

Lutte génétique contre la cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis sorghicola* : une contrainte majeure à la production du sorgho au Burkina Faso

Dona Dakouo¹
Gilles Trouche²
Niango Bâ Malick¹
Adama Neya¹
Koudougou Balise Kaboré¹

¹ Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Inera),
Station de Farako-Bâ,
BP 910
Bobo-Dioulasso
Burkina Faso
<ddakouo@fasonet.bf>

² Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad)-Centro internacional de agricultura tropical (Ciat),
LM 172,
Managua,
Nicaragua
<g.trouche@cgiar.org>

Résumé

La cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis* (= *Contarinia*) *sorghicola* (Coquillet, 1898) est un important ravageur du sorgho dans les zones centre-ouest et est du Burkina Faso. Des études menées de 1994 à 2001 ont abouti à l'identification de dix nouvelles sources de résistance au sein du matériel végétal local. Des croisements impliquant des sources exotiques de résistance et des variétés performantes adaptées ont permis d'obtenir une gamme importante de nouvelles lignées. Testées en milieu paysan, deux lignées avancées, CCAL 1/13-1-1-1 et BF 94-6/11-1K-1K se sont révélées prometteuses car associant résistance à la cécidomyie, tolérance à d'autres contraintes biotiques (punaises des panicules et moisissures des grains) à des gains de rendement élevés par rapport aux variétés locales des paysans (140 % pour la CCAL 1/13-1-1-1 et 39 % pour BF 94-6/11-1K-1K en 2000 et 2001). Ces résultats apportent des solutions concrètes à la gestion des populations de cet important ravageur du sorgho pour un accroissement de la production dans les zones concernées.

Mots clés : Productions végétales ; Ressources naturelles et environnement.

Abstract

The genetic control of the sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola*, a major constraint to sorghum production in Burkina Faso

The sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola* (Coquillet, 1898) is a major pest of sorghum in the Central-Western and Eastern zones of Burkina Faso. Studies carried out from 1994 to 2001 lead to the identification of ten new sources of resistance among local races. Crosses between exotic sources of resistance and high yielding and well-adapted varieties have given various new inbred lines from F4 to F8. On-farm tests of advanced lines conducted in 2000 and 2001 confirmed the best performances of CCAL 1/13-1-1-1 and BF -94/11-1K-1K. These two lines associate resistance to midge with tolerance to other biotic constraints (head bugs, grain molds) along with an average yield gain of 140% for CCAL 1/13-1-1-1 and 39% for BF -94/11-1K-1K as compared to the control checks (farmers' local varieties) in 2000 and 2001. This achievement is an important step for a better control of the sorghum midge in affected zones.

Key words: Vegetal productions; Natural resources and environment.

Le sorgho est la première céréale cultivée au Burkina Faso avec 1 341 000 hectares de superficies cultivées et un rendement moyen de 887 kg/ha [1]. Compte tenu des potentialités intrinsèques de la plante, ce rendement est faible et l'on estime qu'en minimisant les contraintes, on peut atteindre des rendements moyens de l'ordre de

1 000 kg/ha, et rendre la production céréalière excédentaire dans le pays [1].

Les contraintes limitant la production du sorgho sont d'ordre pédoclimatique, socio-économique et biotique. Les contraintes biotiques sont essentiellement liées aux maladies, aux mauvaises herbes (striga) et aux insectes ravageurs. Au nombre des insectes ravageurs, la cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis*

Tirés à part : D. Dakouo

(= *Contarinia*) *sorghicola* (Coquillet, 1898) signalée comme le ravageur le plus important de la culture du sorgho dans le monde [2], constitue l'ennemi majeur de cette culture surtout dans les zones sud, centre-ouest et est du Burkina Faso [3-5] avec des pertes en rendement pouvant atteindre 33 % représentant 135 000 tonnes par an [5].

Compte tenu de l'importance économique du ravageur, de nombreux efforts en matière de recherches sont fournis afin de limiter ses dégâts. Au nombre de ceux-ci figurent les pratiques culturales, la lutte chimique, la lutte biologique et la résistance variétale. La résistance variétale suscite beaucoup d'espoirs dans le cadre de la gestion intégrée des déprédateurs des cultures. En effet d'application facile, elle est compatible avec les autres méthodes de lutte et est respectueuse de l'environnement ; de plus, elle s'inscrit dans le contexte de la lutte contre la pauvreté de la paysannerie africaine.

Des avancées significatives sur la résistance variétale à la cécidomyie du sorgho ont été obtenues dès 1975 par l'*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (Icrisat) en Inde. De nombreux cultivars à haut rendement et à résistance élevée y ont été développés. Il s'agit notamment des variétés ICSV197, ICSV745, ICSV735, ICSV758 et ICSV88032 [6].

Au Burkina Faso, la solution aux problèmes posés par cet insecte ravageur a d'abord reposé sur l'utilisation des variétés résistantes mises au point par l'Icrisat. Malheureusement, celles-ci se sont avérées inadaptées aux conditions du pays, en raison de leur sensibilité à d'autres contraintes biotiques (maladies foliaires, moisissures des grains et punaises des panicules) entraînant une mauvaise qualité de grains. Aussi, la nécessité d'un programme de création de variétés tolérantes et adaptées aux contraintes et objectifs de production du Burkina Faso s'est-elle faite sentir. Ce programme a démarré en 1994 et s'est développé en 1996 avec l'appui du Projet de recherches financé par l'Union européenne « Amélioration de la production du sorgho en Afrique de l'Ouest par la lutte intégrée contre ses principaux ravageurs ».

Le présent article fait le point des acquis dans la recherche de nouvelles sources de résistance au sein du matériel local, et la création de variétés résistantes à la cécidomyie, productives et bien adaptées aux conditions de culture du Burkina Faso.

Matériel et méthode

Matériel végétal

De 1994 à 1998, 184 variétés traditionnelles ouest-africaines issues des collections de l'Institut de l'environnement et de recherches agricoles (Inera) et du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) ont été évaluées pour la résistance à la cécidomyie du sorgho en condition naturelle d'infestation.

Dans la sélection pour la résistance à la cécidomyie du sorgho, le schéma de sélection a été développé à partir de croisements entre :

- des variétés exotiques utilisées comme sources de résistance : ICSV 745 (Icrisat), 90L1235 (Texas A&M) ;
- et des variétés productives et bien adaptées aux conditions de culture du Burkina Faso : Sariaso 9, Sariaso 10 (sélections du Burkina Faso), F2-20 (sélection du Sénégal), Malisor 87-4 (sélection du Mali), CEF322/35-1-2, CEF 322/53-1-1 (variétés sélectionnées à partir du croisement entre F2-20 et une variété locale de la région de Kokologho dans le centre-ouest du Burkina Faso).

Méthode

Pour la recherche de nouvelles sources de résistance, le dispositif expérimental a été de type bloc sans répétition avec deux dates de semis espacées de 15 jours sur la station de Farako-ba. Les observations (comptages des épillets comportant des taches oranges correspondant aux attaques de la cécidomyie) ont été faites à partir des écrasements de 500 épillets/variété, 15 jours après la floraison durant les trois saisons de 1996 à 1998. À partir de 1999, les 40 meilleurs écotypes ont fait l'objet d'évaluation sur deux sites, à Farako-ba et à Kouaré selon un dispositif expérimental en blocs de Fisher à deux répétitions. La résistance à la cécidomyie du sorgho a été évaluée selon la méthode des écrasements d'épillets 15 jours après floraison et de la notation visuelle des dégâts dus à la cécidomyie à maturité, selon l'échelle (1-9) proposé par l'Icrisat [7]. En 2000, les neuf écotypes identifiés comme les plus résistants ont fait l'objet de premiers tests de rendement à Kouaré. Les étapes de la méthodologie d'évaluation de la résistance à la cécidomyie du sorgho et des performances agronomiques des écotypes locaux sont détaillés dans le *tableau 1*.

Dans la sélection pour la résistance à la cécidomyie du sorgho, diverses combinaisons de croisements ont été effectuées entre les sources exotiques de résistance et les variétés productives adaptées au Burkina Faso précédemment citées ; les descendances de ces croisements ont été criblées sous infestation naturelle renforcée de la cécidomyie du sorgho à Kouaré et à Farako-ba à partir de la génération F2.

Les populations F2 ont été évaluées au champ avec des effectifs variant entre 700 et 1 000 plants; chaque lignée F3 à F6 a été semée sur une ligne de 10 m de long avec des écartements entre les lignes de 0,80 m et de 0,30 m entre les poquets.

Le bloc de sélection a été entouré de 2 lignes infestantes constituées de variétés sensibles à la cécidomyie du sorgho semées deux semaines avant la mise en place du matériel à cribler afin d'assurer une pression uniforme et forte du ravageur. Deux variétés témoins de productivité et de résistance ont été intercalées toutes les 10 lignées. La méthode de sélection utilisée est la sélection généalogique. La sélection des têtes de lignées a été réalisée au stade maturité sur la base des observations visuelles des dégâts de la cécidomyie du sorgho suivant l'échelle Icrisat (1-9). Ces têtes de lignées ont constitué les nouvelles générations soumises aux criblages au cours de la campagne suivante.

Pour la génération F2, les observations ont été réalisées plante par plante et les têtes de lignées retenues sont celles qui ont montré un taux d'épillets avortés inférieur à 30 % et une bonne valeur agronomique générale.

Pour les lignées F3 à F6, les notations des dégâts de cécidomyie ont été effectuées sur 15 plantes par lignée. Les têtes de lignée retenues ont été les plantes présentant moins de 30 % de dégâts et un taux d'épillets avortés inférieur à 40 % au sein des lignées. D'autres critères de sélection considérés ont été la tolérance aux maladies foliaires et au complexe de moisissures-punaises et la valeur agronomique générale.

Une première série de 40 lignées F6 a été soumise à une première évaluation du rendement en saison humide 1998 sous infestation naturelle à Kouaré selon un dispositif expérimental blocs de Fisher avec quatre répétitions (*tableau 2*). Les parcelles élémentaires consistaient en une ligne de 6 m de long avec des écartements de 0,80 m entre les lignes et 0,40 m entre les poquets et un démariage à trois

Tableau 1. Étapes et méthodologie d'évaluation de la résistance à la cécidomyie du sorgho des écotypes locaux.

Table 1. Phases and assessment methodology of local ecotypes' resistance to sorghum midge.

| Saison agricole | Site d'expérimentation | Nombre de variétés évaluées | Dispositifs expérimentaux | Conditions d'infestation | Observations réalisées |
|-----------------|------------------------|--|--|--------------------------|---|
| 1996 à 1998 | Farako-ba | - 184 écotypes + lignées | - Blocs sans répétition avec 2 dates de semis - Lignes de bordures infestantes - Parcelle utile : 1 ligne de 10 m | Infestation naturelle | - % épillets attaqués par la cécidomyie mesurée par la méthode des écrasements 15 jours après floraison - date de 50 % floraison |
| 1999 | Kouaré + Farako-ba | - 40 écotypes identifiés comme les plus résistants à la cécidomyie - 5 écotypes identifiés sensibles - 5 variétés témoins (sensibles et résistantes) | - Blocs complètement randomisés avec 2 répétitions - Lignes de bordures infestantes - Parcelle élémentaire utile : 1 ligne de 6 m | Infestation naturelle | - % épillets attaqués par la cécidomyie mesuré par la méthode des écrasements 15 jours après floraison - notation visuelle des dégâts de cécidomyie à maturité - date de 50 % floraison |
| 2000 | Kouaré | - 9 écotypes - 3 variétés témoins | - Blocs complètement randomisés avec 4 répétitions - Parcelle élémentaire totale : 3 lignes de 8 m - Parcelle élémentaire utile : 1 ligne de 8 m | Infestation naturelle | - Notation visuelle des dégâts de cécidomyie à maturité - date de 50 % floraison - composantes du rendement grain |

Tableau 2. Matériels et méthodes utilisés pour l'évaluation des performances agronomiques des nouvelles lignées résistantes à la cécidomyie (Kouaré, 1998 et 1999).

Table 2. Material and methods used for assessing the agronomic performances of new sorghum midge-resistant varieties (Kouaré, 1998 and 1999).

| Saison agricole | Matériel végétal | Protocole expérimental |
|-----------------|---|--|
| 1998 | - 40 lignées F6 issues des croisements BF 94-5 et BF 94-6 - 2 variétés témoin : F2-20 et ICSV 745 | - 1 site : Kouaré - Blocs complets randomisés avec 4 répétitions - Parcelle élémentaire utile - 1 ligne de 6 m - Paramètres évalués : cycle semis-floraison, hauteur, rendement grain, dégâts de cécidomyie et de punaise et poids de 1 000 grains. |
| 1999 | - 10 meilleurs lignées F7 de l'essai de 1998 - 4 lignées CCAL provenant du volet entomologie CIRAD/ICRISAT Mali - 2 variétés témoin : F2-20 et ICSV 745 | - 1 site : Kouaré - Blocs complets randomisés avec 4 répétitions - Parcelle élémentaire utile - 2 lignes de 8 m - Paramètres évalués : cycle semis-floraison, hauteur, rendement grain, valeur agronomique, dégâts de cécidomyie et de punaise, taux de germination, poids de 1 000 grains et vitrosité des grains |

plants par poquet. En 1999, les 10 meilleures lignées F7 issues de l'essai 1998 ont été réévaluées sur le même site en compagnie de quatre meilleures lignées CCAL issues du programme d'entomologie de l'Icrisat-Cirad (Mali) selon un dispositif expérimental identique à celui de 1998 mais avec des parcelles utiles de deux lignes de 8 m et une

fertilisation identique à celle des autres sélections (*tableau 2*).

En 2000 et 2001, deux des meilleures lignées, CCAL 1/13-1-1-1 et BF 94-6/11-1K-1K, retenues à l'issue du test de rendement de 1999 ont été évaluées en milieu paysan dans la région Est (Fada) selon la méthodologie décrite au *tableau 3*.

Résultats

Recherche de nouvelles sources de résistance à la cécidomyie du sorgho

Parmi les 40 meilleurs écotypes retenus à l'issue de la phase et évalués en 1999 sur

Tableau 3. Récapitulatif des sites, variétés et protocoles expérimentaux pour les tests variétaux en milieu paysan dans la région Est du Burkina Faso en 2000 et 2001.

Table 3. Summary of sites, varieties and experimental protocols used for on-farm varietal testing in the Eastern region of Burkina Faso, in 2000 and 2001.

| Saison agricole | Variétés | Protocole expérimental |
|-----------------|--|---|
| 2000 | - F2-20 et CEF 322/35-1-2 N : variétés tolérantes témoin phase 1 - BF 94-6/11-1K-1K, BF 94-6/19-1K-1F, BF 94-5/16-1F-2K et CCAL 1/13-1-1-1 : nouvelles lignées résistantes - locales des paysans | - blocs complets randomisés sans répétition chez 5 à 6 paysans par site - 4 variétés par test - 3 variétés sélectionnées + variété locale du paysan - parcelle élémentaire utile : 104 m ² - paramètres évalués : rendement grains, poids de 1 000 grains, durée de cycle, hauteur et score d'appréciation par les paysans |
| 2001 | -BF 85-2/12-1-1, variété tolérante au striga - BF 94-6/11-1K-1K et CCAL 1/13-1-1-1 nouvelles lignées résistantes - locales des paysans | - blocs complets randomisés sans répétition chez 6 paysans par site - 4 variétés par tests : 2 lignées résistantes, 1 variété tolérante + variété locale du paysan - parcelle élémentaire utile : 104 m ² - paramètres évalués : rendement grains, hauteur, dégâts cécidomyie et punaises |

Tableau 4. Durée de cycle et dégâts de cécidomyie pour les nouvelles sources de résistance à la cécidomyie du sorgho, *Stenodiplosis sorghicola*, sous infestation naturelle au Burkina Faso (1996-1999).

Table 4. Cycle duration and sorghum midge damage in new sources of resistance to sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola*, in natural infestation conditions in Burkina Faso (1996-1999).

| Variétés | Race ¹ | Durée du cycle semis-floraison (jours) | | % épislets attaqués par la cécidomyie ^{2,3} | | | Note visuelle des dégâts de cécidomyie ⁵ | |
|-----------------------------|-------------------|--|--------------|--|---------------------------|---------------------------------|---|--------------|
| | | Kouaré 99 | Farako-ba 99 | Kouaré 99 | Farako-ba 99 ⁴ | Taux Moyens Farako-ba 1996-1998 | Kouaré 99 | Farako-ba 99 |
| Wanmiougou | Durra | 82 s | 74 | 0,5 (3,8) | 1,5 (7,0) | 1,1 | 1,3 | 1,4 |
| G 1647 | Guinea-caud | 90 s | 81 | 0,5 (2,9) | 3,0 (9,9) | 0,1 | 1,4 | 1 |
| 841 | Guinea | 60 | 61 | 0,7 (4,7) | 5,6 (11,8) | 4,7 | 2,3 | 1,2 |
| G 1645 | Guinea | 92 s | 77 | 2,0 (8,1) | 1,5 (7,0) | 1,5 | 2,6 | 1 |
| 971 | Caudatum | 68 | 61 | 3,2 (7,3) | 7,2 (15,3) | 4,5 | 1,4 | 1,3 |
| Tenlopieno | Guinea | 77 s | 67 | 7,7 (15,9) | 8,5 (16,9) | 15,5 | 1,2 | 1,7 |
| Kabega 1 | Durra | 84 s | ne | 1,5 (5,0) | ne | 0,2 | 1,2 | ne |
| 533 | Caudatum | 49 i | ne | 1,6 (3,6) | ne | 6,9 | 1 | ne |
| 495 | Durra | 70 | ne | 3,7 (9,5) | ne | 5,4 | 1 | ne |
| Fada 1 | Guinea | 81 s | 76 | 4,1 (11,3) | 8,0 (16,4) | 6,6 | 1,9 | 1,2 |
| ICSV 745 ⁶ | Caudatum | 66 | 73 | 0 (0) | 0,4 (3,6) | - | 1 | 1,1 |
| Sariato 10 ⁷ | Caudatum | 72 | 66 | 29,5 (32,8) s | 31,8 (32,7)s | 36,2 | 7 s | 4,3 s |
| 439 ⁷ | Guinea-caud | 72 | 63 | 45,3 (42,3) s | 29,2 (32,7)s | 82,7 | 9 s | 3,9 |
| Moyenne ⁸ | | 72 | 67 | (21,26) | (16,42) | | 4,2 | 2,0 |
| CV (%) | | 4,3 | 5,6 | (43,3) | (41,5) | | 30,2 | 44,8 |
| Test F variété ⁹ | | ** | ** | ** | ** | | ** | ** |
| ETM | | 2,19 | 2,64 | (6,51) | (4,81) | | 0,89 | 0,64 |
| Ddl | | 46 | 28 | 45 | 35 | | 45 | 33 |

¹ races de sorgho selon la classification de Harland et de Wet.

² % d'épislets attaqués par la cécidomyie pour 500 épislets échantillonnés 15 jours après la floraison.

³ Valeurs entre parenthèses sont les valeurs après transformation par arcsinus.

⁴ ne = pas de levée à Farako-ba.

⁵ Note visuelle des dégâts de cécidomyie selon une échelle de 1 à 9 où 1 = moins de 10 %, et 9 = plus de 80 % fleurons avortés.

⁶ Témoin résistant.

⁷ Témoin sensible.

⁸ Les moyennes, CV, test F et ETM (SE) sont issues des analyses de variance réalisées sur 48 variétés (Kouaré) et 38 variétés (Farako-ba) ; s et i : respectivement significativement supérieur et inférieur au témoin résistant ICSV 745, selon le test de Dunnett (% = 5 %).

⁹ Test F de Fisher : ** = significatif au seuil de probabilité de 0,01.

Tableau 5. Caractères agronomiques et rendements grains des 9 écotypes les plus résistants à la cécidomyie comparés à 3 variétés témoins améliorées à Kouaré (2000).

Table 5. Agronomic characteristics and grain yield of the 9 most sorghum midge-resistant ecotypes compared to 3 improved control varieties, in Kouaré (2000).

| Variété | Durée du cycle semis-floraison (jours) | Hauteur de plante (cm) | Rendement grains (kg/ha) | Poids de 1 000 grains (g) | Note visuelle des dégâts de cécidomyie ¹ |
|-----------------------------|--|------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| Wangmiougou | 87 s ² | 282 | 1637 d ³ | 12 | 1 |
| G 1645 | 117 s | 420 s | 41 e | 15 | 1 |
| G 1647 | 123 s | 420 s | 16 e | 17 | 1 |
| 495 | 65 | 337 s | 1414 d | 22 | 1 |
| 533 (Wed Wanga) | 54 i | 145 i | 3162 b | 17 | 1 |
| 841 (Siofoufouti) | 63 i | 308 s | 2344 c | 22 | 1,1 |
| 971 | 67 | 205 | 3348 b | 21 | 1 |
| Fada 1 | 84 s | 420 s | 1451 d | 21 | 1,1 |
| Tenlopieno | 80 s | 403 s | 1562 d | 22 | 1,3 |
| ICSV 745 | 65 | 187 | 3311 b | 19 | 1,1 |
| Sariaso 10 | 70 | 253 | 2641 c | 22 | 1,4 |
| F2-20 (témoin) | 68 | 223 | 4130 a | 23 | 1 |
| Moyenne | 79 | 300 | 2088 | 19,3 | 1,1 |
| CV (%) | 1,6 | 9,9 | 12,9 | 7,5 | 19,7 |
| Test F variété ⁴ | *** | *** | *** | *** | NS |
| ETM | 0,6 | 17,2 | 135 | 0,72 | 0,11 |
| Ddl | 33 | 22 | 33 | 32 | 32 |

¹ Note visuelle des dégâts de cécidomyie selon une échelle de 1 à 9 où 1 = moins de 10 %, et 9 = plus de 80 % fleurons avortés.

² s et i : respectivement significativement supérieur et inférieur à la variété témoin F2-20 selon le test de Dunnett (% = 5 %).

³ Test de comparaison des moyennes de Newmann-Keuls : les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de risque $\alpha = 5$ %.

⁴ Test F de Fisher : *** = significatif au seuil de probabilité de 0,001 ; NS = non significatif.

les stations de Kouaré et de Farako-ba, 10 écotypes montrent des taux moyens d'épillettes attaqués inférieurs à 10 % contre 45 et 29 % chez l'écotype sensible 439 (tableau 4). Ces 10 écotypes obtiennent également une note visuelle moyenne de dégâts inférieure à 2 (dégâts à maturité inférieurs à 20 %), à comparer à 9 et 3,9 et 7 et 4,3, notes respectives des témoins sensibles 439 et Sariaso 10 sur les deux sites (tableau 4). Les tests de rendements réalisés en saison humide 2000 (tableau 5) ont établi que les écotypes locaux tels 533 (Wed Wanga) et 971 ont des rendements respectifs de 3 162 et 3 348 kg/ha et ne sont pas différents de ceux des témoins de résistance.

Sélection pour la résistance à la cécidomyie du sorgho

Au total, 12 croisements ont été réalisés de 1994 à 1997. Les croisements qui ont permis d'aboutir à des lignées F6, résistantes à la cécidomyie et de bonne valeur agronomique, sont BF 94-5 (F2-20 x ICSV 745) avec 22 lignées, BF 94-6 (F2-20 x 90 L1235) pour 37 lignées, BF 95-2 (Malisor 84-7 x 90 L1235) avec 19 lignées et enfin

BF 96-2 (90 L1235 x Sariaso 10) qui a généré 16 lignées F6.

Évaluation des performances agronomiques des lignées avancées en station

Avec la première série de croisements réalisés en 1994, 40 lignées F6 sélectionnées en 1997-1998 ont été soumises à un premier test de rendement en saison humide 1998 sur la station de Kouaré. Ce test a permis d'identifier 10 lignées associant une bonne productivité, de bons niveaux de résistance aux insectes et une qualité de grains acceptable. En 1999, les résultats portant sur la réévaluation de ces 10 meilleures lignées et de 4 meilleures lignées « CCAL » du programme d'entomologie Icrisat-Cirad du Mali ont permis de retenir sur la base de leur résistance ou tolérance vis-à-vis des insectes des panicules (cécidomyie et complexe punaises-moisissures des grains) et des performances agronomiques et de qualité de grain (valeur agronomique, rendement, vitrosité et grosseur des grains), les 4 meilleures lignées suivantes (tableau 6) : BF 94-

5/16-1F-2K, BF 94-6/11-1K-1K, BF 94-6/19-2K-1K et CCAL 1/13-1-1-1.

Évaluation des performances des meilleures lignées avancées en milieu paysan en saisons humides 2000 et 2001

Sur les tests variétaux conduits en milieu paysan en 2000 et 2001, les résultats marquants sont détaillés ci-après.

Dans la région Est (Fada), les lignées CCAL 1/13-1-1-1 et BF 94-6/11-1K-1K ont confirmé en milieu paysan leur résistance à la cécidomyie du sorgho et leur tolérance aux punaises des panicules et surpassé les autres variétés pour le rendement en grain (tableau 7). Sur l'ensemble des sept tests en 2000, elles réalisent par rapport aux variétés locales des paysans, un gain moyen de rendement significatif respectivement de 130 % (CCAL 1/13-1-1-1) et 36 % (BF 94-6/11-1K-1). En 2001, ces gains en rendement sont respectivement de 150 % et 42 %. En outre, comme pour la variété tolérante CE 322/35-1-2 N,

Tableau 6. Performances agronomiques, dégâts des cécidomyies et punaises et caractères des grains des nouvelles lignées résistantes (en gras) à la cécidomyie en station à Kouaré (1999).

Table 6. Agronomic performances, sorghum midge and head bug damage, and characteristics of the grains of the new sorghum midge-resistant lines at Kouaré Station (1999).

| Variété | Cycle semis-floraison (jours) | Hauteur de plante (cm) | Rendement grains (kg/ha) | Valeur agronomique ¹ | Note visuelle de dégâts de cécidomyie ² | Note visuelle de dégâts des punaises ³ | Taux de germination (%) | Poids de 1 000 grains (g) | Vitrosité des grains |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|--|---|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| BF 94-5/14-1F-2K | 72 bc ⁴ | 208 cd ⁴ | 2 039 abcd ⁴ | 3,5 | 1 b ⁴ | 4,7 bcd ⁴ | 33 | 16 | 4,8 s ⁵ |
| BF 94-5/15-1F-1K | 75 b | 212 cd | 2232 a | 2,5 | 1 b | 5,3 abc | 32 | 14 i ⁵ | 4,7 s |
| BF 94-5/15-1F-2K | 73 bc | 218 cd | 1821 abcd | 2,5 | 1 b | 4,9 bcd | 45 | 13 i | 5,0 s |
| BF 94-5/16-1F-2K | 71 bcd | 217 cd | 2072 abc | 2,7 | 1 b | 5,2 abcd | 40 | 16 | 4,8 s |
| BF 94-5/19-1F-1F | 72 bc | 253 b | 1414 cde | 4 | 1,1 b | 5,8 ab | 31 | 13 i | 5,0 s |
| BF 94-6/11-1K-1K | 72 bc | 142 ef | 1 799 abcd | 3,3 | 1 b | 4,8 bcd | 46 | 18 | 3,7 |
| BF 94-6/17-1K-1K | 78 a | 130 f | 2 009 abcd | 3 | 1 b | 5,4 abc | 43 | 14 i | 3,7 |
| BF 94-6/19-2K-1K | 69 de | 142 ef | 1 574 abcde | 4 | 1 b | 4,8 bcd | 41 | 12 i | 3,7 |
| BF 94-6/19-1K-1K | 70 cd | 167 e | 1 590 abcde | 3,3 | 1,2 b | 4,7 bcd | 59 s | 14 i | 4,0 |
| BF 94-6/19-1K-1F | 75 b | 142 ef | 1 676 abcd | 2,2 | 1 b | 4,9 bcd | 37 | 14 i | 4,3 |
| CCAL 1/3-1-1-2 | 80 a | 278 a | 1 432 bcde | 4 | 1 b | 4,6 bcd | 73 s | 12 i | 3,2 i |
| CCAL 1/12-2-2-2 | 74 b | 277 a | 1 309 de | 5 | 1 b | 4,5 cd | 74 s | 12 i | 2,5 i |
| CCAL 1/13-1-1-1 | 73 b | 220 cd | 1 847 abcd | 3 | 1 b | 4,1 d | 69 s | 14 i | 2,8 i |
| CCAL 3/1-1-1-1) | 78 a | 247 b | 980 e | 3,8 | 2,7 a | 6,2 a | 51 | 10 i | 4,0 |
| ICSV 745 (T1) | 67 e | 192 d | 2176 ab | 3,5 | 1 b | 4,6 cd | 34 | 17 | 3,8 |
| F2-20 (T2) | 74 b | 227 c | 1 860 abcd | 3,3 | 1 b | 5,4 abc | 55 | 16 | 3,8 |
| Moyenne | 73,4 | 204 | 1739 | | 1,1 | 5 | 47,6 | 14,1 | 4 |
| Test F variété ⁶ | ** | ** | ** | | ** | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 2,2 | 5,8 | 17,7 | | 26,8 | 9,7 | 18,2 | 5,7 | 5,9 |
| ETM | 0,8 | 6,9 | 154 | | 0,15 | 0,25 | 5,0 | 0,47 | 0,14 |
| Ddl | 45 | 30 | 45 | | 45 | 45 | 30 | 30 | 30 |

¹ note de valeur agronomique générale sur une échelle de 1 à 5 avec 1 = excellent et 5 = très mauvais.

² note visuelle des dégâts de cécidomyie sur une échelle de 1 à 9 où 1 = moins de 10 % de fleurons avortés, et 9 = plus de 80 % de fleurons avortés.

³ note visuelle des dégâts de punaises des panicules sur une échelle de 1 à 9 où 1 = tous les grains bien développés, moins de 10 % de piqures d'alimentation, pas d'oeufs ni de grains brunis ou flétris, et 9 = plus de 75 % des grains non développés et à peine visibles hors des glumes.

⁴ Test de comparaison des moyennes de Newman-Keuls : les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de risque $\alpha = 5\%$.

⁵ s ou i : respectivement traitement significativement supérieur ou inférieur à la variété témoin ICSV 745 au seuil $\alpha = 5\%$ selon le test de comparaison de Dunnett ;

⁶ Test F de Fisher : ** = significatif au seuil de probabilité de 0,01.

la qualité des grains pour le *tô* (pâte de bouillie épaisse obtenue à partir de farine fine de sorgho) et d'autres plats ainsi que la qualité des pailles pour l'alimentation des animaux ont été jugées très bonnes par les producteurs.

Discussion-Conclusion

Les études conduites de 1994 à 2001 sur la résistance variétale à la cécidomyie du sorgho ont permis d'obtenir des résultats significatifs et prometteurs dans la recher-

che de solutions pour la gestion des populations de cet important ravageur dans les zones centre-ouest et est du pays. En effet, 10 nouvelles sources de résistance à la cécidomyie du sorgho ont été identifiées au sein des écotypes locaux. Les évaluations de rendements ont établi qu'au moins quatre d'entre eux possèdent un bon niveau de productivité équivalent à celui des témoins de productivité utilisés, tels Sariaso 10. Il s'agit des écotypes locaux 533 (Wed Wanga), 841 (Siofoufouti), 971 et Tenlopieno ; ces écotypes peuvent être de ce fait proposés à la vulgarisation en attendant d'être utilisés

dans des programmes de croisement comme sources de résistance.

Dans la sélection pour la résistance, les deux sources de résistance exotiques utilisées, ICSV 745 et 90 L 1235, ont contribué à l'obtention de bonnes lignées résistantes. Ils confirment également l'excellente aptitude à la combinaison de la variété F2-20, originaire du Sénégal, pour apporter une bonne valeur agronomique, laquelle a été largement utilisée en croisements et est à la base de plusieurs variétés développées et vulgarisées au Burkina Faso (CEF 322/53-1-1 ou Sariaso 14, CEF 322/35-1-2). Les lignées

Tableau 7. Performances agronomiques des nouvelles lignées résistantes à la cécidomyie du sorgho dans six tests conduits en milieu paysan dans la zone Est du pays (Fada) en saisons humides 2000 et 2001.

Table 7. Agronomic performances of the new lines resistant to the sorghum midge in six on-farm tests carried out in the Eastern part of the country (Fada) during the rainy seasons of 2000 and 2001.

| Variétés | Hauteur (cm) | | Cycle semis-floraison (jours) | Rendement (kg/ha) | | Gain en rendement /témoin (%) | | Poids 1 000 grains (g) | Score d'appréciation par les paysans ² | Note visuelle cécidomyie ³ | | Note visuelle punaises ⁴ | |
|-----------------------------|--------------|---------|-------------------------------|-------------------|----------|-------------------------------|---------|------------------------|---|---------------------------------------|--------|-------------------------------------|------|
| | 2000 | 2001 | | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 | | | 2000 | 2001 | 2000 | 2001 |
| CCAL 1/13-1-1-1 | 186 b | 172,3 b | 77 b | 1 277 a | 876,60 a | + 130 | + 150,7 | 15 b | 1,9 b | 1,4 c | 2,9 b | | |
| BF 94-6/11-1K-1K | 130 d | 135,7 c | 72 bc | 755 b | 497,43 b | + 36 | + 42,2 | 15 b | 2,4 a | 2,7 b | 5,53 a | | |
| CE 322/35-1-2N | 159 c | - | 68 c | 968 ab | - | + 74 | - | 16 b | 1,9 b | | | | |
| BF 85-2/12-1-1 | - | 151,5 c | - | - | 503,5 b | - | + 43,9 | | - | 4,6 a | 5,38 a | | |
| Variétés locales paysans | 330 a | 283 a | 86 a | 556 b | 349,7 b | - | - | 20 a | 2,3 a | 5,1 a | 3,6 b | | |
| Significations ¹ | *** | *** | *** | ** | * | | | *** | *** | *** | ** | | |

¹ Test F de Fisher : * = significatif au seuil de probabilité de 0,05 ; ** = significatif au seuil de probabilité de 0,01 ; *** = significatif au seuil de probabilité de 0,001.

² score moyen d'appréciation des variétés donné par les agriculteurs expérimentateurs pour 14 caractères agronomiques et de qualité des grains et des pailles selon une échelle de 1 à 5 : 1 = excellent ; 2 = bon ; 3 = passable ; 4 = médiocre ; 5 = mauvais.

³ Note visuelle cécidomyie sur la base de l'échelle 1-9 de l'Icrisat où 1 = < 10 % d'épillets vides, 9 = plus de 80 % d'épillets vides.

⁴ Note visuelle de punaise sur la base de l'échelle 1-9 de l'Icrisat où 1 = grains bien développés avec très peu de piqûres, 9 = grains non développés et non visibles à l'extérieur des glumes.

issues du croisement BF 94-6, en dépit d'une valeur agronomique passable (taille courte et potentiel de rendement limité) ont essentiellement été retenues pour leur double résistance à la cécidomyie et aux punaises.

Plusieurs éléments entrent en ligne dans les mécanismes de résistance à la cécidomyie du sorgho [8]. Au nombre de ceux-ci figurent les facteurs mécaniques tels que la morphologie des glumes (glumes courtes et coriaces) empêchant soit la ponte [6] soit le développement des larves [9] ; pour certains auteurs, un autre mécanisme de la résistance serait lié à la teneur en tannins de variétés produisant un effet antiappétant ou antibiotique sur les larves [6, 9]. Enfin l'asynchronie entre la période d'ouverture des glumes et l'activité de ponte de la cécidomyie dans la journée peut permettre à des variétés d'échapper aux attaques [10] (Diarrisso et al., 1994). Cependant, la tolérance reste limitée dans le contexte de la cécidomyie du sorgho à cause de l'incapacité pour les grains adjacents de compenser les pertes des grains détruits [6]. Les 10 écotypes identifiés résistants dans cette étude appartiennent à différents groupes raciaux, *caudatum*, *durra*, *guinea* et *guinea-caudatum*, caractérisés, entre autres, par la morphologie des glumes (glumes serrées et très courtes pour les *durra*, longues et ouvertes à maturité pour les *guinea* et intermédiaires pour les *caudatum*). La pré-

sence parmi eux de types guinea et *guinea-caudatum* suggère l'existence d'autres mécanismes de résistance non liés à la morphologie des glumes, tels que l'asynchronie entre l'ouverture des glumes durant l'anthèse et l'activité d'oviposition des cécidomyies. Des travaux ultérieurs permettront de préciser la nature de la résistance des écotypes locaux testés.

Les études ont permis également de réaliser des avancées importantes sur la sélection pour la résistance à la cécidomyie du sorgho tant pour les méthodes de criblage que pour le nouveau matériel obtenu.

La méthodologie de criblage en condition d'infestation naturelle utilisée, fondée sur les semis avancés de lignées infestantes de variétés sensibles et l'implantation du matériel à cribler sur deux sites a permis d'obtenir chaque année une pression forte et uniforme du ravageur sur au moins un des deux sites et de réaliser ainsi une sélection efficace :

- la méthodologie appliquée s'est révélée efficace pour une sélection pour la résistance à la cécidomyie mais a montré des limites en ce qui concerne la sélection pour une résistance multiple à différents ravageurs ;
- la sélection récurrente, en utilisant de préférence des sources de résistance provenant d'écotypes locaux ou de matériel sélectionné bien adapté, paraît être une

méthode appropriée pour développer du matériel à résistance multiple vis-à-vis des principaux insectes ravageurs.

En augmentant la fréquence des allèles favorables rares, la sélection récurrente est en effet une méthode appropriée pour une sélection combinée sur plusieurs caractères complexes comme le sont le rendement, la qualité des grains et la résistance multiple aux ravageurs. Grâce à la succession de plusieurs cycles courts de sélection suivis d'intercroisements, la sélection récurrente peut permettre d'espérer un progrès génétique pour ces caractères tout en maintenant une diversité élevée [11].

Grâce aux études conduites, de nouveaux matériels résistants à la cécidomyie et ayant un niveau de tolérance acceptable pour le complexe punaises-moisissures et les maladies foliaires ont été mis au point. Les premiers tests d'adaptation des deux meilleures lignées F7 conduits en milieu réel ont permis d'identifier les lignées CCAL 1/13-1-1-1 et BF 94-6/11-1K-1K comme très prometteuses dans la résolution des problèmes posés par la cécidomyie du sorgho dans les zones concernées. En effet, elles allient la résistance à la cécidomyie du sorgho et la tolérance aux punaises des panicules à un rendement deux à trois fois supérieur à celui des variétés locales des paysans. ■

Remerciements

La présente étude a été réalisée grâce au financement, de 1996 à 2000, du Projet de l'Union européenne UE INCO-DC IC-18-CT96-106 « Amélioration durable de la production du sorgho en Afrique de l'Ouest par la lutte intégrée contre ses principaux insectes ravageurs ». Les auteurs remercient MM. J. Sanou, P. Yaméogo, G. Palé, D. Compaoré, B. Sanou et B. Dembélé pour la conduite des différents essais et observations tant en station (Farako-ba, Saria et Kouaré) qu'en milieu paysan.

Références

1. Centre national de la recherche scientifique et technologique (CNRST). *Plan stratégique de la recherche scientifique, recherches agricoles, céréales traditionnelles*. Ouagadougou : CNRST, 2002 ; 35 p.
2. Young WR, Teetes GL. Sorghum entomology. *Ann Rev Entomol* 1997 ; 22 : 193-218.
3. Bonzi M. *La cécidomyie du sorgho*, Contarinia sorghicola Coq. en Haute Volta, Possibilités de lutte. Comptes rendus du congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical, Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille, 13-16 mars 1979 : 531-41.
4. Nwanzé KF. Distribution and seasonal incidence of some major insect pests of sorghum in Burkina Faso. *Insect Science and Its Application* 1988 ; 9 : 313-21.
5. Dakouo D. La cécidomyie du sorgho : bio-écologie et pertes. In : Ratnadass A, Ajayi O, Marley PS, Akintayo I, eds. *Les insectes ravageurs du sorgho en Afrique de l'Ouest et du Centre*. Actes de l'atelier de formation ROCARS-Icrisat-Cirat, 14-23 octobre 1996, Samanko (Mali). Colloques. Montpellier : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad, 2001 ; 4 p. (cédérom).
6. Sharma HC, Nwanzé KF. Mechanisms of resistance to insects in sorghum and their usefulness in crop improvement. *ICRISAT Info Bull* 1997 ; 45 : 22-36.
7. Sharma HC, Taneja SL, Leuschner K, Nwanzé KF. Technique to screen sorghums for resistance to insect pests. *ICRISAT Info Bull* 1992 ; 32 : 48.
8. Ajayi O, Dakouo D. Resistance to sorghum midge. In : Ratnadass A, Ajayi O, Marley PS, Akintayo I, eds. *Les insectes ravageurs du sorgho en Afrique de l'Ouest et du Centre*. Actes de l'atelier de formation ROCARS-Icrisat-Cirat, 14-23 octobre 1996, Samanko (Mali). Colloques. Montpellier : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad, 2001 ; 14 p. (cédérom).
9. Reddy BVS, Sharma HC, Stenhouse JW. Breeding for resistance to sorghum midge at ICRISAT Asia centre. In : Nwanzé KF, Youm O, eds. *Panicle insect pests of sorghum and pearl millet*. Proceedings of an International consultative workshop, 4-7 October, Niamey (Niger). Patancheru (India) : Icrisat, 1995 : 159-69.
10. Diariso NY, Pendleton BB, Teetes GL, Peterson GC, Anderson RM. Relationship between sorghum glume closure and resistance to sorghum midge. *Int Sorghum and Millets Newsl* 1997 ; 38 : 87-8.
11. Gallais A. *Théorie de la sélection en amélioration des plantes*. Collection des sciences agronomiques. Paris : Masson, 1990 ; 588 p.