

Projet de Laboratoire Mixte International

**Laboratoire de virologie et de biotechnologie
(INERA, Burkina Faso)**

UMR Résistance des Plantes aux Bioagresseurs (IRD, France)

**Observatoire des agents phytopathogènes en Afrique de l'Ouest:
Biodiversité et Biosécurité (Patho-Bios)**

Porteurs du projet

**Oumar TRAORE (co-Directeur Laboratoire de virologie et biotechnologie-INERA)
Christophe BRUGIDOU (responsable équipe Effecteurs et Cibles-RPB)**



SOMMAIRE

I. Fiche d'identité	1
II. Résumé du projet	1
III. Descriptif du projet	3
A. Problématique générale.....	3
B. Objectifs scientifiques.....	5
C. Projet spécifique.....	5
.....C-1.Cas des virus	5
.....C-2.Bactérioses du riz causées par <i>Xanthomonas oryzae</i>	8
.....C-3.Cas des nématodes à galles (<i>Meloidogyne spp.</i>)	9
C-4.Identification des gènes de résistance aux pathogènes du riz	11
.....C-5.Impact des interactions multipathogènes et durabilité des résistances	12
D. Contributions prévues à la formation aux niveaux master et doctorat	12
E. Cohérence du regroupement des équipes	13
F. Avantages au niveau local	14
G. Caractère innovant du projet et résultats attendus	14
H. Ambition et visibilité au niveau régional et international : un laboratoire de référence pour l'Afrique de l'ouest	15
IV. Présentation synthétique des équipes	15
V. Agenda prévisionnel	18
VI. Descriptif des infrastructures et équipements	18
VII. Budget prévisionnel	19
Annexes	

Abréviations

CEE (UE)	: Communauté économique européenne (Union européenne)
CIRAD	: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CIRDES	: Centre international de recherche développement sur l'élevage en zone subhumide
CNRA	: Centre national de la recherche agronomique
CSIR-CRI	: Council for scientific and industrial research- Crop research institute
DSF	: Département soutien et formation de l'IRD
FOFIFA	: Foibe flkarohana ampiarina amin'ny fampanandroana ny eny ambanivohitra ou Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural
IER	: Institut d'économie rurale
IITA	: Institut international d'agriculture tropicale
INERA	: Institut de l'environnement et de recherches agricoles
INRAN	: Institut national de la recherche agronomique du Niger
IRAT	: Institut de recherche en agronomie tropicale
IRD	: Institut de recherche pour le développement
IRHO	: Institut de recherche sur les huiles et oléagineux
ITRAD	: Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement
IYMV	: Imperata yellow mottle virus
LMI	: Laboratoire mixte international
LVBV	: Laboratoire de virologie et de biotechnologie végétale
OGM	: Organisme génétiquement modifié
ONG	: Organisation non gouvernementale
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
RoYMV	: Rottboellia yellow mottle virus
RYMV	: Rice yellow mottle virus
UMR RPB	: Unité mixte de recherche Résistance des plantes aux bioagresseurs
<i>Xoc</i>	: <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>
<i>Xoo</i>	: <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>

I. FICHE D'IDENTITE

Directeur du LMI: Oumar TRAORE, Directeur de recherches, INERA, responsable du Laboratoire de Virologie et Biotechnologie Végétale (LVBV). 04 BP 8645 OUAGADOUGOU 04 (Burkina Faso). Tel: 226 70 25 46 51, ohmar@hotmail.com, kourouda@gmail.com.

Directeur Adjoint: Christophe BRUGIDOU, DR1, UMR RPB (IRD, CIRAD, UM2), IRD, responsable de l'équipe « Effecteurs-Cibles », 911 Avenue Agropolis-BP 64501 F-34394 MONTPELLIER Cedex 5 -Tel. 33 (0) 467416496/ Fax 33 (0) 467416283, christophe.brugidou@ird.fr

Partenaires/Equipes impliqués:

- UMR-Résistance des Plantes aux Bioagresseurs- RPB: (IRD, CIRAD, UM2) – M. Nicole – Equipes: Effecteurs et Cibles (C. Brugidou), Emergence et Adaptation (D. Fargette).
- UMR-Diversité Adaptation et Développement des plantes –DIADE- : (IRD, CIRAD, UM2, INRA)-S. Hamon- Equipes: Génétique et génomique du Riz (A. Ghesquiere) et Dynamique de la diversité- DYNADIV (Y. Vigouroux).
- INERA (Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles), 3 laboratoires : Laboratoire de Virologie et Biotechnologie Végétale-LVBV-(O. Traoré); Laboratoire de Phytopathologie (L. Ouédraogo).

Partenaires associés:

-UMR BGPI (CIRAD-INRA)–Equipe Biologie évolutive des champignons phytopathogènes Africa Rice; -INERA Laboratoire de Génétique et de biotechnologies végétales ; -INERA Laboratoire des sols (Département Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production).

Priorités thématiques

Le projet s'inscrit dans les priorités de l'IRD selon deux axes:

- un axe principal au niveau des Productions et sécurité alimentaires; Ecosystème et biodiversité; et Variabilité et changement climatiques.
- un axe secondaire au niveau nutrition (impact des agents pathogènes sur la qualité du grain); Vulnérabilités, inégalités et croissance (impact des récoltes); et interactions Plantes–Santé (Utilisation des agents phytopathogènes en biotechnologie).

Disciplines: Phytopathologie, Epidémiologie, Génomique, Biologie des plantes, Pédologie, Climatologie, Biotechnologie, Agronomie, Génétique, Nutrition, Bioinformatique, Biosécurité, Sciences sociales.

II. RESUME DU PROJET

Contexte et objectifs scientifiques

Dans le contexte de la sécurité alimentaire et du réchauffement climatique en Afrique subsaharienne, les agents pathogènes des céréales constituent une menace importante sur la production en diminuant la principale ressource alimentaire des populations. Le projet se focalise sur la culture du riz qui est une des principales céréales cultivées en Afrique de l'Ouest. Face à une demande croissante de la consommation en riz, les surfaces cultivées s'accroissent très rapidement. Les pratiques culturales changent avec notamment l'introduction de variétés de riz asiatiques à hauts rendements (variétés hybrides). Cette extension de la riziculture peut entraîner une rupture d'équilibre entre la plante et ses agents pathogènes endémiques avec l'apparition de nouvelles souches plus virulentes qui peuvent générer des pertes de rendements importants. Cette menace sur l'équilibre de la production rizicole peut poser des problèmes de sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, pouvant s'amplifier dans le contexte global de réchauffement climatique qui a une incidence directe sur le rendement et l'apparition de nouvelles souches de parasites. Le projet, bien que centré sur le Burkina Faso avec deux sites de l'INERA: un principal à Ouagadougou et un secondaire à Bobo-Dioulasso, à une vocation régionale avec les organismes de recherche nationaux de la sous région (Université de Lomé au Togo, CNRA et Universités Cocody et Abobo-Adjamé en Côte d'Ivoire, l'Université de Bamako

(FAST) Mali, l'IER Mali, AfricaRice Center Bénin Sénégal et Tanzanie, le CSIR-CRI au Ghana et ITRAD au Tchad. De plus, il sera associé à deux LMI localisés au Sénégal: **LAPSE** pour la formation en Phytopathologie et Biosécurité et **IESOL** pour la partie sols et nématodes.

L'objectif du projet est de mettre en place un observatoire des agents phytopathogènes en Afrique de l'Ouest en développant dans un premier temps, sur le riz, l'expertise et les outils nécessaires aux domaines de la virologie, bactériologie, nématologie, champignon (collaborations CIRAD-Africarice) et de renforcer la formation du personnel dans les domaines suivants: - phytopathologie, épidémiologie moléculaire, résistance et contournements, et bioinformatique. De façon plus spécifique à la caractérisation et l'étude de la diversité des pathogènes, et la biosurveillance des agents pathogènes en relation avec les changements globaux notamment climatique. Par ailleurs, ce projet associé au laboratoire régional de biosécurité financé par l'UEMOA en cours d'installation sur le même site de Ouagadougou permettra de développer des synergies en recherche et formation dans les domaines des OGM (biosécurité) et de la biosurveillance des pathogènes. Enfin, ce LMI sera un élément dynamique dans l'exploration des applications en Biotechnologie à partir des connaissances acquises des agents pathogènes. Allié à ces objectifs de recherche, le LMI en association avec les Universités, contribuera au développement de formations diplômantes. Ainsi, avec son réseau régional de partenaires, il sera plus à même de répondre à des appels d'offres internationaux.

Partenariat

Le partenariat est ancien entre l'IRD et le LVBV, il a commencé dès la création du LVBV en 1985. Il s'est traduit par la co-publication de 23 articles de rang A (voir annexe) dont certains avec des facteurs d'impact élevé (IF=9), et 1 brevet avec les partenaires du LMI. C'est aussi la formation par la recherche: 2 thèses de doctorat financé par l'IRD (Dr O. Traoré aujourd'hui Directeur de recherche et responsable du laboratoire et Directeur du département production végétale de l'INERA; le Dr D. Sérémé aujourd'hui CR2 à l'INERA et premier prix du FRSIT-2010 (Forum National de la Recherche Scientifique et des Innovations Technologiques), Issa Wonni en cours de thèse mais déjà recruté par l'INERA), une formation continue financé par l'IRD pour un technicien de l'INERA dans le domaine de la production des OGM et de la biosécurité. C'est enfin un partenariat sur plusieurs projets Aires-Sud, CEE, FIS et aujourd'hui un projet Trilateral (Allemagne-France-Afrique).

Projet de recherche

Le projet de LMI concerne l'étude de la biodiversité et la biosurveillance de 3 agents pathogènes du riz étudiés dans l'UMR RPB (virus de la panachure jaune du riz (RYMV), bactérie (*Xanthomonas oryzae pv oryzae*, *X.o. pv oryzicola*) et nématodes (*Meloidogyne* spp.) et dans l'UMR DIADE (gènes de résistance). L'étude des champignons, notamment *Magnaporthe oryzae* qui infectent le riz, sera abordée en collaboration avec le CIRAD (UMR BGPI, D. Tharreau). Les prospections seront faites sur des parcelles communes d'expérimentation et seront réalisées pour l'ensemble des pathogènes.

Activités Virus : nous proposons de mener l'étude de la biodiversité des principales maladies du riz en Afrique de l'Ouest selon les directions suivantes: de caractériser par séquençage la collection d'isolats viraux de l'INERA; - d'élargir les prospections aux autres pays d'Afrique de l'Ouest, soit par des missions, soit en identifiant des chercheurs partenaires dans ces pays et, si nécessaire, en leur proposant un complément de formation en virologie moléculaire; de caractériser les propriétés pathogéniques et moléculaires de ces isolats; - de modéliser l'évolution et l'épidémiologie de ces maladies en Afrique de l'Ouest par analyse des séquences; - de tester expérimentalement certaines hypothèses sur la pathogénie dérivant de la modélisation.

Activités Bactérie : nous proposons de faire l'inventaire et la caractérisation des bactérioses sur le riz à partir d'une campagne pluriannuelle de collecte. De faire l'étude de l'évolution des populations de *X. oryzae* en fonction des agrosystèmes et zones écologiques. De développer et transférer des méthodes de typage moléculaire. Enfin, d'identifier des gènes majeurs de virulence au sein des souches et l'identification des gènes de résistance.

Activités Nématodes : nous proposons des prospections et échantillonnages dans les régions identifiées de référence: évaluation de l'incidence des attaques de nématodes sur le riz; isolement des nématodes et caractérisation morphologique des genres présents: inventaire et répartition

géographique des nématodes parasites du riz ; caractérisation moléculaire des espèces de *Meloidogyne*: identification des espèces et évaluation de la diversité des *Meloidogyne* attaquant le riz ; séquençage des gènes candidats de *M. incognita* infectant le riz: évaluation de la variabilité des protéines candidates; identification de régions soumises à sélection; sélection d'isolats représentatifs (« core collection »).

L'approche **multipathogène** à l'échelle de la plante et de l'agrosystème sera aussi abordée sur les aspects épidémiologique, dynamique des populations de pathogènes et durabilité des résistances.

Formation et valorisation

Ce projet associe les Universités de Bobo-Dioulasso et de Ouagadougou pour les formations en biologie moléculaire et biosécurité, en phytopathologie, en bioinformatique et en Biotechnologie. Les parties Phytopathologie et Biosécurité seront assurées en collaboration avec le LMI LAPSE (Dakar). Il sera partenaire des universités du Burkina Faso et de la sous région pour les formations en master et doctorat. La valorisation se fera sur les publications et la formation de nouveaux doctorants formés en phytopathologie. Les résultats attendus sont la mise en place d'une base de données multipathogènes sur le riz, une description et caractérisation des populations de pathogènes à l'échelle de la plante et de l'agrosystème, des variétés multi-résistante, de nouveaux effecteurs, de nouveaux gènes de résistance, une modélisation des interactions riz-pathogènes en fonction des systèmes de production, des types d'agrosystème et des variations de température et d'aridité. Enfin, certaines applications sont attendues dans les biotechnologies (résistance, protéines recombinantes).

Caractère innovant et résultats attendus

L'originalité du projet réside dans la mise en place d'un observatoire dédié aux études des agents pathogènes des céréales, principalement le riz. Il permet de regrouper au sein d'un observatoire l'ensemble des compétences en phytopathologie. Il contribuera à structurer à dynamiser au niveau régional, la recherche et la formation dans le domaine de la phytopathologie, domaine qui est actuellement délaissé alors que des perspectives d'intensification de l'agriculture sont envisagées. Enfin, il permettra d'allier les forces et les disciplines pour lutter efficacement contre les risques d'insécurité alimentaire causés par les agents pathogènes.

III. DESCRIPTIF DU PROJET

A. Problématique générale

Dans le contexte des changements climatiques et de la croissance démographique, l'Afrique subsaharienne doit optimiser son agriculture afin de répondre aux besoins alimentaires et socio-économiques de ses populations. Les agents phytopathogènes représentent une des contraintes majeures à cette sécurité alimentaire. Les pertes annuelles globales sont estimées à 12 % en moyenne, mais peuvent localement atteindre 100%. Ainsi, les virus, les bactéries, les champignons et les nématodes sont les parasites majeurs des cultures vivrières.

La culture du riz en Afrique de l'Ouest est très représentative de la situation critique des ressources liée à la menace d'épidémies sur les cultures vivrières. La demande pour cette céréale s'accroît rapidement, dans les zones urbaines notamment, nécessitant le recours – croissant, coûteux et aléatoire - à l'importation de riz en provenance d'Asie. Pour faire face à cette augmentation de la consommation de riz, les surfaces cultivées s'accroissent très rapidement. Les pratiques culturales changent avec notamment l'introduction de variétés de riz asiatiques à hauts rendements (variétés hybrides). Cette extension de la riziculture se fait au détriment d'une polyculture villageoise raisonnée et de proximité. Par ailleurs, elle peut entraîner une perte d'équilibre entre la plante et des agents pathogènes endémiques (notamment l'apparition de nouvelles souches plus virulentes) qui peuvent générer des pertes de rendements importantes. Cette menace sur l'équilibre de la production rizicole peut poser des problèmes de sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, pouvant s'amplifier dans le contexte global de réchauffement climatique qui a une incidence directe sur le rendement et l'apparition de nouvelles souches de parasites.

Depuis une dizaine d'années, les maladies virales, fongiques, bactériennes, ou causées par des nématodes sont en recrudescence ou émergentes, apparues à l'échelle continentale pour la plupart. **Elles constituent de graves menaces pour la productivité agricole et la sécurité alimentaire,**

notamment en Afrique sub-saharienne. L'étude de ces agents phytopathogènes et de leur diversité est nécessaire pour comprendre et contrôler ces maladies de façon efficace afin de réduire leur impact sur la production. **Une bonne connaissance de leur diversité en relation avec l'écologie des plantes cultivées peut permettre de déterminer la durabilité des gènes/allèles de résistance selon les régions et les souches ou races de pathogènes.**

Paradoxalement, alors que les agents pathogènes constituent une menace certaine, le nombre de phytopathologistes a diminué, et les laboratoires sous-équipés sont aujourd'hui dans l'impossibilité de développer des recherches dans ce domaine. Cependant, le laboratoire de virologie et de biotechnologie végétale (LVBV) de l'INERA dirigé par le Dr O. Traoré, basé à 15 km de Ouagadougou, fait figure de contre-exemple. En effet, **la création de ce laboratoire en 1985 par le Pr G Konaté avait pour objectif de contribuer à la gestion des contraintes biotiques de plantes cultivées.** A côté d'autres instituts comme l'IITA (Institut international d'Agriculture Tropicale) ou le CIRAD, l'IRD a, dans les tous premiers moments, fourni au LVBV un important stock d'anticorps dirigés contre les virus de plantes tropicales. Cela a permis le démarrage de programmes d'étiologie et d'épidémiologie virale à l'INERA avant l'acquisition sur place des capacités de production. Ces programmes ont permis l'identification de plus de 32 virus et de leurs variants chez les plantes cultivées au Burkina Faso et dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire, Bénin, Togo, Mali, Niger) et d'Afrique centrale (Cameroun, Tchad). **L'INERA et l'IRD, de concert ou indépendamment, ont ainsi joué un rôle majeur dans l'étude des principales maladies virales des plantes d'Afrique de l'Ouest.** Les connaissances acquises ont été vulgarisées auprès des améliorateurs et des développeurs afin de limiter les pertes de récolte via l'utilisation de variétés résistantes et la mise en œuvre de mesures prophylactiques. Aussi depuis sa création le LVBV, grâce à l'aide du DSF de l'IRD, a formé et recruté des chercheurs et techniciens en phytopathologie : le Dr Oumar Traoré aujourd'hui co-directeur du laboratoire, le Dr Drissa Sérémé CR2-INERA, Moumouni Konaté technicien INERA formé aux techniques de la transgénèse et à la biosécurité.

Cependant si la situation des ressources humaines et infrastructure des laboratoires en phyto-virologie est plutôt favorable à l'INERA Kamboinsé, elle l'est beaucoup moins dans le domaine de la bactériologie et la nématologie à l'INERA de Bobo-Dioulasso.

Ce projet de LMI s'appuie donc sur un partenariat ancien entre l'IRD et le LVBV. Outre les actions de collaborations ponctuelles, ce partenariat s'est d'abord renforcé entre 1989 et 1995 à travers deux conventions de recherche : (i) un projet LVBV-IRD et financé par la CEE (UE) ayant permis de réaliser les premiers travaux d'étiologie de maladies virales de plantes maraîchères ; (ii) un financement de la CEE (UE) en collaboration avec l'IRD (accueil d'un doctorant de l'IRD) pour conduire des recherches sur la mosaïque de l'igname.

A partir des années 2000, le partenariat s'est renforcé avec les travaux sur le virus de la panachure jaune du riz, puis plus récemment sur la bactériose du riz (*Xanthomonas oryza*) grâce à plusieurs financements accordés par le DSF (3 BSTD, 2 BEST), la FIS et d'autres actions incitatives de l'IRD.

Les expertises des deux institutions (INERA et IRD) dans le domaine de la phytopathologie concernent à l'INERA 1) l'équipe de virologie de Kamboinsé dirigée par Dr O. Traoré, et 2) à Bobo-Dioulasso, les équipes de bactériologie et de nématologie dirigées respectivement par Dr L. Ouedraogo et le Pr Irénée Somda (Université Polytechnique). A l'IRD, trois équipes sont impliquées dont deux appartenant à l'UMR RPB: 1) l'équipe « Effecteurs - Cibles » dirigée par C. Brugidou. Cette équipe regroupe les activités de virologie (C. Brugidou), de bactériologie (V. Verdier, R. Koebnik) et de nématologie (D. Fernandez), 2) l'équipe « Maladies Emergentes » dirigée par D. Fargette. Enfin une équipe de l'UMR DIADE « Génomique du riz » dirigée par A. Ghesquière complète le dispositif pour les aspects caractérisation de gènes de résistance et analyse de la biodiversité du riz. Enfin l'équipe « Dynadiv » dirigé par Y Vigouroux intervient ponctuellement pour la formation et le renforcement des capacités au Sud. Ce projet s'appuie aussi sur le Programme Pilote Régional SREC: Sociétés Rurales, Environnement, Climat en Afrique de l'Ouest. Les activités du projet LMI concernent l'Axe 1 « *identification et construction d'indicateurs des changements* » et l'Axe 4: *Construction de la résilience* » Enfin, dans le cadre du PPR SREC nous participerons à la formation et au renforcement des capacités notamment au-travers de l'enseignement au Burkina Faso (Université de Bobo-Dioulasso), et dans le cadre du Master International de Biotechnologies

Tropicales (MIBIOT), porté par les universités de Dakar, Abidjan, Bamako, Cotonou, Niamey, Nouakchott et Ouagadougou.

B. Objectifs scientifiques

Le projet de LMI est basé sur une demande forte de l'INERA, Burkina Faso et des partenaires universitaires et organismes de recherche nationaux de la sous région (Université de Lomé au Togo, CNRA et Universités Cocody et Abobo-Adjamé en Côte d'Ivoire, l'Université de Bamako (FAST) Mali, l'IER Mali, Africa Rice Center Bénin Sénégal et Tanzanie, le CSIR-CRI au Ghana et ITRAD au Tchad, figure 1). Il est aussi associé aux enseignements de l'Université de Bobo-Dioulasso (Ecole doctorale de Phytopathologie dirigée par Irénée Somda).

Le projet de LMI est principalement orienté sur la riziculture mais il a vocation à s'étendre à l'ensemble des cultures vivrières. Il est structuré autour de thématiques portant sur **la biodiversité des agents pathogènes majeurs affectant la riziculture et la surveillance des populations de parasites (biosécurité)**. Ce dernier aspect sera renforcé par la mise en place du laboratoire régional de biosécurité, financé par l'UEMOA et la banque mondiale, dont la mission est de développer la formation et les outils d'analyse pour la biosurveillance des OGM. Ce laboratoire sera construit sur le site du LVBV à INERA Kamboinsé et inclus 100 m² de serre NS3 utilisables pour l'étude des biotechnologies appliquées aux agents pathogènes. Cette initiative (LMI) permettra de coordonner la recherche en phytopathologie au Burkina et dans la sous région et d'apporter une nouvelle dynamique pour la formation et le recrutement de jeunes chercheurs de la sous région.

L'objectif du projet de LMI est donc de développer l'expertise et les outils nécessaires aux domaines de la virologie, bactériologie, nématologie et biotechnologie et de renforcer la formation du personnel dans les domaines suivants: - phytopathologie, de l'épidémiologie moléculaire, de la résistance et des contournements, et de la bioinformatique ; -plus spécifiquement: caractérisation et étude de la diversité des pathogènes ; -biosurveillance des agents pathogènes.

Allié à ces objectifs de recherche, le LMI en association avec les Universités, contribuera au développement de formations diplômantes. Aussi, avec son réseau régional de partenaires, il sera aussi plus à même de répondre à des appels d'offres internationaux. Le LMI, sera basé à Kamboinsé dans le LVBV, et inclura le laboratoire de phytopathologie de l'INERA de Bobo-Dioulasso.

C. Projet spécifique

Le projet de LMI concerne l'identification, la biodiversité, la biovigilance, l'émergence et l'interaction plante-pathogènes et plante - multi-pathogènes dans le contexte du changement climatique et de la gestion durable des sols de 3 groupes d'agents pathogènes du riz étudiés dans l'UMR RPB (virus, bactérie et nématodes). L'étude des champignons, notamment *Magnaporthe oryzae* qui infecte le riz, sera abordée en collaboration avec le CIRAD (UMR BGPI, D. Tharreau) et l'Africa Rice au Bénin (Drissa Silue : phytopathologiste). D'un point de vue logistique toutes les prospections seront préparées de sorte que les observations, les prélèvements et les collectes pour les pathogènes puissent se faire au cours de la même prospection. Six sites ont été identifiés pour abriter les parcelles de référence pour le Burkina Faso. Le choix des sites a été fait en prenant en compte les zones agroclimatiques, les principaux types de riziculture (irrigué, basfond) et autant que possible, la disponibilité de dispositifs de collecte de données climatiques. Ainsi, en zone nord-guinéenne (>900 mm de pluies/an) les sites de la Vallée du Kou et de Dano ont été retenus respectivement pour la riziculture irrigué et la riziculture de bas-fond. En zone soudanienne (600-900 mm de pluies/an), les sites de Bagré (riz irrigué) et de Mogtédo (bas-fonds) ont été identifiés. Pour la zone sahélienne (<600 mm) les sites retenus sont du Sourou (irrigué) et de Kaya (bas-fonds).

C-1. Cas des virus

Cet axe de recherche concerne l'analyse de la diversité des virus phytopathogènes qui menacent la sécurité alimentaire en Afrique avec les virus des céréales (riz, maïs, sorgho, mil) ou de plantes maraichères et à tubercules. Les efforts porteront tout d'abord sur un virus « modèle » bien maîtrisé par les différents laboratoires, le RYMV (sobémovirus) et deux autres sobémovirus émergeant sur le maïs (*Imperata yellow mottle virus*, IYMV et *Rottbelia yellow mottle virus*, RoYMV). Par la suite,

lorsque les activités du laboratoire seront en « vitesse de croisière », nous associerons d'autres virus dont les impacts agronomiques ou économiques sont importants.

L'étude de la diversité des phytovirus en Afrique de l'Ouest est l'un des deux objectifs que s'est fixé le projet de LMI. Elle aboutira à un constat réaliste du rôle que jouent les virus dans les pertes de récolte en Afrique. Elle contribuera à une meilleure connaissance de la diversité virale. Elle permettra d'attirer une attention plus accrue chez les décideurs et guidera les mesures à prendre pour le contrôle de ces maladies. Elle renforcera la collaboration entre l'INERA et l'IRD dans ce domaine tout en participant au rayonnement scientifique du laboratoire de phytovirologie et de biotechnologie végétale de l'INERA.

Le projet d'étude de la biodiversité des phytovirus en Afrique de l'Ouest s'est fixé les priorités suivantes : (i) prendre la panachure jaune du riz comme modèle de référence agronomique et biologique; (ii) approfondir la démarche d'analyse et de modélisation de la biodiversité du RYMV, puis de validation expérimentale des hypothèses qui en découlent, approche qui s'est avérée féconde tant au plan académique qu'en terme de valorisation agronomique ; (iii) appliquer la même méthodologie aux autres maladies virales importantes d'Afrique, sans négliger cependant d'autres viroses potentiellement émergentes; (iv) enfin, contribuer au maintien et au développement d'une collection de référence d'isolats de virus de plantes tropicales.

C-1.1. Inventaire et veille sanitaire

Le dernier inventaire d'envergure des maladies virales au Burkina Faso a eu lieu en 1997. En raison des limitations à la fois en ressources techniques, matérielles et humaines, cet inventaire et très incomplet, beaucoup de préoccupations émanant des producteurs n'ont pas pu être prises en compte. Par ailleurs, un certain nombre de maladies sont apparues par la suite sur les principales céréales et autres cultures d'importance et doivent être décrites; la mise en place d'une veille sanitaire devra être également instaurée.

Les prospections consisteront à identifier les maladies dans les champs, à relever des données de terrain (écosystèmes, pratiques culturales, variétés cultivées, climatologies, description de l'état phytosanitaire de la culture). Les données (de terrain, climatiques, moléculaires) seront stockées dans la base de données « *DB virus phytopathogènes d'Afrique* ». Cette base constituera la référence sur la biodiversité des virus phytopathogènes d'Afrique. Elle permettra d'analyser les dérives des populations virales dues au changement climatique, introduction de nouvelles variétés, changement de pratiques culturales, intensification des productions et d'identifier des marqueurs (primers PCR) pour suivre la dynamique des populations virales.

Avec les associations de producteurs, une estimation des pertes de récolte sera réalisée (prélèvement-m², décorticage, nombre et pesée des grains, analyse statistique). Les échantillons seront centralisés au laboratoire pour les tests de détection sérologique et moléculaire par PCR pour identification des virus, et le séquençage des génomes viraux. Le séquençage pourrait se faire au Burkina Faso avec les séquenceurs du centre Muraz ou du CIRDES (Bobo-Dioulasso).

L'utilisation des outils pour l'analyse des séquences ainsi que l'utilisation de la base de données seront enseignées sous forme d'un atelier pratique dispensé chaque année, ouvert aux étudiants, aux chercheurs, aux enseignants du Burkina Faso et de la sous région (Voir enseignement plus spécifique à l'Université de Bobo-Dioulasso).

C-1.2 La panachure jaune du riz

La panachure jaune du riz, maladie signalée pour la première fois en 1966 au Kenya, est maintenant présente dans la quasi-totalité des pays rizicoles d'Afrique. Le RYMV constitue l'une des principales contraintes biotique du riz en Afrique. La collaboration entre l'INERA et l'IRD sur la diversité du virus de la panachure jaune du riz (*Rice yellow mottle virus* ou RYMV) en Afrique illustre la portée des études de la diversité virale au niveau intra-spécifique. Ces études reposent sur un matériel biologique (collection virale, lignées de riz résistantes) et des outils moléculaires pour les tester (PCR quantitative, mutagenèse dirigée, tests double-hybride) constitués au fil des ans. Cette collaboration a montré (i) que le RYMV était hautement variable, (ii) que la diversité était structurée spatialement, (iii) que le virus s'était propagé d'est en ouest du continent au cours des dernières décennies. L'analyse des pressions de sélection exercées sur le génome a révélé des sites sous sélection diversificatrice. Cette hypothèse a été validée expérimentalement pour un codon clé d'une

protéine virale appelée VPg. Les mutations de ce codon correspondent à des adaptations anciennes aux riz africains *Oryza glaberrima* et asiatique *O. sativa*. Ces adaptations à l'une ou l'autre des espèces de riz déterminent l'aptitude présente des souches à contourner les résistances variétales. Des conseils sur les résistantes à propager selon les régions et les souches virales qui y prévalent en ont été déduits, et les recommandations mises en application. Les études sur la biodiversité du RYMV et la compréhension des interactions hôte-virus seront poursuivies à travers deux volets décrits ci-dessous.

(i) *Etude de la biodiversité du RYMV:*

Il s'agira :- d'élargir la prospection d'isolats de RYMV aux pays non encore étudiés en Afrique Centrale (Congo, République Centre-Africaine); nouer des liens avec d'autres équipes pour étudier le RYMV en Afrique de l'Est et en Afrique Australe (Malawi, Mozambique, Zambie...); - de modéliser le développement spatio-temporel des épidémies de RYMV en appliquant les tout derniers modèles d'analyse de séquences, spatiaux notamment. Déterminer ainsi les voies et la vitesse de propagation du virus au travers l'Afrique et en explorer les modalités; - de détecter les principaux sites sous sélection diversificatrice sur la base de l'échantillonnage ainsi élargi; - de rechercher si des phénomènes de recombinaison ont eu lieu en Afrique de l'Ouest, comme cela vient d'être établi en Afrique de l'Est; - de caractériser les principaux goulots d'étranglement survenus dans l'évolution du RYMV; - de rechercher des pathotypes particuliers (de gamme d'hôte spécifique, comme la souche capable d'infecter *Dactyloctenium aegyptium*).

(ii) *Validation expérimentale des hypothèses issues des analyses de séquences*

Des hypothèses relatives aux événements clés de l'histoire et la pathogénie du RYMV issues de l'analyse des séquences et de la modélisation seront testées expérimentalement. Les bases moléculaires de la virulence et son évolution seront approfondies pour: - établir la virulence des souches de RYMV vis-à-vis de séries alléliques et de combinaisons d'allèles de résistance; de déterminer les sites impliqués dans la virulence et élucider leurs interactions avec les gènes de résistance; de comprendre l'évolution de la virulence face aux résistances (pré-adaptation, adaptation, co-évolution...); d'étudier le lien entre les déterminants moléculaires du contournement des résistances et de la gamme d'hôte du virus; de formuler des recommandations sur les gènes et allèles à propager selon les régions et les propriétés pathogéniques des souches présentes, afin d'aboutir à un contrôle durable du RYMV.

Cette démarche qui consiste à tester des hypothèses issues de l'analyse de la biodiversité sera étendue aux aspects suivants: - définir le rôle des sites sous sélection diversificatrice de la P1, en relation avec les levées de silencing (travaux en cours);- de déterminer le rôle des recombinants par des expériences de compétition entre isolats recombinants et entre virus chimériques; de définir le rôle des goulots d'étranglement dans l'histoire du RYMV et tester par des expériences de compétition si les souches qui sont fixées le sont en raison d'un avantage sélectif; de tester le rôle de la phosphorylation dans l'évolution du RYMV; de reconstituer l'évolution de la structure 3D de la protéine de capsid du RYMV.

C-1.3. Autres maladies virales d'Afrique de l'Ouest

Des efforts similaires à ceux réalisés sur le RYMV ont été accomplis en Afrique Australe et en Afrique de l'Est sur des maladies aussi graves que l'enroulement de la tomate, la mosaïque du manioc ou le maïze streak virus. Le développement spatio-temporel des épidémies est en cours de modélisation sur la base de l'analyse des séquences. Des hypothèses sur la pathogénie dérivées de l'analyse de séquences sont en cours de test. En revanche, pas ou peu d'études de la diversité moléculaire ont été conduites sur ces maladies en Afrique de l'Ouest. Or le laboratoire LVBV de l'INERA est en mesure de combler cette lacune. En effet, il dispose (a) d'une large collection d'isolats prélevés dans les régions Afrique de l'Ouest et du Centre, sur des hôtes et à des dates différentes, (b) d'une solide connaissance de la diversité sérologique de ces virus, (c) de connaissances originales sur la diversité de la pathogénie, (d) de compétences reconnues en virologie moléculaire.

Dans le cadre du LMI, nous proposons de mener l'étude de la biodiversité des principales maladies virales en Afrique de l'Ouest selon les directions suivantes : -de caractériser par séquençage la collection d'isolats viraux de l'INERA; -d'élargir les prospections aux autres pays d'Afrique de l'Ouest, soit par des missions, soit en identifiant des chercheurs partenaires dans ces pays et, si

nécessaire, en leur proposant un complément de formation en virologie moléculaire ; -de caractériser les propriétés moléculaires de ces isolats; de modéliser l'évolution et l'épidémiologie de ces maladies en Afrique de l'Ouest par analyse des séquences; -de tester expérimentalement certaines hypothèses sur la pathogénie dérivant de la modélisation; -d'établir des collaborations avec les équipes menant des travaux similaires en Afrique de l'Est et en Afrique Australe afin de donner aux travaux une dimension continentale (comme cela se fait avec le RYMV).

C-2. Bactérioses du riz causées par *Xanthomonas oryzae*.

L'équipe du LMI travaille aussi sur les bactérioses du riz (vasculaire et foliaire) causées par *X. oryzae* problèmes phytosanitaires important pour la riziculture. L'incidence des bactérioses a augmenté avec l'intensification des systèmes de production. La situation pourrait encore se détériorer avec les changements climatiques annoncés. Les bactérioses foliaires causées par *X. oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) et *X. oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) limitent sévèrement les rendements dans l'essentiel des bassins de production rizicole de la sous-région. L'amélioration génétique variétale pour l'accroissement de la résistance est le seul moyen de lutte durable contre ces bactérioses. Les pertes liées au flétrissement foliaire provoqué par *Xoo* atteignent typiquement 20-30% des rendements mais peuvent atteindre 50% dans certaines régions. Le constat est le même pour *Xoc* qui progresse constamment notamment au Burkina.

Une trentaine de gènes majeurs de résistance sont fonctionnels contre différentes races de *Xoo*. Le risque de contournement de cette résistance est cependant élevé, d'où l'importance de mieux connaître et de caractériser la fréquence et la répartition des races du pathogène. Aucun gène de résistance spécifique aux souches *Xoo* africaines n'a encore été identifié. La résistance contre la strie foliaire (BLS) est largement méconnue. Seul un gène de résistance du maïs a été cloné (*Rxo1*) et transformé chez le riz. Ce gène interagit spécifiquement avec le gène *avrRxo1* lorsqu'il est présent dans les souches de *Xoc*. Nous avons montré que le transgène *Rxo1* chez le riz ne fonctionne pas pour les souches africaines de *Xoc*. Il est donc important d'identifier rapidement une source de résistance durable. Pour cela il faut caractériser les souches de *Xoc*. Des sources potentielles de résistance au BLS ont été identifiées qu'il faudra vis-à-vis des souches *Xoc* isolées au Burkina.

Activités proposées

-Inventaire et caractérisation des bactérioses sur le riz à partir d'une campagne pluriannuelle de collecte. - Etude de l'évolution des populations de *X. oryzae* en fonction des agrosystèmes et zones écologiques. -Développement et transfert de méthodes de typage moléculaire. -Formation et accueil de chercheurs et étudiants. Formation des producteurs à l'identification des maladies et des moyens de lutte.

Les activités proposées sont soutenues par des projets déjà financés par l'ANR, DGA, FIS, INERA. Le personnel de l'INERA est en formation à l'IRD. Un projet Trilatéral AIRD, BMBF, INERA « Promoting Stable Rice Supply in sub-Saharan Africa » est planifié (financement attendu). Il correspond aux activités de recherche et d'enseignement proposés dans le cadre de cette LMI.

C-2.1 Collecte et conservation *in situ* de souches de *X. oryzae*

Le manque d'information sur la répartition et la fréquence des races et des haplotypes de *Xoo* et *Xoc* au Burkina à l'échelle des différentes régions rizicoles du Burkina et des pays avoisinants freinent la mise en place d'un programme de sélection variétale. Cette information est aussi un préalable indispensable à la sélection des souches dites «référence» qui seront utilisées pour conduire les tests de résistance variétale tant sur le BLB que sur le BLS. Nous proposons de réaliser la caractérisation pathotypique et moléculaire d'une collection d'isolats originaires des principales zones de culture rizicoles du Burkina et des pays de la sous-région pendant 4 ans et de les comparer aux souches caractérisées en 2003. Nous transférerons également une technique de diagnostic des maladies sur le terrain.

Le projet se déroule entre le Burkina (Bobo-Dioulasso, Ouagadougou) et la France. Il sera élargi à la sous-région. Le travail de terrain se déroulera chaque année de septembre à février, et sera suivi d'un travail de caractérisation moléculaire nécessitant les infrastructures qu'offrent l'IRD de Montpellier. Au Burkina, l'IRD et l'INERA assureront la logistique nécessaire au travail de terrain. Le projet doit prévoir la location d'un véhicule pour le terrain. Le projet bénéficie de l'appui d'un doctorant soutenu

par le DSF et IFS (2010-2013) et de MLDs qui sont programmées pour les chercheurs IRD. Une fois récoltées, les souches seront purifiées et stockées à -80°C à l'INERA de Bobo-Dioulasso ainsi que sur le site de l'INERA Kamboisé. Ce travail est également prévu dans les autres pays de la sous-région en collaboration avec nos partenaires (Projet Trilateral, http://www.biopred.net/TriLat_2.html).

C-2.2 Typage des *X. oryzae*

La détection, la traçabilité et l'épidémiologie-surveillance des *X. oryzae* constituent un enjeu majeur en terme de protection intégrée de la riziculture mais également de biosécurité. La surveillance dans les conditions d'émergence que nous observons aujourd'hui exige des outils de typage moléculaire robustes. Il est important que les acteurs des filières rizicoles soient capables d'intervenir sur le terrain et identifier les agents pathogènes rapidement. Les importations croissantes de riz augmentant le risque d'introduction accidentelle de nouvelles souches, des méthodes de typage capables de différencier les souches au niveau géographique sont indispensables sur le terrain. La traçabilité des souches doit également permettre de résoudre des questions de quarantaine notamment sur les lots de semences provenant de l'extérieur.

Les génomes de plusieurs souches Africaines de *X. oryzae* séquencées grâce au soutien d'action incitative IRD, Genoscope, projets en collaboration avec Colorado State University et Kansas State University, sont utilisés pour identifier les marqueurs correspondant à des répétitions en tandem. Ces marqueurs consistent en des répétitions de petites séquences de quelques nucléotides dont le nombre peut varier entre les souches d'une même espèce. Elles sont appelées Variable Number of Tandem Repeats (VNTRs) et peuvent être utilisées pour l'analyse MLVA (Multi Locus VNTR Analysis). La MLVA est en cours de développement dans notre équipe à Montpellier. Les analyses prédisent des loci VNTR qui ont été évalués dans notre équipe. Ils sont polymorphes entre souches appartenant à des groupes génétiques distincts (Asie/Afrique). Nous proposons d'évaluer ces VNTR sur une plus large collection de souches de *X. oryzae* du Burkina. Nos résultats permettront de tester un kit de diagnostic sur le terrain utile pour l'identification des souches. Le but final réside dans le développement de petits équipements portatifs permettant d'effectuer les analyses sur le terrain au Sud. Une plateforme de génotypage VNTR sera mise en place dans le laboratoire de l'INERA Bobo-Dioulasso. Nos résultats seront conservés dans une base de données et accessibles via une interface internet entre l'IRD et les partenaires du LMI.

Les résultats attendus sont i) la caractérisation moléculaire et pathotypique des souches de *X. oryzae* au Burkina et dans la sous-région, ii) la structure des populations en fonction des zones de production rizicole, iii) la formation et le transfert des connaissances Nord-Sud et Sud-Sud, iv) l'identification des gènes de virulence majeur au sein des souches et l'identification des gènes de résistance. Le projet LMI est en phase avec le projet Trilatéral que nous développerons et qui associe plusieurs pays de la sous-région. Des thèses de doctorat (Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso et UM II) seront soutenues. Des publications et communications associant les différents partenaires impliqués seront publiées.

C-3. cas des Nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*)

Les nématodes sont des vers microscopiques phytoparasites qui exercent une contrainte considérable sur l'agriculture des pays du Nord comme du Sud. En Afrique de l'Ouest, des travaux menés par des chercheurs de l'ORSTOM (IRD) dans les années 70 ont permis de répertorier l'ensemble des espèces de nématodes parasites du riz. Ces travaux font notamment mention des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* qui sont responsables d'une limitation substantielle de la productivité agricole du riz, mais également de nombreuses cultures maraichères. A l'heure actuelle, seules des espèces de riz apparentées non commerciales ont été identifiées qui résistent à l'infection par *M. graminicola*. Récemment à l'IRD, il a été montré que l'espèce *O. glaberrima* était également résistante à *M. incognita* (Bellafiore, non publié). Le clonage du gène de résistance correspondant est en cours à l'IRD (projet GRISP Menergep, coll. A. Ghesquière & M. Lorieux).

Les nématodes à galles sont des parasites racinaires qui établissent un site nourricier à proximité des tissus vasculaires et induisent la formation de galles dans le système racinaire, conduisant à un affaiblissement généralisé de la plante. Les modifications moléculaires et structurales des tissus végétaux racinaires témoignent d'une stratégie d'infection particulièrement performante, et, en

particulier, de l'activité de facteurs de compatibilité produits par les glandes salivaires du nématode et sécrétés *via* leur stylet dans les cellules hôtes. Parmi les protéines sécrétées, on retrouve des enzymes impliquées dans la modification de la paroi cellulosique de la cellule végétale, mais aussi potentiellement des protéines (ou effecteurs) qui permettraient au nématode de contourner les mécanismes de défense de la plante et de détourner le métabolisme de la cellule végétale à son profit

L'équipe « Effecteurs et cibles » de l'UMR RPB a développé un modèle d'étude des interactions plante-nématode basé sur le couple riz - *M. incognita* qui bénéficie d'outils génétiques, génomiques et moléculaires incomparables pour la compréhension des mécanismes de résistance de la plante hôte, mais également des mécanismes de virulence du nématode et de son action sur la plante. Les étapes clés du processus infectieux de *M. incognita* dans les racines de riz ainsi que les réponses moléculaires de la plante ont été caractérisées à l'IRD afin d'établir la cinétique d'infection du nématode (en situation compatible et incompatible) et de déterminer la progression spatio-temporelle d'expression de la sensibilité *versus* de la résistance.

Les recherches de l'équipe sont focalisées sur la caractérisation des protéines du nématode secrétées dans les cellules végétales afin d'identifier les effecteurs responsables de la virulence/avirulence chez le riz. En parallèle, les molécules cibles associées à la résistance à *M. incognita* chez le riz sont recherchées. Une quinzaine de protéines candidates de *M. incognita* sont actuellement à l'étude. Les données obtenues sur la capacité de *M. incognita* à conserver ou non une compatibilité avec la plante hôte permettront de sélectionner des gènes impliqués dans la virulence du nématode.

En complément de ces travaux, l'étude de la diversité des populations de nématodes s'avère essentielle pour la compréhension des interactions plante/nématode et la maîtrise de leur évolution. Dans le cadre d'une collaboration tripartite IRD Montpellier-Université de Parakou au Bénin-Embrapa Cenargen au Brésil (Projet Capes-Agropolis 2011-2013), la diversité des nématodes issus de différentes populations de *M. incognita* au Bénin sera prise en compte. Des prospections menées cette année dans les régions rizicoles du Bénin permettront de réaliser un échantillonnage des espèces présentes et de sélectionner les *M. incognita* infectant le riz. La diversité des isolats sera appréhendée par le séquençage des gènes candidats et l'évaluation de la variabilité naturelle des séquences protéiques candidates. Les données obtenues permettront, d'une part d'identifier des séquences éventuellement soumises à une sélection évolutive forte et potentiellement importantes pour les interactions hôte-parasite et, d'autre part, de sélectionner un nombre réduit d'isolats (« core collection ») représentatifs de la diversité naturelle et qui seront utilisés pour tester la résistance des lignées de riz transgéniques qui seront générées.

Dans le cadre de ce LMI, il est envisagé d'étendre la prospection et l'évaluation de la diversité des nématodes associés au riz à la sous-région rizicole du Burkina Faso.

Activités proposées et résultats attendus:-prospection et échantillonnage dans les régions identifiées de références: évaluation de l'incidence des attaques de nématodes sur le riz; isolement des nématodes et caractérisation morphologiques des genres présents: inventaire et répartition géographique des nématodes parasites du riz; caractérisation moléculaire des espèces de *Meloidogyne* (amplification et séquençage de l'ADN codant les ARN ribosomiques): identification des espèces et évaluation de la diversité des *Meloidogyne* attaquant le riz; séquençage des gènes candidats de *M. incognita* infectant le riz: évaluation de la variabilité des protéines candidates; identification de régions soumises à sélection ; sélection d'isolats représentatifs (« core collection »).

En termes de formation, ce projet permettra de développer des activités de nématologie dans cette région où aucun laboratoire n'est présent pour identifier et caractériser les populations de phytonématodes. Du personnel technique pourra ainsi être formé à l'identification des nématodes du riz pour participer à une veille sanitaire dans cette région d'Afrique de l'Ouest. Les chercheurs de l'équipe IRD participeront également à l'encadrement de nouveaux étudiants en Master et en Doctorat ou de personnels de l'INERA au Burkina Faso. Par ailleurs, ce projet favorisera l'émergence d'un enseignement tourné vers l'étude des interactions plante-nématodes, qui est, à l'heure actuelle peu développé en Afrique de l'Ouest.

L'interlocuteur en nématologie au Burkina pourrait être Monsieur KONATE Yanougo Abel, qui est Ingénieur de recherche (Master 2/Recherche), Mention biologie des organismes et de

population, Spécialité: Gène-Selection-Adaptation qui travaille en nématologie au laboratoire de nématologie de l'INERA/Farakoba depuis 1993.

C-4. Identification de gènes de résistance aux agents pathogènes du riz

L'identification de gènes de résistance à partir des ressources génétiques du riz associée à l'étude des mécanismes d'interaction avec les agents pathogènes est une manière éprouvée de développer une résistance variétale performante dans des conditions environnementales bien déterminées. Le développement de marqueurs directement déduits de la séquence des gènes recherchés permet de les utiliser pour construire des génotypes résistants et tester l'efficacité de ces gènes avec des partenaires nationaux. Cette démarche a été mise en œuvre pour la résistance, à la panachure jaune du riz où un premier gène de résistance majeur (*RYMVI*) a été identifié et transféré dans de nombreuses variétés d'intérêt avec l'appui de l'AfricaRice aux systèmes nationaux d'Afrique de l'Ouest. Les recherches s'orientent vers les espèces africaines de riz sauvage et cultivé qui manifestent une plus grande diversité apparente de phénotype de résistance élevée. Ainsi un second gène de résistance élevée (*RYMV2*) a été identifié chez l'espèce cultivée *O. glaberrima* dont la validation est attendue prochainement. L'association des 2 gènes de résistance a été également testée (chez *O. glaberrima*) expérimentalement en laboratoire et à l'INERA. Il montre un taux de contournement bien plus faible et qui permet de s'affranchir de la répartition géographique des pathotypes du virus contournant le gène *RYMVI*.

L'intérêt des espèces africaines dans ce domaine va au delà du RYMV puisque d'autres sources de résistance à d'autres agents pathogènes ou bioagresseurs du riz sont identifiés et peuvent bénéficier de la même stratégie d'identification en capitalisant sur les méthodes et sur le matériel (résistance aux nématodes du genre *Meloidogyne*, résistance à la bactériose du riz provoqué par *Xoo* et *Xoc*). Ainsi, une prise en compte globale des agents pathogènes peut se réaliser en construisant progressivement des génotypes multi-résistants et rejoindre les efforts sur les stress abiotiques ou d'autres caractères importants étudiés dans le contexte international de la recherche en collaboration sur le riz (CRP-GRiSP).

Activités en cours

Les activités rejoignent bon nombre d'objectifs déjà affichés dans un projet de recherche associant l'IRD, le Cirad, l'Africarice à Cotonou et ses pays membres, dont le Burkina Faso. En ce qui concerne le RYMV, il s'agit d'augmenter le nb de gènes de résistance qui pourraient être utilisés pour le développement de résistance variétale plus complète (la validation du gène *RYMV2*, diversité chez *O. glaberrima* et *O. barthii*, mise au point de marqueurs simples, transfert des nouveaux gènes chez *O. sativa* etc.). Nous contribuerons aussi au fur et à mesure que les recherches se développent dans les autres volets (nématologie, bactériose du riz) de manière à associer d'autres gènes de résistance utiles pour des environnements donnés. La variété IR64 représente dans ce contexte une mégavariété à adaptabilité éprouvée dans le système de riziculture irriguée et qui possède déjà en elle-même des gènes de résistance à *M. oryzae*, et aux différentes races africaines de *Xoo*. Elle constitue un modèle acceptable pour le développement et le test de résistances multiples dans le contexte africain.

Partenariat proposé

Le projet fait déjà l'objet d'un partenariat bien identifié avec l'AfricaRice qui peut assurer la coordination et le relai avec les systèmes nationaux de recherche comme l'INERA et les chercheurs en pathologie ou amélioration du riz de la station de recherche de Bobo-Dioulasso. Il s'agit de développer et de populariser l'usage des marqueurs de résistance identifiés pour les intégrer sur place dans le schéma national d'amélioration variétale du riz en diversifiant le développement des lignées isogéniques (variétés développées par la station de Farakoba – riz de bas fond). L'écologie des riz pluviaux, même si elle est marginale au Burkina-Faso, peut représenter un intérêt pour placer ces gènes dans le fond génétique *japonica* et comparer les résistances obtenues (intérêt spécifique des résistances aux nématodes en relation avec la résistance aux stress-hydriques ou avec de nouveaux écosystèmes de riz limitant la consommation d'eau – aerobic rice).

Les activités de formation et de partenariat s'inscrivent aussi dans le contexte d'une véritable stratégie d'utilisation optimum de gènes de résistance comme par exemple la mise en place de

protocoles d'essais et la définition d'une série de lignées résistantes variées et représentatives permettant d'évaluer en conditions réelles sur le long terme la durabilité effective des résistances et savoir si elle peut être associée en parallèle à l'évaluation des populations de pathogènes environnantes et à la dynamique de leur évolution là où les gènes de résistance sont déployés.

C-5. Impact des interactions multipathogènes et durabilité des résistances

Dans le cadre de nos activités PPR/SREC, le LMI permettra de mieux répondre aux effets complexes inhérents à l'agrosystème. Le LMI a pour objectif d'évaluer l'incidence et de caractériser la diversité des principaux parasites du riz. De façon concomitante, il s'agira d'étudier les effets synergiques ou antagonistes des différents agents pathogènes sur le développement des maladies et la durabilité des résistances. Des tests sur des variétés IR64 (résistante à *Xoo* et à la pyrriculariose) contenant les gènes de résistance *rymv1* et 2 et le gène de résistance aux nématodes du genre *Meloidogyne* seront réalisés. Nous nous attacherons aussi à étudier l'effet de la température (température moyenne et variation journalière) et de la sécheresse sur la durabilité des gènes de résistance et les impacts sur les rendements et la qualité nutritionnelle. Une partie des expérimentations pourront être conduites en conditions contrôlées (Ecotron de Montpellier par exemple) et permettront d'identifier les mécanismes moléculaires sous-jacents.

D. Contributions prévues à la formation aux niveaux master et du doctorat.

Depuis la fin des années 1980s, le LVBV s'est engagé dans la formation tant au niveau technique (encadrement d'élèves ingénieurs du développement rural, techniciens d'agriculture, personnel d'ONG agricoles et producteurs) qu'au niveau supérieur (DEA/Master, doctorat). Il intervient chaque année dans plusieurs universités et grandes écoles du pays (Université de Ouagadougou, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest-Unité universitaire de Bobo-Dioulasso, Groupe 2iE etc.) pour dispenser des modules de formations dans les domaines de sa compétence. Au regard de la demande, le LMI contribuera à renforcer les actions déjà entreprises. En particulier, le LMI envisage, en association avec les Universités : (i) de renforcer les modules déjà dispensés dans les domaines de la virologie/biodiversité des virus, de la phytopathologie, microbiologie et de la biosécurité et des biotechnologies; (ii) d'attirer et de former des étudiants en master et en thèse; (iii) de répondre aux besoins exprimés à ce niveau de formation dans les domaines d'intervention du LMI. Cinq formations complémentaires, seront mises en œuvre dans le cadre de ce projet de LMI. Elles couvriront tant des aspects de renforcement de compétences que des aspects novateurs. **Une association forte sera menée avec le LMI LAPSE (L. Laplaze) pour coordonner des formations concernant la pathologie et la biosécurité soit à Dakar soit à Ouagadougou.**

D-1. Les outils de biologie moléculaire

La maîtrise des outils de base de biologie moléculaire est une nécessité pour aborder la plupart des biotechnologies modernes. Cette formation d'une semaine en biologie moléculaire sous la direction de A. Pinel (RPB) et O. Traoré (INERA) et qui cible étudiants, chercheurs, ingénieurs, techniciens a déjà été réalisée et a connu une forte participation de chercheurs et techniciens de l'INERA et de personnels de l'Université de Ouagadougou. Les éditions ultérieures prévues dans le cadre du projet LMI et en collaboration avec le LMI-LAPSE devront atteindre un plus grand nombre de participants du Burkina Faso et de la sous-région. Avec le support de M. Bangratz (RPB), ces ateliers-formations permettront également de parfaire les acquis techniques et en biosécurité liés aux manipulations de laboratoire en biologie moléculaire.

D-2. Formation en phytopathologie

Il s'agit d'un élément d'enseignement spécifiquement burkinabé pour l'acquisition de connaissances à la détermination au champ des maladies virales, bactériennes, fongiques et nématodes de plantes et au laboratoire pour le diagnostic sérologique et moléculaire des agents pathogènes. Ce module de formation concernera les stages de terrains dans le cadre de l'enseignement académique d'étudiants en agronomie et d'élèves techniciens agricoles. Il intéressera aussi les personnels technique de terrain (enseignants des écoles de formations agricoles, ONG œuvrant dans le domaine de l'agriculture) et dans une certaine mesure les associations de producteurs. Cette formation en

collaboration avec Africa Rice (Pathologiste D. Silue) sera dispensée par O. Traoré (INERA), D. Sérémé (INERA), M. Konaté (INERA), Issa Wonni (INERA/IRD) et autres collaborateurs de l'IRD/RPB dans le cadre des enseignements dispensés dans les Universités de Bobo-Dioulasso et d'autres universités comme l'Université FAST de Bamako ou l'UCAD de Dakar (en coordination avec le LMI-LAPSE).

D-3. Module de bioinformatique

Au Burkina Faso, plusieurs équipes de recherche au Centre national de la recherche scientifique et technologique et des universités se dotent progressivement d'équipements de biologie moléculaire. Il est attendu que de nombreuses séquences biologiques seront générées dans un futur proche. Dans cette perspective, des modules d'enseignement sous forme d'introduction à la bioinformatique sont déjà dispensés ou en cours de développement. Cependant, ils restent incomplets et ne répondent que partiellement aux attentes de la demande.

L'objectif du module « bioinformatique » du LMI est de fournir aux participants les concepts et outils nécessaires à l'analyse des séquences moléculaires. Les logiciels d'analyse de séquences se sont développés récemment, en parallèle à l'accumulation des séquences nucléotidiques. Ils permettent d'extraire des séquences des informations clés sur l'évolution, l'écologie et l'épidémiologie des organismes: phylogénie, datation, démographie, transmission, recombinaisons, pressions évolutives, etc. On observe une demande massive de formation dans ce domaine. Une autre difficulté récurrente concerne également la manipulation et le traitement automatique de fichiers de séquences, difficulté qui peut être comblée par une initiation au langage de programmation Perl adapté à l'analyse biologique.

Ces besoins sont actuellement (partiellement) couverts en Europe et aux Etats-Unis par des modules de bioinformatique appliqués à l'analyse des séquences. Le module de bioinformatique du LMI s'en inspire et s'en distingue par les aspects suivants: (i) il sera gratuit; (ii) il sera destiné aux chercheurs des pays du Sud (qui en sont exclus de fait en raison des droits d'inscription); (iii) il se fera en français (les modules comparables sont en anglais); (iv) il aura pour trame un jeu unique de données généré par l'INERA et l'IRD, un corpus séquences du virus de la panachure jaune du riz (les autres modules s'appuient sur des jeux de données disparates, rendant difficile l'assimilation des concepts).

En plus des aspects d'analyse des données, le module intégrera une initiation au système d'exploitation libre UNIX/Linux et à la programmation, notions indispensables à la bonne conduite de certaines analyses de données. Le module sera piloté par D. Fargette (IRD), O. Traoré (INERA), R. Koebnik (IRD) et A. Dereeper (IRD). Cette formation sera associée avec l'école thématique « introduction à la bioinformatique appliquée à la génomique » co-dirigé par R. Guyot et B. Granouillac (IRD).

D-4. Formation à la recherche par la recherche

Ce dernier point est plus classique puisqu'il concerne la formation à la recherche par la recherche au travers d'accueils Sud-Nord, Nord-Sud et Sud-Sud, le co-encadrement des étudiants en thèse avec pour perspectives leur recrutement par la recherche ou les universités. Le LMI appliquera pour des bourses BESTD, BEST à l'AIRD, et des bourses de stage, doctorat, missions à l'Ambassade de France du Burkina Faso (Pôle Enseignement Recherche).

E. Cohérence du regroupement des équipes

Ce projet de LMI s'appuie sur un partenariat ancien entre l'IRD et le LVBV ayant commencé dès la création du LVBV en 1985. Ce partenariat s'est renforcé entre 1989 et 1995 à travers deux conventions de recherche: (i) un projet LVBV-IRD et financé par la CEE (UE) ayant permis de réaliser les premiers travaux d'étiologie de maladies virales de plantes maraîchères; (ii) un financement de la CEE (UE) en collaboration avec l'IRD (accueil d'un doctorant de l'ORSTOM) pour conduire des recherches sur la mosaïque de l'igname, la thèse ayant été soutenue en 1995.

Le partenariat s'est ensuite poursuivi avec les travaux sur le virus de la panachure jaune du riz pour se consolider au cours du temps avec une formalisation en 2000 grâce à plusieurs financements accordés par le DSF. Divers projets structurants ont ainsi été successivement soutenus: -un projet Aire Développement, (2002-2006) ; un projet Aires-Sud en cours (2008-2011). Plus récemment nous avons

développé un partenariat avec l'INERA Bobo-Dioulasso sur l'étude des bactérioses à *X. oryzae* (2003 puis depuis 2009) soutenu par l'IFS et le DSF. Un projet Trilatéral « Promoting stable rice supply in sub-Saharan Africa by bacterial disarmament » entre l'IRD, groupe *Xanthomonas* (Ralf Koebnik, Effecteurs et cibles) – le laboratoire de Jens Boch (U. Halle, Allemagne) et l'INERA, Burkina Faso et Kamboïse avec Leonard Ouédraogo a été accepté pour financement par l'AIRD et le BMBF mais aucun argent n'a été prévu dans le ménage du côté français et pas de l'argent n'a été transféré jusqu'à aujourd'hui.

Trois bourses de thèses (O. Traoré, DR2, Directeur adjoint du laboratoire, D. Sérémé CR2, Issa Wonni, thèse (recruté par l'INERA), (2001- 2003, 2006-2009, 2010-2014).- Deux bourses BSTD (O. Traoré (2008-2010) et M. Konaté technicien et spécialiste de la culture *in vitro*, et aujourd'hui en OGM et biosécurité). (2008-2009). - Une formation technologique en biologie moléculaire au LVBV (16-27 septembre 2006). Une collaboration entre trois équipes de l'UMR RPB (Effecteurs et Cibles et Maladies émergentes) et l'équipe génomique du riz (UMR DIADE) qui ont toutes l'expertise sur le riz et ses agents pathogènes.

Cet historique traduit une complémentarité exemplaire tant humaine que scientifique. Les résultats acquis sont remarquables tant au plan de leur qualité (une vingtaine de publications conjointes avec des IF élevés pour certaines revues ciblées) qu'au plan de la formation avec la soutenance de 2 thèses (O. Traoré et D. Sérémé) et une thèse en cours (I. Wonni), l'organisation de stages d'accueil cognitifs et techniques ainsi que d'un atelier réalisé « *in situ* » au Burkina Faso. **Un élément important à souligner est le recrutement de ces thésards à des postes de virologue ou phytopathologistes dans les laboratoires de l'INERA.**

F. Avantages au niveau local

Les avantages liés à la mise en place du LMI sont multiples. Son implantation sur deux sites permettra d'avoir une bonne synergie. Le site de Kamboïse (LVBV) sera le site opérationnel du LMI regroupant les activités bioinformatique, virus, et effets des interactions biotiques et abiotiques sur la virulence des agents pathogènes. Le LVBV sera fortement associé aux deux formations doctorales de l'Université de Ouagadougou (Phytopathologie et Biotechnologie). Le site de Bobo-Dioulasso regroupera les activités de bactériologie et de nématologie. Ce site est aussi à proximité des rizières (20 km de Bobo-Dioulasso) et du centre de sélection du riz localisé à Sikasso (Mali), (ii) il permettra de renforcer notre interaction avec l'école doctorale de phytopathologie de l'Université de Bobo-Dioulasso.

Au sein de l'INERA, le LMI permettra de développer et renforcer l'expertise et les outils nécessaires du LVBV et du laboratoire de pathologie dans les domaines (i) de l'analyse de la biodiversité des agents pathogènes, (ii) de la biosurveillance des pathogènes de plantes, et principalement ceux du riz; d'étudier les effets de la température et de la sécheresse sur la virulence des agents pathogènes. Aussi, il permettra de développer des outils de biotechnologie notamment pour la production de protéines recombinantes en valorisant nos études faites sur les pathogènes comme la diversité des virus pour la mise au point amplicon viraux ou des protéines hypersuppresseurs de silencing pour la surexpression de protéines (brevets IRD-INERA, 2011-2012). Cette dernière partie se fera en collaboration avec les collègues du Cirdec localisé à Bobo-Dioulasso. Par ailleurs, le LVBV fait partie des laboratoires centraux de l'INERA ayant pour vocation d'accueillir les personnels de l'institut venant de centres régionaux pour y mener des travaux nécessitant l'expertise et les équipements adéquats. Avec le LMI, le potentiel d'accueil et d'analyse en direction du personnel interne à l'INERA se trouvera accru.

G. Caractère innovant du projet et résultats attendus

L'originalité du projet réside dans la mise en place d'un observatoire dédié aux études des agents pathogènes des céréales, principalement le riz. Il permet de regrouper au sein d'un observatoire l'ensemble des compétences en phytopathologie. Il contribuera à structurer à dynamiser au niveau régional, la recherche et la formation dans le domaine de la phytopathologie, domaine qui est actuellement délaissé alors que des perspectives d'intensification de l'agriculture sont envisagées. Enfin, il permettra d'allier les forces et les disciplines pour lutter efficacement contre les risques d'insécurité alimentaire causés par les pathogènes.

L'ensemble des études permettra d'établir localement une base de données des souches d'agents pathogènes qui seront conservées *in situ* avec des souches dites de référence. L'ensemble de ces données seront cartographiées sur le périmètre d'étude du PPR SREC. Enfin, un suivi annuel sur des parcelles expérimentales représentant les caractéristiques des différentes conditions agro-écologiques rencontrées en Afrique de l'Ouest pour la riziculture et équipées d'instruments de données climatologiques, sera réalisé afin d'identifier les éventuels changements des populations de parasites et de leur spectre de virulence (épidémiologie-surveillance avec outils moléculaires). Des stations expérimentales partenaires du LMI et du PPR SREC seront choisies selon les transects Nord-Sud (Benin, Togo, Burkina Faso, Mali) et Ouest-Est avec le Sénégal. Des outils de diagnostic seront développés à l'exemple des projets déjà en cours sur *Xanthomonas*. L'ensemble des données récoltées servira à développer des modèles prévisionnels pour déterminer l'incidence des agents pathogènes sur la culture du riz. Ce projet contribuera au renforcement des capacités au Sud au travers des cours, ateliers thématiques, formations qui seront dispensés au niveau Master et doctorat.

Les partenaires de la LMI s'engagent à respecter la réglementation en vigueur concernant la propriété intellectuelle et la protection de la biodiversité

H. Ambition et visibilité au niveau régional et international: un laboratoire de référence pour l'Afrique de l'Ouest

Ce LMI servira de références nationale et régionale en termes de formation, de diagnostic, de biosécurité et d'appui à la recherche et aux associations paysannes en relation directe avec les problèmes de développement: aide à l'identification des pathologies sur les plantes vivrières (formation adaptée en milieu paysan), gestion au champ de ces maladies (choix de semences, itinéraire technique...). Renforcement et animation du réseau de phytovirologues et de bacteriologistes qui est en cours de création au niveau de l'Afrique de l'Ouest impliquant l'Université nationale de Côte d'Ivoire, le CNRA (Côte d'Ivoire), l'Institut d'économie rurale (Mali), l'Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement (ITRAD, Tchad), l'INRAN (Niger), l'ENSA de l'Université de Lomé (Togo), National Crop Research Institute (Nigeria). De même il sera associé fortement avec l'initiative de Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB, Pr Irénée Samba) et les universités catholique de Louvain et de Liège sur le projet « clinique des plantes ».

Les domaines d'intervention du LMI sont, à l'heure actuelle, essentiellement dans les politiques agricoles en place sur le continent africain. L'expérience déjà acquise en matière d'accueil et de formation fera du LMI un pôle d'affluence de personnels de différents niveaux et provenant de diverses régions du continent, en particulier des sous-régions – ouest et même centre africaines (figure 1). Ce LMI travaillera en collaboration avec l'Africa Rice localisé au Bénin et en Tanzanie, notamment avec le phytopathologiste D. Silue et les activités sur *Magnaporthe oryzae*. Enfin, il sera associé aux activités du PPR SREC qui couvrent l'Afrique de l'ouest (voir annexe). Ce LMI, laboratoire de référence pour les agents phytopathogènes en Afrique de l'Ouest aura une visibilité internationale (publications, présentation aux congrès internationaux) et permettra d'accueillir des chercheurs, post-doc, et enfin nous espérons que cette visibilité et sa crédibilité scientifique lui permettra d'obtenir des financements internationaux. Il bénéficiera aussi de la dynamique scientifique du projet PEERS récemment déposé par le LVBV pour évaluation à l'AIRD et qui concerne les virus de plantes maraichères de la Réunion et du Burkina Faso.

IV. PRESENTATION SYNTHETIQUE DES EQUIPES

A. Le Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétale (LVBV) de Ouagadougou

L'équipe du LVBV de l'INERA est composée de 5 chercheurs (2 thèses d'Etat et 3 thèses Uniques dont un post-doc), 4 techniciens de recherche et 4 doctorants. Tous les membres sont des personnels permanents de l'INERA à l'exception du chercheur post-doc et de deux doctorants. C'est une équipe qui s'est mise en place progressivement par la formation de son personnel : recrutement d'étudiants après leurs formations de thèse et formation continue de personnel déjà recruté. La formation académique initiale a le plus souvent été assurée par les universités du pays. Cependant, dans le souci d'intégration de ses membres dans la dynamique scientifique internationale, des partenariats ont été développés avec différentes institutions (IRD en France, Université du Ghana-Legon au Ghana, l'université de Californie-Davis aux USA) pour des formations de thèse. Des formations techniques de courte durée ont été faites par le personnel dans des institutions comme l'Institut de protection des

plantes de Pretoria (Afrique du Sud), l'université de Gembloux (Belgique), l'Institut polytechnique rural de Katibougou (Mali), etc.

B. Le Laboratoire de Phytopathologie de Bobo-Dioulasso

Le laboratoire de phytopathologie travaille essentiellement sur les bactérioses des cultures au Burkina Faso. Il se focalise sur la détection et la caractérisation biochimique et moléculaire des *Xanthomonas* du riz, du coton, des cultures maraîchères et fruitières. L'étude de la résistance des plantes aux maladies bactériennes dans les conditions naturelles fait partie de notre objectif de même leur contrôle à l'aide des bonnes pratiques agricoles. L'équipe du laboratoire de phytopathologie de Bobo-Dioulasso est composée d'un chercheur (Ph.D.), 1 doctorant et 2 techniciens. C'est une équipe qui a besoin d'être renforcée en personnel et en équipement. Le laboratoire entretient un partenariat solide avec l'IRD, Africa Rice, l'Université polytechnique de Bobo-Dioulasso et l'Université de Ouagadougou. Nous entretenons de bonne relation avec le CIRDES de Bobo-Dioulasso, IMI (Egham,UK.) et l'Institut danois de pathologie de semences (Copenhague, Danemark).

C. L'UMR « Résistance des Plantes aux Bioagresseurs »-RPB : <http://umr-rpb.fr/index.php/fr/>

Les objectifs généraux de l'UMR RPB précisent les enjeux majeurs du développement, en insistant sur la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté, l'intensification écologique et les changements climatiques. Deux axes ont été retenus pour répondre aux questions posées : l'amélioration et la défense des plantes et la biologie intégrative et la génomique pour l'amélioration des plantes cultivées. La lutte génétique, fondée sur la création/amélioration variétale, occupe une place privilégiée. Elle permet d'augmenter la diversité génétique naturelle des résistances disponibles par introduction, dans les lignées cultivées, de gènes de plantes sauvages, voire par pyramidage de gènes *R*, et de réduire l'utilisation de produits pesticides contribuant ainsi à la réduction des nuisances pour l'environnement et à celle du coût des productions agricoles, aspects particulièrement importants pour les pays du Sud. Cette stratégie de développement durable appliquée à la défense des cultures repose sur une bonne connaissance de la diversité génétique disponible chez les génotypes, des mécanismes des interactions et de l'aptitude des parasites à contourner une résistance. Les objectifs généraux de l'UMR intéressent : -l'identification et la caractérisation des sources de résistance, -la connaissance des mécanismes des interactions, -la compréhension des fondements du contournement des résistances, -le développement de stratégies de gestion et d'utilisation des résistances, -l'évaluation et l'amélioration de la durabilité des résistances.

In fine, l'objectif concret est de contribuer à identifier des gènes *R* à grande valeur agronomique dont l'utilisation raisonnée par introgression a pour objectif une agriculture sans 'parapluie phytosanitaire' et respectueuse de l'environnement.

L'organisation de l'Unité est structurée en 3 équipes thématiques :

- (i). Diversité et amélioration (IRD – CIRAD) :** Il s'agira de caractériser la dynamique de la diversité pour une utilisation raisonnée avec comme support l'étude de gènes de résistance aux plans génomique, fonctionnel et de sélection dans un contexte d'adaptation.
- (ii). Effecteurs et cibles (IRD –UM2) :** Il s'agira d'identifier, chez des parasites vasculaires biotrophes, les effecteurs associés à l'exécution de la résistance chez la plante, de caractériser leurs cibles *in planta* et d'en effectuer une analyse fonctionnelle.
- (iii) Emergence et adaptation (IRD – CIRAD) :** Il s'agira de comprendre les facteurs écologiques et génétiques à l'origine de l'adaptation de souches virulentes aux variétés résistantes et de l'émergence d'agents phytopathogènes.

B. l'UMR Diversité, adaptation, développement des plantes, équipe Génomique du riz

DIADE : <http://www.diade.ird.fr/>

Les activités de recherche visent à étudier les mécanismes de la divergence et de la variabilité des génomes de quelques espèces du genre *Oryza*, apparentées au riz cultivé asiatique *O. sativa* L. et de leur impact sur la plasticité de caractères biologiques lié à la fécondation, au développement et à la résistance aux stress. Nous menons ces études selon plusieurs niveaux d'intégration : analyses comparatives entre espèces domestiquées ou sauvages (riz asiatique cultivé vs. espèces africaines

O. glaberrima et *O. longistaminata*), à l'intérieur de l'espèce *O. sativa*, selon l'appartenance à une sous-espèce (*indica* ou *japonica*), selon le type biologique (riz irrigué vs. riz pluvial). Nous déclinons cette approche pour étudier quatre questions biologiques choisies pour leur caractère fondamental et l'intérêt qu'elles peuvent avoir ensuite en amélioration variétale : - Dynamique des génomes chez les espèces africaines du riz ; - Barrières reproductives interspécifiques ; - Architecture de la panicule et l'appareil racinaire, - Réponse aux stress biotiques. Cette dernière thématique s'appuiera essentiellement sur l'analyse de plusieurs gènes de résistance au virus de la panachure jaune du riz (RYMV) qui montre des résultats contrastés entre *O. sativa* et *O. glaberrima*.

E. Liste des personnels

1. Le Laboratoire de Virologie et de Biotechnologie Végétale de Ouagadougou

Membres du LMI	Fonction	Institut de rattachement	ETP(%)
Traoré Oumar	Chercheur	INERA	80
Séréme Drissa	Chercheur	INERA	90
Néya B. James	Chercheur	INERA	70
Tiendrébéogo Fidèle	Chercheur postdoc	INERA	70
Nikiéma Phillipe	Ingénieur	INERA	80
Traoré V.S. Edgar	Doctorant	INERA	60
Ouédraogo R. Serge	Doctorant (master 2)	Université de Ouagadougou/ INERA	60
Koala Moustapha	Doctorant (master 2)	Université de Ouagadougou/ INERA	70
Konaté Moumouni	Technicien	INERA	60
Bouda Zakaria	Technicien	INERA	80
Zabré W. Jean	Technicien	INERA	60
Soalla-Traoré Diane	Technicienne	INERA	40

2. Le laboratoire de Phytopathologie Bobo-Dioulasso

Membres du LMI	Fonction	Institut de rattachement	ETP (%)
Léonard Ouédraogo	Chercheur	INERA	70
Issa Wonni	Doctorant	Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/ INERA	90
Boro Fousséni	Technicien	INERA	80
Paul Iiboudo	Technicien	INERA	80
Konaté Y. Abel	Ingénieur (nématologie)	INERA	80

3. L'UMR « RPB »

Membres du LMI	Fonction	Institut de rattachement	ETP(%)
Denis FARGETTE	Chercheur	IRD	60
Christophe BRUGIDOU*	Chercheur	IRD	60
Eugénie HEBRARD	Chercheur	IRD	30
Séverine LACOMBE*	Chercheur	IRD	60
Florence VIGNOLS	Chercheur	CNRS	50
Poste fléché*	Chercheur	IRD	60
Jean-Paul BRIZARD	Ingénieur	IRD	60
Agnès PINEL	Ingénieure	IRD	60
Martine BANGRATZ*	Ingénieure	IRD	60
Jamel ARIBI	Technicien	IRD	30
VAI*	Technicien	IRD	100
Membre associés			
Michel NICOLE	Chercheur	IRD	10
Ralf KOEBNIK	Chercheur	IRD	15
Valérie VERDIER	Chercheur	IRD	20
Diana FERNANDEZ	Chercheur	IRD	10
Stéphane BELLAFFIORE	Chercheur	IRD	10

Boris SZUREK	Chercheur	IRD	15
Sébastien CUNNAC	Chercheur	IRD	15
Alexis DEREPPER	Ingénieur	IRD	10

* affectation

4. L'UMR « DIADE », équipe Génomique du riz

Membres du LMI	Fonction	Institut de rattachement	ETP (%)
Alain GHESQUIERE	Chercheur	IRD	30
Laurence ALBAR	Chercheur	IRD	50
Membre associés			
Sophie CHERON	Technicienne	IRD	20

V. AGENDA PREVISIONNEL

Agenda prévisionnel sur 5 ans des affectations géographiques des membres du LMI

Tous les membres du LMI rattachés à l'INERA seront en poste sur le site du LMI à la station de recherche de l'INERA à Kamboinsé (**K**) ou de Bobo-Dioulasso (**D**). Les affectations au Burkina Faso ou dans les pays frontaliers pour les membres du LMI rattachés à l'IRD sont les suivantes :

K : C. Brugidou co-responsable MLD (2012), affectation à partir de 2013 (2013-2015) et MLD après 2015 ; **D** : V. Verdier, affectation Burkina Faso, 2013; **D** : S. Cunnac (CR2): MLD Bénin, 2012 , puis 2013, 2015 MLD Burkina Faso; **D** : Boris Szurek (CR1) : MLD Burkina Faso 2014, 2016. **K** : S. Lacombe (CR2) MLD (2012) et affectation à partir de 2013 (2013-2017) ; **K** : M. Bangratz (AI), affectation à partir de 2013 (2013-2017) ; **K&D** : Poste fléché épidémiologiste moléculaire (CR2), affectation à partir de 2013 (2013-2017) ; **K & D** : VAT affectation Septembre 2012 à Bobo-Dioulasso (2012-2014).

VI. DESCRIPTIF DES INFRASTRUCTURE ET EQUIPEMENTS

A. Au niveau de l'IRD

L'UMR RPB est localisée sur le centre IRD de Montpellier où elle bénéficie d'un environnement de qualité organisé autour d'un plateau technique (laboratoires, équipements et expertise) qui couvre en grande partie les compétences technologiques nécessaires au bon déroulement des activités de recherche. Des serres tropicales à trois niveaux de confinements sont également disponibles. L'unité a également accès aux plateformes technologiques présentes sur Montpellier.

B. Au niveau du laboratoire de virologie et de biotechnologie végétale

Le LVBV est localisé sur le centre régional INERA de recherches agricole, environnementale et de formation de Kamboinsé près de Ouagadougou. Il dispose des infrastructures et équipements suivants et qui seront mis à la disposition du LMI:

Les locaux : deux laboratoires, cinq bureaux et un magasin ; deux logettes climatiques, deux serres de type tunnel, deux serres grillagées ; des parcelles d'expérimentation en station.

Équipements et autres matériels : - Une chambre froide et une chaîne de froid (un congélateur -80°C, deux réfrigérateurs et deux congélateurs -20°C), une ultracentrifugeuse, un jeu complet de centrifugation de paillasse, un système complet d'électrophorèse et d'immunoblotting (agarose, polyacrylamide), un système complet d'amplification d'ADN, un système complet d'hybridation moléculaire, une machine à glace, une unité de production de vitroplant (hotte à flux laminaire, chambre de culture etc.), un système de protection (Hôte, armoire chimique, masque), un équipement complet d'ELISA, un système d'incubation biologique (étuves, bain marie), un microscope photonique à contraste de phase, un système de dosage spectrophotométrique (spectrophotomètre UV/Visible), un système de distillation d'eau. -Accès à Internet sur l'ensemble du centre régional de recherche mais à faible débit. La mise en place d'une plateforme technique est en cours sur le site du LMI à Kamboinsé. Elle associe le LVBV et d'autres laboratoires (phytopathologie, génétique et biotechnologies végétales, entomologie agricole) pour une meilleure mutualisation des équipements et expertises.

C. Au niveau du Laboratoire de phytopathologie

Le Laboratoire de phytopathologie est logé au Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Ouest (CRREA-O), station de recherche de Farakoba, Bobo-Dioulasso. Il dispose des infrastructures et équipements suivants et qui seront mis à la disposition du LMI:

Les locaux : -Un laboratoire en ville à l'ex- Laboratoire de la protection des végétaux où nous disposons d'une salle de manipulation (isolement et caractérisation) et une salle d'incubation, une salle de stérilisation, un bureau et une salle de conférence. Hors des bâtiments le laboratoire dispose de la place (ancienne serre) où sont disposées de grands bacs permettant de faire des tests sur le riz en toute saison en conditions naturelles. De plus des parcelles d'expérimentations sont disponibles à la vallée du Kou. - Le laboratoire de biotechnologie à la station de Farakoba (10 km de Bobo-Dioulasso) bien équipé où nous menons nos tests de biologie moléculaire (PCR). D'une manière générale le laboratoire de phytopathologie dispose d'un environnement scientifique qui lui permet de bien évoluer.

Equipements et autres matériels : -Une hotte à flux laminaire, -un incubateur, -une étuve bactériologique, -un spectrophotomètre ; -un congélateur à -15 °C, -un réfrigérateur, -un autoclave de paillasse, -un autoclave AVX60, -un agitateur va - et vient, -une plaque chauffante, -un microscope avec système de photographie, -un stéréo microscope avec système de photographie, -une balance au 1/10 000, -une balance au 1/1000, -un broyeur mixeur, -pH-mètre, -un bain-marie, -un microscope à immunofluorescence, -un agitateur Vortex, -quelques micropipettes.

VII. Budget prévisionnel

Année	IRD				INERA			
	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
Fluides	0	0	0	0	9000	10500	10500	10500
Equipement								
Culture de cellules : agitateur liquide	10000	0	0	0	3000	0	0	0
Conservation : congélateur - 20°C	1500	0	0	0				
Divers : <i>purificateur d'eau, petits équipements de laboratoire, machine à glace.....</i>	14000	2500	2500	0	0	0	0	0
Sécurité : groupe électrogène, onduleur	15000	0	0	0	0	0	0	0
Informatique : <i>internet haut débit, réseau, serveur, terminaux</i>	1500	1500	1500	1500				
Maintenance	0	0	2000	4000				
sous total	42000	4000	6000	5500	12000	11000	11000	11000
total				57500				45000
Fonctionnement								
Participation (récupération TVA)								
INERA					7500	7500	7500	7500
Consommable (<i>chimie, biochimie; moléculaire</i>)	10000	10000	10000	10000	0	0	0	0
Séquençage	3000	6000	6000	4000	0	0	0	0
Documentation	500	500	500	500	500	500	500	500
Coût de publications	0	1000	1000	1000	0	500	500	500
sous total	13500	17500	17500	15500	8000	8500	8500	8500
total				64000				33500
Missions								
Missions de terrain au Burkina- Afrique de l'Ouest	5000	5000	4000	3000	0	0	0	0

(personnel temporaire, véhicule, per diem...)									
Missions de coordination	1500	1500	1500	1500	0	0	0	0	
(équipe de direction, comité scientifique)									
Echanges Nord-Sud, Sud-Nord, Sud-Sud :	2500	2500	2500	2500	0	0	0	0	
(séjours et stages de seniors et/ou d'étudiants; gratification; frais d'accueil)									
Séminaires, congrès	0	2000	2000	2000	0	0	0	0	
sous total	9000	11000	10000	9000	0	0	0	0	
total				39000				0	
TOTAL ANNUEL	64500	32500	33500	30000	20000	19500	19500	19500	
TOTAL GLOBAL				160500				78500	

La demande budgétaire globale s'élève à 239000 pour 4 ans dont 160500 pour l'IRD et 78500 pour l'INERA. Cette somme est relativement faible par rapport à l'ambition du projet, dès que le LMI sera en ordre de marche, l'équipe répondra à différents appels d'offres Bioadapt, Agrobiosphère, Fondation Melinda –Bills Gates, CORAF, GRISP etc... pour augmenter son autofinancement et ainsi, répondre pleinement aux objectifs fixés. Près de 36 % (57500 euros) de la somme demandée à l'IRD sont destinés aux **équipements**. Il apparaît effectivement nécessaire de renouveler les équipements vétustes et d'en acquérir de nouveaux, complémentaires de l'existant. Cela concerne principalement le maintien et la conservation des échantillons biologiques. La prise en compte de matériels de sécurité (groupe électrogène, onduleur) est indispensable pour pallier les déficiences du réseau électrique local. Un effort financier important est demandé la première année pour lancer dans de bonnes conditions le LMI. L'installation d'internet à haut débit, alliée à la mise en place d'un réseau informatique au sein du laboratoire est prévu pour améliorer la communication et la gestion des données. Enfin, une certaine somme (6 000 Euros) est allouée à la maintenance des appareillages pour les années 2014 et 2015.

Le **fonctionnement** du laboratoire dans le cadre de ce projet de LMI est estimé à 97500 euros, soit 41 % du budget demandé essentiellement consacré aux produits consommables et au séquençage. Deux services de séquençages existent au Burkina Faso; mais en cas de difficultés (libre accès, pannes...) il est envisagé de réaliser le séquençage en France. L'enveloppe consacrée aux **missions** (39000 euros soit 16%) se répartit comme suit : - missions de terrain en Afrique de l'Ouest (17 000 euros; *per diem*, main d'œuvre locale, véhicule), - missions de coordination (6 000 euros; équipe de direction, comité de coordination à mi-parcours: voyage et *per diem*) , si nécessaire un complément sera pris sur la dotation IRD des équipes participantes. - Echanges Nord-Sud, Sud-Nord et Sud-Sud (10 000 euros) qui incluent les frais de séjours de chercheurs (voyage + *per diem*), d'étudiants (voyage + gratification; frais d'accueil). Le coût des recherches réalisées au sein des UMR RPB et DIADE dans ses laboratoires de Montpellier et lié à ce projet de LMI n'a pas été comptabilisé dans cette demande budgétaire. Ces activités seront prises en charge par le budget récurrent de l'unité ou par des ressources extérieures. Des co-financements seront possibles par des aides de soutien de l'Ambassade de France et des bourses d'échange SUD-SUD et SUD-NORD ainsi que des aides ponctuelles pour soutenir des missions ou des prospections.

Enfin, le LMI sera partenaire dans les projets Cariplo-Agropolis et Fondation Bills and Melinda Gates en cours de montage et ou accepté. Enfin, les UMR RPB et DIADE sont partenaires du projet GRiSP–Africa Rice qui est financé pour 3 ans ce qui devrait permettre de couvrir une partie du budget demandé (essentiellement pour les prospections). Il est prévu la création d'un comité scientifique qui pourrait se réunir annuellement afin de suivre, d'orienter et d'évaluer les activités proposées dans le cadre du LMI. Il se réunira alternativement à Montpellier et à Ouagadougou. Ce comité comprendra des représentants des différents sites, UMR et équipes impliqués.