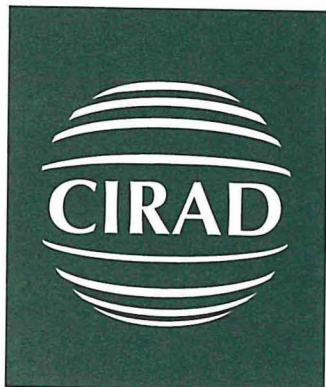




**COMPTE RENDU DE L'ATELIER DE RESTITUTION
DU PROJET INCO-DC18-CT96-010
«LUTTE INTEGREE SUR SORGHO»
Ouagadougou, Burkina Faso**

Du 4 au 7 décembre 2000

A. Ratnadass

Entomologiste, CIRAD-CA/Programme CALIM - TA 73/09, F-34398 Montpellier Cedex 5

Février 2001

**COMPTE RENDU DE L'ATELIER DE RESTITUTION
DU PROJET INCO-DC18-CT96-010
«LUTTE INTEGREE SUR SORGHO»
Ouagadougou, Burkina Faso**

Du 4 au 7 décembre 2000

A. Ratnadass

Entomologiste, CIRAD-CA/Programme CALIM - TA 73/09, F-34398 Montpellier Cedex 5

Février 2001

Table

Résumé	3
Rapport de la Séance d'ouverture (matinée du 04/12/00).....	4
Rapport de la Session I : Résistance variétale (matinée & après-midi du 04/12/00)	6
Résumé des communications	6
Synthèse des discussions	10
Rapport de la Session II : Volet insecticides dérivés de plantes (matinée du 05/12/00).....	14
Résumé des communications	14
Synthèse des discussions	15
Rapport de la Session III : volets phéromones sexuelles et lutte intégrée (après-midi du 05/12/00).....	17
Résumé des communications	17
Synthèse des discussions	19
Rapport de la Session IV : Présentations des partenaires/autres acteurs (matinée du 06/12/00).....	21
Résumé des communications	21
Synthèse des discussions	23
Rapport des travaux en Commissions (après-midi du 06/12/00).....	25
Rapport de la séance de clôture (matinée du 07/12/00)	26
Photos.....	27
Annexes.....	29

Résumé

L'atelier de restitution du Projet INCO-DC18-CT96-010 s'est tenu du 4 au 7 décembre 2000 dans la salle de réunion de l'Autorité du Liptako-Gourma à Ouagadougou (Burkina). Ce Projet, intitulé "Lutte intégrée sur sorgho" associait depuis le 01/09/96, le CIRAD-CA (France), Coordonnateur, l'Université d'Heidelberg (Allemagne), le Centre national de l'énergie solaire et des énergies renouvelables (Mali), l'Institut d'économie rurale (Mali), et l'Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Burkina), sur un financement de la Commission européenne, d'un montant total de 484 KEuro, dans le cadre du Programme INCO. Les recherches entreprises (dans le cadre de quatre volets : Résistance variétale ; Insecticides dérivés de plantes ; Pheromones sexuelles ; et Lutte intégrée) visaient à augmenter la quantité et la qualité du sorgho pour les populations rurales et urbaines d'Afrique de l'Ouest, par la réduction des pertes occasionnées par les insectes ravageurs.

Cette troisième et dernière réunion de l'ensemble des partenaires (le projet s'achevant à la fin du mois de décembre 2000) s'est tenue sous la forme d'un atelier scientifique et d'échanges, co-organisé par l'INERA et le CIRAD. Il a ainsi rassemblé une trentaine de participants représentant quatre des cinq partenaires du Projet (le CIRAD de France, l'IER du Mali, le CNESOLER du Mali et l'INERA du Burkina Faso), et le secteur du développement agricole du Burkina Faso, ainsi que des partenaires de la région (ICRISAT-Mali, INRAN du Niger et SARI du Ghana).

L'atelier a passé en revue les résultats des quatre années de recherches. Les trois premières sessions ont concerné les recherches effectuées par les cinq partenaires au titre des quatre volets du projet. Une session a ensuite été consacrée à la présentation des travaux menés par d'autres équipes de la région, sur des thèmes semblables. Suite à une dernière session de travail en commissions, sont ressortis, de façon synthétique, les acquis et les insuffisances des travaux conduits, soulignant les bénéfices de la collaboration entre les partenaires dans le cadre du projet ainsi que les implications pour le Burkina, le Mali et les pays de la région en termes d'utilisation des résultats obtenus et d'axes de recherche à privilégier dans l'avenir.

Ainsi, pour ce qui est des acquis les plus tangibles, on insistera sur l'identification dans le matériel local de nouvelles sources de résistance à la cécidomyie du sorgho et aux punaises des panicules, la validation de méthodes de criblage pour la résistance aux ravageurs, l'adoption par les paysans de lignées et variétés résistantes ou tolérantes à ces ravageurs, obtenues dans le cadre du projet, suite à leur bon comportement en essais en station et en tests en milieu réel. Par ailleurs, les résultats déjà obtenus permettent d'envisager le piégeage phéromonal des foreurs des tiges comme méthode de lutte ciblée dans le temps, d'une part comme base d'avertissements pour l'application d'insecticides dérivés de plantes comme le neem, et d'autre part par piégeage massif.

En revanche, il a été relevé que si des progrès considérables ont été effectués dans la connaissance des bases chimiques de l'activité insecticide des extraits de pourghère et de leur mode d'action, beaucoup reste à faire en ce qui concerne l'optimisation des méthodes d'extraction et de formulation, pour leur application sur les cultures sous climats sahéliens ou soudaniens.

Ces acquis ont été placés dans une perspective de lutte intégrée, et même de protection intégrée, de par l'élargissement à d'autres contraintes biotiques (insectes, maladies et plantes parasites). L'élargissement a également porté sur les perspectives de collaborations qui ont été dégagées, pour mieux répondre aux questions qui restent posées : élargissement à d'autres disciplines (comme la socio-économie, la malherbologie et la pathologie), et partenaires (comme l'ITRA au Togo, le SARI au Ghana, l'INRAN au Niger, et ICRISAT au Mali). Si des cadres propices à l'application des résultats des recherches existent déjà (notamment Projet FIDA et ROCARS), des financements restent en revanche à trouver pour les besoins en recherches, qui restent immenses. A cet égard, on souhaite que la synergie positive qui est clairement ressortie de cette collaboration entre le CIRAD, l'Université d'Heidelberg, le CNESOLER, l'IER et l'INERA, retienne l'attention des bailleurs de fonds.

Rapport de la Séance d'ouverture (matinée du 04/12/00)

Président : G. Subreville (CIRAD, Burkina)

La liste des participants à l'ensemble des travaux de l'atelier est donnée en Annexe. S'y ajoutaient, pour cette séance d'ouverture, MM M. Sedogo et V. Sedogo, du CNRST, F. Lompo et S. Boro, de l'INERA, C. Nersy du SCAC (Ambassade de France), et G. Subreville du CIRAD-Burkina. Après quelques mots de G. Subreville, Représentant du CIRAD au Burkina présidant la séance, le Responsable scientifique du Projet à l'INERA, D. Dakouo a souhaité la bienvenue au Burkina aux participants. Il s'est excusé au nom des organisateurs de ce que la séance d'ouverture n'ait pu se tenir dans la salle de conférence initialement prévue, l'Autorité du Liptako-Gourma l'ayant à la dernière minute réquisitionnée pour sa journée « portes ouvertes ». Il a remercié les autorités du CNRST et de l'INERA d'avoir proposé d'accueillir l'atelier à Ouagadougou, et le CIRAD pour avoir accepté cette proposition.

Les objectifs de l'atelier ont ensuite été présentés par le Coordonnateur du Projet, A. Ratnadass. Il a rappelé que le Projet "Lutte intégrée sur sorgho" associait depuis le 01/09/96, le CIRAD-CA (France), l'Université d'Heidelberg (Allemagne), le Centre national de l'énergie solaire et des énergies renouvelables (Mali), l'Institut d'économie rurale (Mali), et l'Institut de l'environnement et de recherche agricole (Burkina), sur un financement de la Commission européenne, dans le cadre du Programme INCO. Les recherches entreprises (dans le cadre de quatre volets : Résistance variétale ; Insecticides dérivés de plantes ; Phéromones sexuelles ; et Lutte intégrée) visaient à augmenter la quantité et la qualité du sorgho pour les populations rurales et urbaines d'Afrique de l'Ouest, par la réduction des pertes occasionnées par les insectes ravageurs,

Après avoir indiqué les objectifs spécifiques de chacun de ces volets, il a précisé que la collaboration s'achevant à la fin du mois de décembre 2000, pour des raisons de financement, l'ensemble des partenaires se trouvaient réunis pour la 3^{ème} et dernière fois, après la réunion initiale de Montpellier en novembre 1996, et la visite de terrain au Burkina et au Mali en octobre 1998. Il était prévu au départ que cette réunion finale des partenaires se tienne en Europe, mais on a finalement préféré la tenir d'une part à Ouagadougou, et d'autre part sous la forme d'un atelier scientifique et d'échanges. On a en cela été encouragé par la Commission européenne. De cette façon, il a été possible d'associer à cette rencontre des représentants des pays voisins, d'organisations régionales ou internationales, et des représentants du développement.

Il en est attendu un plus grand retentissement, surtout dans la perspective d'une poursuite des activités du projet, soit dans le cadre d'une nouvelle phase, soit dans l'application des acquis de la phase qui s'achève. En effet, si le principal objectif du présent atelier est de présenter les résultats des recherches menées ces quatre dernières années par les cinq partenaires de ce Projet, qui se termine à la fin de ce mois de décembre 2000, et de ceux menés par d'autres équipes de la région, sur des thèmes semblables, un autre objectif essentiel était de faire ressortir, de façon synthétique : les bénéfices de la collaboration entre les partenaires dans le cadre de ce projet ; les implications pour le Burkina, le Mali et les pays de la région en termes d'utilisation des résultats obtenus et d'axes de recherche à privilégier dans l'avenir. Pour témoigner de la grande ouverture sur les formes que pourraient prendre l'après-projet, on s'est placé dans une perspective d'élargissement, non seulement à d'autres pays, mais aussi à d'autres disciplines de la protection des cultures, ou même à d'autres cultures.

Toutefois, bien que l'heure soit à la consolidation et la valorisation des acquis du projet, certains des résultats présentés sont préliminaires, dans la mesure notamment où l'analyse des données de la campagne 2000 n'est pas finalisée. Toutefois les résultats définitifs figureront dans le rapport final du projet, qui sera soumis fin février, et ils seront repris dans des publications formelles qui sortiront dans le courant de l'année 2001.

Cette présentation a été suivie du discours d'ouverture du Délégué général du CNRST. Après avoir également souhaité la bienvenue à Ouagadougou aux participants, il a insisté sur le caractère exemplaire du projet qui s'achève, en tant que modèle de coopération réussie, à la fois « nord-sud », et « sud-sud ». Il a aussi précisé que les objectifs du projet, les thèmes abordés et les disciplines impliquées étaient prioritaires pour le CNRST et l'INERA, appréciant l'approche pluridisciplinaire retenue, associant l'entomologie bien sûr, mais aussi l'amélioration variétale, la chimie et la socio-économie, dans une optique de gestion intégrée des ravageurs.

Tout en remerciant l'Union européenne, pour avoir accordé sa confiance à l'équipe de partenaires, lui assurant un financement pendant quatre ans, il a exprimé des sentiments de satisfaction (dans la perspective de voir présentés des travaux de qualité, présentations devant être suivies de débats fructueux), mais aussi d'inquiétude (devant le constat que le financement arrive à son terme, alors qu'en dépit des progrès accomplis, les besoins de

recherche restent immenses), enfin malgré tout d'espoir (la participation à l'atelier de partenaires de pays voisins, de chercheurs d'autres disciplines, de décideurs et de développeurs, étant une manifestation tangible que celui-ci est résolument tourné vers l'avenir). Avant d'ouvrir officiellement l'atelier, il a salué l'initiative des organisateurs, et remercié les participants d'avoir répondu à leur appel.

Rapport de la Session I : Résistance variétale (matinée & après-midi du 04/12/00)

Modérateur : O. Youm (ICRISAT-Mali)

Rapporteur : A. Neya (INERA, Burkina)

Résumé des communications

Au cours de cette session, cinq exposés ont été donnés sur les thèmes suivants :

1. Criblage et sélection pour la résistance variétale du sorgho aux punaises des panicules (*au Mali*) (Y.O. Doumbia, A. Touré, A. Bamba & A.G. Diallo).
2. Sélection pour la résistance variétale du sorgho à la cécidomyie, *Stenodiplodis sorghicola*, au Burkina (G. Trouche, D. Dakouo, A. Neya, B. Kaboré & A. Ratnadass).
3. Résistance variétale du sorgho aux foreurs des tiges (A. Ratnadass)
4. Génétique et mécanismes de résistance du sorgho aux punaises des panicules (A. Ratnadass, Y. El-Ouadrhiri, D. Pinero & G. Fliedel)
5. Cartographie génétique et identification des zones génomiques dans la résistance aux punaises des panicules (*Eurystylus oldi*) (M. Deu)

Dans son introduction, la **première communication présentée par A. Touré**, a bien situé les punaises comme contrainte majeure au développement et à l'utilisation des variétés améliorées de sorgho à haut rendement au Mali, à cause de leur sensibilité à ces insectes, alors que les cultivars locaux de types guinea à glumes longues, qui possèdent généralement un bon niveau de résistance aux punaises, sont difficiles à exploiter dans les programmes de création et sélection variétale du fait de leur potentiel de rendement relativement faible et leur faible aptitude à la combinaison. Les travaux de criblage et de sélection présentés visaient à : (i) Identifier des sources de résistance ; (ii) comprendre les facteurs liés à la résistance.

Le criblage se fait en deux étapes : (i) Criblage rapide dans des pépinières préliminaires constituées de plusieurs lignées ; (ii) Confirmation ou infirmation de la résistance des meilleures lignées retenues dans les pépinières préliminaires dans les conditions d'infestations artificielles.

De 1995 à 2000 le matériel utilisé dans ces pépinières de criblage était constitué de la variété Malisor 84-7 et de ses descendances issues de croisements avec des variétés introduites et des variétés locales. Cinq pépinières préliminaires ont été conduites durant deux années consécutives sous infestation naturelle en blocs de Fisher à deux répétitions, à la station de Sotuba. Dans le cas des essais avancés, la technique d'infestation artificielle consistait à infester les panicules sous cages avec 20 couples de punaises dans des dispositifs en blocs de Fisher à quatre répétitions. Les dégâts de punaises et de moisissures étaient notés visuellement au champ, tandis que les paramètres suivants étaient mesurés au laboratoire (vitrosité des grains, poids de 1000 grains et pourcentages de germination et de flottaison des grains).

Durant les quatre années d'expérimentation, le niveau des populations d'*Eurystylus* n'était pas très élevé. Il ressort des résultats que seulement une faible proportion des variétés des différentes pépinières en criblage dans les conditions naturelles sont relativement résistantes aux punaises. Ainsi de 1996 à 1998, sur les 28 lignées de la première pépinière, quatre variétés 93-EP-F6-GII-5, 93-SP-EP-GII-1026, 93-SP-EP-F6-GII-15 et 93-SP-EP-F6-GII-27 seulement ont été retenues comme résistantes (notes visuelles de dégâts équivalentes à celles de Malisor 84-7). Tandis que dans la deuxième pépinière, trois variétés (94-EPRS GII-1002, 94-EPRS GII-1077 et 94-EPRS GII-108) sur 25 ont été retenues. Dans la troisième, trois variétés (95-EPRS-GII- 1059, 95-EPRS-GII-1030 et 95-EPRS-GII-1055) sur 27 ont été retenues. Plusieurs lignées ont montré pour la troisième année un très bon comportement aux attaques et ont été remises au volet sélection et création variétale du sorgho comme sources de résistance.

La seconde communication, présentée par G. Trouche, a bien situé la cécidomyie comme ravageur majeur du sorgho au Burkina. Elle a fait ressortir que malgré les nombreux acquis de la recherche sur la résistance variétale à la cécidomyie, il existe encore des contraintes à l'utilisation des variétés résistantes à la cécidomyie au Burkina Faso : la faible adaptation des variétés résistantes développées dans d'autres régions due à leur grande sensibilité aux maladies foliaires et au complexe moisissures-punaies des panicules et à leur médiocre qualité de grain pour le tô.

Dans le cadre du projet, les activités de recherche ont été conduites sur les thèmes suivants : (i) recherche de sources de résistance à la cécidomyie du sorgho au sein des écotypes locaux ; (ii) sélection pour la résistance à la cécidomyie à partir des croisements entre sources de résistance exotiques et variétés adaptées aux conditions agro-écologiques du pays ; (iii) évaluation en station puis en milieu réel des variétés tolérantes ou résistantes à la cécidomyie.

Le matériel végétal évalué depuis 1996 au titre de la première activité était constitué de 184 écotypes du Burkina, du Mali, Niger, Sénégal et du Cameroun provenant des collections de sorgho de l'INERA et du CIRAD. Les géniteurs utilisés dans les croisements impliqués dans la seconde activité étaient d'une part les sources de résistance à la cécidomyie ICSV 745 & 90 L 1235, d'autre part des variétés adaptées et amélioratrices pour d'autres facteurs de productivité et de qualité de grain (F2-20, CEF 322/35-1-2, Sarioso 10, BF 85-3/1-2-2, CEF 322/53-1-1, Malisor 84-7, 91W113-2-1, CEM 326/11-5-1-1). La stratégie de sélection était basée sur la sélection généalogique, le criblage se faisant sous infestation naturelle simultanément sur deux sites, Kouaré et Farako-ba. Au titre de la troisième activité, 24 tests variétaux en milieu réel ont été conduits dans trois sites de 1998 à 1999 avec des variétés tolérantes en comparaison avec les variétés des paysans. Douze tests ont été conduits dans deux sites en 2000 avec des nouvelles lignées résistantes en comparaison avec les variétés des paysans.

Le projet a permis des avancées importantes dans la sélection du sorgho pour la résistance à la cécidomyie par :

- l'identification de sources de résistance au sein du matériel local dont les plus prometteuses sont Wangmiougou et Kabéga 1 comme sources résistance pour le volet de sélection caudatum, et Tenlopieno, Fada 1 et 841 comme source de résistance pour le volet de sélection guinea et comme variétés.
- la mise au point de nouvelles lignées résistantes et bien adaptées au milieu ; ainsi, grâce au projet, de nouveaux matériels résistants à la cécidomyie, au complexe punaises-moisissures des graines et aux maladies foliaires ont été mis au point : 10 lignées F8, 20 lignées F7 et 23 lignées F6.
- le développement de stratégies efficaces pour le criblage pour la résistance à la cécidomyie (notamment confirmation que sous infestation naturelle, il faut cribler le matériel en sélection dans deux sites afin d'assurer une infestation suffisante, et qu'au Burkina, les deux sites de Kouaré et Farako-ba sont favorables au criblage pour la cécidomyie et au complexe punaises- moisissures des graines).
- l'identification d'une nouvelle variété très prometteuse pour sa double résistance à la cécidomyie et aux punaises des panicules pour la zone Est : CCAL 1/13-1-1-1.

Les perspectives de recherche suivantes ont par ailleurs été dégagées :

- En tenant compte de la diversité des pressions parasitaires et des autres contraintes de production du sorgho au Burkina, la mise au point de variétés à résistances multiples à partir du germplasma local avec la participation des agriculteurs doit être un objectif majeur de l'amélioration variétale du sorgho.
- La sélection et l'évaluation de variétés de sorgho résistantes aux insectes doivent être mieux définies dans le cadre d'une lutte intégrée régionalisée et participative contre les ravageurs

Dans sa première intervention, sur les foreurs des tiges, A. Ratnadass a indiqué que *Busseola fusca* était la plus importante espèce de foreurs des tiges en termes de dégâts occasionnés au sorgho en Afrique de l'Ouest, et que bien que des résultats encourageants aient été obtenus dans le passé sur sorgho en matière de criblage variétal, ils n'avaient pas encore, en 1996, abouti à l'identification de sources de résistance stable.

Il était prévu que dans le cadre du projet ce travail de criblage se poursuive, fort de la technique performante d'élevage de masse de l'insecte, mise au point par le CIRAD à Samanko au Mali. De même que pour les punaises, une étude sur le déterminisme génétique de la résistance à *B. fusca* de variétés ayant confirmé le bon niveau et la stabilité de cette résistance, devait être effectuée. Le cas échéant, la cartographie des gènes de résistance du sorgho vis-à-vis de *B. fusca* était envisagée ensuite.

En termes de criblage variétal, une pépinière de criblage de 13 variétés a été conduite à Samanko en 1998 et 1999, sous infestation artificielle, respectivement au champ et en serre. L'évaluation, dans le cadre de cette pépinière, des variétés ICSV 745 & ICSV 714 (sensibles à *Chilo partellus*) et PB 15881-3 & ICSV 88032

(résistantes), faisait suite à des discussions qui ont été engagées avec des chercheurs de l'ICRISAT-Patancheru (Inde) en vue d'une collaboration sur les études de marquage moléculaire des gènes de résistance aux foreurs. En 1998, si ICSV 745 & PB 15881-3 semblaient bien respectivement sensible et résistante à *B. fusca*, en revanche, ICSV 714 semblait résistante et ICSV 88032 sensible. En tout état de cause, les variétés respectivement la plus résistante et la plus sensible de l'essai étaient PB 14698-2 et Malisor 84-7. En 1999, les différences n'ont pas été significatives. Dans le cadre du projet, l'INERA avait aussi procédé à un criblage en 1997 à Farako-ba. Les variétés qui avaient présenté le moins de cœurs morts sous infestation naturelle de foreurs étaient PB 14698-2, IS 2205, SA 1931 et SA 3099.

Un essai d'étude préliminaire de la génétique de la résistance à *B. fusca* a également été conduit en serre en 1999. Hormis le parent sensible CSM 388 qui a eu les notes d'attaques foliaires et taux de cœurs morts les plus élevés, les différences entre les autres génotypes n'ont pas été significatives. En outre, de nouveaux croisements impliquant les variétés PB 14698-2, SA#1932, PB 15881-3 (résistantes), et CSM 388, ICSV 197 & ICSV 745 (sensibles), ont été effectués en vue d'une étude ultérieure plus complète de la génétique de la résistance aux foreurs, prévue en 2000 à Montpellier, en serre. Cette étude, de même que le criblage de nouvelles sources potentielles de résistance à ce foreur, aurait dû être réalisée dans le cadre de la thèse de Doctorat d'Etat d'un enseignant-chercheur de l'Université de Cocody (Abidjan). Malheureusement, les événements politiques de Côte d'Ivoire ont retardé la concrétisation de cet accueil.

Les RILs développées par l'ICRISAT en Inde seront disponibles dans les mois qui viennent et on pourrait éventuellement les tester en 2001 (en considérant le croisement entre ICSV 88032 sensible & PB 15881-3 résistant).

Dans sa deuxième intervention, A. Ratnadass a précisé que c'était initialement une étude du déterminisme génétique de la résistance aux punaises qui était prévue dans le cadre du projet. Toutefois, l'acceptation du projet INCO-DC n'ayant été notifiée qu'en fin d'hivernage 1996, ces études, qui ont bien été conduites en 1996, ne l'ont pas été au titre du projet. D'un autre côté, les informations provenant des études de caractérisation (« phenotyping ») de la résistance aux punaises entreprises à Samanko sur les plantes F2 et lignées recombinantes F3 issues du croisement (Malisor 84-7 X S 34)-1, en appui à la cartographie moléculaire des gènes de résistance, peuvent être prises en compte pour compléter notre connaissance du déterminisme génétique de la résistance du sorgho aux punaises.

Les études initialement envisagées sur le déterminisme génétique de la résistance aux punaises ont quant à elles été « remplacées » par une étude sur les caractères physiques et chimiques susceptibles de conférer la résistance aux punaises dans la variété Malisor 84-7. Cette étude faisait suite à une étude préliminaire menée en 1991 et 1992, suggérant que la résistance de Malisor 84-7 n'était pas liée à des facteurs chimiques, mais plutôt à un durcissement plus rapide de l'albumen, se traduisant par une durée pendant laquelle les punaises peuvent s'alimenter et déposer leurs œufs dans les grains, plus courte que chez des variétés sensibles comme S 34 ou IRAT 202. L'étude préliminaire ne permettait toutefois pas de tirer de conclusions générales car ne portant que sur trois variétés, alors que huit ans plus tard, on disposait d'un matériel plus adapté pour reprendre une étude de ce type, à savoir notamment plusieurs descendance fixées de croisements entre Malisor 84-7 et diverses variétés sensibles, descendance présentant elles-mêmes des niveaux de résistance variés et connus.

L'objectif de l'essai mené pendant l'été 2000 au CIRAD à Montpellier, en deux dates de semis (DS) était de comparer la rapidité de durcissement des grains de six lignées fixées (87W810, 91W113-2-1, 91W117-1-1, CCAL 1/3-1-1-2, CCAL 1/13-1-1-1 & CCAL 3/1-1-1-1) et deux F5 (n° 81 & 133), issues de croisements entre un géniteur résistant aux punaises des panicules se caractérisant par un durcissement rapide du grain (Malisor 84-7) et des variétés sensibles (ICSV 1002, ICSV 1014, ICSV 197, ICSV 1079 et S 34), avec celle de leurs parents (à l'exception d'ICSV 1014), et d'un témoin (IRAT 202) en vue de confirmer ou non que le comportement de résistance aux punaises des lignées est bien lié à cette caractéristique de durcissement rapide des grains. Pour diverses raisons, on a dû se limiter pour les observations à seulement six entrées sur la DS1 : Malisor 84-7, ICSV 197, ICSV 1079, CCAL 1/3-1-1-2, CCAL 1/13-1-1-1 & CCAL 3/1-1-1-1.

Sur la DS1, on a également effectué un essai « méthodologique » sur la variété IRAT 202, en comparant des panicules auto-fécondées à des panicules en pollinisation libre, afin de mettre en évidence une éventuelle « xénie », tout en déterminant le nombre « optimal » de panicules par parcelles, et de grains par panicule, devant être échantillonnés. Les prélèvements ont été effectués jusqu'à 3 semaines après fin floraison (soit une semaine après la fin de la période de sensibilité aux attaques de punaises dans les conditions ouest africaines). L'envergure nouvelle donnée à cet essai par rapport aux études préliminaires menées en 1991 et 1992 a été rendue possible par l'acquisition d'une interface et d'un logiciel (Series IX pour Windows) permettant

d'automatiser et d'informatiser l'acquisition des données par le pénétromètre INSTRON, ce qui rend la méthode bien plus performante que lorsqu'on ne disposait que d'une simple table traçante. Les paramètres pris en compte suite aux mesures de pénétrométrie ont été la charge (force en N) requise pour pénétrer d'une profondeur de 1,5 mm à l'intérieur du grain, ainsi que l'aire sous la courbe (soit le travail en mJ pour cette pénétration).

Les résultats de l'étude des facteurs physiques n'ont été que partiellement analysés, à savoir ceux de l'essai méthodologique et ceux de la DS1. On n'a pas observé de différences en termes de dureté ni de teneur en matière sèche entre les grains issus de panicules auto-fécondées et celles en pollinisation libre. Le fait qu'on n'ait pas détecté d'effet « xénique » au niveau des paramètres mesurés n'est pas surprenant, le taux d'allogamie du tiers central de la panicule étant vraisemblablement quasi-nul. Bien que partiels, les résultats obtenus dans le cadre de l'étude des mécanismes de résistance, vont dans le même sens que ceux obtenus lors de l'étude précédente, à savoir des différences significatives dans la dureté, qui ne se retrouvent pas au niveau de la teneur en M.S. Celles-ci s'observent entre 2 et 3 semaines après la fin-floraison. Au niveau du durcissement du grain, la variété CCAL 1/13-1-1-1 se distingue de son parent sensible aux punaises. Il apparaît aussi dur que Malisor 84-7 l'était en 1991 & 1992.

Dans sa communication, M. Deu a donné les principes généraux de la cartographie moléculaire. La population utilisée pour la cartographie génétique du sorgho pour la résistance aux punaises, était une descendance F2 issue du croisement entre Malisor 84-7 (parent résistant aux punaises des panicules) et S34 (parent sensible). Cette population comportait 210 plantes F2. Pour la construction de la carte génétique, parmi les 345 sondes RFLP triées en combinaison avec cinq ou six enzymes de restriction, 81 ont révélé du polymorphisme entre les lignées parentales et ont donné des profils interprétables sur l'ensemble de la descendance. Parallèlement, sur les 49 marqueurs microsatellites testés, 14 ont donné des produits d'amplification exploitables sur l'ensemble de la population.

La carte génétique incluant l'ensemble des locus (81 RFLP et 14 microsatellites) a été construite avec le logiciel Mapmaker 3.0. La fonction de Haldane a été utilisée. Les marqueurs ont été réunis en groupes de liaison en utilisant un LOD score de 5 et une distance génétique maximale de 50 cM. La fonction 'ripple' a permis de définir l'ordre le plus probable, en comparant 5 par 5 (ou 7 par 7) les marqueurs de chaque groupe de liaison, au LOD score de 2.

Outre les notes visuelles (NOT) sous infestation artificielle de l'essai de caractérisation mené à Samanko en 1997 sur F2s, et naturelle (essai mené en 1999 sur F3s), on a pris en compte les paramètres suivants, mesurant l'attaque des punaises et calculés à partir des résultats de l'essai de caractérisation mené à Samanko en 1997 sur F2s :

- %PGMT: différence relative (en %) du poids de 1000 grains entre la partie protégée et la partie infestée de la panicule calculée sur l'ensemble des descendants.
- %PGM: même index mais calculé sur un sous-ensemble de 136 descendants.
- %GER: différence relative (en %) du taux de germination entre la partie protégée et la partie infestée de la panicule.
- DGER: différence absolue du taux de germination entre la partie protégée et la partie infestée de la panicule
- %VIT: augmentation relative (en %) de l'index de vitrosité entre la partie protégée et la partie infestée de la panicule
- XVIT: ratio entre l'index de vitrosité de la panicule infestée et de la panicule protégée.

La carte génétique établie à partir du croisement Malisor 84-7 X S34 comporte 92 loci répartis en 13 groupes de liaison. Elle couvre une distance génétique de 1160 cM. L'intervalle moyen entre deux marqueurs est de 14,2 cM. Trois marqueurs sont restés indépendants. Cette carte génétique a pu être comparée avec notre carte génétique composite du sorgho établie à partir de deux populations de lignées recombinantes. Cette dernière comporte 416 loci répartis en 11 groupes de liaison et couvre une distance génétique de 1495 cM. La composition et l'ordre des marqueurs de la nouvelle carte sont globalement en accord avec la carte composite, à l'exception de certaines zones du groupe B et F. La couverture du génome apparaît faible dans certaines zones ; en particulier, pour le groupe J (13,5 cM dans la nouvelle carte avec deux marqueurs) et dans les groupes A2, B, certains marqueurs sont séparés par une distance génétique supérieure à 40 cM.

Des corrélations significatives ont été observées entre tous les caractères mesurés en infestation artificielle. Les corrélations positives observées entre les six premiers caractères mesurés sur la population F2 en infestation artificielle (NOT, %PGMT, %PGM, %VIT, %GER, DGER) sont relativement élevées ($\geq 0,67$). Les plus faibles sont obtenues entre XVIT et chacun des six autres caractères. En revanche, aucun des sept caractères mesurés en infestation artificielle n'est significativement corrélé à la notation effectuée en infestation naturelle.

Dans un premier temps, la détection de QTL a été effectuée par la méthode du "simple interval mapping" (SIM) avec le logiciel PlabQTL, au LOD score de 2. Une deuxième analyse a été effectuée, avec le même logiciel, selon la méthode du "composite interval mapping" (CIM), au LOD score de 2 également. Pour chaque QTL détecté par la méthode SIM, le marqueur le plus proche du QTL a été choisi comme cofacteur en CIM. Un LOD score de 3 pour chaque test individuel a été déterminé par la méthode des permutations mise en œuvre dans le logiciel QTLcartographer pour un risque de première espèce de 5% au niveau du génome entier. Les QTL détectés avec un LOD score compris entre 2 et 3 sont donc considérés comme putatifs.

Les QTL détectés par les deux méthodes sont localisés sur les groupes de liaison C1, C2, D, E, F, G2 et I. Aucun QTL n'a été détecté pour %GER. Trois QTL expliquant plus de 10% de la variation phénotypique ont été détectés : un pour %PGM (groupe de liaison C2, R^2 de 13,2%) et deux QTL pour la notation en infestation naturelle. L'un est localisé sur le groupe de liaison D (R^2 de 16,2%) et l'autre sur le groupe de liaison E (R^2 de 26,1%).

Le groupe de liaison C2 semble jouer un rôle important dans la résistance aux punaises : un QTL pour %PGM expliquant 13,2% de la variation phénotypique est co-localisé avec un QTL putatif et à faible effet pour %VIT (R^2 de 5,1%). Cette co-localisation est en accord avec la forte corrélation phénotypique observée entre %PGM et %VIT (0,83). Une co-localisation de QTL est aussi détectée sur le groupe de liaison I. Elle concerne les QTLs putatifs pour %VIT et DGER. Enfin, les QTL putatifs pour NOT en infestation artificielle et DGER sont aussi co-localisés sur le groupe de liaison G2.

Synthèse des discussions

Concernant la communication présentée par A. Touré

Le processus de sélection a été précisé : les sources de résistance aux punaises sont Malisor 84-7 et certaines variétés locales reconnues résistantes. Les croisements se font dans tous les sens entre Malisor 84-7, les variétés locales et les variétés introduites. Les descendances F2, F3, F4 & F5 sont semées dans plusieurs localités du pays sous le contrôle du sélectionneur. Les entomologistes et pathologistes font des observations légères sur ces descendances. Les générations F6 sont remises à toutes les disciplines (entomologie, phytopathologie, malherbologie, laboratoire de technologie alimentaire). Chacun de son côté étudie de façon approfondie les problèmes liés à sa discipline. Ainsi à partir des F6, le volet Entomologie a développé deux étapes de criblage variétal. La 1^{ère} étape consiste en une évaluation préliminaire qui dure 2 ans en conditions naturelles. La dernière étape confirme ou infirme la résistance des variétés identifiées dans les pépinières préliminaires dans les conditions d'infestation artificielle pendant 3 ans.

Il a été souligné que les variétés étaient criblées à la fois pour les dommages de punaises et pour ceux des moisissures de grains. Sur cet aspect, ainsi que sur les niveaux de rendement (qui sont une expression de la tolérance de certaines variétés ou lignées aux infestations de punaises), peu de détails ont été donnés dans l'exposé, pour des contraintes de temps, mais ils sont disponibles dans les différents tableaux du document qui a été distribué.

Il a été précisé que toute la collection malienne de sorgho n'a pas été évaluée de façon systématique pour la résistance aux punaises des panicules, mais seules les variétés identifiées comme les meilleures par rapport à leur performance agronomique, comme CSM 388, CSM 219, CSM 63, CSM 228. Les variétés locales sont pour la plupart résistantes aux punaises. L'*a priori* favorable de résistance attribué aux écotypes locaux a d'ailleurs été utilisé dans le programme de création et sélection variétale, certains croisements ayant même impliqué deux parents locaux.

En revanche, une lignée comme 96-SB-F4-DT-129 est quant à elle issue du croisement entre Malisor 84-7, témoin de résistance aux punaises, et S 34, témoin de sensibilité aux punaises. Ce croisement avait en fait été effectué dans le cadre d'une étude cartographie moléculaire et de recherche de QTLs associés à la résistance aux punaises de Malisor 84-7.

Au niveau des facteurs/mécanismes de résistance, la forme paniculaire de type lâche, la longueur des glumes et la dureté des grains joueraient un rôle important dans la résistance de ces écotypes locaux. Des composés chimiques tels que les tannins et les phénols pourraient être impliqués dans la résistance d'autres variétés que Malisor 84-7, chez laquelle c'est surtout la dureté qui a été reconnue comme le paramètre le plus important dans la résistance. L'épaisseur du péricarpe ne jouerait pas un rôle important dans la résistance.

Concernant la communication présentée par G. Trouche

Il a été précisé qu'au niveau de la méthodologie de criblage pour la résistance à la cécidomyie, les risques d'échappement pour les variétés les plus précoces et les variétés très tardives étaient pris en compte. Ainsi sous infestation naturelle, on a essayé de minimiser les risques en criblant les écotypes locaux sur un site avec deux dates de semis (1996 à 1998) puis sur deux sites avec un semis tardif (1999). A Kouaré (Région Est du Burkina), les populations de cécidomyies sont déjà très importantes début septembre et causent ainsi des dégâts importants sur des variétés à floraison précoce ; à Farako-ba (Ouest), les cécidomyies apparaissent plus tardivement, au cours du mois d'octobre. Il a été précisé que la dynamique des populations de cécidomyies était suivie sur les bordures infestantes des essais. En outre, afin de confirmer la résistance des écotypes les plus intéressants, et pour prendre en compte le problème de préférence (choix) alimentaire, ces écotypes ont été évalués sous infestation artificielle durant cette campagne agricole 2000 ; les résultats seront présentés dans le rapport final du projet.

Au niveau des mécanismes et du déterminisme génétique de la résistance à la cécidomyie, il a été précisé que selon la littérature, celle-ci serait notamment liée à la morphologie des glumes et contrôlée par plusieurs gènes récessifs qui auraient principalement des effets additifs. Les mécanismes de résistance des écotypes locaux identifiés comme résistants dans le cadre du projet n'ont pas encore été déterminés ; il est envisagé de les étudier en 2001.

En tout état de cause, bien qu'au niveau d'un caractère comme le degré de couverture du grain par les glumes, la résistance à la cécidomyie et celle aux punaises semblent incompatibles, il est tout à fait envisageable de développer des variétés à résistance multiple. Il existe en effet au moins deux voies de combiner la résistance aux punaises et à la cécidomyie suivant les types de sorgho : (i) chez les sorghos guinea, le mécanisme de résistance à la cécidomyie lié à l'asynchronie entre l'anthèse et la période d'activité de ponte des cécidomyies dans la journée est compatible avec des glumes longues qui apportent la résistance aux punaises ; (ii) chez les sorghos caudatum, la résistance aux punaises de Malisor 84-7 n'est pas déterminée par la longueur des glumes mais par un durcissement rapide des grains, ce qui est compatible avec des glumes courtes et imperméables conférant la résistance à la cécidomyie ; c'est par cette voie que la variété CCAL 1/13-1-1-1 a été mise au point.

Des précisions ont été données quant au concept de « Lutte intégrée, régionalisée et participative contre les ravageurs », évoqué dans la partie « Conclusion et perspectives » de l'exposé. Celui-ci repose sur le fait que l'importance des espèces d'insectes ravageurs diffère selon les régions, et qu'aucune solution de lutte intégrée ne peut être généralisée à l'ensemble d'un pays ; il est donc nécessaire de trouver des solutions de lutte intégrée adaptées à chaque région visant un ravageur ou un groupe de ravageurs donnés en impliquant les producteurs. Il a par ailleurs été confirmé que la productivité restait bien entendu un objectif de sélection très important dans le programme de sélection pour la résistance à la cécidomyie et aux autres ravageurs.

Concernant les communications présentées par A. Ratnadass

Concernant les études sur la résistance aux foreurs des tiges, on a précisé qu'il n'y avait pas de taux de cœurs morts prédéfini, pouvant être utilisés pour déterminer le caractère résistant ou sensible d'une variété aux foreurs des tiges sous infestation artificielle ou naturelle. Il faut regarder si les différences sont significatives ou pas. Lorsqu'elles le sont, les variétés se situant dans le groupe de signification du témoin résistant sont classées comme résistantes, celles se situant dans celui du témoin sensible sont classées comme sensibles. En conditions d'infestation artificielle toutefois, on considère généralement que le seuil de résistance est d'environ 30% de cœurs morts.

De fait, il faudrait aller jusqu'à l'estimation de la perte de rendement, pour prendre en compte les éventuels phénomènes de tolérance ou de récupération (compensation). Cela n'a pas été fait dans le cadre des pépinières dont les résultats ont été présentés, car il aurait fallu prévoir un dispositif spécial pour rendre compte de différences de rendement (split-plot avec parcelles protégées par exemple). Cela a en revanche été fait dans le cadre d'études préliminaires et les résultats avaient montré que c'est le paramètre « taux de cœurs morts » qui était le plus lié à la perte de rendement alors que la note de dégâts foliaires ne se traduisait pas nécessairement par une baisse de rendement.

Sur la base des résultats actuels du projet, les perspectives d'utilisation des résistances ou tolérances aux foreurs sur le plan marquage moléculaire sont inexistantes. La résistance variétale « classique » n'est d'ailleurs peut-être pas la meilleure approche dans le cas des foreurs. L'ICRISAT-Inde s'oriente, en collaboration avec le CIRAD, vers la transgénèse avec gènes de Bt. Toutefois, le matériel « créé » dans le cadre du projet INCO, ou bien les RILs de l'ICRISAT-Inde restent disponibles pour des études telles que celle qui aurait dû être effectuée par un thésard ivoirien cette année. S'il avait été envisagé de mener de tels essais à Samanko où les foreurs de tiges ne

constituent pas un problème, ce qui est un avantage lorsqu'on veut s'assurer d'une pression uniforme sous infestation artificielle, ces études pourraient aussi être menées en Afrique australe (ICRISAT-Zimbabwe) en collaboration avec l'Afrique du Sud.

Concernant la méthodologie d'évaluation du durcissement du grain de sorgho en maturation, il a été précisé que les grains de sorgho étaient soumis au pénétromètre du stade d'« ovaire fécondé » au stade pâteux à semi-dur, ce qui recouvre bien la période de sensibilité aux piqûres de punaises. Les prélèvements effectués deux fois par semaine avaient déjà permis de mettre en évidence des différences entre variétés lors de l'étude préliminaire menée il y a une huitaine d'années. Une étude méthodologique pourrait être menée sur quelques variétés avec des prélèvements plus rapprochés (quotidiens ?) pour mieux appréhender la dynamique du durcissement et de l'accumulation de matière sèche. Mais il n'est pas envisageable d'effectuer des prélèvements quotidiens dans une étude de routine.

On a étudié par ailleurs la possibilité d'utiliser sur le terrain un pénétromètre plus simple mais tout aussi précis, mis au point par l'INRA/INSA de Lyon (France) à partir d'une balance Mettler. Le projet a été abandonné car se posait le problème d'automatisation de l'acquisition des données (interface et logiciel non disponibles commercialement comme dans le cas de l'INSTRON).

Les études de pénétrométrie appliquées au grain pourraient-elles être adaptées pour étudier des caractères de résistance aux foreurs des tiges, pour étudier le rôle éventuel de barrières mécaniques dans la résistance du sorgho à *Busseola fusca* ; on envisage d'ailleurs de mener de telles études en 2001. De telles études ont été menées ou sont en cours sur riz et sur canne à sucre, respectivement vis-à-vis de *Chilo suppressalis* et *C. sacchariphagus*. Mais elles font appel à un matériel de pénétrométrie différent.

Une inquiétude a été exprimée quant à l'apparent manque d'intégration des efforts pour atteindre des résultats vulgarisables, les recherches semblant se faire isolément pour chaque groupe de ravageurs, hypothéquant *a priori* les possibilités d'utilisation future de certaines variétés telles que Malisor 84-7, résistante aux punaises mais sensible aux foreurs. Il a alors été précisé que si les criblages variétaux permettaient d'identifier des sources de résistance par rapport à un insecte ou à une maladie, seule la lutte intégrée permettait de prendre en compte un ensemble de problèmes. Une variété ne peut en effet pas être résistante à la fois à toutes les maladies et tous les ravageurs, et il faut donc avoir recours à d'autres méthodes pour maîtriser les ravageurs non pris en compte par les résistances d'une variété donnée.

Concernant la communication présentée par M. Deu

Il a été précisé que les caractères mesurés (vitrosité, poids de 1000 grains, germination) étaient les critères « classiquement » pris en compte pour apprécier la réaction des grains de sorgho aux attaques de punaises, car ils sont fortement corrélés à la note visuelle d'attaque. Il y aurait aussi le pourcentage de flottaison, qui est très fortement corrélé à l'attaque, mais on ne disposait plus d'assez de grains par ½ panicule pour le mesurer, une fois les autres analyses effectuées. L'indice d'augmentation de la note de vitrosité est le paramètre le plus « discutable » dans la mesure où S 34 a une note déjà proche du maximum avant infestation, contrairement à Malisor 84-7, qui bien que présentant une note « raisonnable » après infestation, verra son indice > à S 34.

Les résultats obtenus vont dans le sens de ceux évoqués par A. Touré, à savoir le caractère récessif de la résistance aux punaises. Par ailleurs, au terme de l'étude de cartographie moléculaire qu'il a menée lui-même à partir du même croisement, A. Touré a abouti à des conclusions similaires. Il a notamment trouvé peu de polymorphisme entre Malisor 84-7 et S 34. D'autre part, il a été confronté à la co-existence de deux souches de S 34, la première qui donnait un polymorphisme, alors que c'est une autre qui a été utilisée dans le croisement et l'étude des descendance. Le nombre de marqueurs polymorphes était insuffisant pour couvrir le génome, et il était donc difficile de trouver des marqueurs se superposant aux QTLs.

Quant aux nouvelles perspectives ouvertes en matière de résistance aux punaises, on pourrait envisager une sélection précoce assistée par marqueurs après une poursuite de ces travaux (après confirmation des QTLs trouvés dans des dispositifs multilocus et confrontation des résultats du CIRAD avec ceux des travaux conduits par A. Touré en infestation naturelle sur 158 familles F3). Il faudrait ensuite trouver des nouveaux marqueurs beaucoup plus proches des QTLs qui permettraient d'être sûrs que l'on suit bien les QTLs, dans un projet de SAM.

Une recherche de QTL sur la résistance à *B. fusca* n'est pas encore envisageable actuellement. Il est préférable avant de se lancer dans la recherche de QTL de s'assurer de la résistance/sensibilité effective des parents des

croisements étudiés et surtout de disposer de paramètres de caractérisation de la résistance/sensibilité très fiables, répétables, et permettant de noter facilement un grand nombre d'individus.

Rapport de la Session II : Volet insecticides dérivés de plantes (matinée du 05/12/00)

Modérateur : B. Barkiré (INRAN, Niger)

Rapporteur : A. Ratnadass (CIRAD, France)

Résumé des communications

Sept communications devaient être présentées à cette session (cf. programme en Annexe), les travaux de l'UNI-HD, dont l'absence des représentants a encore été regrettée, étant présentés pour partie par le CIRAD et le CNESOLER. Ainsi, J.M. Vassal a regroupé les trois présentations prévues respectivement sur l'analyse phytochimique des esters de phorbol de l'huile de pourghère, l'étude de leur mode d'action sur leur(s) cible(s) moléculaire(s), enfin l'évaluation au laboratoire de leur activité toxique, particulièrement insecticide.

Puis C. Dembélé a présenté les travaux relatifs à l'amélioration des techniques d'obtention d'extraits de pourghère à propriétés insecticides, et de formulation de ces extraits, et ceux sur la dynamique des esters de phorbol dans les graines et plantes de *Jatropha curcas* et leur rémanence dans les conditions naturelles. La présentation d'A. Samaké a ensuite porté sur l'étude des effets mutagènes/cancérigènes des esters de phorbol, particulièrement l'étude clinique sur les effets carcinogènes de l'huile de pourghère sur la peau au Mali. Enfin, D. Dakouo a présenté les études d'évaluation de l'efficacité au champ d'insecticides dérivés de plantes sur les ravageurs du sorgho.

La première présentation a fait ressortir le regain récent général d'intérêt pour les insecticides botaniques comme alternative aux insecticides synthétiques, dans un contexte où le coût de la protection est de plus en plus élevé. A l'instar de l'Azadirachtine extraite du neem, qui est le seul « nouvel » insecticide botanique à être commercialisé, les qualités suivantes doivent être réunies pour qu'une utilisation à grande échelle soit envisageable : absence de toxicité envers la faune et la flore, biodégradabilité, production rapide par la plante, procédures de purification et de formulation « au point ».

Dans le cas du pourghère, l'étude phytochimique de la fraction « esters de phorbol » responsable des effets insecticides de l'huile, a été réalisée par HPLC, RMN et Spectrométrie de Masse. Quatre pics représentant l'essentiel de cette fraction « esters de phorbol » correspondent respectivement à l'ester de phorbol DHPB, à un stéréoisomère de ce DHPB, au DAP (qui n'est pas un ester de phorbol mais un diacylglycérol), enfin à un monoacylglycérol. Le DHPB et le DAP sont les plus actifs dans l'activation de la cible moléculaire Protéine Kinase C (PKC), activité qu'on a mis en évidence *in vitro* & *in vivo*, après avoir notamment établi un système sensible et spécifique impliquant des larves d'*Hydractinia*.

L'absence d'action neurotoxique, qui distingue les esters de phorbol des insecticides synthétiques, est à cet égard intéressante. S'ils sont toxiques sur les vertébrés et les humains, leur spectre d'action sur les invertébrés et en particulier sur les insectes, est très large. Ils possèdent aussi un effet molluscicide important.

Les études sur leurs propriétés insecticides dans le cadre du projet ont consisté à caractériser et quantifier la toxicité des extraits de pourghère (mode d'action, relation dose-effet). Dans le cas de la chenille paniculaire *Helicoverpa armigera*, sur laquelle l'essentiel des travaux ont porté, il a été établi l'absence de toxicité par contact sur les larves, mais un effet larvicide par ingestion et un effet ovicide par contact, ainsi qu'un effet répulsif ou anti-appétent sur les larves, et des effets différés consécutivement au traitement d'œufs nouvellement pondus, se manifestant au niveau des stades de développement ultérieurs, et sur la fertilité des adultes. Ce sont d'abord des problèmes de transfert de technique d'élevage, puis de disponibilité de matière active pour les tests, qui ont fait que l'étude similaire prévue sur *Busseola fusca*, n'a finalement pas été réalisée. En revanche, les résultats d'études préliminaires réalisées sur *Rhyzopertha dominica* suggèrent une activité par contact sur cet insecte.

Dans sa présentation, C. Dembélé a indiqué que l'équipement utilisé dans les extractions a consisté d'abord en un Rotagaz (utilisé dès le temps de la GTZ), puis un Rotagaz amélioré (sous le Projet INCO), enfin un Rotavapor, acheté pour évaluer et comparer la qualité des extraits obtenus avec le Rotagaz. La technique

d'extraction comprend une phase de mélange avec agitation pendant 15 mn, puis une décantation pendant 2 h. Selon l'extraction, on a obtenu 2,9 à 1,6% d'extrait (par rapport à la masse de l'huile). En 1994, les teneurs en EP de l'extrait représentaient 20 à 30%, celles de l'huile de 1,6 à 2%. En 2000, les teneurs en EP de l'extrait étaient « tombées » à <5%, et celles de l'huile à 0,12%. On a malgré tout procédé à la formulation des extraits pour une application insecticide.

Concernant la teneur et la dynamique des EP dans la plante et dans l'environnement, le pourghère contient comme substances toxiques les EP et des lectines. On a étudié la dynamique des EP dans les plantes de *J. curcas*. Les teneurs les plus fortes ont été observées dans les graines. Ces composés sont métabolisés par la plantule. On ne peut extraire que 95% des EP contenus dans l'huile. La teneur théorique de l'huile en EP est de 2%, mais en 1999 & 2000, la teneur était <0,5% dans l'huile du Mali. On constate une chute de la teneur en EP des extraits, sous l'effet du soleil. Dans l'eau, les EP se décomposent beaucoup plus vite à la lumière qu'à l'obscurité.

L'exposé de A. Samaké a porté essentiellement sur l'étude « épidémiologique » réalisée au Mali par les Drs H.A. Touré & S. Nanacassé. Le but en était la recherche des effets secondaires sur la peau dans les régions où un programme de vulgarisation du « système pourghère » avait été lancé depuis 1989. Un bref résumé sur les études réalisées en Allemagne a été présenté. Les tests de Wink ont été effectués *in vitro* sur cellules hépatiques humaines et *in vivo* sur *Salmonella* (test d'Ames). La conclusion de ces deux types d'études est que l'huile et les EP n'ont pas d'effet mutagène. Cela n'exclut toutefois pas l'activité co-carcinogène qu'on lui attribue du fait de sa cible moléculaire.

La présentation de D. Dakouo a porté sur l'évaluation de l'efficacité au champ de produits formulés par le CNESOLER. De 1997 à 1999, l'INERA a travaillé sur les foreurs, l'IER sur les punaises, et le CIRAD sur les foreurs. Au Burkina, il y a eu des gains de rendement en 1999, moins évidents en 1998. Ceux-ci ont surtout concerné le Neem.

Synthèse des discussions

Concernant les communications présentées par J.M. Vassal

La question a été posée de savoir si les produits dérivés des plantes pouvaient contribuer à l'indépendance vis-à-vis des firmes étrangères, et notamment si celles-ci pouvaient être contournées dans la formulation en vraie grandeur de ces produits. Si le pays possède la matière première, il peut développer son industrie. Ainsi, le Sénégal possède une firme phytosanitaire qui fournit de l'azadirachtine. Par ailleurs, les analyses de m.a. peuvent se faire en collaboration avec les firmes. En revanche, dans la formulation, il faut chercher à substituer les adjuvants importés par d'autres disponibles localement. D'ailleurs, dans le cadre du projet, si les échantillons sont envoyés en Allemagne pour analyse, ils sont en revanche formulés au Mali.

L'intérêt des résultats obtenus sur *H. armigera* (activité sur les œufs & néonates) a été souligné, en tant que tels, et dans une perspective d'application à *B. fusca*, qui est aussi une noctuelle. Il a été précisé que les résultats sur *B. fusca* n'ont pas été obtenus en raison des difficultés rencontrées dans l'élevage de cette espèce. *Rhyzopertha dominica* a été choisi par « opportunisme », puisqu'on disposait de l'insecte à Montpellier. Le problème de résidus sur les grains devra être abordé ultérieurement. Il est quand même intéressant qu'on ait pu constater sur ce coléoptère une action par contact tarsal sur papier-filtre (dans le cadre d'une expérimentation « standard »). En effet, si les EP agissent par ingestion sur la plupart des insectes testés, ce n'est que par contact qu'ils pourraient être efficaces sur des piqueurs-suceurs. Il aurait été opportun de mener de telles études sur *E. oldi*, mais on ne sait malheureusement pas élever cette espèce.

Il a été précisé que sur les 19 espèces citées comme étant sensibles aux EP dans la bibliographie, il y a des piqueurs-suceurs t.q. *Aphis gossypii* & *Empoasca*, ce qui laisse supposer une action par contact, qui pourrait éventuellement se manifester aussi contre les « spittle-bugs » comme *Poophilus costalis*.

L'intérêt de l'activité molluscicide des EP a été souligné, pas seulement en santé publique, mais aussi en agriculture, comme en témoignent des observations récentes par A. Ratnadass de dégâts d'escargots sur sorgho à Montpellier, et de limaces sur riz en Guyane française.

Concernant les communications présentées par C. Dembélé

Il a été précisé que dans le processus d'extraction des EP (cas du Rotagaz initial), c'est l'extérieur du seau en plastique qui est réchauffé jusqu'à 60°C, la solution étant à une température comprise entre 30 & 40°C ; il n'y a

donc pas de risque d'inactiver les EP. A la question de savoir si le coût des extraits avait été chiffré (à partir des coûts d'extraction et de formulation au laboratoire), il a été répondu que cela n'avait pas encore été fait, la priorité ayant été accordée aux tests.

Même si on admet que d'une part il est difficile de procéder à l'extraction de 100% des substances actives, et que d'autre part on peut s'accommoder sans problème de possibilités de variation chimique du mélange extrait (l'essentiel, dans un produit naturel, étant le bilan biologique obtenu à partir du produit), les faibles valeurs et la grande variation des % d'EP observées entre 1999 & 2000 demandent des explications.

Parmi les facteurs explicatifs, on mentionnera les conditions d'extraction de l'huile, qui ne semblent toutefois pas impliquées dans notre cas (c'est quand cette extraction se fait à plus de 120°C que les EP sont détruits). Par ailleurs, les échantillons ont été conservés au réfrigérateur dans l'obscurité, et envoyés à l'UNI-HD par courrier express, dans des thermos avec de la glace. Quant aux analyses effectuées à l'UNI-HD, le CNESOLER a déclaré n'avoir presque pas eu d'information sur les méthodes d'analyse. Quant à lier la variation en teneur des EP à l'origine des graines, elle n'est pas à exclure, car il y aurait plusieurs dizaine de variétés de pourghère au niveau du Mali, et on observe des différences dans la couleur même de l'huile. Toutefois, l'huile utilisée dans le cadre des expérimentations du projet ne provenait que de Kita ou de Falan.

Concernant la communication présentée par A. Samaké

Il a été précisé comment et quand les populations peuvent être en contact avec la sève de pourghère, i.e. au moment de la collecte des graines, la coupe des boutures et les applications thérapeutiques des sèves contre le mal des gencives, la cicatrisation des plaies. Les prurits causés disparaissent après lavage.

Concernant la communication présentée par D. Dakouo

Il a été précisé qu'avant le projet INCO, les études préliminaires avaient malgré tout montré une certaine efficacité des EP. Par ailleurs, deux solvants (ShellSolA & le Méthanol) ont une action phytotoxique, et celle-ci ne peut pas être facilement résolue en jouant sur la dilution, car cela entraînerait encore une baisse d'efficacité du produit.

Rapport de la Session III : volets phéromones sexuelles et lutte intégrée (après-midi du 05/12/00)

Modérateur : P. Tanzubil (SARI, Ghana)

Rapporteur : C. Dembélé (CNESOLER, Mali)

Résumé des communications

Six communications devaient être présentées à cette session :

- Piégeage sexuel de *B. fusca* (Résultats obtenus en station et en milieu paysan au Burkina Faso et au Mali) par D. Dakouo
- Lutte intégrée contre les insectes ravageurs du sorgho au Mali (Y.O. Doumbia, A. Bamba & K. Conaré)
- Lutte intégrée contre les insectes ravageurs du sorgho au Burkina (D. Dakouo & G. Trouche)
- Connaissance des pratiques paysannes de lutte contre les ravageurs du sorgho (P. Coulibaly & B. Diallo)
- Lutte intégrée contre les maladies du sorgho (A. Neya)
- Approche de lutte intégrée contre *Striga hermonthica* (Del.) Benth. en culture de sorgho au Burkina Faso (H. Traoré)

Pour des raisons de surcharge du programme, mais aussi pour respecter une certaine logique, les deux dernières communications ont été reportées à la session IV du lendemain. Une communication supplémentaire sur la génétique des populations de punaises a été présentée par A. Ratnadass : Caractérisation morphométrique et moléculaire de population de punaises *Eurystylus oldi* du Mali et du Burkina Faso.

Les études de piégeage phéromonal présentées par D. Dakouo ont été effectuées dans les stations de Samanko et de Farako-ba. Le dispositif de piégeage sexuel de *Busseola fusca* a été mis au point après des études préliminaires. Le piégeage phéromonal s'est montré efficace autant en station qu'en milieu paysan. Durant les années où l'étude a été effectuée, on a observé la même tendance quant à l'évolution des captures par site en fonction des semaines conventionnelles, à savoir deux pics annuels : le 1^{er} vers la 31^{ème} semaine, le 2^{ème} pic vers la 41^{ème} semaine. En 1997 il y a eu beaucoup de captures (8.000 mâles de *B. fusca*).

Les travaux présentés par A. Ratnadass n'étaient pas au départ inscrits au cahier des charges du projet. Ils ont été menés en « remplacement » de certaines activités n'ayant pu être conduites, notamment sur les foreurs des tiges. Ces travaux s'inscrivaient tout à fait dans la philosophie du projet, leur objectif principal étant de proposer des techniques culturales fondées sur la gestion des hôtes alternatifs visant à réduire l'infestation du sorgho par la punaise *E. oldi* (suite à l'identification récente de plusieurs hôtes alternatifs de cette espèce). En effet, on ne sait pas pourquoi cette espèce, bien que présente sur le ricin dans toute l'Afrique sub-saharienne, n'est devenue un ravageur important du sorgho qu'en Afrique de l'Ouest, et pas dans les parties orientale et australe du continent. On doit envisager un certain degré d'isolement entre populations inféodées à des hôtes spécifiques ("host-races" ou biotypes au sens large), et il importe donc d'identifier les flux géniques entre les différentes populations observées en un lieu donné où coexistent plusieurs hôtes.

Dans cette optique, on a prélevé en 1999 au Mali et au Burkina des spécimens sur 12 populations ainsi que quelques individus isolés d'*E. oldi* différant par leur origine géographique (cinq sites au Mali ; trois au Burkina) et leur hôte (Sorgho, Ricin, Pois d'Angole, Manguier & Mil). Treize paramètres morphologiques ont été mesurés sous loupe binoculaire munie d'un micromètre optique. Parallèlement, on a évalué le potentiel des marqueurs moléculaires pour une telle caractérisation. On a d'une part extrait l'ADN des têtes d'individus d'une population d'*E. oldi* qui a servi à la construction d'une banque enrichie en marqueurs microsatellites par le Laboratoire BIOTROP (CIRAD-AMIS), et d'autre part effectué un essai RAPD au Laboratoire IGEPAM (CIRAD-AMIS) avec deux amorces utilisées par le laboratoire pour caractériser des populations de l'aleurode *B. tabaci*, à partir des têtes des individus étudiés dans l'analyse morphométrique.

Concernant l'analyse morphométrique, l'AFD effectuée sur les seules femelles n'a pas mis en évidence de différences significatives entre les populations. Il faudra reprendre cette analyse en rajoutant des observations, soit à partir des spécimens supplémentaires dont on dispose, soit à partir de nouveaux échantillons prélevés en fin d'hivernage 2000.

Concernant les marqueurs moléculaires, les deux premières phases de la mise au point des microsatellites (détection et clonage) ont été réalisées et 100 clones positifs ont été envoyés pour séquençage au Génoscope. On

a montré que la technique RAPD “ marchait ” et mettait en évidence un polymorphisme au niveau de plusieurs bandes, particulièrement avec l’amorce H16.

Quand les résultats seront reçus du Génoscope, il s’agira d’analyser les séquences et définir les amorces permettant l’amplification des microsatellites punaises, avant de les « passer » sur les populations de punaises prospectées. Concernant les RAPD, on pourra passer toutes les amorces disponibles au laboratoire et utilisées sur *B. tabaci* (soit une dizaine), sur les populations de punaises prélevées en 1999 et en 2000. En effet, en Octobre 2000, plusieurs individus d’*E. oldi* ont été prélevés au Mali à Samanko sur pois d’Angole et sur sorgho, et à Tioribougou sur ricin et sur sorgho ; de nouveaux prélèvements ont aussi été effectués au Burkina à Farako-ba.

Dans la présentation des travaux de l’INERA sur la lutte intégrée au Burkina, D. Dakouo a d’abord indiqué que les contraintes biotiques variaient en fonction des régions, et qu’il était donc nécessaire de développer une approche de lutte intégrée à l’échelle régionale contre un ravageur ou un groupe de ravageurs. Ainsi, à l’Ouest les principaux ravageurs sont les foreurs de tiges, la cécidomyie et les punaises. Au Centre-ouest et à l’Est, ce sont les punaises et la cécidomyie.

A l’actif du projet en matière de techniques de lutte ont d’abord été mentionnées des sources de résistance à la cécidomyie du sorgho : au moins 10 écotypes locaux à haut degré de résistance ont été identifiés. On a également identifié des lignées résistantes à la cécidomyie avec un niveau de tolérance pour le complexe punaises-moisissures et les maladies foliaires (10 F8, 20, F7 et 23 F6). Les lignées CCAL 1/13-1-1-1 et BF 94-6/11-1K-1K associent une double résistance à la cécidomyie et aux punaises et une excellente productivité. On peut aussi citer comme acquis la mise en évidence de l’efficacité des extraits de poudre d’amandes de neem à la dose de 200 g/litre contre les foreurs de tige, et celle de l’efficacité du piégeage phéromonal de *Busseola fusca* aussi bien en station qu’en milieu réel dans la région Ouest. Par ailleurs, selon les enquêtes réalisées dans les régions Centre-Ouest et Est, certaines pratiques culturales comme la gestion des résidus de récolte ou la culture du sorgho rouge à proximité du sorgho blanc plus tardif favorisent les attaques des insectes ravageurs.

Les « packages » de lutte intégrée proposés varient donc suivant les régions. Ainsi, dans la région Ouest, on propose d’utiliser le piégeage phéromonal pour suivre l’importance et l’évolution des populations de *B. fusca* en milieu réel, de réaliser des traitements insecticides au stade végétatif avec des extraits d’amande de neem à la dose de 200 g/litre et de gérer de manière raisonnée les résidus des récoltes, en particulier les tiges hébergeant des larves de foreurs de tiges. Dans les régions Centre-Ouest et Est, on propose d’utiliser des variétés résistantes à la cécidomyie et tolérantes aux punaises, de ramasser et détruire les panicules vides (brûlage, compostage, alimentation des animaux) et on doit éviter la culture du sorgho blanc tardif à proximité du sorgho rouge précoce.

L’étude présentée par A. Bamba au titre des travaux de l’IER sur la lutte intégrée au Mali, concernait des tests menés de 1997 à 1999, comportant six variétés améliorées (N’Ténimissa A et B, Malisor 92-1, Dusu-suma, N’Darila et Malisor 84-7) et la variété locale. Les tests ont été conduits dans cinq villages dont trois dans la région de Koulikoro (Sèguè, Séribougou et Sikouna) et deux dans la région de Ségou (Sangoué et Ouendja). Il y a toujours eu deux dates de semis par an. Les observations ont porté sur : les dates de semis, les stades phénologiques, l’identification et le dénombrement des punaises, l’évaluation de leurs dégâts ainsi que ceux des moisissures, enfin l’évaluation de la productivité des différentes variétés.

Les insectes les plus importants en nombre rencontrés sont *Eurystylus oldi*, *Campylomma* sp. et *Creontiades pallidus* ; *E. oldi* étaient dominants sur les variétés Dusu-suma et N’Darila ; leurs niveaux de populations étaient les plus élevés à Sangoué et Séribougou, tandis que la plus forte population de *C. pallidus* était rencontrée à Ouendja. Les variétés les moins infestées étaient Malisor 84-7, les différentes variétés locales et la variété N’Ténimissa. La population d’*E. oldi* était plus importante sur les deuxième dates de semis.

En 1997 la note visuelle de dégâts de punaises était de 1 pour Malisor 84-7 sur l’ensemble des sites et de 7,6 pour Malisor 92-1 et N’Darila à Sangoué et Séribougou. En 1998 la note visuelle était assez bonne (de 1 à 4,1) pour toutes les variétés. En 1999 les meilleures notes visuelles des dégâts causés par les punaises ont été observées chez les variétés Malisor 84-7, les différentes variétés locales et les variétés N’Ténimissa, et les moins bonnes chez la variété Malisor 92-1. Les notes visuelles des dégâts de la moisissure suivent la même tendance.

En 1999, le faible rendement des variétés N’Ténimissa A et B et Malisor 92-1 à Séribougou, N’Ténimissa B à Sikouna est dû en partie à l’excès d’eau. Le faible niveau de rendement des variétés à Ouendja en 1998 relève de la forte attaque du charbon allongé, des oiseaux granivores et de la sécheresse. Le meilleur rendement a été observé chez la variété Malisor 92-1, qui à ce titre répond bien aux objectifs du programme. Malisor 84-7,

N'Ténimissa B ont été adoptées par les paysans de Sikouna du fait de leur résistance aux punaises et de leur qualité culinaire. N'Ténimissa A, Malisor84-7 et N'Darila ont été choisies à Sangoué. A Ouendja, ce sont Malisor 92-1, N'Darila et Malisor 84-7 qui ont été adoptées. A Séribougou le choix des paysans a porté sur N'Ténimissa A et B. A Segué c'est la variété Malisor 92-1 qui a été adoptée par les paysans.

L'objectif de l'étude présentée par P. Coulibaly et B. Diallo était d'apprécier l'ampleur des attaques de ravageurs (insectes, maladies, Striga) comme facteurs limitants dans la production du sorgho et de cerner la perception des producteurs sur les méthodes de lutte existantes. Une enquête par questionnaire a été conduite auprès d'un échantillon de producteurs dans deux régions agro-écologiques du Burkina : la zone soudanienne Est (région Est) c'est-à-dire la province de Gourma (trois villages) ; et la zone soudanienne Ouest (région Centre) c'est-à-dire la province de Sangué (trois villages).

Ce sont en tout 28 variétés de sorgho, rouges et blanches, qui sont utilisées par les paysans, soit 10 (huit blanches et deux rouges, avec au maximum deux variétés par paysan) en région Est, et 18 en région Centre (autant de blanches que de rouges, avec jusqu'à sept variétés par paysan). Les résultats montrent que la plupart des variétés de sorgho utilisées par les producteurs sont très sensibles aux ravageurs, seules les variétés rouges montrant une certaine résistance. Le critère de choix des variétés est le rendement, suivi de la qualité des grains. La résistance de variétés aux ravageurs n'est pas apparue comme déterminante dans le choix variétal.

Au niveau des contraintes biotiques de la production, les paysans classent les insectes en premier, avant le Striga et les maladies. Pour eux, les principaux symptômes d'attaques d'insectes sont les tiges perforées, le jaunissement/rougissement des feuilles, et les panicules vides. La nuisance des ravageurs est jugée importante dans la région Est (Fada), et très importante dans la région Centre (Réo).

Les facteurs considérés comme favorisant l'apparition des ravageurs sont la pluviométrie, les résidus de récolte et la présence d'hôtes alternatifs à Fada, la pluviométrie plus importante et les retards de semis à Réo.

Les producteurs sont eux-mêmes responsables de l'apparition des ravageurs dans leurs champs, du fait de certaines de leurs pratiques, comme l'abandon de résidus de récolte au champ. En effet, 75% des producteurs pensent que les résidus de récolte ont un effet bénéfique en fertilisant les champs.

Synthèse des discussions

Concernant les communications présentées par D. Dakouo

Concernant le piégeage phéromonal, il a été précisé que compte tenu du grand nombre de *B. fusca* capturés par année par le piège, il était possible d'envisager l'utilisation de ce piégeage comme moyen de lutte, si toutefois on arrivait à résoudre le problème du coût et de la disponibilité des capsules de phéromone. Au niveau de l'importance relative des foreurs, il a été précisé que *B. fusca* était devenu largement dominant depuis 1995 à Farako-ba, sans qu'on explique pourquoi il avait pris le pas sur *Sesamia* et *Eldana*. Il a été confirmé que les phéromones étant très spécifiques, elles ne pouvaient être utiles qu'à la lutte contre l'insecte-cible. Les facteurs climatiques constituent les facteurs les plus importants de variation annuelle des effectifs d'insectes capturés. Quant aux pics observés chaque année entre la 36^{ème} et la 46^{ème} semaines, ils correspondent aux vols suivant l'émergence des mâles adultes des deux générations annuelles *B. fusca*.

Concernant la lutte intégrée contre les insectes ravageurs du sorgho au Burkina, l'attention a été attirée sur la nécessité dans le cas du traitement avec l'extrait de neem, de parler réellement en termes de dose (correspond au poids d'extrait par unité de surface, de poids, etc.), et pas seulement de concentration (200 g d'amandes/litre ?). On a estimé que l'approche « Lutte Intégrée Régionalisée » était une conception intéressante à approfondir. Elle devait surtout nous amener à proposer des fiches techniques des acquis du projet à l'intention des vulgarisateurs et paysans.

Concernant la communication présentée par A. Bamba

Il a été confirmé que la tendance générale montrait que le nombre de punaises était plus élevé pour la 2^{ème} date que pour la 1^{ère} (le graphique présenté au titre de 1997 constituant justement une exception à cet égard). Par ailleurs, le problème de casse fréquente des pédoncules chez N'Ténimissa A, défaut constituant un problème pour l'adoption de cette variété, aurait été rectifié dans la version B.

A la « critique » que le thème de l'étude semblait plutôt l'adoption de variétés résistantes aux punaises que la lutte intégrée, il a été répondu d'une part que la date de semis était aussi évaluée comme méthode de lutte

culturelle, et d'autre part que les dégâts de moisissures étaient aussi pris en compte. On se situe donc bien dans un contexte de protection intégrée.

Concernant la communication présentée par P. Coulibaly

Cette présentation a suscité de nombreux commentaires positifs, du fait du caractère innovateur de l'étude entreprise et de l'intérêt des résultats présentés. Il a été précisé que même si le cycle des variétés rouges n'est pas systématiquement plus court que celui des variétés blanches, celles-ci sont alors semées plus tôt de façon à être récoltées en premier. De toute façon, les résultats présentés concernant les cycles variétaux ne sont pas très précis, car basés sur des estimations par les paysans, à qui il a été demandé de donner les cycles des variétés (date de semis, dates de récolte). Par ailleurs, le sorgho blanc serait de plus en plus abandonné à Kouaré à cause des ravages du Striga. Il a par ailleurs été précisé que les traitements phytosanitaires auxquels il était fait référence dans l'enquête étaient les traitements de semences.

Rapport de la Session IV : Présentations des partenaires/autres acteurs (matinée du 06/12/00)

Modérateur : S. Da (INERA, Burkina)

Rapporteur : A. Bamba (IER, Mali)

Résumé des communications

En l'absence, pour des raisons de santé indépendantes de sa volonté, du représentant du Togo et suite au report de deux communications initialement prévues la veille, ce sont finalement sept présentations qui ont été faites au cours de cette session :

- Sorghum entomology in Northern Ghana (P.B. Tanzubil).
- Le programme d'entomologie du sorgho de l'ICRISAT (A. Ratnadass & O. Youm)
- Les travaux du projet FIDA (O. Youm)
- Recherche et valorisation du Neem (*au Niger*) : Essai d'amélioration de l'efficacité insecticide des extraits à partir de ressources naturelles locales (B. Barkiré)
- Les travaux du ROCARS au Burkina Faso (A. Neya)
- Approche de lutte intégrée contre *Striga hermonthica* (Del.) Benth. en culture de sorgho au Burkina Faso (H. Traoré)
- Lutte intégrée contre les maladies du sorgho au Burkina Faso (A. Neya)

Dans sa présentation, P.B. Tanzubil a indiqué qu'avec 335.000 T produites par an, le sorgho constituait la céréale la plus importante au Ghana après le maïs. Cependant, l'augmentation de sa production se heurte à des contraintes telles que le déficit pluviométrique, le faible potentiel des variétés locales, la pauvreté et la dégradation des sols, les insectes, maladies, et adventices. Les recherches sur le sorgho portent principalement sur l'amélioration variétale, la restauration des sols, la lutte intégrée contre les ravageurs, et les aspects post-récolte.

La lutte intégrée concerne les maladies du sorgho (notamment les moisissures des grains qui sont parmi les principales freins à l'adoption des variétés améliorées au Ghana), ainsi que le complexe des insectes ravageurs du sorgho (ils peuvent causer de 15 à 50% de pertes de rendement au Ghana). Il s'agit des ravageurs des plantules et tiges, à savoir surtout mouche des pousses et foreurs, particulièrement *Busseola fusca* et *Coniesta ignefusalis*, les autres ravageurs de l'appareil végétatif comme les cercopides *Poophilus costalis* et *Locris rubra*, et le puceron *Rhopalosiphum maidis*, enfin les insectes paniculaires, particulièrement la cécidomyie et les punaises.

Plusieurs options de lutte ont fait l'objet d'études, parmi lesquelles les techniques culturales (qui ont jusqu'à présent constitué la priorité, particulièrement la manipulation de la date de semis et la culture du sorgho en association avec le niébé), la résistance variétale et l'utilisation des insecticides dérivés de plantes. Concernant ce dernier point, des études impliquant divers extraits de neem ont donné des résultats intéressants et d'autres sont en cours pour développer des techniques plus stables de lutte en utilisant des extraits végétaux.

Dans sa présentation, A. Ratnadass a indiqué que les recherches du programme d'entomologie du sorgho de l'ICRISAT ont principalement porté sur les punaises, les foreurs de tiges et les ravageurs des stocks. De 1989 à 1996, en collaboration avec le CIRAD, ce programme a mis au point une technique performante d'élevage de *Busseola fusca* et confirmé l'efficacité du piégeage phéromonal comme outil de suivi des populations de cet insecte ; il a aussi étudié la bioécologie, la répartition et l'incidence des punaises des panicules ; des techniques de criblage ont été développées, permettant de confirmer la résistance de la variété Malisor 84-7 ; plusieurs facteurs associés à la résistance du sorgho aux punaises ont également été identifiés. Le déterminisme génétique de la résistance du sorgho aux punaises a aussi été élucidé. Le potentiel d'insecticides dérivés de plantes (pourghère et neem) dans la lutte contre les ravageurs du sorgho (foreurs et punaises) a également été étudié.

Pendant la période 1997-1999, le programme a été mené en collaboration avec le CIRAD et le ROCARS, avec pour objectifs le développement, la validation et l'intégration de variétés améliorées et techniques de lutte contre les ravageurs du sorgho à travers une approche participative impliquant les paysans et les partenaires de la région. Des variétés à résistance multiple (punaises/cécidomyie) ont été créées. L'interaction entre le génotype de sorgho, les punaises, les moisissures et le climat sur les grains en Afrique de l'Ouest a été évaluée dans le cadre d'un essai régional. Les variétés IS 14384 & CGM 39/17-2-2 se sont montrées les plus résistantes aux

punaies et aux moisissures. La protection insecticide a réduit autant les dégâts de moisissures que ceux de punaises. L'incidence des moisissures était liée à une forte humidité relative de l'air à la fois au début de la phase végétative du sorgho et pendant la maturation des grains

Au Mali, on a évalué parallèlement en greniers paysans (région de Kolokani, à environ 100 km au nord de Bamako), sous infestation naturelle d'insectes ravageurs et au laboratoire (Samanko et Sotuba), sous infestation artificielle de *Rhyzopertha dominica*, l'aptitude au stockage de quatre variétés de sorgho (Bibalawili, une locale Guinée, Gadiabani, une variété améliorée caudatum adoptée par les paysans, Malisor 84-7, et un hybride ICSH 89002). Dans l'essai de laboratoire, l'efficacité insecticide de l'adjonction de cendres de bois au grain était également évaluée. Dans la même région, on a conduit au niveau paysan des essais dont l'objectif était de mettre en évidence une éventuelle « dilution » de l'infestation et des dégâts de punaises en relation avec l'extension de la surface cultivée en sorgho. Cet essai concernait les quatre mêmes variétés que dans l'étude sur le stockage. Les résultats ont mis en évidence un effet variétal significatif en grandes comme petites parcelles, un effet « bordure » significatif dans les grandes parcelles, ainsi qu'un effet significatif de la variété en grande parcelle sur les petites parcelles, différent selon que ces dernières sont situées en bordure, ou au centre de la première.

D'autres études ont porté sur l'influence de la gestion du ricin, de la date de semis et de la résistance variétale sur les dégâts de punaises en milieu paysan. Les résultats ont montré un effet hautement significatif de la gestion du ricin, soit par traitement insecticide au Diazinon, soit par ablation des inflorescences sur les plantes situées au voisinage des parcelles d'essai, immédiatement avant la floraison du sorgho. L'effet date de semis n'était pas significatif. En revanche, l'effet variétal a été très hautement significatif.

Cette présentation a été complétée par celle de O.Youm sur les travaux du projet FIDA, au compte duquel les études sur la lutte intégrée contre les punaises des panicules se poursuivent dans la région de Kolokani. Toutefois, les travaux du projet portent essentiellement sur l'évaluation participative et l'utilisation des acquis des projets de recherche. Les pays concernés sont le Mali, le Burkina et le Niger en ce qui concerne la lutte intégrée contre les ravageurs et les tests agronomiques, le Ghana et le Nigeria concernant la gestion des résidus de récolte. Le projet FIDA met surtout l'accent sur le transfert de technologies de la recherche aux utilisateurs des résultats, la formation des agents d'encadrement et des populations bénéficiaires.

Les recherches présentées par B. Barkiré, qui sont effectuées au Niger sur les possibilités d'amélioration de l'efficacité insecticide des extraits de neem à partir d'autres ressources végétales, ont montré qu'il est possible d'obtenir des huiles et des émulsions en vue de répondre aux besoins de traitement selon le type d'insecte et selon le stade de développement de la culture. Les trois formules à base d'extraits de graines de neem ont été mises au point en se basant d'une part sur le potentiel de production de neem estimé en 1990, et d'autre part pour résoudre certaines insuffisances qui sont constatées sur les substances actives (faible teneur, instabilité, etc.). Ce potentiel est estimé à près de 2,5 millions de pieds de neem, ce qui donne un équivalent en superficie de cultures pouvant être traitées d'environ 450 000 ha.

Les résultats de laboratoire ont permis, compte tenu des différents atouts du neem, d'intéresser certains partenaires de développement et certains privés locaux à financer les tests en champ des produits formulés par l'INRAN. Les premières expérimentations de terrain qui sont effectuées en saison humide 2000 n'ont pas permis de dégager des effets significatifs à cause de déficits pluviométriques.

En plus de la poursuite des tests des formules en saison sèche (sur les légumes), le projet couvre une partie des analyses chimiques des formules (teneur en azadirachtine) et une partie des analyses toxicologiques sur des vertébrés (effet sur la peau et effets par administration péritoniale). Par ailleurs, le projet a pour objectif de d'estimer les coûts de l'application des formules et d'évaluer l'acceptabilité par les utilisateurs.

Dans sa présentation, A. Ney a indiqué que les travaux du ROCARS au Burkina ont porté principalement sur : les essais régionaux d'adaptation (qui concernaient des tests variétaux en milieu paysan en zones Ouest, Centre et Nord-Ouest et la production et la diffusion de semences en zones Ouest et Centre) ; la gestion des ressources naturelles (tests d'associations du niébé au sorgho et de fertilisation chimique ou organique) ; la gestion des nuisibles (tests de lutte intégrée contre les insectes ravageurs, tests spécifiques sur les contraintes Striga, maladies foliaires, foreurs de tiges et maladies des inflorescences). Des formations ont été organisées, concernant les producteurs, les chercheurs et les transformateurs.

Dans sa présentation sur la lutte intégrée contre le Striga au Burkina, H. Traoré a indiqué que les pertes de rendement causées par le Striga au sorgho au Burkina variaient de 28 à 75%. Les faibles moyens financiers des

agriculteurs font que les seules méthodes de lutte disponibles sont celles de l'arrachage, des variétés tolérantes, et de la rotation des cultures. L'utilisation des variétés résistantes est sans doute la plus efficace, la plus économique et la plus pratique. La lutte chimique est peu utilisée car le coût en est trop élevé et les bénéfices ne sont pas immédiats. Cependant, il existe des produits peu coûteux et peu polluants qui éliminent les plants de Striga avant la fructification, réduisant ainsi la production de graines. L'idéal serait d'adopter l'approche de la lutte intégrée qui associe à la résistance variétale, l'association sorgho-niébé, la lutte chimique, le sarclage manuel, la rotation.

Les travaux présentés ont concerné trois essais sur la résistance variétale (notamment sur l'évaluation de la résistance au Striga des écotypes locaux et des lignées sélectionnées), un sur l'association sorgho-niébé, et un sur la lutte chimique. Après criblage en station, les variétés de sorgho intéressantes ont déjà fait l'objet de deux années de tests en milieu paysan dans les sites de recherche du PGRN/SP de l'Est avec des résultats prometteurs. Parmi les lignées et écotypes locaux de sorgho criblés, certains peuvent être utilisés dans de futurs programmes de sélection pour la résistance au Striga après de plus fines études en laboratoire. Le rôle de l'association du niébé au sorgho dans la lutte contre le Striga se confirme et les résultats de cette étude permettent de faire un choix entre l'association du niébé en interligne ou en intraligne de sorgho dans les zones où la pratique de l'association est courante. Le fourrage obtenu peut être utilisé pour l'alimentation du bétail. Les herbicides ont été économiquement plus rentables que le sarclage supplémentaire. Cependant, on note un problème de disponibilité et ils ne peuvent être recommandés que dans les zones d'intensification avec toutefois une formation des agents et producteurs à leur utilisation. D'autres axes de recherche sont actuellement prospectés comme l'utilisation de champignons phytopathogènes (*Fusarium* spp.).

Dans sa présentation des activités en matière de lutte intégrée contre les maladies du sorgho au Burkina, A. Neya a mentionné l'importance des moisissures des graines et des maladies foliaires du sorgho dans le pays. Les études sur les moisissures des graines ont porté sur : (i) l'analyse de la mycoflore des semences de sorgho ; (ii) le comportement de lignées en fin de sélection vis-à-vis des moisissures ; (iii) l'évaluation de quatre variétés vis-à-vis des moisissures. Le criblage de variétés pour la résistance à l'anthracnose foliaire, aux taches grises et aux bandes de suie : 14 variétés ont été évaluées à cet effet (en conditions naturelles) à Farako-ba, Niangoloko et Saria. Une série de croisements ont été effectués et les descendances ont été évaluées. En conclusion, on a mis en évidence de l'importance des principales maladies foliaires. Des variétés tolérantes à l'anthracnose ont été identifiées. Le criblage doit se poursuivre.

Synthèse des discussions

Concernant la communication présentée par P.B. Tanzubil

Il a été précisé que la variété de sorgho utilisée dans les tests d'efficacité d'extraits aqueux de neem sur les punaises des panicules était Nagawhite, sensible aux punaises. Il a été confirmé que le semis précoce, l'utilisation d'extraits de neem, la culture en association avec le niébé et le soja, ainsi que la gestion des résidus, étaient déjà utilisés en milieu paysan pour la lutte contre les foreurs et la cécidomyie. Les résultats pas toujours cohérents obtenus en termes d'influence de la date de semis sur l'infestation par les punaises, pourraient être dus à ce qu'*E. oldi* n'est peut-être pas la punaise dominante au Nord-Ghana.

Un moyen de s'affranchir de la variabilité de la teneur en azadirachtine selon les écotypes de neem pourrait être de procéder à une analyse chromatographique des échantillons de neem, préalablement à la formulation des produits. Toutefois, ceci est difficilement envisageable de façon systématique au niveau villageois. En revanche, il est possible de déterminer au laboratoire les teneurs en m.a. de chaque écotype de neem, et d'extrapoler ces résultats au moment d'effectuer les formulations au niveau paysan.

Concernant la communication présentée par A. Ratnadass

Il a été précisé que la méthode de criblage de routine pour la résistance aux insectes des stocks concernait seulement *Rhyzopertha dominica*, et était un test de laboratoire, sur grains battus en petites boîtes (30 insectes homogènes/10 g de grains) ; les résultats obtenus sont toutefois cohérents avec ceux obtenus au niveau paysan (Kolokani) où le sorgho est stocké sous forme de grains battus. Il a par ailleurs été précisé que la stérilisation des ricins n'allait pas constituer une perte pour les agriculteurs par rapport à l'utilisation traditionnelle des graines de ricin, dans la mesure où seule une fraction négligeable des graines produites étant de toute façon utilisée, ce ne sont pas les quelques inflorescences détruites pour la lutte contre les punaises qui auront une incidence (cela a été confirmé par enquête auprès des paysans).

Concernant la communication présentée par B. Barkiré

Concernant la stabilité des formulations à base de neem dans le temps, son étude est en cours dans le cadre du projet SNV-AGRIMEX. A titre indicatif, les doses de 5-10 ml/kg de graines de niébé peuvent assurer une protection de 6 mois. Des phénomènes de mutagénicité peuvent être observées avec des substances actives pures selon certains auteurs ; mais ce n'est pas nécessairement le cas avec les formules mises au point, celles-ci contenant un cocktail de substances actives : les interactions entre les composés peuvent jouer un rôle important dans les bioactivités à long terme des formules. Le dossier toxicologique des formules mises au point va être complété avec l'exécution du projet SNV-AGRIMEX au Niger, qui comporte une étude des effets des produits sur des souris.

L'huile utilisée dans les essais est extraite avec une presse type KOMET de fabrication allemande (avec un dispositif électrique), qui ne peut évidemment être transférée en milieu paysan. En revanche, les paysans sont capables de procéder à l'extraction de l'huile de neem par broyage au mortier et extraction à la main. Les paysans maîtrisent les techniques d'extraction de l'huile de neem, mais les contraintes liées à cette extraction font que l'utilisation des produits à base de neem n'est pas encore généralisée, alors que les méthodes de lutte ont été vulgarisées au Niger depuis les années 80 (utilisation en cultures maraîchères, protection des stocks, lutte contre les termites).

La teneur en m.a. du tourteau étant supérieure à celle de l'huile, il serait *a priori* préférable de faire une émulsion ; toutefois, l'intérêt de la production d'huile, c'est de pouvoir produire d'autres produits finis (notamment savons) ; les produits utilisés comme adjuvants sont les extraits de sésame, d'*Acacia senegal*, etc.

Concernant la communication présentée par H. Traoré

La qualité de la présentation et la quantité impressionnante de résultats disponibles ont été saluées. Bien qu'il serait intéressant de poursuivre l'évaluation de la résistance au Striga des écotypes locaux de la région Est, dont les résultats sont prometteurs, compte tenu des résultats déjà disponibles, il est temps de rédiger une ou plusieurs fiches techniques de lutte contre le Striga à l'intention des agriculteurs et des partenaires du développement.

Concernant la 2^{ème} communication présentée par A. Neya

Il a été précisé que le nombre de tests variétaux en milieu paysan en zone sahélienne était de 12 au lieu des six indiqués dans la présentation ; il y avait en 2000 sept tests d'évaluation participative des variétés de sorgho dans la région Centre, et sept autres tests dans la zone sahélienne, financés conjointement par les projets ROCARS et FIDA/ICRISAT.

Il a été précisé que dans l'étude des moisissures des graines, les quatre variétés étudiées n'ont pas la même précocité : les variétés IRAT 204 et ICAV sont non-photopériodiques et de cycle plus court que les variétés Sarioso 1 & 6, qui sont photosensibles. Le choix des variétés a été guidé surtout par le type de panicule.

Concernant la pourriture des tiges, il s'agirait sur le sorgho d'une pourriture rouge et molle qui a été signalée dans la zone de l'Est à partir de Koupéla. Elle est provoquée par l'action combinée de *Colletotrichum graminicola* (pourriture rouge) et de *Fusarium moniliforme* (pourriture molle). Des pertes de 75% ont été enregistrées dans certains champs paysans. En attendant l'obtention de matériel résistant, le traitement de semences et la rotation des cultures auraient été préconisées. Dans un village peul, les producteurs sont restés réticents à la rotation. La technique de criblage est actuellement maîtrisée et le travail de transfert de technologie devrait démarrer avec les variétés tolérantes identifiées.

Rapport des travaux en Commissions (après-midi du 06/12/00)

A l'issue des séances plénières, qui ont permis d'atteindre l'un des objectifs de l'atelier (à savoir la présentation des résultats des recherches menées ces quatre dernières années par les cinq partenaires, et de celles menées par d'autres équipes de la région, sur des thèmes semblables), on a décidé de poursuivre les travaux en commissions, afin d'atteindre les autres objectifs assignés à l'atelier. Comme le Coordonnateur l'a rappelé, il restait à savoir faire ressortir, de façon synthétique : les bénéfices de la collaboration entre les partenaires dans le cadre de ce projet ; les implications pour le Burkina, le Mali et les pays de la région en termes d'utilisation des résultats obtenus et d'axes de recherche à privilégier dans l'avenir.

Deux groupes de travail ont été constitués, le premier (groupe A) sur des thèmes « génétiques » (« Résistance variétale » et « génétique des populations »), le second (groupe B) sur des thèmes « chimiques » (« Insecticides dérivés de plantes » et « phéromones sexuelles »).

Les tâches assignées à ces groupes étaient de distinguer les acquis pouvant être diffusés/recommandés directement ou comme composantes dans le cadre de programmes de lutte/protection intégrée, les insuffisances constatées et les domaines nécessitant un approfondissement des recherches, enfin les élargissements possibles en termes de recherches et/ou de diffusion des résultats (en termes de partenaires, pays, ennemis, disciplines, etc.).

Les aspects « Lutte intégrée » devaient être discutés lors de la réunion en plénière du lendemain.

Le premier groupe a été placé sous la présidence de S. Da, avec comme rapporteurs G. Trouche et A. Touré, et membres : M. Deu, A. Neya, A. Samaké, I. Sanne, A. Bamba, B. Diallo, H. Traoré, M. Bonzi (en partie).

Le second groupe a été placé sous la présidence de B. Barkiré, avec comme rapporteurs D. Dakouo et A. Ratnadass, et membres : J.M. Vassal, C. Dembélé, A. Samaké, B. Barkiré, B. Kaboré, D. Barro, S. Traoré, K. Conaré, P. Coulibaly, M. Bonzi (en partie).

Les recommandations du Groupe A et le rapport du Groupe B sont donnés en Annexe.

Rapport de la séance de clôture (matinée du 07/12/00)

Président : G. Subreville (CIRAD, Burkina)

Celle-ci a été effectuée par le Directeur de l'INERA, P. Sérémé. Le président de séance a donné la parole au Responsable scientifique du Projet à l'INERA, D. Dakouo, qui a donné lecture des Conclusions et Recommandations de l'atelier, portant sur les principaux acquis du projet, les recherches à approfondir, enfin les possibilités d'élargissement (cf. Annexe).

Avant que le Directeur de l'INERA ne prenne la parole pour le discours de clôture, B. Barkiré a lu une motion de remerciements au nom des participants « extérieurs » au projet, invités par les partenaires du projet à cet atelier. Ces remerciements ont été adressés aux autorités du Burkina et plus particulièrement au Délégué général du CNRST et au Directeur de l'INERA pour l'accueil de l'atelier et des participants à Ouagadougou, et notamment pour avoir honoré de leur présence les séances d'ouverture et de clôture, ainsi qu'aux organisateurs de l'atelier. En son nom propre, il a remercié D. Dakouo pour l'avoir invité et le CIRAD pour avoir accepté cette invitation.

Dans son discours de clôture, le Directeur de l'INERA a souligné que les bénéfices de la collaboration entre les partenaires dans le cadre de ce projet, étaient clairement ressortis des résultats présentés au cours des quatre sessions plénières, tandis que les travaux en Commissions, avaient fait ressortir de façon synthétique les acquis et les insuffisances des travaux conduits.

Ainsi, pour ce qui est des acquis les plus tangibles, il a insisté sur l'identification dans le matériel local de nouvelles sources de résistance à la cécidomyie du sorgho et aux punaises des panicules, la validation de méthodes de criblage pour la résistance aux ravageurs, l'adoption par les paysans de lignées et variétés résistantes ou tolérantes à ces ravageurs, obtenues dans le cadre du projet, suite à leur bon comportement en essais en station et en tests en milieu réel. Il a relevé la nécessité de poursuivre l'évaluation du matériel local pour sa résistance aux ravageurs, en élargissant le criblage aux foreurs des tiges, au Striga et au charbon allongé.

Il a par ailleurs noté que les résultats déjà obtenus permettaient d'envisager le piégeage phéromonal des foreurs des tiges comme méthode de lutte ciblée dans le temps, d'une part comme base d'avertissements pour l'application d'insecticides dérivés de plantes comme le neem, et d'autre part par piégeage massif.

En revanche, il a relevé que si des progrès considérables ont été effectués dans la connaissance des bases chimiques de l'activité insecticide des extraits de pourghère et de leur mode d'action, beaucoup restait à faire en ce qui concerne l'optimisation des méthodes d'extraction et de formulation, pour leur application sur les cultures dans les conditions sahéliennes ou soudaniennes.

Il a apprécié le fait que ces acquis aient été placés dans une perspective de lutte intégrée, et même de protection intégrée, de par l'élargissement à d'autres contraintes biotiques (insectes, maladies et plantes parasites). L'élargissement a également porté sur les perspectives de collaborations qui ont été dégagées, élargissement à d'autres partenaires et disciplines, pour mieux répondre aux questions qui restent posées : pour les disciplines, la socio-économie, la malherbologie et la pathologie, et pour les partenaires, l'ITRA du Togo, le SARI du Ghana, l'INRAN du Niger, l'ICRISAT au Mali, l'Université de Hohenheim en Allemagne.

Il a noté que si des cadres propices à l'application des résultats des recherches existaient déjà (il s'agit notamment du Projet FIDA et du ROCARS), des financements restaient en revanche à trouver pour les besoins en recherches, qui restent immenses. Il a formulé le souhait que la synergie positive qui est clairement ressortie de cette collaboration entre le CIRAD, l'Université d'Heidelberg, le CNESOLER, l'IER et l'INERA, retienne l'attention des bailleurs de fonds.

Il a enfin clos l'atelier en remerciant tout particulièrement les chercheurs venus des autres pays de la région et de France, qui ont fait le déplacement pour apporter leur contribution, ainsi que les organisateurs de l'atelier, et a souhaité à tous un bon retour.

Photos



Photo 1 : Photo de groupe (séance d'ouverture du 04/12/00)



Photo 2 : Visite au site touristique de Laongo (07/12/00)

Annexes

Atelier de restitution du Projet INCO-DC18-CT96-0106 - Ouagadougou 4-7 décembre 2000

LISTE DES PARTICIPANTS

NOM	Prénom	Fonction	Institution	Adresse	Téléphone	Fax	Email
DEU	Monique	Généticienne	CIRAD	CIRAD-Ca - programme Calim - TA 70/03 34398 Montpellier Cedex 5 (France)	(33) 4.67.61.55.48	4.67.61.56.05	monique.deu@cirad.fr
RATNADASS	Alain	Entomologiste coordonnateur du projet INCO	CIRAD	CIRAD-Ca - programme Calim - TA 73/09 34398 Montpellier Cedex 5 (France)	(33) 4.67.61.65.59	4.67.61.71.92	alain.ratnadass@cirad.fr
TROUCHE	Gilles	Généticien	CIRAD	CIRAD-Ca - programme Calim - TA 70/01 34398 Montpellier Cedex 5 (France)	(33) 4.67.61.71.64	4.67.61.59.88	gilles.trouche@cirad.fr
VASSAL	Jean-Michel	Entomologiste	CIRAD	Cirad-Amis - programme protection des cultures - TA 40/02 34398 Montpellier Cx 5 (France)	(33) 4.67.61.65.59	4.67.61.71.92	jean-michel.vassal@cirad.fr
DEMBELE	Cheick	Chimiste	CNESOLER	BP 134 Bamako (Mali)	(223) 21.78.03	21.71.84	chdembele@yahoo.fr
SAMAKE	Aboubacar	Technicien	CNESOLER	BP 134 Bamako (Mali)	(223) 21.78.03	21.71.84	cnesoler@spider.toolnet.org
TRAORE	Sami	Chef bureau vulgarisation et RD	DRA	01 BP 577 Bobo Dioulasso (Burkina Faso)	(226) 97.11.48/97.23.02	97.18.23	senefura@fasonet.bf
N'DIAYE SIRIBIE	Mamadou	Chef bureau recherche- dévelop.	DRA (Dédougou)	BP 14 Dédougou (Burkina Faso)	(226) 52.02.29		
SANNE	Issaka	A.T.A.S	DRA (Nord)	BP 39 Ouahigouya (Burkina Faso)	(226) 55.02.32		
BARRO	Dramane	Chef service PV	DRA de l'EST	BP 26 Fada – N'Gourma (Burkina Faso)	(226)77.01.36		
YOUM	Ousmane	Entomologiste (chercheur principal)	ICRISAT	BP 320 Bamako (Mali)	(223) 22.33.75		o.youm@CGIAR.ORG o.youm@ICRISATML.ORG
BAMBA	Abderahamane	Ingénieur d'agriculture	IER	Boukassoumbougou, rue 525, Porte 931 BAMAKO BP 2494 (Mali)	(223) 24.73.41		
TOURE	Aboubacar	Sélectionneur sorgho	IER	CRRA de Sotuba BP 438 Bamako (Mali)	(223) 24.60.08/22.31.33	24.60.08	acar.toure@ier.ml
CONARE	Kondjiri	Ingénieur des travaux agricoles	IER/BKO	Banconi Zekèrèkorobongou BP 262 (Mali)	(223) 24.60.08		
BONZI	Marcel	Chef service IST Entomologiste	INERA	04 BP 8645 Ouagadougou 04 (Burkina Faso)	(226) 34.71.12/34.02.70	34.02.71	inera.direction@fasonet.bf

NOM	Prénom	Fonction	Institution	Adresse	Téléphone	Fax	Email
COULIBALY	Pascaline	Sociologue	INERA	BP 208 Fada – N'Gourma (Burkina Faso)	(226)77.01.87	77.02.37	
DA	Sansan	Chef programme céréales tradition.	INERA	Station de Farako-ba 01 BP 910 Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)	(226) 98.23.29	97.01.59	alsanou@fasonet.bf
DAKOUO	Dona	Entomologiste Coordonnateur national projet INCO	INERA	Station de Farako-ba 01 BP 910 Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)	(226) 98.23.29	97.01.59	ddakouo@fasonet.bf
KABORE	K. Blaise	Phytopathologiste	INERA	Station de Farako-Ba - CRREA-Ouest BP 910 Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)	(226) 98.23.29	97.01.59	kaboreb@fasonet.bf
NEYA	Adama	Phytopathologiste	INERA	Station de Farako-Ba - CRREA-Ouest BP 910 Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)	(226) 98.23.29	97.01.59	alsanou@fasonet.bf cc à adamaneya@yahoo.com
TRAORE	Hamidou	Malherbologue (Délégué régional)	INERA	CRREA du Sahel/Katchari BP 80 Ori (Burkina Faso)	(226) 66.00.54	66.04.39	katcha@fasonet.bf htraore@hotmail.com
DIALLO	Binta	Agro-économiste	INERA-CNRST	BP 208 - Fada N'Gourma (Burkina Faso)	(223) 77.01.87	77.02.37	
BARKIRE	Bourahima	Phytopharmacien Pharmacognoste	INRAN	BP 429 Niamey (Niger)	(227)72.34.34/31Dom. 74.05.45	72.21.44	INRAN@INTNET.NE BARKIRE_b@YAHOO.fr
TANZUBIL	Paul	Entomologiste	SARI	Manga Station Box 46 Bawku (Ghana)	(233) 743.22.323	0743.22.356	Sari@africaonline.com.gh

Secrétariat :

FAUTRAT	Nicole	Chargée de mission	CIRAD	CIRAD-Ca - Direction - TA 70/09 34398 Montpellier Cedex 5 (France)	(33) 4.67.61.58.16	4.67.61.56.32	nicole.fautrat@cirad.fr
---------	--------	--------------------	-------	---	--------------------	---------------	-------------------------

Programme

Lundi 4 Décembre 2000

08h00 – 08h30 : Inscription des participants

08h30 – 10h00 : **Ouverture**

Président de séance : G. Subreville, Représentant du CIRAD au Burkina

- Mot de bienvenue du Responsable scientifique du Projet à l'INERA (D. Dakouo)
- Présentation des objectifs de l'Atelier par le Coordonnateur du Projet (A. Ratnadass)
- Ouverture de l'atelier par le Délégué général du CNRST (M. Sedogo)

10h00-10h30 : Pause café & Photo de groupe

10h30-12h00 : **Session I : Volet Résistance variétale**

Modérateur : O. Youm, ICRISAT-Mali

Rapporteur : A. Neya, INERA

- Criblage et sélection pour la résistance variétale du sorgho aux punaises des panicules (*au Mali*) (Y.O. Doumbia, A. Touré, A. Bamba & A.G. Diallo)
- Sélection pour la résistance variétale du sorgho à la cécidomyie, *Stenodiplodis sorghicola*, au Burkina (G. Trouche, D. Dakouo, A. Neya, B. Kaboré & A. Ratnadass)

12h00-15h00 : Pause déjeuner

15h00-17h00 : **Session I : Volet Résistance variétale (suite)**

- Résistance variétale du sorgho aux foreurs des tiges (A. Ratnadass)
- Génétique et mécanismes de résistance du sorgho aux punaises des panicules (A. Ratnadass, Y. El-Ouadrhiri, D. Pinero & G. Fliedel)
- Cartographie génétique et identification des zones génomiques dans la résistance du sorgho aux punaises des panicules (M. Deu)

19h00 : Cocktail (SORITEL)

Mardi 5 Décembre

8 h 30 – 12 h 00 : **Session II : Volet insecticides dérivés de plantes**

Modérateur : Dr Brahima Barkiré, INRAN-Niger

Rapporteur : A. Ratnadass, CIRAD

- Analyse phytochimique des esters de phorbol de l'huile de pourghère (J.M. Vassal & M. Wink)
- Etude du mode d'action des esters de phorbol extraits du pourghère sur leur(s) cible(s) moléculaires(s) (C-Protéine kinase) (J.M. Vassal & M. Wink)
- Evaluation au laboratoire des effets insecticides et molluscicides des extraits de pourghère (J.M. Vassal & M. Wink)

10h00-10h30 : Pause café

- Amélioration des techniques d'obtention d'extraits de pourghère à propriétés insecticides, et de formulation

de ces extraits (C. Dembélé)

- Teneur & dynamique des esters de phorbol dans les graines et plantes de *Jatropha curcas* et rémanence dans les conditions naturelles (M. Wink & C. Dembélé)
- Etude clinique sur les effets co-carcinogènes de l'huile de pourghère sur la peau au Mali (A. Samaké)
- Evaluation de l'efficacité au champ d'insecticides dérivés de plantes sur les ravageurs du sorgho (D. Dakouo)
- Discussion

12h00-14h30 : Pause déjeuner

14 h 30 – 18 h 00 : Session III: Volets Phéromones sexuelles & Lutte intégrée

Modérateur : Dr P.B. Tanzubil, SARI-Ghana

Rapporteur : C. Dembélé, CNESOLER

- Piégeage sexuel de *Busseola fusca* (résultats obtenus en station et en milieu paysan au Burkina Faso & au Mali) (D. Dakouo)
- Caractérisation morphométrique et moléculaire de population de punaises *Eurystylus oldi* du Mali et du Burkina Faso (A. Ratnadass)
- Lutte intégrée contre les insectes ravageurs du sorgho au Mali (Y.O. Doumbia, A. Bamba & K. Conaré)

16h30-17h00 : Pause café

- Lutte intégrée contre les insectes ravageurs du sorgho au Burkina (D. Dakouo)
- Connaissance des pratiques paysannes de lutte contre les ravageurs du sorgho (P. Coulibaly & B. Diallo)
- Approche de lutte intégrée contre *Striga hermonthica* (Del.) Benth. en culture de sorgho au Burkina Faso (H. Traoré)

Mercredi 6 Décembre

08 h 30 – 12 h 00 : Session IV : Présentation des partenaires/autres acteurs

Modérateur : S. Da, INERA

Rapporteur : A. Bamba, IER

- Sorghum entomology in Northern Ghana (P.B. Tanzubil)
- Le programme d'entomologie du sorgho de l'ICRISAT (A. Ratnadass & O. Youm)
- Les travaux du projet FIDA (O. Youm)
- Recherche et valorisation du Neem (*au Niger*) : Essai d'amélioration de l'efficacité insecticide des extraits à partir de ressources naturelles locales (B. Barkiré)

10h00-10h30 : Pause café

- Travaux du ROCARS au Burkina (A. Neya)
- Lutte intégrée contre les maladies du sorgho (A. Neya)
- Approche de lutte intégrée contre *Striga hermonthica* (Del.) Benth. en culture de sorgho au Burkina Faso (H. Traoré)

12h00-14h30 : Pause déjeuner

14 h 30 – 17 h 00 : Travaux de groupes

- Groupe A : Thèmes « génétiques » : « Résistance variétale » et « génétique des populations »
- Groupe B : Thèmes « chimiques » : « Insecticides dérivés de plantes » et « phéromones sexuelles »

Jeudi 7 Décembre

08h30- 10h00 : Séance plénière

- Lecture des rapports par les rapporteurs des groupes A & B
- Discussion
- Elaboration des recommandations pour la clôture

10h00-10h30 : Pause café

10h30-12h00 : Séance de clôture par le Directeur de l'INERA

12h00-14h30 : Pause déjeuner

14h30-17h00 : Sortie touristique/détente

- Visite des sculptures sur granite de Laongo (env. 50 km de Ouaga)

RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL A « RESISTANCE VARIETALE-GENETIQUE DE POPULATIONS »

I. Acquis du projet pouvant être diffusés ou recommandés directement ou comme composantes dans le cadre de programmes de lutte intégrée

Acquis	Type de valorisation	Institutions acteurs	Projets et institutions partenaires
1. variétés résistantes ou tolérantes à la cécidomyie et/ou aux punaises adaptées et productives : . Malisor 92-1, N'darila, N'tenemissa B . CEF 322/35-1-2, F2-20, CCAL 1/13-1-1	Appui à la diffusion : tests de diffusion, production de semences de base, appui à la production de semences certifiées	IER + INERA, développement, ONG, OP	ROCARS + FIDA, UE
2. nouvelles sources de résistance à la cécidomyie et aux punaises identifiées au sein du matériel local (écotypes + lignées sélectionnées à partir de croisement impliquant du matériel local) : . 4 à 5 écotypes résistants à la cécidomyie . 5 lignées résistantes aux punaise	Pépinières régionales d'observation Tests variétaux en milieu paysan	IER + INERA + autres SNRA sous-région IER + INERA, développement, ONG, OP	ROCARS, ICRISAT, UE FIDA, ROCARS, UE
3. nouvelles lignées résistantes à la cécidomyie ou aux punaises développées par le projet : . meilleures lignées F6 à F7 résistantes à la cécidomyie . meilleures lignées résistantes aux punaises . lignées non fixées F4 et F5	Pépinières régionales d'observation et/ou échanges entre programmes de sélection	IER + INERA + autres SNRA sous-région	ROCARS, ICRISAT, UE
4. Méthodes de criblage pour la résistance à la cécidomyie, aux punaises et aux foreurs (B. fusca)	Manuel technique ?	IER, INERA + autres SNRA, CIRAD	ROCARS, ICRISAT, UE

Approfondissement des recherches

Situation par rapport aux objectifs du projet	Activités de recherche	Institutions impliquées
1. Recherches prévues mais non finalisées à l'issue du projet	• Elaboration d'une carte génétique et identification de QTL pour la résistance aux punaises <i>Eurystylus oldi</i> à partir des descendances du croisement Malisor 84-7 x S34 • Etude du déterminisme génétique de la résistance à <i>B. fusca</i> et recherche de QTL • Génétique des populations des punaises <i>Eurystylus oldi</i>	• CIRAD, IER, INTSORMIL, • CIRAD, ICRISAT • CIRAD, IER, INERA, ICRISAT
2. Recherches ayant donné des résultats à l'issue du projet mais devant être approfondies dans certaines directions	• Compléter l'évaluation des collections sorgho de l'INERA et IER pour la résistance à la cécidomyie, aux punaises et aux foreurs de tiges en vue de la recherche de nouvelles sources de résistance	• IER, INERA, IPGRI, IRD, CIRAD
3. Recherches non conduites par le projet mais dont les récents acquis peuvent être utilisés dans la poursuite du projet	• Prendre en compte les acquis récents de la lutte contre le Striga : variétés résistantes ou tolérantes, techniques culturales	• IER, INERA

Elargissement des recherches et/ou de la diffusion des résultats

Partenaires/pays	Ravageurs	Disciplines
ITRA Togo SARI Ghana INRAN Niger Univ. Hohenheim Univ. Paris-Orsay ICRISAT INTSORMIL IPGRI ROCARS FIDA SG 2000	Striga Moisissures Charbon allongé Anthracnose Poophilus ?	Socio-économie Malherbologie Phytopathologie

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL B “INSECTICIDES DÉRIVÉS DE PLANTES ET PHÉROMONES SEXUELLES”

Président : B. Barkiré

Rapporteurs : D. Dakouo & A. Ratnadass

Membres : J.M. Vassal, C. Dembélé, A. Samaké, B. Barkiré, B. Kaboré, D. Barro, S. Traoré, K. Conaré, Mme Coulibaly, M. Bonzi (en partie).

Revue des acquis au terme du projet.

Volet “Insecticides dérivés de plantes”

- On a finalisé les analyses des quatre pics représentant la fraction « esters de phorbol » responsable des effets insecticides de l’huile de pourghère :
 - Le pic 1 est l’ester de phorbol DHPB, représentant à 21% de la fraction ;
 - Le pic 2 est un stéréoisomère du premier (10,6%);
 - Le pic 3 n’est pas un ester de phorbol mais un diacylglycerol (DAP) : 9,1%;
 - Le pic 4 n’est pas un ester de phorbol mais un monoacylglycerol : 4,8%.
- Le DHPB et le DAP sont les plus actifs dans l’activation de la cible moléculaire Protéine Kinase C (PKC), mise en évidence *in vitro* & *in vivo*. Pour ce faire, on a notamment établi un système sensible et spécifique impliquant des larves d’*Hydractinia*.
- Une activité molluscicide significative de l’huile de pourghère et de ses esters de phorbol a été mise en évidence sur des gastéropodes transmettant la bilharziose. Outre les applications en santé publique, ces résultats sont également prometteurs par rapport aux perspectives de lutte contre escargots & limaces ravageurs des cultures.
- Il a été établi un effet larvicide par ingestion et un effet ovicide par contact des esters de phorbol sur *Helicoverpa armigera*. On a aussi pu mettre en évidence sur les larves un effet insectifuge (i.e. répulsif ou anti-appétent), et des effets différés consécutivement au traitement d’œufs nouvellement pondus.
- On a déterminé que les esters de phorbol en solution aqueuse se décomposaient beaucoup plus vite à la lumière (environ 50% en 24 h) qu’à l’obscurité (40% en 6 j). On a aussi montré que la teneur en esters de phorbol de la fraction méthanolique de l’huile de pourghère diminuait rapidement par exposition au soleil. Ces composés sont donc très photolabiles et thermolabiles. Ce ne sont donc pas des candidats idéals pour une application au champ.
- On a établi par des tests *in vitro* sur cellules hépatiques humaines, et *in vivo* sur *Salmonella*, l’absence d’action mutagénique directe de l’huile et des esters de phorbol du pourghère. Cela n’exclut pas l’activité co-carcinogène qu’on lui attribue du fait de sa cible moléculaire.
- Une enquête médicale sur les effets secondaires de l’huile de pourghère, effectuée auprès d’un échantillon de 1000 personnes dans 10 villages du Mali, n’a pas mis en évidence d’effets carcinogènes de cette huile sur la peau.

Volet “Phéromones sexuelles”

- L’efficacité du piégeage phéromonal de *B. fusca* a été confirmée. Il a permis de suivre la dynamique des populations du ravageur et d’évaluer son importance tant en station qu’en milieu paysan.

Insuffisances constatées et domaines de recherche à approfondir

- Du fait du très faible rendement de l'extraction des esters de phorbol du pourghère, et de sa grande variabilité qui demeure inexpliquée, la technique utilisée demande à être standardisée et optimisée. Cela demande l'évaluation de solvants autres que le méthanol, éventuellement d'autres modalités de séparation des phases, couplées à des analyses systématiques et rigoureuses des teneurs en esters de phorbol des extraits obtenus.
- Cette étude méthodologique constitue un préalable aux études sur la formulation, pour obtenir des produits utilisables pour des tests en plein champ. Ce sont en effet des insuffisances sur ces points qui expliquent largement l'absence d'efficacité des formulations testées au cours des quatre années du projet.
- Les études de toxicité des esters de phorbol sur *B. fusca* n'ont pu être effectuées au laboratoire au cours de cette phase. Il conviendra de les réaliser.
- L'efficacité des phéromones de *B. fusca* comme outil d'avertissements d'une part, et comme moyen de lutte directe (piégeage massif) d'autre part, doit être établie par des recherches complémentaires.

Perspectives d'élargissement des recherches

- Face aux échecs rencontrés avec les formulations à base d'esters de phorbol testées en station, des extraits à partir de poudre d'amandes de neem ont été testées et ont donné des résultats prometteurs sur les foreurs des tiges. Ces études sur d'autres plantes, à commencer par le neem, méritent d'être approfondies et élargies :
 - En impliquant d'autres partenaires (Niger & Ghana) ;
 - En évaluant l'effet insecticide sur d'autres ravageurs du sorgho, comme les piqueurs suceurs (punaises, cercopides et pucerons) et les insectes des stocks, ainsi que les effets nématocides et herbicides (tourteaux), notamment sur le Striga ;
 - En prenant en compte d'autres cultures, particulièrement les cultures maraîchères et le niébé ;
 - En prenant en compte d'autres plantes (*Sesbania*, *Anona*, etc.).
- Les études d'efficacité du piégeage sexuel de *B. fusca* comme moyen de lutte directe ou indirecte peuvent être élargies au Ghana et à la culture du maïs.

Perspectives de pré-vulgarisation

- Les résultats déjà obtenus (notamment au niveau des périodes de pullulation) permettent d'envisager le piégeage phéromonal comme méthode de lutte ciblée dans le temps, d'une part par application d'insecticide dérivés de plantes (même peu rémanents), et d'autre part par piégeage massif (même si réalisé avec des capsules de durée d'attractivité limitée).

Conclusions et recommandations de l'atelier

Principaux acquis du projet

- Six variétés résistantes ou tolérantes à la cécidomyie et/ou aux punaises des panicules ont confirmé en milieu paysan leur résistance et leur productivité.
- Une dizaine de nouvelles sources de résistance à la cécidomyie et aux punaises ont été identifiées au sein du matériel local.
- De nouvelles lignées résistantes à la cécidomyie et aux punaises des panicules sont en voie de développement
- Des méthodes de criblage pour la résistance à la cécidomyie, aux punaises des panicules et aux foreurs des tiges ont été mises au point.
- Les variétés confirmées peuvent être d'ores et déjà recommandées aux producteurs.
- Les nouvelles lignées sélectionnées et les sources de résistance feront l'objet d'échanges entre les pays membres du projet. D'autres pays producteurs de sorgho pourront bénéficier de ces acquis.
- Les bases chimiques de l'activité insecticide des esters de phorbol du pourghère ont été établies. Quatre composés principaux ont été identifiés et leur mode d'action au niveau cellulaire, élucidé.
- Leur toxicité a été établie sur plusieurs organismes appartenant à des groupes ayant une importance économique en agriculture, en particulier vis-à-vis de la noctuelle *Helicoverpa armigera*, chenille paniculaire du sorgho, mais également ravageur bien connu du coton et des cultures maraîchères.
- Les études ont également permis d'exclure toute activité mutagénique ou cancérogène directes de l'huile et des esters de phorbol du pourghère.
- L'efficacité du piégeage phéromonal du foreur des tiges *Busseola fusca* a été confirmée. Il a permis de suivre la dynamique des populations du ravageur et d'évaluer son importance tant en station qu'en milieu paysan. Ces résultats permettent déjà d'envisager l'utilisation de cette technique pour la lutte directe ou indirecte contre ce ravageur.

Des recherches à approfondir sur certains thèmes

- Poursuite de l'élaboration de la carte génétique et l'identification de QTL pour la résistance aux punaises
- Poursuite de l'évaluation des collections de sorgho de l'INERA et de l'IER pour la résistance aux principaux insectes ravageurs
- Les fortes thermolabilité et photolabilité des esters de phorbol, mises en évidence par les travaux, ajoutées à la faible performance des techniques d'extraction utilisées, rendent nécessaires des études complémentaires avant que puisse être envisagée l'application en plein champ d'insecticides dérivés de ces produits. Des perspectives d'élargissement des recherches à d'autres substances dérivées de plantes, à commencer par le neem, ont été dégagées

Des possibilités d'élargissement

- Les activités de recherche peuvent être élargies à d'autres ravageurs tels que le *Striga* et les maladies, à d'autres cultures telles le maïs dans une démarche interdisciplinaire associant la phytopathologie, la malherbologie et la socio-économie, et à d'autres pays de la sous-région (Ghana, Togo et Niger).

Liste des abréviations

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (France)

CIRAD-Ca : Département des cultures annuelles du CIRAD

CNESOLER : Centre national de l'énergie solaire et des énergies renouvelables (Mali)

CNRST : Centre national de la recherche scientifique et technologique (Burkina)

FIDA : Fonds international pour le développement agricole (Rome)

GTZ : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Allemagne)

ICRISAT : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Patancheru, Bulawayo & Bamako)

IER : Institut d'économie rurale (Mali)

INCO-DC : In Cooperation with Developing Countries (Programme de la Commission européenne)

INERA : Institut de l'environnement et de recherches agricoles (CNRST)

INRAN : Institut national de recherches agronomiques (Niger)

IPGRI : International Plant Genetic Resources Institute (Rome)

ITRA : Institut togolais de recherche agricole (Togo)

PGRN/SP : Programme gestion des ressources naturelles/systèmes de production

ROCARS : Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho (Bamako)

SARI : Savanna Agricultural Research Institute (Ghana)

SCAC : Service de Coopération et d'Action culturelle (Ambassade de France, Burkina)

UNI-HD : Université de Heidelberg (Allemagne)