupe en activités agricoles.

¹ INDIGO permet de faire un diagnostic des pratiques agricoles à partir de leurs risques potentiels de pollution de l'air, du sol, de l'eau de surface et de l'eau souterraine, grâce à une série de dix indicateurs (qui concernent l'utilisation de l'azote, du phosphore, des produits phytosanitaires, de l'eau, de la matière organique, des ressources énergétiques non renouvelables, la gestion de la rotation des cultures et l'assolement)

Il s'agira d'adapter, selon les systèmes de production, cette matrice afin d'identifier de manière exhaustive les différentes pratiques des paysans ayant un impact sur l'environnement.

2.4. Situation dans le flux du développement technologique

Les activités de ces projets sont à la fois des recherches adaptatives et de génération de technologies qui seront menées en station, au laboratoire et en milieu paysan.

2.5. Objectifs

2.5.1. Objectif général

L'objectif principal de cette étude est l'amélioration de la productivité des différents systèmes rizicoles et le revenu des producteurs à travers l'approfondissement des connaissances des ressources en eau et en sol afin de proposer des normes de gestion appropriées.

2.5.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques du projet sont :

- Evaluer les stratégies d'amélioration des rendements et de réduction des coûts de production;
- Evaluer l'efficacité de la fertilisation organo-minérale du riz dans les périmètres rizicoles ;
- Evaluer l'impact des cultures de diversification sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols ;
- Proposer des options de gestion durable de la fertilité des sols en riziculture intensive ;

Connaître par type de riziculture, le comportement des sols et leur tendance d'évolution,

2.6. Utilisateurs et régions cibles

Les résultats de ces recherches sont destinés aux producteurs de riz et agents d'encadrement, et également à la production de connaissances scientifiques nouvelles utiles aux chercheurs et aux étudiants.

3. Plan de la recherche

3.1. Matériels et méthodes

Les opérations suivantes seront menées dans le cadre de cette activité.

Activité 1 : Gestion de la fertilité et de la fertilisation en riziculture de bas fond

Cette activité comportera deux (2) opérations :

Opération 1 : *Suivi de l'évolution de l'effet de la fertilisation sur le maintien de la fertilité du sol et des rendements du riz de bas-fonds.*

Au niveau d'un bas-fond, un essai pérenne sera implanté en station et servira d'indicateur sur l'évolution de la fertilité du sol et du rendement à travers diverses sources de fertilisation organo-minérale. Dans cet essai, des sources de restitution organo minérales seront étudiées. Au total trois sources de matière organique seront combinées à trois sources de restitution minérale. Les neuf traitements seront constitués comme suit :

- fertilisation minérale (pas d'engrais ; 50 kg/ha N + 20 kg/ha P et 100 kg/ha N+20 kg/ha P + 25 kg/ha K) ;
- fertilisation organique (pas de matière organique ; paille produite enfouie sur la parcelle (à peser) et 5 t/ha de fumier). La variété à utiliser sera fonction de la frange d'étude. L'essai est un factoriel en bloc de Fisher avec 4 répétitions. Les parcelles élémentaires seront de 20 m².

Site d'étude : Sikasso

Sur la base des résultats disponibles, des technologies appropriées seront testées en milieu réel en comparaison avec les pratiques paysannes de la gestion du problème. Pour des technologies non disponibles, des expérimentations seront menées en station.

Opération 2 : *Effet de la fertilisation sur la toxicité ferreuse des nouvelles variétés de riz.*

Sur la base des prélèvements d'échantillons sur les sols à toxicité ferreuse et les sols sans toxicité, une proposition de méthode de lutte contre la toxicité ferreuse et de baisse de rendement sera faite dans les sites de Longorola, Sélingué et de Kléla. Ces tests d'amélioration de rendement seront proposés à travers l'utilisation de variété tolérante, de nouvelles variétés et de la fertilisation à base de PNT. Une variété tolérante (CK73) et deux nouvelles variétés combinées à 2 niveaux de PNT (0 et 100 kg/ha) et à la formule vulgarisée dans les bas-fonds (200 kg de complexe coton plus 100 kg par hectare d'urée) seront testées.

Au niveau de chaque site au moins 10 agriculteurs seront identifiés en fonction de la présence ou non du problème de toxicité.

Opération 3 : *Etude de l'efficacité de la fertilisation organo-minérale en riziculture pluviale et de bas fonds.*

Cette étude mettra l'accent sur l'efficacité agronomique des éléments N et P en fonction des variétés en présence ou pas de matière organique afin de mieux rationaliser l'apport de ces éléments. Le matériel végétal sera composé de deux ou trois variétés suivant les écologies rizicoles. Des doses croissantes d'azote et de phosphore seront donc testées dans les 2 types de riziculture.

Un échantillon moyen de sol par bloc sera prélevé pour analyse au laboratoire et l'analyse portera sur les éléments : N, P total et assimilable, K échangeable et assimilable, pH, CEC, carbone organique, bases échangeables, Fe, Zn. Un second prélèvement d'échantillon aura lieu à la fin des récoltes pour apprécier la variation de teneur des éléments d'analyse de départ.

Pour évaluer l'efficacité des éléments, un échantillon de plant sera prélevé et analysés à différents stades végétatives.

Activité 2: Evaluation des pratiques culturales dans les rizicultures de bas –fonds et pluviales

Opération 1 : *Influence des itinéraires techniques sur l'évolution des sols sous rizicultures de bas-fonds et pluviale.*

Un essai sur les modes de préparation du sol sera mené en condition pluviale et de bas-fond en station. Divers modes de préparation du sol seront étudiés (le labour simple, le paillage, sans préparation du sol et le piochage). Les adventices seront évalués avant toute préparation et pendant le cycle végétatif du riz. Chaque parcelle sera subdivisée en fonction de la combinaison des niveaux de la fertilisation organo-minérale (fumure de fond) : 0 fumure, 5 t/ha de fumier, 200 kg/ha PNT, 200 kg/ha de complexe coton, 100kg/ha de DAP. Le complément sera assuré par 100 kg/ha d'urée et 50 kg/ha de KCl.

Dans les conditions pluviales, la mesure de l'humidité sera évaluée après chaque 2 ou 3 jours après la pluie pour apprécier la capacité au champ de chaque mode de préparation du sol.

La mise en œuvre de cet essai permettra d'évaluer l'impact des pratiques culturales sur le sol en fonction du type de fertilisation ; d'apprécier l'évolution des adventices et de l'incidence des insectes suivant les phases végétatives des plants.

Des prélèvements d'échantillon de sol (N, P, K, Mg, Fe, Carbone organique, CEC, pH) en début de culture et en fin de culture permettront de mieux apprécier dans le temps et en fonction des modes, l'évolution des éléments nutritifs. Les variables mesurées concerneront les composantes de rendement.

Site d'étude : Station de Sikasso- Longorola et sous station de Farako-Finkolo

Opération 2 : *Arrière effet des cultures de diversification sur la fertilisation et le rendement du riz de bas-fond et pluvial.*

Cette étude permettra d'identifier un bon précédent cultural pour le riz.

En condition de bas-fond, outre la pomme de terre, l'arrière effet d'autres spéculations comme le Niébé, l'arachide, la patate douce, l'aubergine, la tomate, le chou et le maïs sera étudié sur le riz. Les itinéraires appliqués sur ces cultures seront recensés au cours du choix des paysans collaborateurs. Les parcelles identifiées seront subdivisées chacune en différents niveaux de NPK.

Il en sera de même pour le riz pluvial. Les engrais seront apportés sous forme d'urée et de PNT.

Le complément minéral en potassium sera apporté sous forme de chlorure de potassium.

Dans chaque parcelle, les différentes espèces d'adventices présentes seront identifiées et évaluées. L'identification et l'évaluation des adventices se poursuivront pendant la phase végétative des cultures.

Un échantillon moyen de sol par bande ou répétition sera prélevé pour analyse au laboratoire et l'analyse portera sur les éléments : N, P total et assimilable, K échangeable et assimilable, pH, CEC, carbone organique, bases échangeables, Fe, Zn.

Les meilleures combinaisons seront retenues après analyse économique pour les tests en milieu paysan. **Les variables mesurées concerneront les composantes de rendement et l'évaluation des adventices.**

Opération 3 : Analyse de l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement à l'échelle de la parcelle: Application de l'outil INDIGO et de la matrice de Girardin pour préciser pour chaque activité les pratiques agricoles en jeu.

L'objectif est d'évaluer à l'échelle de la parcelle, l'impact des pratiques agricoles, de simuler l'effet de modifications de ces pratiques et d'aider à la mise en place de pratiques respectueuses de l'environnement à l'échelle globale de l'exploitation.

Pour conduire cette étude, la matrice de Girardin sera adaptée aux différentes rizicultures afin de préciser pour chaque type de riziculture, les pratiques agricoles en jeu. L'outil et les indicateurs qu'ils utilisent sont ensuite positionnés dans la matrice afin d'identifier les thèmes, les impacts et les pratiques pris en compte.

Le choix des villages et des paysans se fera de concert avec les structures d'encadrement. Les données brutes nécessaires au fonctionnement de l'outil seront collectées auprès des paysans et les résultats des impacts seront analysés.

Site d'étude : Sikasso,

Opération 4: *Mise au point d'un paquet technique pour une gestion durable des terres*

Deux variétés de riz dont une de bas fond (SIK 131) et une pluviale (NERICA 4) seront combinées à deux niveaux de fertilisation (F1 : 200kg/ha de complexe coton au semis + 100kg/ha d'urée en deux fractions ; F2 : 5 000kg/ha de fumier de parc + 100kg/ha d'urée) et deux méthodes de lutte contre les adventices L1 (GALAXY 2l/ha en pré émergence + RICAL 5l/ha en post levée) et L2 (désherbage manuel 45 JAS) contre les mauvaises herbes dans deux modes de travail du sol (travail du sol avec labour à la charrue) et sans travail du sol. Les semences ont été traitées avec le CRUISER avant le semis.

Dans les bas fonds, les essais seront implantés dans deux situations : en sole de simple culture (riz) et en sole de double culture (riz - culture maraîchères)

Dispositif expérimental

Factoriel en bloc avec 4 répétitions avec 12 traitements. La parcelle élémentaire est de 15 m² (3m x 5m). Le semis a été réalisé en poquets avec un écartement de 20 cm x 20 cm.

Site : Longorola ; Finkolo (Farako)

Activité 3 : Identification des signes de carences et de toxicité d'éléments fertilisants sur le riz

Cette activité portera sur des essais en pépinière d'observation et en pots ou en rizo-boxes avec des doses variables d'éléments fertilisants qui seront installés en serre de manière à permettre la visualisation sur le terrain des effets d'excès ou de carence minérales sur la croissance du riz. L'activité comprendra 3 opérations

Opération 1 : Mise en place pépinières d'observation pour la détection des signes de carence ou de toxicité ferreuse, zinc, manganèse, soufre, Aluminium.

Opération 2 : Organisation de séances de formation des producteurs et agents d'encadrements pour la détermination des symptômes de toxicité

Opération 3 : Elaboration de manuelle d'identification des symptômes de toxicité

Sur la base des résultats obtenus et des manuels existants, un manuel simple d'identification sera mis à la disposition des utilisateurs. Ce manuel sera simplifié et traduit en langue vernaculaire.

3.2. Résultats Techniques attendu

- Des stratégies d'amélioration des rendements et de réduction des coûts de production sont évaluées et proposé;
- L'efficience de la fertilisation organo-minérale du riz dans les périmètres rizières est évaluée ;
- L'impact des cultures de diversification sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols est évalué;

4. Répercussions attendues

4.1 Répercussions socio-économiques

L'application des technologies disponibles permettra une augmentation du niveau de revenu des exploitants, ce qui va renforcer la cohésion sociale entre les habitants du même terroir et des terroirs voisins et réduire l'exode rural.

Dans les bas fonds, la riziculture constitue 36 % du revenu total des femmes avec des rendements d'environ 1 t/ha. L'augmentation des rendements de 1 à 3 t/ha contribuera à une amélioration considérable du revenu qui pourrait passer de 36% à au moins 56 %. Ceci contribuera fortement à l'amélioration du statut social des femmes.

4.2 Répercussions sur l'environnement

Alors que les nutriments sont essentiels pour les plantes, leur présence en quantités excessives peut conduire à une diminution sensible de la qualité des sols et des eaux. Donc, la mise à disposition de différentes options de gestion des nutriments pourrait éviter un effet néfaste sur l'environnement.

5. Actions nécessaires pour que les résultats soient accessibles aux utilisateurs cibles

- Sessions de formation et d'information sous forme de visites de terrains, de sessions académiques ou de spots multimédias;
- Mise à disposition des producteurs des fiches techniques ;
- mise en relation des producteurs avec les institutions financières pour faciliter l'accès au crédit intrants agricoles.

6. Plan d'exécution technique

6.1. Calendrier d'exécution

ACTIVITÉS	OPERATION	AN 1	AN 2	AN 3	AN 4	AN 5
Activité 1 : Gestion de la fertilité et de la fertilisation en riziculture de bas fond	<i>Suivi de l'évolution de l'effet de la fertilisation sur le maintien de la fertilité du sol et des rendements du riz de bas-fonds.</i>	X	X	X	X	X
	<i>Effet de la fertilisation sur la toxicité ferreuse en fonction des nouvelles variétés de riz.</i>	X	X	X	X	X
	<i>Etude de l'efficacité de la fertilisation minérale en riziculture pluviale et de bas fonds.</i>	X	X	X	X	X
Activité 2 : Evaluation des pratiques culturales dans les rizicultures de bas – fonds et pluviales	<i>Influence des itinéraires techniques sur l'évolution des sols sous rizicultures de bas-fonds et pluviale.</i>	X	X	X	X	X
	<i>Arrière effet des cultures de diversification sur le riz.</i>	X	X	X	X	X
	<i>Analyse de l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement à l'échelle de la parcelle</i>	X	X	X	X	X
	<i>Mise au point d'un paquet technique pour une gestion durable des terres</i>	X	X	X	X	X
Activité 3 : Identification des signes de carences et de toxicité d'éléments fertilisants sur le riz	<i>Mise en place pépinières d'observation pour la détection des signes de carence ou de toxicité ferreuse, zinc, manganèse, soufre, Aluminium.</i>	X	X	X		
	<i>Organisation de séances de formation des producteurs et agents d'encadrements pour la détermination des symptômes de toxicité</i>		X	X	X	
	<i>Elaboration de manuelle d'identification des symptômes de toxicité</i>				X	X
Rapports	Mensuels et annuels	X	X	X	X	X

6.2. Critères d'évaluation

Les données seront au fur et à mesures traitées et analysées pour la production de fiches techniques, de rapports annuels et finaux et de publications scientifiques. Ces résultats seront régulièrement présentés aux différents fora scientifiques et aux utilisateurs des résultats de la recherche.

6.3. Rapports

Un compte rendu de chaque activité sera fait sous forme de rapport d'étape. Un rapport annuel fera le point de l'ensemble des résultats disponibles.

6.4. Participants

6.4.1. Programmes et Centres de l'IER concernés

CRRA de Niono (PRI, ESPGRN), CRRA de Sikasso (PRIB, ESPGRN), CRRA de MOPTI (ESPGRN, PRH).

6.4.2. Chercheurs

Nom et prénom	Sites	Fonction	An1	An2	An3	An4	An5
Yacouba DOUMBIA	IER/Sikasso	Chef de Projet – Agronomie, conception des rapports et traitement des donnée	30	30	30	30	30
Minamba BAGAYOKO	IER/Niono	Analyse des carences nutritionnelles	10	10	10	10	10
Nianankoro KAMISSOKO	IER/Niono	Agronome, Evaluation de l'impact des pratiques	20	20	20	20	20
Baba SIDIBE	IER/Sikasso	Suivi des activités à Sikasso	40	40	40	40	40

Ce tableau contient la liste des chercheurs fonctionnaires et des contractuels appuis directement impliqués dans l'exécution du projet. D'autres chercheurs interviendront de façon ponctuelle

6.4.3. Collaborateurs externes

Office du Niger, ORM, ORS, Direction Nationale de l'Hydraulique, Direction Nationale de l'Agriculture, Direction Nationale du Génie Rural, Direction Nationale de la Météorologie.

CIRAD, IRD, ADRAO, AGRHYMET, AMID, ARID.

7. Budget

BUDGET RECAPITULATIF

Désignation	Montant FCFA					
	Total	2009	2010	2011	2012	2013
Frais de personnel	18 754 072	3 137 400	3 872 668	3 872 668	3 872 668	3 998 668
Frais opérationnels	59 533 500	15 247 500	8 959 000	13 459 000	10 459 000	11 409 000
Investissements						
Coûts indirects/frais de gestion	11 906 700	3 049 500	1 791 800	2 691 800	2 091 800	2 281 800
Total général du projet	90 194 272	21 434 400	14 623 468	20 023 468	16 423 468	17 689 468

Contribution bailleur:		90 194 272	21 434 400	14 623 468	20 023 468	16 423 468	17 689 468
Contribution client		Salaire des fonctionnaires					

Le budget total du projet s'élève à **90 194 272** (quatre vingt et dix million cent quatre vingt et quatorze mille deux cent soixante douze) francs. Il prend en charge les frais opérationnels, les investissements (équipements), les honoraires des personnels contractuels et les primes des fonctionnaires.

Les salaires des fonctionnaires sont pris en charge par le budget de l'état.

8. Bibliographie

ADRAO (2000). Rapport annuel de recherche

Atelier annuel consortium bas-fond (1995). Actes d'atelier. ADRAO, Bouaké, Côte d'Ivoire, 23-24 mars ; 71p.

André P., Delisle C. E., Revéret J.P., Sène A. et Coll. (1999). L'évaluation des impacts sur l'environnement, processus, acteurs et pratique. Presses Internationales Polytechnique, Canada. 416 p.

Banque Mondiale (1992). Rapport sur le Développement dans le monde. Le développement et l'environnement - indicateurs du développement dans le monde. Washington; Etats Unis.

Bulletins FAO, N° 24, 59 FAO,

Cassman, K. G., S. Peng, D. C. Olk, J. K. Ladha, W. Reichardt, A. Dobermann and U. Singh (1998). "Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems." Field Crops Research **56**(1-2): 7-39

CIRAD (2002). Mémento de l'agronome. Montpellier, France : CIRAD

CNRA (1998). Plan stratégique de la recherche agricole 1999-2005 CRRA-Niono, 151P

Contrat Programme CRU-CP15. Rapport final de recherche, sur « l'étude diagnostique de l'importance de la toxicité ferreuse, de la baisse de rendement et méthodes de lutte contre la toxicité ferreuse », 10p.

Deepanjan Majumbar, S. K., H. Pathak, M.C. Jain, Upendra Kumar (2000). "Reducing nitrous oxide emission from an irrigated rice field of North India with nitrification inhibitors." Agriculture and Environment (81): 163-169.

Dembélé Ibrahim (2007). Gestion des sources organiques d'éléments minéraux dans la riziculture irriguée : cas des exploitations agricoles de la zone de l'Office du Niger (Mali). Thèse de doctorat 105 p

Girardin. P et Christian B (1997). Les indicateurs agro-écologiques, outils pour évaluer des systèmes de culture. Volume 4, Numéro -418-26. Décembre 1997.

Grosjean E. (2002). Manuel de bonnes pratiques agricoles pour la région de Meknès-Tafilalet (Maroc). Ecole nationale d'Agriculture de Meknès - FUSAGx.

Jamin J .Y (1994). De la norme à la diversité : l'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'Office du Niger- Thèse de doctorat INA-PG. 256 pages.

M.C.S. Wopereis, C. D., B. Nebié, D. Guindo, M.K. N'diaye (1999). "Soil fertility management in irrigated rice systems in the Sahel and Savanna regions. Part I. Agronomic analysis." Field Crops Research **61**: 125-145

Mohamed Dicko (2005). Analyse du fonctionnement d'une parcelle de riz irriguée sur sol alcalin. Application a la gestion intégrée de la fertilisation azotée et du calendrier cultural

dans le delta intérieur du fleuve Niger (mali). Thèse de doctorat. Ecole doctorale : Biologie des Systèmes Intégrés, Agronomie et Environnement. 153 pages et annexes.

Programme riz irrigué (2002). Etude de l'évolution de la fertilité des sols et des Rendements en monoculture du riz et diversification des cultures, Rapport de recherche, 30p

W.J Veldkamp et al. (1991). Fertilité des sols au Mali –Sud et dans l'Office du Niger et l'intégration des données analytiques des sols et des plantes. 149 pp.