PN-AC

West Afr[illegible] Hybrid Sorghum and [illegible]

September 28–October 2, 1998
Niamey, Niger

BEST AVAILABLE

PN-ACY-220

Proceedings
of the

West African Hybrid Sorghum and Pearl Millet Seed Workshop

September 28 - October 2, 1998
Palais de Congrés, Niamey, Niger

Conference support

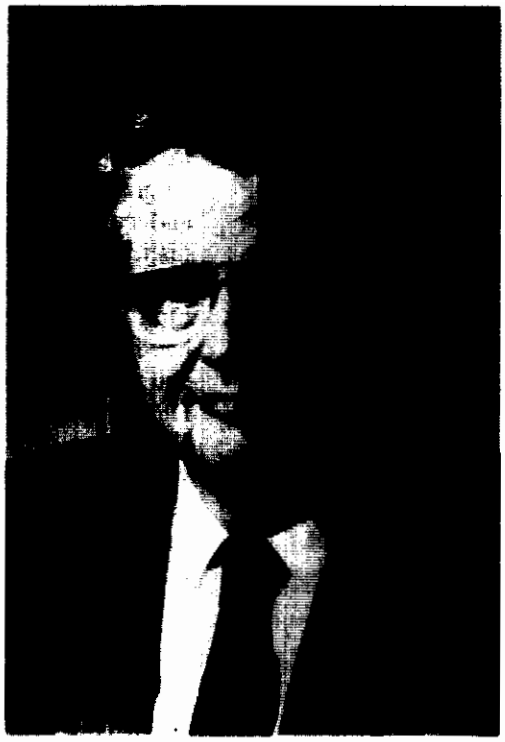
INRAN
INTSORMIL
ICRISAT
ROCAFREMI
ROCARS
McKnight Foundation
Rockefeller Foundation
U.S. Agency for International Development
Winrock International

April 2002
Publication number 02-02

Workshop Organizational Committee

Dr. John D. Axtell, INTSORMIL, Purdue University, W. Lafayette, IN, Chair
Dr. Moussa Oumarou, INRAN, Niamey, Niger
Dr. Issoufou Kapran, INRAN, Niamey, Niger
Dr. Anand Kumar, ICRISAT, Niamey, Niger
Dr. Ouendeba Botorou, ROCAFREMI, Niamey, Niger
Dr. Gebisa Ejeta, INTSORMIL, Purdue University, W.Lafayette, IN
Dr. Lee House, INTSORMIL, Bakersville, North Carolina
Dr. Thomas Crawford, INTSORMIL, University of Nebraska, Lincoln, NE
Dr. Bruce Hamaker, INTSORMIL, Purdue University, W. Lafayette, IN
Dr. Inoussa Akintayo, ROCARS, Bamako, Mali

This publication was made possible through support provided by the U.S. Agency for International Development, under the terms of Grant No. LAG-G-00-96-90009-00. The opinions expressed herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the U.S. Agency for International Development.



Dr. John Axtell

These proceedings of the West Africa Hybrid Sorghum and Pearl Millet Seed Workshop are dedicated to the memory of Dr. John Axtell in remembrance of his contribution to INTSORMIL and international sorghum/millet research.

Dr. John Axtell, an outstanding scientist, member of the National Academy of Sciences and founding member of the INTSORMIL CRSP died unexpectedly on December 2nd, 2000. Because his accomplishments are significant and express the commitment which Dr. Axtell had for international development and research we in INTSORMIL are proud to print this list of contributions toward the improvement of grain sorghum in both the U.S. and developing country context.

Dr. Axtell and his students demonstrated for the first time that tannins had a negative effect of protein availability and hence nutritional quality of sorghum. This resulted in a shift in emphasis of sorghum breeding programs around the world towards low tannin sorghums. Thus, almost all sorghum varieties and hybrids developed and released for human consumption in the last 10 - 15 years have been of the low tannin types.

- Because of the discovery of the negative effects of tannins in human nutrition, it has attracted scientists in biochemistry, genetics, and food science to undertake research on the various aspects of tannin and phenolics in sorghum and food products.

- Dr. Axtell pioneered a successful research program that led to the identification of natural and induced high lysine mutants in sorghum.
- Dr. Axtell and colleagues conducted an array of studies which clearly established that methods of food preparation can have dramatic effects on the digestibility of sorghum proteins. They developed the technique for determining the digestibility value of sorghum-based foods, *in vitro*. Then using their *in vitro* assay, they demonstrated that the proteins of various cereals behave differently when cooked, and that the cooking process was responsible for the decreased digestibility in sorghum.
- Dr. Axtell made world-wide contributions in germplasm development. Varieties and populations of sorghum developed by Dr. Axtell and colleagues have been widely distributed to national research programs and international agricultural research centers where they have been widely utilized in varietal and hybrid development.
- During his long and fruitful career, Dr. Axtell trained many graduate students and through their work as scientists, his legacy extends throughout the United States and many foreign countries.

Table of Contents

Foreward, John Yohe 9

Monday, September 28, 1998

Session 1 - Potential of Hybrids in West African Agriculture - Opening Remarks

Moderator - John D. Axtell, INTSORMIL/Purdue University

Welcome Speech - M. Oumarou 13

Opening Speech - Omar Idi Engo. 15

Opening Comments - John D. Axtell 17

What INRAN Expects from the Regional Sorghum and Millet Hybrid Seed Workshop - Moustapha Amadou 20

Why Hybrids? - A. Bruce Maunder. 21

Rapporteur's Report - Botorou Ouendeba. 28

Session 2 - Hybrid Seed Experiences in Developing Countries

Moderator - Lee House, Consultant, Seed Production

Hybrid Seed Experiences in Developing Countries - B.R. Barwale 33

Zambian Seed Industry — History and Experience Bhola Nath Verma and Winter M. Chibasa 43

The Experience of Winrock International with Seed Multiplication in West Africa Through: The On-Farm Seed Project (OFSP), 1987-1992 and The On-Farm Productivity Enhancement Program (OFPEP), 1992-1998 Alphonse Faye and Pierre Antoine. 56

Rapporteur's Report - S.C. Gupta 62

Session 3 - Current Status of Seed Production

Moderator - Darrell Rosenow, INSORMIL/Texas A&M University

Pearl Millet Seed Systems in Niger
Jupiter Ndjeunga and Aboubakar Sidi 67

Review of Sorghum Hybrid Research in Niger
Issoufou Kapran, Moussa Adamou, Gebisa Ejeta and John D. Axtell. 83

Experience of NAD-1 Seed Production at Djirataoua
Irrigated Perimeter, Maradi Region of Niger
Laouali Dogo and Oumarou Issa 88

Hybrid Sorghum in West Africa - D.S. Murty 91

Heterosis and Hybrid Sorghum Seed Production in West Africa
Aboubacar Toure, H. Frederick W. Rattunde and Inoussa Akintayo. 94

Rapporteur's Report - D.S. Murty 104

Current Status of Hybrid Pearl Millet in West Africa
K. Anand Kumar, B. Ouendeba, S. Boureima, S.C. Gupta and S. Ouattara 105

New Cytoplasmic Male Sterility Systems for Hybrids in Pearl Millet
D.J. Andrews, K.N. Rai and J.F. Rajewski. 124

Creation of a Seed Industry: Role of the Private Industry - A. Bruce Maunder. . . 128

Rapporteur's Report - Anand Kumar 136

Tuesday, September 29, 1998

Session 1 - Bases for Succesful Hybrid Enterprises

Moderator - A. Kumar, ICRISAT/ISC

Production of Quality Hybrid Seed - Soumana Souley and Magagi Abdou. 139

Field Management for Sorghum Seed Production
Seyni Sirifi, J.W. Maranville and R.K. Pandey 145

Seed Conditioning and Commercialization - A.Bruce Maunder. 155

Seed Production on Irrigated Perimenters
M. Naroua Djibo and M. Jean Jacques Schalbroek 161

Farm Level Profitability and Evolution of Input-Output Markets: Economic Perspective - Tahirou Abdoulaye and J.H. Sanders 171

Regional Needs for Training in Seed Production N.D. Yagoua and N.I. Jika 179

Training for a Future Seed Industry in Niger I. Kapran, D.S. Murty and L.R. House 181

Rapporteur's Report - I. Kapran 184

Session 2 - Marketing by Commercial Firms and Cooperatives

Moderator - Kore Harouna, Fac. Agro/AMD University, Niamey

Role of the Public and Private Sectors in Seed Production Ismael Mouddour 189

Constraints and Suggested Solutions in the West African Seed Sector - A. Joshua 191

Role of the Government of Niger in the Initiation of a Seed Industry - Paul Buckner 200

Credit/Loans/Banks Serving Rural Users in India Kuldip R. Chopra and Rakesh Chopra 203

Wednesday, September 30, 1998

Session 1 - Sorghum and Millet Utilization

Moderator - Bruce Hamaker, INTSORMIL

Evaluation of Sorghum Grain Quality for Traditional Thick Porridge in Africa - G. Fliedel, C. Sambumukama, L.. Songre, and F. Matenncio 213

Senegalese Experience in Initiation and Strengthening Semi-Industrial Millet-Based Food Technology Plants in Urban Areas - Ababacar Ndoye..... 226

Contribution of PROCELOS to the Marketing of Food Products in Sahelian Countries - Mamadou Diouf 228

Factors and Recommendations Concerning Seed Production - Lee House 231

Pilot Project Report on Sorghum and Pearl Millet Utilization
I. Akintayo and J. Ndjeunga 239

Processing Sorghum and Millets into Value-Added Products
Adam Aboubacar and Bruce Hamaker 241

Panel Discussion - Human Utilization - Bruce Hamaker 246

Panel Discussion - Animal Utilization - Lee House 249

Wrap Up Remarks - John Yohe 251

Conference photographs 255

Acronyms 263

Conference participants 273

FOREWARD

Sorghum and pearl millet are the most important cereal crops in West Africa where they provide 70% of total cereal production that provide the major complements in the diets of people in the region. Research progress in the improvement of sorghum and millet is, therefore, of vital importance to the well being of people in West Africa. The Hybrid Sorghum and Pearl Millet Seed Workshop in West Africa is the culmination of the research and development effort by the Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), the International Sorghum and Millet Collaborative Research Support Program (INTSORMIL), and the International Crop Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT) during the last 10 years.

The workshop served as a forum for documenting experience gained in the development, release, and diffusion of NAD-1 as the first commercial sorghum hybrid in Niger. It marked a significant milestone in the history of agriculture for Niger and possibly for West Africa. The workshop brought together sorghum scientists from throughout Africa, the United States, India, and Europe. Mr. B.R. Barwale, the 1998 recipient of the World Food Prize who is credited for laying the foundation of the seed industry in India also attended the meeting and shared his experience with a paper entitled "Hybrid Seed Experiences in Developing Countries".

The research, which was presented and discussed, during this workshop demonstrated the value of the collaborative research model in the agricultural sciences. This workshop has placed on record the value of collaboration between scientists in the national programs, INTSORMIL, ICRISAT and the coordination efforts of the ROCAFREMI and ROCARS regional networks in the development and promotion of new technologies for sorghum and pearl millet production and utilization in West Africa.

Several scientists made significant contributions in this experience. NAD-1 was developed as a collaborative partnership between Dr. Issoufou Kapran (INRAN) and Dr. Gebisa Ejeta (INTSORMIL). Dr. John Axtell, coordinator for INTSORMIL/Niger led the crucial effort to develop a hybrid seed industry in Niger. Dr. Issoufou Kapran and Dr. Lee House (serving as INTSORMIL consultant) worked tirelessly to make the production and distribution of hybrid sorghum seed a reality for Nigerien farmers. They promoted NAD-1 and demonstrated the technical feasibility as well as the profitability of hybrid sorghum seed in Niger.

The production of hybrid seed requires a multi-tiered effort toward moving from a public seed production effort for varietal seed toward private sector initiatives better organized for producing and marketing of hybrid seed. In Niger, great effort has been directed toward developing local capability and experience for hybrid seed production and marketing. Small farmers have been organized and trained to become skilled seed producers. The

private sector in Niger is gradually assuming more responsibility for seed production and marketing. The process has been slow but deliberate and is likely to grow setting a good example for the other countries in West Africa.

On behalf of INRAN and INTSORMIL, I wish to thank ICRISAT, ROCAFREMI, ROCARS, the McKnight Foundation, the Rockefeller Foundation, the U.S. Agency for International Development and Winrock International for co-sponsoring this workshop and for support of international participant travel and conference activities which made this meeting a special success. As Program Director of INTSORMIL, it gives me great pleasure to have our program associated with this important milestone in the history of sorghum and millet in Niger and West Africa.

John M. Yohe
INTSORMIL Program Director

Monday - September 28 - Session 1

Potential of Hybrids in West African Agriculture

Opening Remarks

Moderator - John D. Axtell,
INTSORMIL/Purdue University

Welcome Speech

Mr. Moussa Oumarou, Director General of INRAN

His Excellency the State Minister,
Honorable Director of the INTSORMIL program,
Honorable Representative of ICRISAT in Niger,
Honorable guests,
Ladies and Gentlemen;

On behalf of INRAN, I congratulate the organizers of the Regional Sorghum and Millet Hybrid Seed Workshop. We are grateful to all of you, as representatives of the scientific and agricultural development communities, for taking time away from your important tasks to be with us. To all participants, we extend a warm welcome to Niamey.

INRAN, created in 1975, is a young agricultural research institute. Yet in the Sahelian context, it has the tremendously important responsibility of conducting research aimed at improving food self-sufficiency in Niger. Very early on, we understood that if a significant increase in agricultural production was to be obtained we needed to promote improved seeds. As an institute, our strategy was based largely on collaborative research. This workshop gives me, therefore, the opportunity to recognize and thank INTSORMIL and ICRISAT for being with us from the beginning and staying with us as we follow the long, but productive, path of agricultural research.

Dear participants, in terms of agricultural research, varietal development of sorghum and millet has probably been the most successful venture. The latest INRAN catalog displays more than fifteen improved varieties of sorghum and millet that are available in Niger.

Honorable guests, ladies and gentlemen, our government and international donors have made a tremendous effort and invested large sums of money to promote the use of improved seeds by our farmers. Yet all these initiatives have only had only a limited impact on agricultural production in the Sahel. This is due - in part- to the lack of a viable enterprise in seed production and marketing. As agricultural scientists, the responsibility to remedy this situation falls on us. The value of an improved variety will remain rather academic as long as good quality seed is not produced in quantities that can cover the substantial needs at the national level. Improving the seed sector should start with a unanimous recognition by producers, consumers, extension agents, scientists and policymakers that seed and grain are not synonymous.

Ladies and gentlemen, INRAN has taken steps, especially through training, to develop and to support a seed sector where quality is a key word. Infrastructures have been set up to insure that specialists produce good quality breeder seed. These investments were timely in a context where our joint efforts have de-

PREVIOUS PAGE BLANK

veloped high yielding and well-adapted hybrids of sorghum and millet. Since hybrids can significantly improve the food situation and serve as a better source of profit for commercial growers, we believe hybrids can easily serve as vehicle for a viable seed industry. The system will be more sustainable if food products like couscous are locally made from sorghum and millet and are acceptable to consumers. This is a brief summary of INRAN's dynamic approach to the question of sorghum and millet hybrids, an approach well received by many of our partners.

Ladies and gentlemen, we hope all of you will have the opportunity to share your experience, and to see the results of our collaborative research through the field tours. We hope these efforts will be rightly appreciated, so that agricultural research regains its position as the engine for development and our institutions receive the full and timely support they deserve.

Once more, I wish you a pleasant stay among us.

Thank you

Opening Speech

His Excellency the State Minister Omar Idi Engo, Minister of Agriculture and Livestock,

Distinguished INTSORMIL Director,
Distinguished Director of the ICRISAT Sahelian Center,
Distinguished Director General of INRAN,
Distinguished representatives of international organizations,
Distinguished representatives of farmer associations,
Honorable guests,
Dear participants,
Ladies and gentlemen:

Let me start with the pleasant duty of welcoming among us so many important scientific personalities; to all participants I wish, on behalf of Niger's people and government, a wonderful stay among us.

It is my privilege to give the opening speech at this Regional Sorghum and Millet Hybrid Seed Workshop. Our people and government are grateful for the opportunity to host such a significant event, as this workshop is indeed in line with Niger's strategic objectives of food self-sufficiency.

Millet and sorghum are the most important cereal food crops in this country, with more than 7 million hectares devoted to these crops. Yet we face almost endemic food shortages due - in part - to poor yielding varieties grown under harsher and harsher environmental conditions. The trend is very alarming and it makes food availability a critical issue, since the population is growing annually by 3%.

We follow closely and fully support the efforts of the National Agricultural Research Institute of Niger (INRAN), aiming at improving the productivity of important crops. We know that useful research has been conducted in the areas of varietal improvement and seed production. In particular, hybrids have performed better than open pollinated varieties in the difficult conditions where millet and sorghum are grown. And, we recognize that improved varieties are - like fertilizers, water, and phytosanitary products - indispensable for high agricultural productivity. Therefore, we are proud to know these results have been accomplished in Niger. I commend the long-term collaboration between INRAN, INTSORMIL, and ICRISAT, for all they have contributed toward this success.

Ladies and gentlemen, dear participants, a modern agriculture will significantly contribute to the fight against poverty. This is a key element for economic development in any nation. Experience in other parts of the world has shown that the availability of improved varieties and seed marketing are crucial for modern agriculture. The eminent experts, scientists

and producers in this room will undoubtedly exchange knowledge and experiences so that we can develop a pragmatic approach for extending sorghum and millet hybrids to farmers. Your agenda includes discussion on production, processing, and marketing of hybrid seed, as well as human and animal utilizations of the grain. It is indeed essential that modern transformation of the grain be developed to absorb increased grain production, and make the system sustainable.

Dear participants, I know you are better informed than I am about the issues described briefly here. I know you will thoroughly analyze the value of hybrid technology and seed production for us. I am confident your discussions will produce recommendations that we can implement in Niger and other Sahelian countries. In closing, I wish success to you all and declare open the Regional Sorghum and Millet Hybrid Seed Workshop.

Thank you

Opening Comments

John D. Axtell

Minister of State, Agriculture and Animal Husbandry
Director General of INRAN
Director of the INTSORMIL Program
Director General of the ICRISAT Sahelien Center
Honored Invitees

Ladies and gentlemen, welcome to the first West African Hybrid Sorghum and Pearl Millet Seed Workshop. This workshop represents the culmination of research efforts by INRAN in collaboration with many agricultural scientists and several research organizations over the past 18 years.

I would be remiss, however, if I did not make special note of the important role played by Dr. Issoufou Kapran and his colleagues at INRAN and INTSORMIL. Their bold vision for the future of hybrid sorghum in Niger, and the exuberant farmer response to the hybrid NAD-1 at field days throughout Niger, bolstered our faith that we could and must overcome the issues involving hybrid seed production in Niger. We are fortunate to have "pioneer" researchers from India, Sudan, Zambia, and Nigeria at this meeting who will discuss their experiences with hybrids later this morning.

The research we will be discussing and viewing this week is a monumental tribute to the value of the collaborative research model in the agricultural sciences. Research collaboration between national program scientists, INTSORMIL U.S. university scientists, and the coordinated research efforts represented by the ROCAFREMI and ROCARS regional networks have resulted in the establishment of the first significant foothold for the development of sorghum and pearl millet hybrids in Sahelian West Africa. In addition, important financial support from the McKnight Foundation was received by Dr. Kapran and INRAN during the research and development phases leading to the development of NAD-1.

We are optimistic that this beachhead that has been established through the dedication and perseverance of Dr. Issoufou Kapran and Dr. Lee House will grow and spread. A solid beginning has been made, but this is only the beginning of what must become a sustained effort throughout the region. Many challenges must be overcome, and many issues remain unresolved. But we are driven by the fact that sorghum and millet are essential to the diets of poor people in the semi-arid tropics, where drought causes frequent failure of other crops. These cereals are most important in West Africa, where they provide 70% of the total cereal production.

In North Africa they provide 8 - 91% of the total staple for over 216 million people. In East Africa they provide 30% of the total cereal production; and in Central and Southern Africa they provide 9 - 85%

of the total staples for over 126 million people. In addition, they are important crops for over 2.1 billion people in Asia, mainly India and China.

Sorghum and pearl millet are, therefore, the two most important cereal crops grown to feed people living in the semi-arid, low input, dry-land agriculture regions of Africa and South Asia. In the last 35 years, the area devoted to sorghum in Africa has nearly doubled, but yields have not increased – still averaging 800 kg/ha. A similar trend exists for all millets in Africa where the area planted has increased by 50% but yields, averaging 620 kg ha^{-1} and showing more fluctuation than sorghum, have changed little. By contrast in India during the same period sorghum area has declined 37%, but yields have increased 80% (now about 880 kg ha^{-1}). Likewise area planted to millets has decreased 28%, but yields have increased 75% (now $\pm$720 kg ha^{-1}; USDA, 1997). Hybrid use, and a consequent increase in genetic research has been a major factor in the yield increases recorded in India. We are delighted to have Mr. Barwale at our workshop to share his experience with hybrid seed production in India. Mr. Barwale is founder and chief executive of Mahyco Seed Company which has been instrumental in the development of this remarkable story in India. Mr. Barwale is the recipient of the 1998 World Food Prize for his pioneering work in developing the private seed sector in India.

We know what the benefits of hybrid vigor have been in other parts of the world. We now know that these benefits can be achieved in West Africa. We also know that the benefits of significantly increased yields can cause dramatic price declines to the farmers for these cereals at the farm gate. The organizers of this Workshop give equal priority to increased research and development efforts on the utilization of these cereals, which allow farmers to benefit from the productivity increase.

The research and development efforts on the cereal technology of sorghum and millet grains have lagged far behind that of other major cereals. The research on utilization of these cereals must be increased if we are to provide acceptable, value-added products to an increasingly urbanized population. Some encouraging research is in progress in several West African laboratories, and we must strive to ensure that these efforts are encouraged and enhanced. My opinion, in fact, is that one of the greatest deterrents to increased funding for sorghum and millet research is the lack of delectable, convenient sorghum and millet products in the cities where policymakers live.

There is a whole gamut of issues including hybrid research; training in seed production and seed quality; financing, marketing and seed distribution; and seed law and government policies that need to be discussed. We are fortunate to have experts in each of these areas to help with our discussion. But we need your expertise and your participation if this workshop is to be successful. An important start has been made, but much work remains ahead.

So the objectives of this Workshop include seizing the opportunity provided by the benefits of the increased productivity of sorghum and millet hybrids, and accepting the challenges of providing high

quality hybrid seed to the farmers of West Africa in a timely fashion and at a reasonable cost. Experiences throughout the world have demonstrated that this can best be achieved by a private sector seed industry, accompanied by appropriate government policies. We will have a road map provided by other developing countries that have faced and overcome these challenges. How can this road map be altered and adapted to West African conditions? That is our challenge.

The huge production areas of sorghum and pearl millet in Africa have yet to benefit from the use of heterosis. We are convinced that the use of heterosis or hybrid vigor will play a major role in the next green revolution: a dryland revolution resulting from increased productivity of hybrid sorghum and pearl millet cultivars in Sahelien Africa. Let us begin this revolution here and now, and let historians note that this Workshop set the stage for significant gains in the welfare of people living in the semi-arid tropical regions of the world.

My home institution, Purdue University, is also the home institution of a very famous American, named Neil Armstrong, who was the first man to walk on the surface of the moon. His comment as he stepped out of his space capsule was, and I quote "One small step for man, one giant leap for mankind." Let's make this Workshop one small step toward great strides forward toward freedom from hunger for all the peoples of the Sahel.

Introductory remarks

What INRAN expects from the Regional Sorghum and Millet Hybrid Seed Workshop

Dr. Moustapha Amadou
Scientific Director of INRAN

INRAN is a young organization whose goals are to find technical solutions to rural development in the areas of crop production, livestock and fisheries, natural resource management, and production systems. This is a very difficult task in the current economic crisis, especially in the harsh Sahelian environment. Still, with a team of well motivated scientists and support from government and numerous research partners, INRAN keeps improving its impact on agricultural development in Niger. Production, processing, and marketing of millet and sorghum hybrid seed, as outlined on the agenda of this workshop, are key elements for agricultural production.

In Niger highly productive varieties of millet and sorghum (NAD-1) have been developed. Now we need to adequately produce their seeds in sufficient quantity and good quality, as well as comply with technical requirements in a country which has no modern seed company.

We also have an experimental unit for the processing of millet and sorghum into couscous (grain decortication, flour production, rolling, cooking, and drying). This will be a useful tool for processing excess grain production resulting from improved cultivars.

Therefore, we are interested in hearing the comments of the experts in this room on how to improve the seed sector in Niger. This is why we set up two working groups, one on seed production and the other on utilization, to review and improve our preproposals. We expect each group to analyze their document thoroughly and improve so that it may be submitted to government and other funding agencies.

Why Hybrids?

A. Bruce Maunder

Introduction

Agriculture and plant improvement have evolved in rather definitive stages during the 10,000 years since man's organized dependence on crop production. Assuming we can now safely consider ourselves in the Science Revolution, as described by Plucknett (1991), being from 1950 to the present, then we advanced from an agriculture dependent on manpower followed by animal power; and, of course, during this century mechanization or machine power. At the same time crops moved from improvement through evolution with natural selection to farmer selection for the most desirable traits. This rather lengthy time frame was interrupted by the discovery of Mendel's Laws of Heredity at the beginning of the 20th Century. Then plant scientists developed the principles of modern plant breeding and explained the phenomenon of hybridization, which has most recently been upgraded through the newest breeding tool, biotechnology.

Hybrid vigor has proven to be by far the most productive and economically valuable tool of this scientific revolution in agriculture. Although maize receives most of the attention related to hybrids, certainly sorghum, millet, sunflower, rice, and alfalfa have benefitted significantly as have numerous vegetable crops, Maunder (1998). Shull in 1914 suggested the term "heterosis," which may best be described as hybrid vigor. Heterosis results from crossing two unlike plants (intravariety crosses) that produce a hybrid superior in growth, size, yield, or general vigor. The value of heterosis depends upon the ease of hybridization and cost of seed production to be justified by increased yield, as well as other agronomic characters being enhanced.

Advantages of Hybrids

Increased grain yield is not only a universally recognized manifestation of hybrid vigor, but represents the most significant breeding accomplishment for improved productivity. Dash, in opening remarks at the 1983 Hybrid Sorghum Seed for Sudan workshop related to the first commercial hybrid for Sahelian Africa, Hageen Dura – 1, indicated field performance of 158% over the local variety under irrigation and 150% of the local under rainfed conditions in Sudan. Ejeta, at the same meeting, explained that test results over four years favored the elite hybrids over open-pollinated local varieties in 27 yield trials by a 50% yield advantage. Quinby (1963) found that RS 610, the first widely grown U.S. hybrid, produced 82 percent more grain than the average of its parents, but produced only 31 percent more stover.

Doggett (1967), working in Uganda, evaluated the sorghum hybrids H x 57 and H x 58 in 123 trials in East Africa (Table 1) and found an average 35.8% yield increase. Data also presented from Zimbabwe, India, and the USA, representing an-

Table 1. Relationship between hybrids and varieties (H. Doggett, 1967, Uganda).

Country/ Region	% increase hybrid	No. Of trials
East Africa	35.8	123
Zimbabwe	53.7	64
India	34.1	76
U.S.A.	28.1	128

Nature, Vol. 216, No. 5117

other 268 trials, ranged from 28.1% to 53.7% in favor of hybrids.

Nider et al., (1995, unpublished), using data from the Argentine Secretary of Agriculture 1910-1994, found an annual gain of 57.9 kg ha^{-1} for maize hybrids for 44 years compared to 9.0 kg ha^{-1} for varieties for the prior 41 years (Table 2, Fig. 1). Sorghum and sunflower had annual gains of 58.4 and 43.0 kg ha^{-1}, respectively whereas variety analysis prior to hybrids showed annual yield reductions of -7.5 and -0.4 kg ha^{-1} for these two crops (Fig. 2,3).

In the USA, yield gains of the 90's from the base 10 year averages of 1930-39 favor the hybrid crops of maize and sorghum over varieties such as wheat, cotton, and soybeans by five fold (5X) compared to 2.6X for the non-hybrid crops. Quinby, (1973) suggested that since the advent of hybrids, a combination of hybrid vigor, irrigation, and better nutrition has increased the sorghum grain crop in the United States, from 250 to 800 million bushels (63.6 to 203.6 million quintals). Thus, hybrids not only bring an initial yield gain of 20-40% but show greater yield gains once a cultivar is hybridized.

Table 2. Evolution of Yield of the Principal Cereals and Oil Crops in Argentina, 1910-1994.

Cultivar	Years and type	Kg ha^{-1}/year
Maize	1910-50 varieties	9.00
	1951-94 hybrids	57.92
Sorghum	1954-65 varieties	- 7.52
	1966-94 hybrids	58.43
Sunflower	1929-80 varieties	- 0.36
	1981-94 hybrids	43.00

Data from Argentine Secretary of Agriculture

Besides grain number per inflorescence other benefits from heterosis may be equally important. Often a valuable attribute is earlier maturity. Work in maize (Duvick, personal communication) and sorghum suggests that hybrids from parents having similar maturity genes, will flower in 93-94% of the days required for the mean of the parents. A DEKALB Genetics study with 15 commercial hybrids and their parents confirmed this advantage and further showed a hybrid advantage over the best parent of 22% and 35% of the best parent over the mid-parent average. Earlier maturity from hybrids is especially valuable for improved water use efficiency, insect escape, and avoidance of temperature extremes.

Hybrids generally result in significantly improved seedling vigor, an important aspect in weed control. They also frequently have greater height than the tallest parent as well as more extensive tillering. Although seed number per panicle, as mentioned, is the greatest factor for increased yield, both panicle size and panicle weight are also favored by hybrids (Quinby, 1973). Certainly the

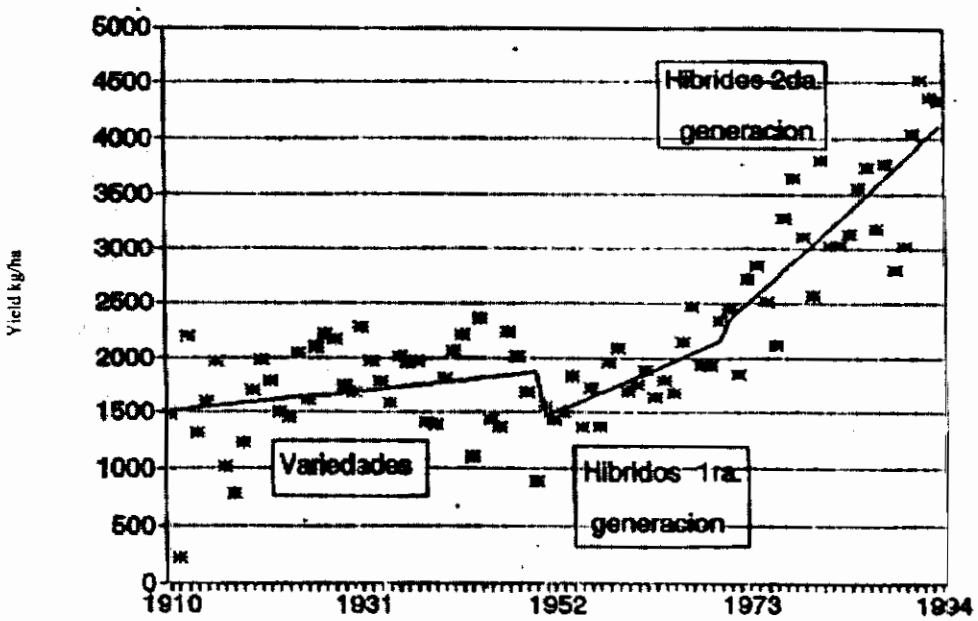


Figure 1. Yield of Maize - Argentina, 1910-1994.

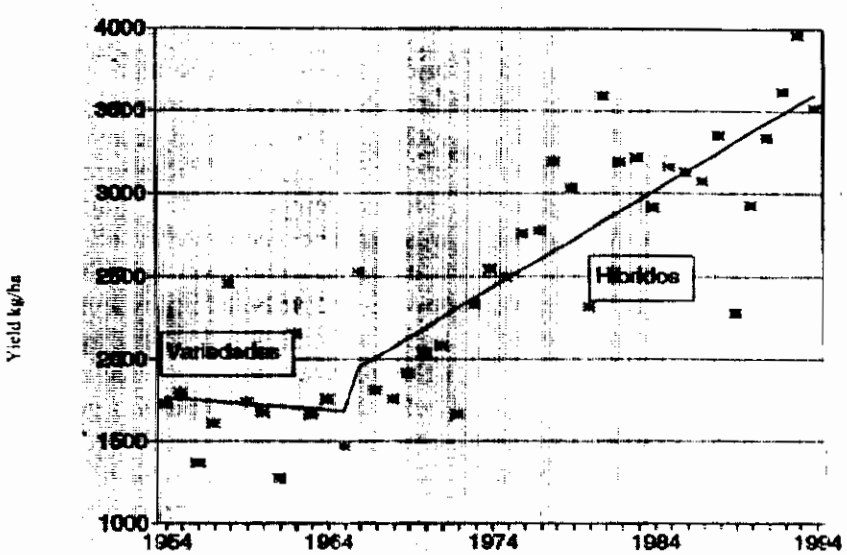


Figure 2. Yield of Sorghum - Argentina, 1910-1994.

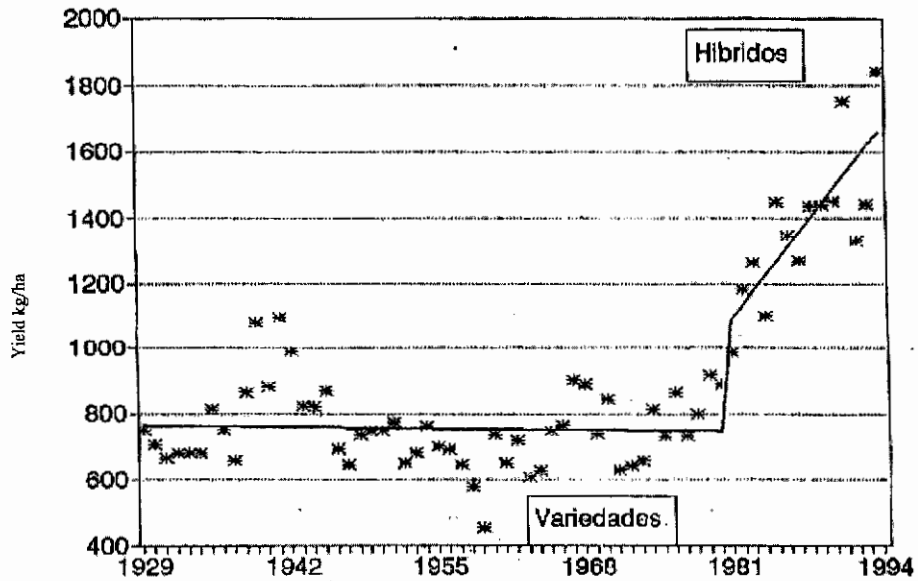


Figure 3. Yield of Sunflower - Argentina, 1929-1994

higher threshing percentage, larger root system, and frequently greater test or grain weight are significant to improved performance. Doggett (1967), suggests the small increase in height, stem thickness, leaf area, forage, and tiller number could together add up to quite a large increase in photosynthetic area. With more floral buds/hectare than varieties, the plant factory could always fill the extra seeds in those florets, for a wide range of growing conditions.

Drought and temperature tolerance often permit hybrids to offer an even greater advantage under stress. By having a higher yield potential, hybrids illustrate a form of improved water use efficiency. Studies by Castleberry, et. al. (1984) suggest modern maize hybrids (single crosses vs. double-crosses or 4-way hybrids) not only yielded more grain than did older hybrids in low moisture environments, but exhibited genetic capacity to increase this yield difference in favorable environments. The same analogy was found between low- and high-fertility conditions, with newer hybrids superior to older ones in both fertility levels. Thus, with both moisture and fertility, hybrids of maize continue to provide increasing yield stability with improving genetic potential.

From a breeding perspective, hybrids benefit from non-additive gene action such as dominance and epistasis. In fact, both parents need not be superior thus al-

lowing for the expression of overdominance. Hybrid improvement for adaptation has been clearly shown with maize when comparing increasing yield gain and higher plant populations. Eastin (1983) has further added, that crops that can be hybridized stand to benefit more quickly from a team approach (physiologist-geneticist team) that is so critical for improving abiotic stress tolerance. Finally, hybrids can be upgraded by improving only one of the two parents, since dominance frequently affects simply inherited or qualitative traits such as biotic stress, nutritional characteristics, and height.

Explanation of Hybrid Effects

Heterosis results in increased size and number of plant parts, from a faster rate of cell division and cell activity, thus, giving hybrids a greater number of cells. Quinby (1963) reported faster cell division as the basis of the heterotic manifestations observed in sorghum. Processes not involved by rate of cell division, as a result, show little effect on hybrid vigor. Those factors developed more by breeding than heterosis include test weight which is correlated to days from bloom to physiologic maturity, seed size, protein composition and relative percent, ear placement in maize, stay green, and biotic resistance. Quantitatively inherited traits such as stover, grain, and root growth are most affected by hybrid vigor in the first, second, and third or final stage of the life cycle, respectively. The heterotic response appears to increase the general metabolic efficiency of the hybrid plant.

Generally, the preponderance of evidence supports the view that heterosis in maize (Hallauer, et. al. 1988) results from the accumulation of loci with alleles having partial or complete dominance. Overdominance and the interaction of alleles (epistasis) may be significant depending on the particular germplasm being used. Glenn Burton (1966) speculated that sorghum breeders had not begun to use all of the additive gene effects before moving into a hybrid program, that also allowed them to utilize dominance.

Breeders recognize that all intra-variety crosses do not produce the same amount of vigor when crossed. I have had opportunity to develop, observe, and release approximately 150 commercial hybrids. Of interest, however, is the knowledge that considerably more than 150,000 have been evaluated in our breeding effort, or less than one in 1000 ever reach the producer. Thus, not all combinations exhibit adequate levels of heterosis or lack some other essential trait. The breeder becomes more selective for a useable hybrid as his research program becomes more advanced or mature.

Acceptance of Hybrids

Perhaps the U.S. history, which illustrates the relative acceptance of maize and sorghum hybrids, will have value for new regions moving toward hybridization. The time lag for maize was 20 or more years, whereas sorghum, benefitting from farmer experiences with maize, took only four years to gain near universal acceptance (Figure 4). Russell (1991) points out that although maize had a relatively slow acceptance nationwide, in Iowa, the leading area of maize production, accep-

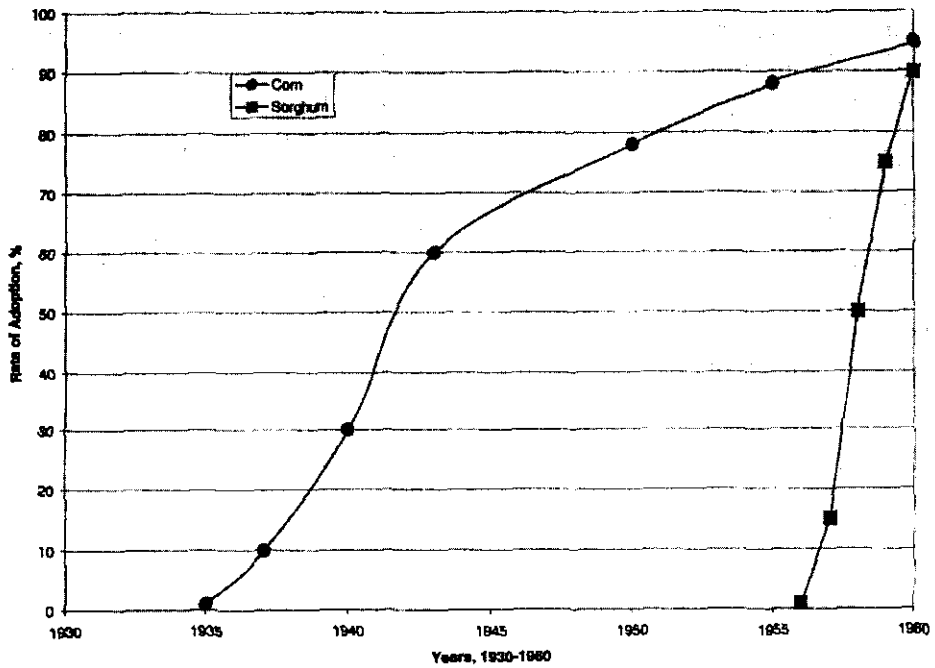


Figure 4. Percentage of maize and sorghum planted with hybrid seed in the United States from 1930 - 1960.

tance did occur within a few years as with sorghum.

A secondary benefit from the acceptance of hybrids, which is critical, relates to private sector involvement. The extra value and cost applied to seed not only encourages better management practices but allows for a private sector input into all aspects of the seed industry. The opportunity with hybrids for annual seed replacement, as well as proprietary ownership, further encourages private investment. Benefits from private sector competition (Maunder, 1998) will (a) better assure an adequate supply of seed, (b) lead to improved seed purity and adequate germination, and (c) increase investment in product improvement which may be less critical to the hybrid industry short-term, assuming in-country national programs are effective. India illustrates, perhaps as well as any country, that hybrids combined with private sector investment can allow for self sufficiency in food, having increased production from 50 million tons in 1950 to 200 million in recent years.

In 1966, G.W. Burton speculated that the next century will see F_1 hybrids of every major crop in general use throughout the world. The greater yield potential, efficiency, and ability of the outstanding F_1 hybrids to withstand stress when compared with varietal cultivars suggest a real

opportunity to increase feed and food production. As the world increases in population, and standards of living increasingly demand more protein through meat in the diet, Burton's thoughts along with current agronomic developments seem all the more prophetic. Hybrids will be used and accepted in developing countries if hybrids with seed of high purity, adequate germination and yield performance become readily available.

List of References

Burton, G.W. 1966. Meeting human needs pp. 391-408. *In* K.J. Frey (ed.) Plant Breeding. University Press, Ames, Iowa.

Castleberry, R.M., C.W. Crum, and C.F. Krull. 1984. Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environmnts. Crop Science. 24:33-36.

Dash, Y.A. 1983. Inaugural adddress. *1983. Pages 3-4 In* Proc. of Hybrid Sorghum Seed for Sudan. G. Ejeta (ed.).

Doggett, H. 1967. Yield increase from sorghum hybrids. Nature 216:798-799.

Eastin, J.D., T.E. Dickinson, D.R. Krieg, and A.B. Maunder. 1983. Crop physiology in dryland agriculture.E. Dregne and W.O. Willis (eds.) Dryland Agriculture. Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 333-364.

Ejeta, G. 1983. Current status of sorghum improvement research and development in the Sudan. Pages 17-18 *in* Proc. of Hybrid Sorghum Seed for Sudan, G. Ejeta (ed.).

Hallauer, A.R., W.A. Russell, and K.R. Lamkey. 1988. Corn breeding. *In* Corn and Corn Improvement. G.F. Sprague and J.W. Dudley, (eds.) 3rd Ed., pp. 469-564. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

Maunder, A.B. 1997. Role of private sector. Pages 605-612 *in* Proceedings of the International Conference on the Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet.

Maunder, A.B. 1998. Logistics of seed production and commercialization. *In* J. Coors (ed.) Heterosis in Crops. CIMMYT Pub. Mexico.

Plucknett, D.L. 1991. Saving lives through agricultural research. Consultative Group on International Agricultural Research. Washington, D.C. Issues in Agriculture #1.

Quinby, J.R. 1963. Manifestations of hybrid vigor in sorghum. Crop Science 3: 288-291.

Quinby, J.R. 1973. Sorghum improvement and the genetics of growth. Texas A&M University Press, College Station, TX.

Rapporteur's Report

Botorou Ouendeba

Opening Remarks

Day 1 - Session 1

The Director General of INRAN congratulated the organizers. He emphasized the importance of improved seeds and the need to pursue collaborative research between INRAN, INTSORMIL, and ICRISAT. There are notable results in the area of varietal development: INRAN has produced a catalogue of all its varieties. However, more funding is needed for millet and sorghum research, as well as for developing seed production and marketing.

Two key points must be noted: (1) seed is different from grain; (2) a seed unit is necessary, as well as hybrid development by other NARS.

Following the Director General of INRAN, the minister of agriculture gave the opening speech. He mentioned how proud Niger is to have so many leading scientists in attendance at the Workshop and their importance to the Workshop. To reach the goal of food self-sufficiency in Niger, millet and sorghum must be improved, since they cover more than seven million hectares and provide the staple foods for its population. The government of Niger supports INRAN's effort in varietal development and seed production. Collaborative research has permitted the development of high yielding millet and sorghum hybrids. To fight against poverty, agriculture must be modernized. Seed activities must be developed to fully take advantage of hybrids. We must have a sustainable seed sector, and Niger is willing to consider any proposal to stimulate the use of hybrids in the country and in the sub-region.

The session president welcomed all participants from Africa, Europe, Asia and the US. Hybrid development has made significant progress in Niger in recent years; these achievements must be supported so that many farmers in West Africa can take advantage of the phenomenon of heterosis. This workshop was made possible because of the persistence of Issoufou Kapran, John Axtell, and Lee House.

Millet and sorghum are the two most important crops in Niger and the sub-region, comprising 70% of all cereal production in West Africa. Although cultivated land devoted to millet and sorghum increased by 50%, yields remain low at 600 kg/ha on average. The opposite was observed in India. Mr. Barwale will later on in this workshop provide information on how hybrid development evolved there.

We should insist on the importance of grain transformation as well as seed pro-

duction. This meeting should focus on ways to increase sorghum production and the use of hybrids.

Dr Lee House gave some details about the group working on seed production. They will focus on the following:

Background history of seed production in Niger;
Current situation, and
Future possibilities in relation to the availability of hybrids

At the end of their work, the seed production group will present a strategy toward a sustainable production and commercialization of hybrid seed to the plenary session.

The second group will discuss transformation and other uses for millet and sorghum. This group will be organized by Bruce Hamaker, A. Ndoye, Moussa Oumarou, and Adam Aboubacar.

Bruce Maunder made a presentation entitled "Why Hybrids." He clearly pointed out several advantages of hybrids, including high yield, earliness, desirable morphological traits, and a good reaction to both drought and soil fertility problems. The yield advantage of hybrids versus open-pollinated varieties varies between 28% and 54%. Examples were given of sorghum, millet and corn in other countries.

Monday - September 28 - Session 2

Hybrid Seed Experiences in Developing Countries

Opening Remarks

Moderator - Lee House,
Consultant, Seed Production

PREVIOUS PAGE BLANK

Hybrid Seed Experiences in Developing Countries

B.R. Barwale

For some time I have been thinking about what I should convey to you. I have decided to talk about the Barwale Mahyco story, which is closely related to the Indian Seed Industry.

I started a seed production program with an okra variety bred by the late Dr. Sardar Harbhajan Singhji of the Indian Agricultural Research Institute, (Pusa Institute) at Delhi. It was a revolutionary variety. It was resistant to yellow vein mosaic virus disease which tremendously reduced the production and quality of the crop. The variety was unique and was accepted by the farmers very rapidly. This taught me a lot about the seed enterprise. The seeds need to be grown, dried, cleaned gravity separated, treated, tested for quality, packed and delivered to the farmer directly or through distributors/dealers. This operation taught me my first few lessons.

By the time I became aware, in 1963, of the Rockefeller Foundation, Indian Council of Agricultural Research (ICAR), and the All India Maize Coordinated Research Program, I was a budding seedsman. My experience gave me credibility with The Rockefeller Foundation that I may be able to deliver the goods in the form of quality seeds of other crops.

In a seminar held in Dahad, Gujarat, I obtained a letter from the National Corporation representative for 10 acres of maize foundation seed. I personally went to Amberpet, Hyderabad, collected the foundation seed and brought it to Jalna. In 1964, I planted 5 acres of hybrid seed on my farm in Kharif and 2 acres on my neighbor's farm.

The Rockefeller Foundation was always there to provide support. They provided detailed instructions and helped get the crop planted. At the time of the first detasseling Mr. D.S. Rana of The Rockefeller Foundation came to Jalna and trained our boys to detassel and us. Although this is a simple task, timing was important.

Dr. Wayne Freeman visited three times during the crop cycle. He always encouraged me to do a better job. I was able to meet the standards, and the crop was harvested as instructed: the male separately and then - after inspection of the field, the female. We shelled the crop and were amazed to see the overall yield. It was a double cross production. The female parent was a singe cross and had excellent productivity. Dr. Freeman had a detailed meeting with me on processing of the seed and made plans to process the seed.

A truck containing a small M2B Cleaner, seed treater, bag closer tags, thread, seals, chemicals for treatment arrived a few days later. We made arrangements to mount this cleaner and treater at an elevated position near my home. An engineer, by the name of Mr. Dev, was sent from Delhi to help install the equip-

PREVIOUS PAGE BLANK

ment and process the seed. We processed the seed speedily. Ladies and gentlemen, that was the best yield of processed seed of maize I obtained in my life: 33 quintals (132 bushels) of processed maize seed per acre!

The seed was ready. We stored it in a warehouse, and we looked for customers. We contacted several groups and tried to convince them of the usefulness of planting good quality hybrid seeds. In the meetings, there were lots of questions and lots of resistance to paying 3 to 4 times the price of the grain for the hybrid seed.

One good thing that we had done prior to planting the seed crop was import certain quantities of hybrid seed from Gujarat. We sold it, then helped people plant that seed to produce a commercial crop. Thus, the crop was grown in a number of places and we obtained very encouraging results. These demonstrations created some curiosity and interest among the farmers and extension officers. We used to celebrate if we were able to sell one sack of seed a day. One sack is equal to 90 kg, enough seed to sow 6 hectares worth only Rs. 120 at that time (i.e. 3 USD today).

One afternoon, I received a phone call from an Agricultural Officer from the neighboring district asking me "Mr. Barwale, do you have hybrid maize seed?"

"Yes, sir,"
"How much you have?"
"We would be able to fulfill your demand."
"I want one truckload."
"Yes, sir, we would be able to provide that amount to you."
"We want it tomorrow.
"OK, sir."

Within two hours, we had hired a truck and instructed our representative to deliver the seed to the officer the next morning. It was delivered and reported. What a day it was! Really a day of achievement and celebration. Our credibility as seed producers and progressive farmers was established.

The ICAR's All India Sorghum Improvement Programme, with assistance from The Rockefeller Foundation, also developed new sorghum hybrids. That same rabi (dry) season, we planted a demonstration of 2 Jowar (sorghum) hybrids, CSH1 and CSH2 along with the local check. The earheads of the local check were big and compact and looked very impressive. Comparatively, the hybrids looked unimpressive, even though the plant growth was very uniform with excellent plant populations.

We harvested the demonstration hybrids, and everybody was surprised to see that the hybrids had tremendously high yields compared to the local check. Later, I had a meeting with Dr. House in Delhi. He informed me that the first sorghum hybrid CSHI (Kafir 60 × IS84) was likely to be released at the next workshop. As a result, The Rockefeller Foundation wanted to see some seed produced that year in order to support good demonstrations during the next year.

Dr. Wayne Freeman and Dr. Lee House were helping this sorghum program by assisting with field operations.

The Rockefeller Foundation sent equipment, trained human resources, foundation seed, and thimet (a systemic insecticide with an obnoxious odor). Actually, Dr. Lee House had to travel with this chemical from Pune to Jalna, 190 miles distance, and had to inhale the chemical.

Four acres of Hybrid CSH1 seed production was planted. We did not know how the parents would behave in a different environment and different season. Therefore, we planted the male 3 times at 4 day intervals before (and after) the female was planted to ensure that there would be a longer pollen availability in order to achieve a good nick.

Ladies and gentlemen, I do not want to take your valuable time by providing you minor details. However, I would like to say that it was a successful production and we got 8 quintals per acre of hybrid sorghum seed. Thus, for the first year alone, the country had 32 quintals of the first sorghum hybrid to distribute throughout the country.

Dr. House, I still have on record the long letter you had written describing the sort of risk I was taking, that it may be a total loss, that I may not be able to market the seed, but promising me all support to make it a successful program. Although there was a risk, we decided to move forward. The extension agencies in some states were promoting the hybrid sorghum. The hybrid sorghum grown was qualitatively poorer than the best local varieties, but it was a shorter duration than the local varieties and those were the years we had severe droughts. While all local varieties failed, and did not even produce earheads, the hybrid produced excellent crops. Suddenly, it attracted the attention of everybody who was concerned with agricultural production.

We received tremendous support from the then Chief Minister of Maharashtra, the late Shri Vasantroji Naik, who promoted the seed and the idea in a great way. The same summer we produced the first pearl millet hybrid, a product of the ICAR's All India Coordinated Millet Improvement Program. By this time we were experienced growers. We were trained how to find a shedder. We used to take black slates in our hand to see whether a doubtful plant was a shedder or a male sterile. The purity of the foundation seed was a little doubtful. However, the need was urgent so good-quality hybrid seed had to be produced, which – for example – involved an extra effort in removing rogues from the parents before they could have a damaging effect.

By this time I was further convinced and committed to the program: a nation-building program, agricultural production program, and a program that would bring prosperity and respectability to the farming community. I realized that I alone might not have been able to achieve the objectives as the task was gigantic and we started contracting seed production with small farmers, progressive ones who were prepared to follow instructions, had reasonable resources to irrigate and were responsive to the idea and instructions.

We appointed production assistants, generally agricultural graduates or postgraduates, and provided them motorbikes. These assistants regularly use them to visit these growers and report on the progress to the officers responsible for

production. Through this process, we understood the problems of the growers and solved them as quickly as possible, if not immediately.

We were growing seed in the kharif (monsoon) season (June – October) and had to face the problem of grain mold if there was rain at the time of harvest, which would generally affect the storage, germination, and viability of the seed. As a result, we began looking into dryseason seed production. After looking into other production areas, we moved to the rice fallows in Andhra Pradesh. Meanwhile, we had faced problems of crop nonuniformity, which we solved by purifying the parental material and having direct quality control over this material in the production fields. Once the growers understood that it could be a profitable crop for them, we did not have difficulty in converting the entire village into a seed production village.

This is the story of the beginning of Mahyco. We did not look back. We continuously produced as much seed as possible. While we also tried to establish our market by selling seed with our brand name, there was government support available to procure the seed produced as well as extension agencies to distribute the seed. In the meantime, The Rockefeller Foundation assessed our need to have a processing plant with equipment and storage space. The engineering officer responsible for processing consistently helped and visited in order to assist us in establishing a processing plant.

We took a one-acre plot in the Jalna Cooperative Industrial Estate and started construction of a small processing plant (20' x 120'). USAID provided processing equipment to the government of India, which was provided to the National Seeds Corporation and to private seed producers. We got our share and erected a processing line while our building was yet at lintel level high, since we needed to process. We also rented warehouse space in a building close to our previous site. In our processing plant, the storage space was only 900 sq. ft., which we quickly realized, was very small.

Ladies and gentlemen, in a development economy, in the beginning there were two options: create a large capacity and have an extended period for utilizing all the capacity, or create a small capacity and - if you have more work - work overtime and do the job. We adopted the second method and created a small facility. Although we still use this facility for processing our foundation seed, we do have newer equipment.

As you will have an opportunity to ask questions, I can then provide more information and details

Fortunately for us, generally we did not have unsold seed in the first 3 to 4 years, but thereafter we did have carryover seed. Because of poor storage we lost seed due to insect damage, fluctuating humidity, and loss of viability/germination from time to time and wrote off good quantities of seed. This made a dent in our profit and loss account.

I referred to the National Seeds Corporation (NSC) earlier. NSC was established by the government of India, with an objective of providing foundation seed

and services of the seed industry. It started in earnest in 1963. Before that, foundation seed production and relevant services were being provided by the ICAR. The Rockefeller Foundation also became part of the system to provide services.

Establishment of the NSC was very critical in the early '60s. It produced foundation seeds. It also provided voluntary certification services and a support operation for seed producers. From my 35 years of experience with the Indian seed industry, I have come to believe that while the NSC provided great support to the Indian seed program, it also made mistakes which should have been avoided. I shall comment on this a little later.

A seed law was enacted in Parliament in 1966. Consequently, official seed certification came into existence in 1968, and NSC was nominated as the official seed certification agency for the entire country. While it facilitated certification procedures, it also generated bureaucratic systems, which affected the efficiency of seed operations. A few years later unfortunately, NSC moved from being a support agency for the seed sector to being a commercial seed marketing agency in competition with the industry they were trying to encourage. NSC started insisting that one side of the seed bag should be printed the same way as NSC. So it acted as an advertisement for NSC. This went against the spirit of the establishment of the NSC. NSC was to act as a foundation seed agency and a provider of services. As soon as it became a marketing agency, it established different objectives and thus became partial. It also started practicing discrimination in distribution of foundation seed to the producers other than themselves. They set priorities: 1) themselves, 2) state seed corporations, 3) state governments, and 4) private seed producers. This sort of situation created uncertainty among the producers about the overall program and produced a setback. Even though it was unintentional, NSC started claiming that they had a monopoly for foundation seed production. Consequently, producers faced problems with quantity and quality of foundation seed. When the situation became very serious, the state governments responded by declaring that NSC did not have a monopoly and started distributing breeders' seed in selected crops to competent producers, who were then entitled to produce foundation seed themselves.

India is a large country consisting of several states. Agriculture is a state matter and the state governments were not happy that NSC served as a certification agency. Thus societies were formed under the chairmanship of the State Agriculture Commissioners to carryout certification work in the respective states. NSC did everything to prevent this from happening, but the states prevailed. Except for a few union territories, states – basically societies under the chairmanship of the State Agricultural Commissioners - became certification agencies. Several sources for foundation seed also came into existence. This situation improved the quality and quantity of the foundation seed, and the availability of foundation seed was no longer a constraint for planting seed production programs.

NSC and The Rockefeller Foundation provided remarkable services for training seedsmen in certification, quality control, seed testing, seed processing, seed equip-

ment maintenance, and demonstration plots, among other topics. USAID also supported some of the activities. What you have today is in part a product of this support. I gratefully acknowledge the contributions made in this regard by The Rockefeller Foundation, USAID, the government of India, Indian Council of Agricultural Research and state governments directly or through their undertaking like NSC and the state seed corporations.

Seed certification created general standards of quality and a base for independent vouching quality undertaken by the producer. One thing should not be forgotten: certification provided minimum standards. Thus quality of seed differed from producer to producer; a number of them observed stricter and better standards than required by the certification process. They put more emphasis on the quality of foundation seed, training of the company professionals and training seed growers, and rigidly implemented the quality control system. I remember the day Mahyco had to reject a large hybrid maize seed plot on its chairman's farm. This sort of decision-making process created greater confidence in the quality of seed produced by independent organizations.

The Indian Seed Law as it was introduced and passed by the Parliament is an ideal seed law. While it provided compulsory truthful labeling of notified varieties or crops, certification is voluntary. Thus, those producers who were able to establish their reputation gradually did not bother with seed certification. Consequently, they avoided delays in the process of certification that were due to bureaucratic hurdles. This also helped make seed available to the farming community on time.

Subsidy has always been a matter of great controversy in our mind. In the Indian program, subsidies were granted for several kinds of improved or hybrid seed varieties. Even though initially it helped to promote the program, there was no way to stop it once it started. Interested persons became more and more greedy, and every elected representative took it as a part of his political exigency to have maximum subsidies in his area. Subsidies also created discrimination between NSC, state seed corporations, and private seed producers. In most of the cases private seed producers were not able to get an advantage from the subsidies. If subsidy was provided by the state governments, state seed corporations were the first beneficiaries. If it was by central government, then the first beneficiary was the NSC. Therefore, this was an incentive for NSC and state seed corporations. Private producers had to market their seeds on their reputation and on the quality of the seed. I am glad to tell you that the farmers' first preference was always private seed producer's seed that had a reputation for quality.

By disseminating information and conducting comparative demonstrations (using local practices and improved seed vs. improved practices and improved seed), the extension agencies of the government did do a good job in carrying a message to the farmers of the importance of quality seed and improved agronomic practices. This did create good demand.

I have always thought that the Indian farmer, (and I am sure, the African farmer) is a wise, hard-working and honest entrepreneur. I feel he has always looked not to subsidies but to ultimate profit that he could make from the crop. Surely he needs support in terms of credit (if the money is not available) to purchase agricultural inputs, such as seed, fertilizer, and insecticides.

I do not have a presentation here of the first 15 to 20 years of Mahyco; however, I do have a graphic presentation of the 14 years from 1983-1997 of Mahyco which should give you an idea of how the private enterprise has performed in the Indian environment.

I was very fortunate to visit the U. S. in 1965 and again in 1966: the first time in the Farm Leaders' Exchange Program, and the second time as a member of the Seed Review Team appointed by government of India. This team was established to make recommendations on basic seed policies. The recommendations of this committee became a key document for several decades to come. This also provided me the opportunity to visit different seed companies, research facilities, research institutions, and universities in Sweden, Holland, England, United States, Japan and the Philippines. Thus, right from the early years of Mahyco, with my constant contact with the Indian Agricultural Research Institute, Mahyco was to establish its own research program as rapidly as possible. In 1966, just two years after Mahyco was established, we started the first research program. We hired a Ph.D., with the help of The Rockefeller Foundation, and started collecting maize and sorghum germplasm from all over the world. We hired additional scientists rapidly and also added pearl millet to our research crops. We were investing money by reinvesting the profits as well as increasing our capital. This was not appreciated by all our partners/shareholders. We went through hard times, but we stuck to it.

With the evolution of hybrid cotton, we added hybrid cottonseed production to our program. As soon as we learned about the availability of genetic male sterile, we went for the germplasm and the establishment of a hybrid cotton seed program, based upon genetic male sterile and later on the CMS/Restorer System.

The public breeding program was quite comprehensive and was very well funded with the help of The Rockefeller Foundation and several other agencies. For quite some time we did not produce anything from our research programs. I remember that we identified a few good sorghum hybrids. Those were really good - good yielding, good grain quality, and giving good results in our trials. However, when we went into commercial marketing we realized that because sorghum had black glume it was not accepted by the market and – thus - by the farmer. This was a big setback, but we kept on working and had good research products that really changed the entire profit scenario of the company. We also managed the company economically. Costs were absolutely under control, expenditure within the income limits, and minimum borrowing.

Speaking of banking, we had been successful in persuading our bankers to finance us as well as finance our growers. It was not a large operation, and things were

going on satisfactorily - as we had been successful in gaining the confidence of our bankers. However, one day our bankers had to withdraw our advances, because the Reserve Bank of India did not discriminate between seed and food grains. They accused our bankers for making advances against food grains, which was against the government policy given that food was in short supply. It took almost six months for us to get the order changed. The Reserve Bank of India was kind enough to recognize seed as a different product than grain and advances were made to seed enterprises on the strength of seed stocks. The growers who borrowed were treated to priority advances. They began receiving preferential treatment.

I have always believed that if we have a will it is always possible to find a solution. We need to have a will and need to be determined to solve the problem. This is the beginning of the solution to the problem. As you listen to me, I want you to understand that over all of these years (or, at least the first 25 years) I felt that a sword was constantly hanging over my head, and I did not know when it would fall. In spite of that, with great optimism, the Indian seed industry has progressed.

As I reflect on the past, I would like to advise those countries who are now trying to establish a seed industry: do not keep a sword hanging over the heads of private enterprises. They should feel reasonably secure so that they can converge their energies on their enterprises, and through that, on services of the country's agriculture rather than waste their energies and valuable time solving problems that slow program development. Thus, we need to have a policy where every action of the seedsman is protected as long as he has operated sincerely and honestly. Even if he has done wrong, he needs protection - unless he has done it with dishonest intentions. We must trust him at least as much as an administrator, a scientist, or a government servant is trusted.

What I am trying to emphasize is that to start and have a successful program you need to have good and committed entrepreneurs. Good understanding and support from within government administration and a good political will is necessary for success even when it is not exactly what they would want.

For the seed program in our state, we always had the patronage of our Chief Minister. He never let us down. We had good administrative support. We had good linkages in the central government with the agricultural ministry. We had good support from The Rockefeller Foundation, who always constructively contributed problem solutions to the government and enterprises. We had an excellent team in Delhi consisting of our then Food and Agriculture Minister, Bharat Ratna Shri C. Subramaniam, the then Secretary of Agriculture, the late Mr. B. Sivaraman, and Professor M.S. Swaminathan, Director IARI and later on Director General, ICAR.

The fortunes of the Indian seed industry have fluctuated many times in the last three and a half decades. If I am asked to give reasons for this, it would be government policies, indecision and lack of clear objectives. Surely, as you know, there are always several factors that make an enterprise/industry successful: good planning,

good financial management, good people, good marketing arrangements, and overall execution. Several seed enterprises failed in the late 70s and 80s due to government policies and/or poor management. Thus, I believe it would have been possible to have a more growth of the Indian seed industry if we had very clear goals and strong determination.

Any developing country is always looking for opportunities to earn foreign markets, as it always needs foreign exchange. As the Indian seed industry progressed and increasing emphasis was placed on exports, the Indian seed industry tried to get into international markets. Although they first tried as contract growers, they later tried to collaborate with leading foreign enterprises. As research and development were established and increased, these enterprises tried to market their products in the same ecological areas of the world outside India. From zero export level in the 50s, India is now exporting reasonable quantities of contracted seeds and seeds derived from the research of Indian seed companies. Certain multinational companies are also trying to export seeds into African or South East Asian countries.

There is always going to be an opportunity to produce and export seeds particularly where it is labor intensive as it is very expensive to produce such seeds in developed parts of the world. Besides this, seed companies are willing to share knowledge and train technical people and growers in producing seeds. This gives a direct exposure to the seedsmen in developing countries.

The current scenario in India has changed quite a bit in comparison to the seed situation in the 80s and before. A change of policy was promulgated by the government of India whereby multinational/foreign seed companies were welcomed to utilize their expertise and establish themselves in India. In the last five years, particularly, we see a positive impact from this. Even though initially these companies did not have products for Indian conditions, gradually they improved and now are providing tough competition to the existing Indian seed industry. The current seed industry will have difficulty facing the competition unless it takes the situation very seriously and becomes quite aggressive in research and marketing.

In the last 10 years, the scientific situation also has changed with the emergence of new scientific tools (e.g., biotechnology: molecular, cellular and other new scientific methods based upon DNA). We are seeing now the products out of this new science: products that are benefiting the farmers in terms of insect resistance, fungi resistance, virus resistance, etc. Another scenario in the global seed industry is that in the developed world, the seed industry is becoming more concentrated. A number of chemical/pharmaceutical companies have become involved in the seed enterprise in the last 25 years, and particularly so in the last 10 to 12 years. Four or five companies have emerged as leaders in biotechnology and have acquired interests in the seed business as a vehicle to deliver the new findings.

Thus, the situation today is very different than when Mahyco or I got started. Everybody must realize this. However,

the basic components still remain for a successful enterprise. Good technology, honest work, good management, and a will to serve are the essential aspects.

Ladies and gentlemen, I think I have talked a lot about Barwale, Mahyco, and the Indian seed industry. I do not want to further extend it. However, I welcome questions that you feel would further clarify the situation.

Thank you very much for providing me this opportunity to be with you.

Zambian Seed Industry – History and Experience

Bhola Nath Verma and Winter M. Chibasa

Historical and political developments in southern Africa, including Zambia, have led to an emergence of two distinctly different farming sectors. To one sector belongs the large-scale commercial farmers, mostly of European origin, who own large tracts of land, ranging from 100 hectares to 20,000 ha. These farmers are situated in the country's most productive agroecological region, often on good fertile soils.

The facilities for farming, including road and rail transport networks, electricity, irrigation, and services like credit and marketing, including seed supplies, have been better developed in the area of their domination. The commercial farmers follow improved agricultural practices, including high use of fertilizers, chemicals, and other inputs. Some of these farms may have thousands of hectares of land under center-pivot system of irrigation and may own airplanes for use in agriculture.

The majority (75%) belong to the other extreme sector. This sector consists of resource-poor traditional farmers whose holding sizes are below 10 hectares. These farmers depend on their family for labor. Many of them hardly own any equipment, and at most, have a locally designed hand-hoe. They have limited access to agricultural credit, transport, marketing facilities and inputs, including the availability of seed, fertilizer and chemicals. In the post-independence era, the government in southern Africa tried to improve farming conditions for this group, but it has remained difficult to do so.

The number of commercial farmers has tended to vary from country to country. At independence in Zimbabwe in 1980, there were about 5,000 such farmers. By 1996, the number was reduced to 4,000 (Eicher and Kupfuma, 1997). Zambia, which was then regarded primarily a copper producing country, had only about 100 commercial farmers at independence in 1964. This number by 1997 had increased to 740, of which 20 are corporate entities.

According to present estimates in Zambia, there are approximately 603,400 farm households, comprising 459,000 small-holder subsistence farmers (of less than 10 ha); 119,200 emergent commercial farmers (ranging between 10 to 20 ha); and 25,200 medium-scale commercial farmers (ranging between 20 to 60 ha).

The last two categories together constitute what is now being termed the intermediate sector, which is gaining strength.

Maize in the Agriculture of Southern Africa

White maize was introduced, promoted, and cultivated in southern Africa by European settler farmers for its processing ease to feed local people employed in the mining sector and or for export to Europe for the starch industry.

However, in less than two generations, it has become the most popular food among the indigenous people.

After independence, the wealthy government based on the rich mining sector, introduced policies for promoting maize by providing subsidies for inputs (seed, fertilizers and credit) and grain marketing, both for the production of maize and for its consumption. These policies made maize not only a main national food but also a major cash crop, displacing all other crops, even in the areas that were not suitable for the cultivation of maize. As a result, in Malawi, for example, maize accounts for 90% of the cultivated area (Smale and Heisey, 1997). In Zambia, at one stage, it accounted for 70% of the total cultivated area.

In Zambia, maize was favored by the government. Until the late '70s, it was the only crop that was purchased by NAMBoard (National Agricultural Marketing Board), the sole agency established for the marketing of agricultural produce and distribution of inputs on a pan-territorial price basis.

Commercial farmers in southern Africa formed a strong political and economic force prior to independence. They influenced the government at that time to help develop and nurture one of Africa's best national infrastructure of roads, concentrated primarily in the areas where they had settled. They formed several powerful organizations/associations, including the Seed Maize Association of Zimbabwe, formed in 1940 and the Crops Seed Association of Zimbabwe in 1955.

The farmers also persuaded the government in Zimbabwe to establish a network of agricultural research stations. This network was further expanded in the region after the creation of the Federation of Rhodesia and Nyasaland in 1953. The Federation consisted of Zambia (then Northern Rhodesia), Zimbabwe (then Southern Rhodesia), and Malawi (then called Nyasaland).

As early as 1932 in Zimbabwe, some of the world's leading maize breeding work was underway. The breeders were the late Harry Arnold and Allan Rattray. In 1949, they released SR1, the first maize hybrid. The hybrid covered 20% of total maize area produced by commercial farmers in the first year of its release. But the real breakthrough from their work came with the release of SR52 in 1960.

SR52 is cited as the world's first single cross maize hybrid released commercially. It is a white grain hybrid of long duration with very high yield potential - ideally suited to commercial farmers, living in high-potential farming areas. The hybrid became the region's most famous crop variety, which is still in production after 37 years after its release.

The release of SR52 provided political, institutional and technical foundation for Zimbabwe's first "green revolution" by white farmers in 1960. Five years later, it started in Asia. SR52 gave 46% more grain yield than the best contemporary open-pollinated variety, Southern Cross.

Within eight years of its release, this hybrid covered over 75% of maize area planted by commercial farmers in Zimbabwe (Eicher and Kupfuma 1997). The re-

gional Federation further bolstered the expansion in neighboring countries.

As the commercial farmers' dryland crop, tobacco, ran into problems, more maize hybrids (mainly three-way crosses) were developed to suit the sandy soils. Such short duration hybrids also happened to meet the requirements of small-scale farmers and for drought prone areas.

The above development represents an excellent example of a technological spillover from the resourceful commercial farmers to resource-poor small-scale farmers. Subsequently, and especially after independence, when the governments decided to pass on the benefits of this technology to small-scale farmers and urban dwellers, a much wider adoption of maize hybrids occurred throughout the region. Contribution of small-scale farmers to total maize area and production increased tremendously (65% in Zambia and 70% in Zimbabwe). Zambia's maize production increased four-folds from the early 60's to the late 80's.

Development of the Seed Industry

Technological advances in maize, and formation of strong commercial farmers' organizations in Zimbabwe led to the development of the seed industry. In the beginning, farmers formed a cooperative called Seed Co-op. Seed Co-op was later converted into a public company, Seed Co. Zimbabwe now has a separate company for export, Certseed International. Recently, Seed Co. has gone into partnership with giants like DeKalb Genetics Corporation of the United States.

Until the formation of the Federation, Zambia was dependent on Zimbabwe for its seed needs. After the breakup of the Federation in 1963, Zambia had to start its own industry. Since its establishment, the Zambian seed industry has undergone major changes which are described under the following three separate periods: prior to the establishment of the Zambia Seed Company (ZAMSEED); ZAMSEED's domination; and liberalization after 1991.

Industry Prior to the Establishment of Zamseed

After the breakup of the Federation, Zambia with only three commercial farmers who had experience in seed production received eight pounds of seed of parental lines of SR52. The government formed a Seed Advisory Committee under the Ministry of Agriculture, Food and Fisheries (MAFF) and set up a Seed Service Unit within its Research Branch. The unit was given the responsibility of seed control and certification and production of basic seed. Commercial farmers, some of whom had experience in seed production, formed ZSPA (Zambia Seed Producers' Association). ZSPA produced certified seed under the supervision of the Seed Services Unit but was not given access to parental lines of SR52 until 1978 because of the wary relations with the government at independence. NAMBoard (National Agricultural Marketing Board), created by the government, was made sole buyer and seller of the seed.

During that time, there was a disruption among maize breeders in the country. This resulted in inconsistency of objectives and priorities in breeding. Poor

maintenance of parental stocks of SR52 caused deterioration in the Zambian version of SR52, which gave 15-20% less yield compared to the original hybrid from Zimbabwe. By the late 70's, several donors (Sida, USAID and FAO) were involved on different aspects of maize research in Zambia.

Period of Zamseed's Domination

Zambia Seed Company Limited (ZAMSEED) was formed in March 1974 under the then Rural Development Corporation (RDC) but remained basically inactive until 1981.

ZAMSEED in its present form became operational in January 1981 following a decision by the Government of Zambia through the Ministry of Agriculture and Water Development (MAWD) to promote the development of the Zambian seed industry. The company was given exclusive rights to the growing, processing and distribution of all kinds of seeds. In exchange, it would get – free of charge - breeders' seed from the Government.

The shareholders of the company were the Government (40%) through RDC/ZIMCO and presently the Ministry of Finance and Economic Development (MFED); Zambia Seed Producers' Association (ZSPA, 20%); Zambia Co-operative Federation Limited (ZCF, 20%); Svalof Weibull AB, (SW 10%); and Swedfund International AB (10%). SW is the largest seed company in Sweden, while Swedfund International, which falls under Sida, is a venture capital Swedish institution that encourages Swedish firms to invest in developing countries by providing equity risk capital.

SW and Swedfund were invited to participate as shareholders in the company for the purpose of providing technical know-how and to ensuring access to international seed markets and techniques of high standard. Within the framework of the development cooperation between the governments of Zambia and Sweden, and working through a technical assistance agreement with MAFF, Svalof provided the company with technical assistance services.

The permanent Secretary of MAFF was the chairman of the Board of Directors of ZAMSEED. In line with the political and economic environment, seed prices (especially those of maize seed) were controlled by the government, although the company was actually allowed to set its own price to make a certain percentage of profit.

Seed production, processing and distribution were ZAMSEED's major responsibilities. ZAMSEED purchased a 1,200-hectare farm for seed production. Certified seed was produced by contracting large-scale farmers, who had to be members of ZSPA (150-200 growers).

Most seed growers are located in Zambia's maize growing areas. This made the growing of maize seed easier but other crops, especially sorghum and millets, suffered from lack of interest and experience among farmers. At a later stage, ZAMSEED started to use small-scale seed growers to produce seed of some self-pollinated crops.

The geographical expanse and poor infrastructure of the country posed a great challenge to ZAMSEED with regard to

the distribution of seeds. ZAMSEED, therefore, acted primarily as a wholesaler, except for its one retail shop at its headquarters.

In the pre-1991 era, ZAMSEED went through different types of market involvement, which was affected to a large extent by existing intermediaries at the time and their capacities as retail marketing outlets for both seed and other agricultural inputs. This can be chronicled as follows:

1981 to 1989: Seed was marketed through the Provincial Co-operative Unions (CPUs) which were quasi-government institutions charged with providing agricultural inputs to peasant farmers. Problems of debt recovery and other inefficiencies eventually made these intermediaries unsustainable.

1990 to 1994: In an attempt to improve the financial discipline and loan recovery rate from peasant farmers, the government turned to CUSA (Credit Union and Saving Association), LIMA Bank, and ZCF/FS to assume the role previously undertaken by PCUs. Experience over time revealed however that even these institutions were beset with the same shortcomings that beset PCUs, forcing the government to look elsewhere.

1995 to 1996: The government turned to Cavmont and SGS Zambia Ltd. in the hope that being well-standing financial institutions and holding quality inspection authority of international repute, these institutions would finally be the answer to loan recovery and accountability. This was not to be, and the same problems surfaced again forcing even this arrangement to be abandoned. Billions of Kwacha remain unrecovered in input loans.

ZAMSEED sales of different commodities are given in Table 1. It must be noted however, that the sale volumes do not necessarily represent market potentials. Most commodities other than maize have not been effectively served. During the periods that have been chronicled above, the pattern of maize seed sale reveals the following:

Table 1. ZAMSEEED Seed Sales (in tons) of Different Crops.

Year	Maize	Soya	Wheat	Sorghum	Sun-Flower	Groats	Beans	P mullet	Rice	Cow-peas	Pasture	Potato	Vege-tables	Flower	Paprika
1981/82	8,655	224	132	0	412	0.0	16.1	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0
1982/83	8,350	315	63	15	211	44.0	26.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0
1983/84	6,200	333	179	23	158	0.7	57.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0
1984/85	6,890	749	686	71	192	12.4	16.0	0	8.0	0	0.0	1,152	0	0	0
1985/86	7,303	991	267	42	48	12.2	16.0	0	12.5	0	0.0	1,354	0	0	0
1986/87	8,864	1,048	282	68	63	8.9	40.0	0	8.6	0	0.0	1,561	0	0	0
1987/88	10,404	1,020	690	159	111	1.3	57.0	0	28.0	0	0.0	1,757	0	0	0
1988/89	13,604	1,959	1,300	139	167	5.5	64.0	0	32.0	0	0.0	1,889	0	0	0
1989/90	13,343	2,587	1,212	40	80	7.8	71.0	0	2.5	0	0.0	1,409	31.5	0	0
1990/91	7,189	2,474	952	22	66	8.1	18.0	0	19.2	0	0.0	1,271	39.7	0	0
1991/92	9,993	1,575	1,031	30	68	8.6	0.0	0	5.2	0	2.7	1,620	33.3	0	0
1992/93	8,896	1,222	628	91	144	18.6	49.0	0	4.4	0	12.1	1,111	32.3	0	0
1993/94	8,411	1,020	771	681	66	25.0	0.6	12	0.1	0	13.5	897	36.6	0	0
1994/95	2,942	1,124	244	534	37	28.6	51.0	16	0.0	3	0.0	908	37.2	3,799	0
1995/96	4,702	635	382	880	178	320.7	33.0	100	0.0	234	0.0	328	25.7	0	0
1996/97	4,201	299	207	350	60	62.7	2.0	2	0.0	64	3.5	190	27.3	0.043	0
1997/98	2,985	76	198	178	83	92.1	1.0	6	0.0	62	1.5	79	13.6	0.036	4.05

- a fairly stable rate of sales up until 1986/87;
- a significant increase in the subsequent three years from 1987/88 to 1990/91; and
- reduction in 1991/92 and decline from 1992/93 until 1997/98.

The reasons for the above pattern were the following:

- readily available finance and credit to agriculture in the 1980s, perpetrated by the government of the day;
- a move in the early 1990s, away from subsidized agriculture to a more market driven laissez-faire economy; and
- Competition from other companies as a result of liberalization.

During the period between 1981 and 1990, ZAMSEED had a virtual monopoly on the seed business. It supplied seed to PCUs who placed bulk orders based on their own estimates. PCUs had no problem in making payments as they were financially supported by the government for their role in crop marketing. PCU's only promoted maize seed which was in line with the then existing policies.

Seeds of non-maize crops such as wheat, sunflower, soybean, groundnuts, cowpeas, rice, sorghum and millets were not available to the majority of farmers. Most small-scale farmers used farm-retained seed for planting of their traditional crops. Nonetheless, by the late 80's, Zambia was self-sufficient in maize seed. ZAMSEED was profitable and was able to pay dividends to its shareholders, with some of the profits being poured back into the company for its consolidation. The situation was good until 1993/94.

The Seed Service Unit in the Research Branch was upgraded and given the status of an independent institution (Seed Control and Certification Institute (SCCI)) with the help of Sida's technical and financial support. SCCI was responsible for seed certification and quality control. It also worked as a secretariat to the Variety Release Committee. Sida, being a common donor, supporting breeding research, SCCI and ZAMSEED, provided strong linkages among the essential components of the seed industry.

Zambian Maize Research

The Research Branch of the MAFF carries out plant breeding research in Zambia. Maize had been the center of focus of research for the seed industry, although seed research on other crops, (e.g., wheat, soybean, and sunflower) had also been done for a long time with the support of other donors. Pasture grasses and legumes, vegetables, root and tubers and sorghum/millets were later added into the Sida support.

The Sida-supported maize breeder reconstituted SR52 after purifying its old parents. The reconstituted hybrid was released in Zambia as MM752 in 1984. Nine additional hybrids and two open-pollinated varieties (OPVs) were also released between 1984 and 1992. The main emphasis was on the development of earlier maturing, three-way and double-cross hybrids, which are better suited to small-scale farmers. Also seed yields of three-way and double-crosses

are higher, making seed availability better and cheaper to farmers.

New maize hybrids became extremely popular among farmers, including small-scale farmers. An adoption rate of 70% was reported by small-scale farmers. The government policies of supporting maize - including access to seed, fertilizers, credit; extension services, and crop marketing and pricing policies - all of which were heavily subsidized by the government, contributed to a high rate of adoption.

A 1992 survey of the maize growing region found that 88% of small-scale adopters of Zambian hybrids used fertilizers at least once during the growing season. In addition, fertilizer rates for maize were the second highest in Africa in the late 80's. Fertilizer prices were also subsidized, which cut the prices by 30-60% during the '70s and early '80s. In addition, 64% of small-scale farmers sold their maize, 42% received credit for maize, while 47% were visited by an extension agent (Howard and Mungoma, 1997). However, in 1988, the government's expenditure in support of maize was only about 17% of the government's total budget. This degree of support was obviously not sustainable.

Sorghum/Millet Improvement

Sorghum and millets were totally neglected crops in Zambia until 1980. The decline of copper prices in the mid-70's, and subsequent worsening of the country's economy, aggravated further by recurrent droughts, put pressure on the government and public to consider alternatives to maize. In 1981, the government, for the first time, announced an official producer price for sorghum. In 1983-84, with financial support from Sida, it sought ICRISAT's assistance with its research on sorghum and millets.

Beginning in 1987, the program released a series of high yielding sorghum varieties. Figure 1 gives average "on-station" grain yield performance of the old and new sorghum cultivars available in Zambia. New released cultivars included Kuyuma, a drought tolerant widely adopted white grain variety; Sima, a high yielding, dual purpose variety; WSH 287, MMSH 1324, and MMSH 1257, high potential, white grain hybrids of varying maturity duration; MMSH 375 and MMSH 413, high yielding, brown-grain hybrids of good brewing qualities; FSH 22, a forage type hybrid; and WP 13 and ZSV 12, partially photo-period sensitive varieties with good tolerance to soil acidity for high rainfall zones.

In the case of pearl millet, released varieties included Kaufela, Lubasi and Sepo, and varieties of finger millet, included Lima, and Nyika.

Despite good progress in varietal improvement, the research team met with skepticism especially among the sociologist dominated Adaptive Research Planning Teams (ARPT's) who were responsible for on-farm verification and transfer of technology to farmers. Their reservations primarily stemmed from the perception that resource poor small-scale farmers, who were major producers of sorghum and millets had no capacity to invest in seed and other inputs necessary for improved cultivars.

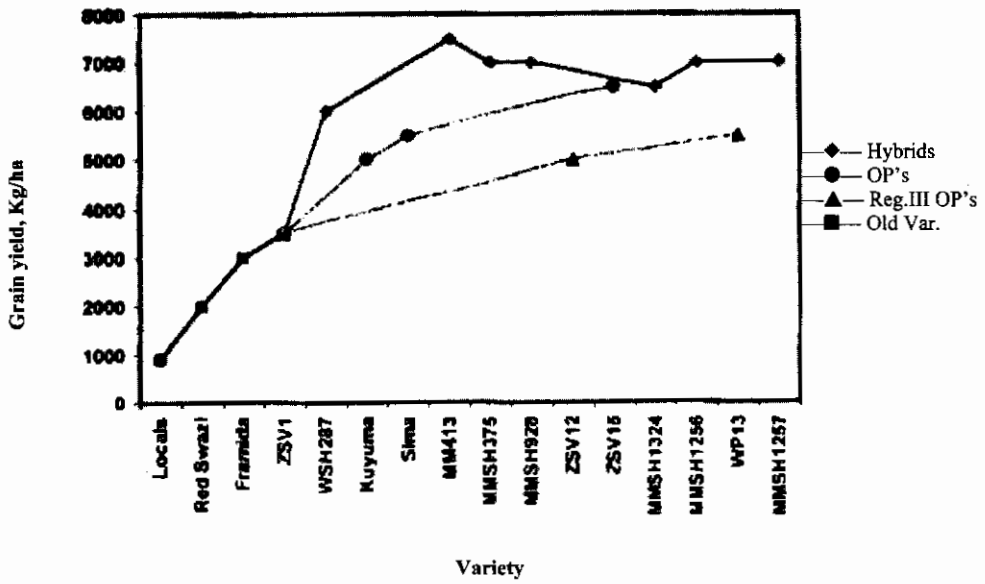


Figure 1. Sorghum variety development

Poorly conducted ARPT experiments were bringing contradicting results indicating that the improved cultivars under farmers' conditions were yielding lower than their traditional varieties. A few teams even went to the extent of stating that farmers do not consider improved types as sorghum because of a different phenology.

In order to circumvent the problem, the research team volunteered to conduct a series of pre-planting meetings directly with farmers in a strategically selected district. Seed of new cultivars was sold to farmers at a commercial price. A very unorthodox system involving primary schools in the rural areas came in very handy for this exercise. The team also carried out a series of "on-farm" demonstrations and invited related staff, which included policy makers, ARPTs and farmers.

The results of this 2 to 3 year aggressive promotion campaign were very encouraging. New cultivars started gaining popularity among farmers. The farmer-group pressure drew the attention of policymakers and local NGOs (Non-Governmental Organizations) operating in the area, decided to capitalize on this opportunity and included a sorghum/millet variety promotion program in their agenda. ZAMSEED, which was otherwise hesitant in getting involved in bulk production of sorghum/millet seeds, for fear of a lack of demand, started receiving orders for seed.

Amid mounting popularity of improved cultivars in the area, the research

team further decided to capitalize on the droughts that occurred in 1992 and 1994 by conducting large-scale, off-season seed production of sorghum and millet for drought relief exercises in the country. It also assisted, guided and trained seed growers and production officers, mainly in the area of hybrid seed production.

Today sorghum is seen as a viable alternative to maize in the country's crop-diversification program and many NGOs across the country are involved in its promotion and seed production. However, limited seed production and a lack of market for the surplus grain are still major constraints to the wide adoption of sorghum.

Kuyuma is especially popular in the SADC region for its grain quality and wide adaptation. Similarly, high yielding brown-grain hybrids (MMSH 413 and MMSH 375) are in demand in the brewing industry but often, the demand exceeds the supply. Unfortunately, the new government has left the grain marketing totally in the hands of the private sector, which will take some time to develop in remote areas.

Munyinda, (1998) summarized the accomplishments of different breeding programs in Zambia. Although yield gains over a period of time were some of the best with regard to sorghum (Figure 2), and at least as good as in the case of maize

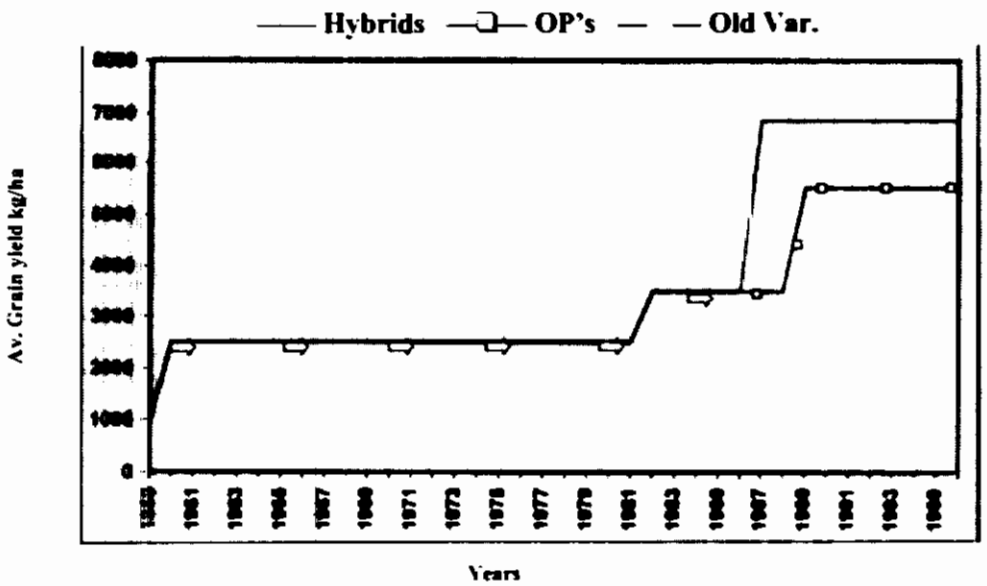


Figure 2. Sorghum improvement

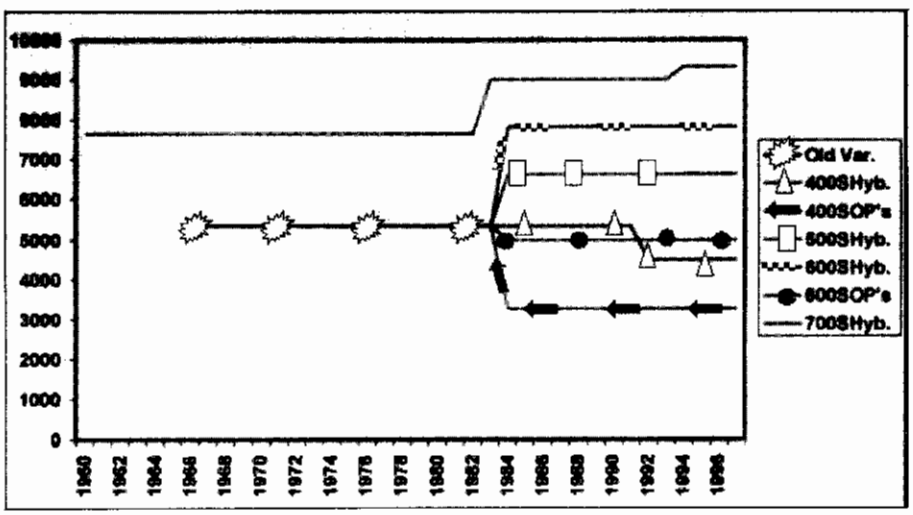
(Figure 3), the adoption rates remained far short of maize. The average rate of adoption for sorghum was 37% compared to 70% for maize. Policy and organizational support for maize accounts for the difference.

Liberalization of the Seed Industry

The worsening state of the economy pressured the government of Zambia to implement economic reforms, which started in the late '80s. These reforms (withdrawal of subsidies, liberalization and privatization, and deregulation of state controls etc.) gained momentum after the change in government in 1991. By 1993, the new Movement for Multi-party Democracy (MMD) government had withdrawn itself from direct involvement in input supply and removed all crop and fertilizer subsidies. As part of this privatization program, ZAMSEED was also listed as private even though it was not a typical parastatal company.

The above process had at least temporarily, destabilized the seed sector, which reflected the situation in the entire economy of the country. Crucial financial and credit institutions (ZCF/FS, LIMA Bank, and CUSA) that served agriculture had closed. The closure of these institutions resulted not only in huge financial losses to ZAMSEED, but also in the loss of seed marketing services.

The policy of liberalization attracted several multinational and private seed companies to the Zambian market. Some of these companies included PANNAR, Cargill Seed Co., Pioneer Hi-bred Inter-



Years

Figure 3. Maize improvement

national, Carnia, the Maize Research Institute (MRI), and Bio-seed Genetics. Several of these companies, after only a year or two, closed down. Perhaps they found the Zambian market too small and difficult, after trying to sell introduced, and perhaps, inappropriate varieties.

No other company has invested in local research other than MRI, a local venture, cooperating with the Maize Research Institute of Yugoslavia. At present, it appears unlikely that many will invest. The unrestricted entry of insufficiently tested maize varieties is being blamed by many for the introduction and spread of a new devastating disease, gray leaf spot (GLS) in the country. Many of the existing hybrids have been found susceptible to GLS and are being withdrawn from the market. The disease will now require new investments in research to develop resistant varieties.

The entry of new companies in the market has, however, increased farmers' choices in purchasing maize seed varieties; this put complacent ZAMSEED on guard and under pressure as its market share for maize seed dropped. However, this reduction cannot be blamed on competition alone. The area under maize cultivation, as well as use of fresh seed dropped drastically because of the government's reduced support of maize. Today, farmers in Zambia have neither guaranteed supply of seed, fertilizer, credit nor assured market for their maize. By 1995 total cultivated area in Zambia declined by more than 15% from the 1985-1990 average, due to this reduction, and ZAMSEED sales went down from a peak of 13,600 Mt. in 1989-1990 to 3-4000 Mt. in recent years (Table 1).

ZAMSEED responded to these changes by diversifying its production base and by reorganizing its market strategy (e.g. recruiting its own agents and setting up company outlets). It offered price incentives to its distributors and promoted its seed line through demonstrations and advertisements, but the situation continues to be difficult.

ZAMSEED may find itself stronger if it could expand quickly into non-maize crops whose areas are increasing and competition from other companies is almost non-existent. Fortunately, Zambia is well ahead of many neighboring countries in seed research. Prospects for export appear good provided ZAMSEED can retain the control, ownership and access to government-bred germplasm.

This agreement of ownership of the government-bred varieties by ZAMSEED is being challenged. The resolution now appears to be ZAMSEED starting its own research and development (R&D) program. However, after suffering from great financial losses due to the closure of the LIMA Bank, CUSA and ZCF/FS, the company has no capital to start its own R&D.

There is a proposal to re-organize the shareholding of ZAMSEED whereby the government would agree to reduce its holdings from 40% to 37.5%; ZCF and ZSPA from 20% to 5% each; while the shares of Svalof Weibull and Swedfund would be increased to 27.5% and 25.5% respectively.

Seed production is also being decentralized. There has been a proliferation of NGOs involved in seed distribution and

production of self-pollinating crops at the village level. These NGOs are now being encouraged to produce quality declared seed (QDS) to improve the supply of non-hybrid and non-maize seed at the local community level. The involvement of NGOs in seed production with small-scale farmers is to establish an informal seed sector to complement the formal sector.

Conclusions

The Zambian industry represents an example of a young and emerging seed industry in a small (in terms of agriculture and local seed market), developing country where 60% of the people depend on agriculture (of which 75% are resource-poor small scale farmers) and the country's infrastructure is poorly developed. The industry has gone through major changes since its establishment - responding to political and economic changes in the country - and the challenge continues.

The industry has had mixed success: Research produced excellent results. Seed production volumes generally increased, particularly in maize, where the country accomplished self-sufficiency; and the quality of seed has been excellent. There have been some weak areas such as low seed volumes of non-commercial crops, seed deliveries are generally late, Extension services for non-maize crops are not up to the mark, and farmers in remote areas not getting the proper seed varieties or crops of their choice (Cromwell, 1960). Critics also complain that ZAMSEED has been unable to pay for the royalties on varieties to the Research Branch.

Zambia's experience of the maize sector development clearly demonstrates that the policy and organizational environment on top of technological development have profound effect on the growth of the seed industry and agriculture as a whole. Policies also determine who benefits from these technological accomplishments.

The post-independent government's liberal policies of heavy and unsustainable subsidies and its direct involvement in maize credit and input supplies, crop marketing and consumption, created an imbalance and non-sustainable development displacing most other crops.

Sudden changes in government policies from heavy subsidies to a total withdrawal of all government services threatens past gains, creates mistrust and uncertainties, hinders the private sector investment, and leads to hardships in the seed industry.

It is hoped, however, that in the long run, sustainable and balanced agriculture will emerge in which commercial crops will dominate in the better developed parts of the country, while traditional crops best suited to each agroecological zone will dominate the resource-poor farming sector. And the seed industry will respond accordingly.

References

Cromwell, E. 1996. Governments, Farmers and seeds in a Changing Africa. CAB International, Overseas Development Institute.

Eicher, C. L. and B. Kufuma. 1997. Zimbabwe's Emerging Maize Revolution. In Africa's Emerging Maize Revolution (ed.) Derek Byerlee and Carl K. Eicher., Lynne Rienner Publishers, Boulder, London., pp. 25-44.

Howard, J. A. 1994. The economic Impact of Improved Maize Varieties in Zambia. Ph, D. thesis, Michigan State University, Dept. of Agricultural Economics. East Lansing. Michigan.

Howard, J. A. and C. Mungoma. 1977. Zambia's Stop and Go Maize revolution. In Africa's Emerging Maize Revolution (ed.) Derek Byerlee and Carl K. Eicher., Lynne Rienner Publishers, Boulder, London., pp. 45- 62.

Muniynda, K. 1998. Agricultural Research in Zambia – A Historical Perspective. In print.

Smale, M. and P. W. Heisey. 1977. Maize Technology and Productivity in Malawi. In Africa's Emerging Maize Revolution (ed.) Derek Byerlee and Carl K Eicher., Lynne Rienner Publishers, Boulder, London., pp. 63-81.

The Experience of Winrock International with Seed Multiplication in West Africa Through: The On-Farm Seed Project (OFSP), 1987-1992 and The On-Farm Productivity Enhancement Program (OFPEP), 1992-1998

Alphonse Faye and Pierre Antoine

Introduction

The focus of seed production in Senegal has traditionally been on the main cash crop of peanuts. Other crops have received limited attention and funding. The new agriculture policy resulting from the recent Economic Recovery Program has led to reduced financial support from the government to the seed sub-sector. It is intended that the Directorate of Seed Production and Control (DPCS) withdraw from seed production and restrict its role to quality control. Although privatization of marketing of agricultural inputs, including seed, is encouraged, it still remains to be seen whether the private sector can replace the public system of agricultural input supply. In the interim, farmers are increasingly responsible for their own seed supply.

One of the major weaknesses in the seed system for food crops is the high cost of the distribution and marketing of seed at the local level. Another is the limited testing conducted with improved varieties under farmers' conditions to assess compatibility with their production systems and to identify appropriate husbandry practices.

Inadequate methods of selecting and saving seed diminish the potential benefits of improved seed varieties, impede the introduction of non traditional crops and restrict the range of crops planted. In light of the mounting pressures on food supplies and the need to generate income, such problems cannot be ignored.

Winrock International, through its On-Farm Seed project (OFSP) and On-Farm Productivity Enhancement Program (OFPEP), has addressed the problem of meeting farmer demands for seed by improving their practices of seed selection, production and storage. The rationale for the programs arises from estimates by Mississippi State University, (MSU), a world leading institution on agricultural seeds, that more than 90% of the crops in developing countries are sown from seed stocks selected and saved by farmers. This situation still prevails despite 30 years of emphasis on national seed programs and industry investment in seed production and supply programs. Seed industry development has been important and the assistance rendered not wasted; but the national seed institutions still need to develop ways to make traditional seed production and distribution systems more effective and to convince farmers to include improved seed into their traditional seed production and exchange systems.

Successful identification (of varieties) and production of appropriate seed variet-

ies clearly requires sustainable research and development efforts. However, farmers themselves can multiply many varieties of seed once they have the basic material. In fact, seed production can be a small-scale rural enterprise for income generation.

Program Development and Support

Winrock's programs have assisted the seed-related programs of (non-government organizations (NGOs) and the U.S. Peace Corps in Senegal and The Gambia using a process approach that adapts the technical assistance to the needs expressed by small farmers. Support and commitment to the seed program came from several sources.

In The Gambia, Winrock International collaborated, often on a cost-sharing basis, with many NGOs that had established seed production activities. The program received technical assistance from and provided field data to the Seed Technology Unit in Sapu. USAID/Banjul also supported seed research in its development strategy for The Gambia.

The Government of Senegal actively supports seed research and production. Winrock International helped national research and production programs by identifying and disseminating improved agronomic practices and appropriate varieties to the extension staff of NGOs, and the U.S. Peace Corps volunteers implementing seed improvement activities at the village level. Winrock International also contributed significantly to the design of the Peace Corps Rice Initiative, World Vision International and Christian Children Fund's agricultural programs.

Winrock International's assistance to NGOs, and the U.S. Peace Corps enhances their existing activities through training and technical assistance. The project has also initiated functional linkages between regional and local groups, national agricultural research institutions (such as ISRA in Senegal and the Seed Technology Unit in The Gambia) and international consortia or programs such as the Collaborative Research Support Programs (CRSPs) including INSORMIL.

The Winrock International Seed Program Approach

The approach of Winrock International has two key elements: (1) it is collaborative in that all technology dissemination activities are implemented through cooperating institutions, primarily NGOs, community-based organizations (CBOs), and in Senegal the U.S. Peace Corps, and (2) it is participatory in that traditional seed production techniques and problems are examined with farmers before activities are undertaken. The long-term goal of the Winrock International seed program includes the development of "a model or models" for on-farm seed production systems which can be replicated or adapted for use in other areas. The approach can be analyzed from several viewpoints:

Replicability

Because of the diversity of interest among NGOs, the Winrock International seed program adapts services to fulfill the needs of each organization. This has proven to be a valid means of assisting NGO field personnel in the area of seed technology. This approach should be replicated provided that training and techni-

cal assistance has the required flexibility to tailor the service to each NGO's unique need. The Winrock International seed program develops basic training packages in seed production and in rice agronomy, which can be modified to fit the needs of the particular audience. In some cases, the Winrock International seed program provides technical assistance in crop production and extension rather than in seed production, at the request of the NGO/partner.

Innovativeness and Leadership Development

Most seed programs in developing countries target the market-oriented farmers as the potential recipients of their technology and, as a consequence, large farmers are the main beneficiaries. The approach of Winrock is to make small farmers the priority target of its seed program. The program works at the "grassroots level", where NGO field staff and volunteers working at village level provide the linkage between Winrock and the lead farmers. Through its participatory approach, Winrock encourages the establishment of farmers in each village or CBOs.

Policy Implications

A critical factor in any project is its conformity with the national policy of the country in which it is operating. Winrock's seed activity has been consistent with government policy in both Senegal and The Gambia. In Senegal, the agricultural policy attempts to reduce the role of government in the supply of agricultural inputs, and promote the development of private sector in agricultural enterprises. Winrock's seed program complements the policy by developing "models of on-farm seed production systems through the promotion of village level seed production as reported by Christophersen et al. (1998) relating adoption of improved millet seeds as one of the most interesting impacts on how Winrock is helping villagers respond to USAID/Senegal presence in their areas, and fleshing out the synergies between improved natural resources management (NRM) and the new decentralization and private sector strategic objectives (SOs)".

From Seed Demonstration Plots to On-farm Seed Multiplication

Unlike the majority of seed production programs in developing countries, which focus on developing national seed programs, Winrock's approach concentrates primarily on the introduction of seed of improved varieties, through demonstration plots and organization of field days to enhance farmer-to-farmer extension and provision of technical assistance on seed multiplication and seed technology.

In most cases, as illustrated in the next section, this collaborative approach goes further than the relationship with only NGOs, and extends to CBOs created by farmers and supported by the NGOs. This enables Winrock to reach one of the major program's outputs: "some communities will support local system or seed production and distribution either through cooperatives or by individuals who create private firms".

A Winrock study carried out, in 1993, by D. Heinen in northern Senegal, in cooperation with World Vision, confirmed

the development of a marketing system of cowpea and millet seeds produced by some farmers. The study showed that sales of seed were indeed taking place at different levels: among the farmers within the village, between villages and at weekly markets.

However, World Vision did not record the quantities produced through multiplication, but only took into account the quantities it purchased, conditioned at its processing center and then sold as certified seeds. This means that part of the seed produced, but not recorded, ended up being sold in various containers in the markets and villages. Such "packaging" raises the question of how such a product can be perceived as a quality product as opposed to what is usually sold on market.

The answer lies in the effect improved variety demonstrations has had on farmers. Word of mouth advertising and recognition of the competence of "bush consultants" (lead farmers) has generated increased sales. In some instances, "bush consultants" carry out germination tests in small metal basins in their house and show those to potential buyers. Interviews show evidence that sales in the village and to neighboring villages are taking place with buyers coming directly to the bush consultant's compound to buy, cash and carry, sometimes with orders from other farmers from the same village.

Project Beneficiaries

Winrock International has provided training, technical assistance, and other services to NGOs and the U.S. Peace Corps enabling their personnel to more effectively implement their respective agricultural development programs in Senegal and The Gambia. Project beneficiaries, therefore, includes both NGOs and smallholder farmers.

Smallholder Farmers

The programs, directly or indirectly benefited people through seed multiplication, field demonstrations, and training programs. Conservative estimates indicate that more than 100,000 smallholder farmers were beneficiaries during the 1988-1998 period. At least two-thirds of the beneficiaries were women, given the programs emphasis on rice, a crop mostly grown by women in southern Senegal and The Gambia.

Among the most visible NGO beneficiaries, one can include:

Save the Children Federation (SCF), The Gambia

SCF has a diverse program in health, food production and education in the North Bank division of The Gambia. Approximately 30 % of SCF's resources are devoted to agricultural activities, and aimed at helping 10,000 women farmers in 24 villages to increase food production through gardening, introduction of new rice varieties and seed multiplication. Winrock International OFSP project assisted SCF since 1988 by: (1) training field staff farmers in seed production, post harvest handling, and rice production; (2) providing technical assistance in rice agronomy; and (3) assisting in the planning of seed multiplication and demonstration activities. SCF rice activities have initially involved 25 contract growers producing rice seed in 10 villages. In

1991, there were 117 contract growers in 20 villages producing seed on 21 hectares.

Freedom from Hunger Campaign (FFHC), the Gambia

FFHC works with women rice growers in 32 villages of Lower River, North Bank, and Mac Carthy Island North Divisions in The Gambia. FFHC concentrates on introduction of new rice technologies in tidal swamps and rainfed lowland areas, promoting water harvesting, controlling salt water intrusion, and strengthening village institutions. Winrock's assistance to FFHC has included rice training for field staff, field visits to monitor seed multiplication and demonstration plots and the testing of a prototype rice seeder.

World Vision International, Senegal (WVI)

WVI has an integrated development program of water, agriculture and health in the regions of Louga and Thies serving over 320 villages with a total population of 150,000. These northern regions of Senegal served by WVI have become increasingly marginal for agriculture because of the reduced rainfall (250-300 mm per year) widespread deforestation, and decline in soil fertility. Winrock International, through the OFSP and OFPEP programs, conducted several training sessions for WVI staff member and farmers. Twenty-five WVI staff initially received training from OFSP. Forty "bush consultants" who are responsible for demonstrations and seed multiplication with farmers also received training. WVI conducts millet and cowpea seed multiplication involving 60 "bush consultants" in 57 villages.

Christian Children's Fund (CCF), Senegal

Collaboration between Winrock International and CCF integrates efforts to improve farmers' access to good seeds, with activities aimed at improving soil fertility and management at the farm level. This collaboration relies on the existence of six community-based organizations financed by a system of children's sponsorship. CBOs are playing an important role in the adoption and diffusion of the technologies set out by OFPEP and represent a real link in the training of farmers, the implementation of demonstration plots and monitoring of seed activities by assigning the best qualified and dynamic members to serve as part time extensionists for Winrock.

Experiences in Senegal show that easy access to seed is a critical factor in enhancing improved seed use because when farmers are convinced that the improved variety is significantly better than their traditional varieties, the adoption of that variety still depends on availability of seed supplies locally. Only a decentralized system of seed production and marketing can efficiently address the issue of providing seed to farmers in the 41 scattered villages composing the six CBOs. Through the CBOs, Winrock International trained 6 seed extension specialists and 73 seed growers. As a result of the training and field visits, each CBO staff is monitoring the production of millet seeds and ensuring marketing of the product.

Conclusions

Implementation of Winrock International's seed activities relied on collaboration with organizations with planned or on-going seed activities and adequate number of field staff. Through these collaborative programs, Winrock International has facilitated the development of a model of on-farm seed production that is beneficial to all parties involved:

- the farmers are more easily accessing improved seed which is produced locally;
- NGOs have benefited from a seed program that is providing useful services to farmers;
- Research institutions' (i.e. ISRA) technologies are being extended to farmers, and valuable feedback is obtained from the farmers. These are useful for future technology development.

Furthermore, it would have been difficult to develop these activities without the training, technical assistance and facilitating role of Winrock International. NGO managers have many roles to perform in the implementation of the research activities which include management of personnel and budget, and logistical support and linkages with their headquarters. Technical aspects and training necessary for their programs are often difficult to manage because of lack of time and internal technical expertise. Winrock International has the capability to provide services in a specific area of seed technology that can be useful to NGO agricultural programs, enhancing their effectiveness, and in turn, benefiting the farmers.

Another conclusion of the program is that small-holder farmers who can produce quality seeds of various crop varieties can be identified in most rural communities of Senegal and The Gambia. Given the proper incentives and adequate marketing opportunities, these farmers can become "contract seed farmers" and constitute the first step toward the development of a private seed sector production system.

References

Bragantini, Claudio and Schillinger, William F. 1992. Final Evaluation of the On-Farm Seed Project, Senegal and The Gambia, Winrock International, September 1992

Christopherseb, K., Hadji, A., Rand, B., and Winterbottom, R. USAID Senegal NRM Limited Impact Assessment, February 1998

Winrock International Institute for Agricultural Development On-Farm Seed Project: 1990 Annual Report

Winrock International Institute for Agricultural Development On-Farm Productivity Enhancement Program, 1993 Annual Report

Heinen, Daniele. 1993. Seed Marketing Survey within the World Vision. International Program Area, On-Farm Productivity Enhancement Program in Senegal, Winrock International

Acknowledgements

The authors are indebted to Dr. Moses Onim and Mr. Niels Hanssens for their useful suggestions and comments regarding this paper.

Rapporteur's Report

S.C. Gupta

Hybrid Seed Experiences in Developing Countries

Day 1- Session 2

All the presentations were very clear and, therefore, there was no discussion on the four papers presented during this session. The salient features are summarized in the following paragraphs:

B.R. Barwale presented the story of MAHYCO Hybrid Seeds in India. He started producing the first maize hybrid seed in 1964 and acknowledged the support of L.R. House and the Rockefeller Foundation. In 1965, the first sorghum hybrid, CSH1, was released in India and MAHYCO produced 3.2 tons of seed on 1.6 hectares. In hybrid sorghum seed production, MAHYCO faced the problem of grain mold and, as a result, started producing the seed in the dry season. For the first 3 to 4 years, there was no unsold seed. They established a seed processing plant with the assistance of USAID, and later on developed a seed store. Initially, foundation seed was produced only by the National Seed Certification (NCS) agency, and thereafter, the monopoly was removed. Breeder seed was given to competent organizations to produce foundation seed. These were certified by the State Seed Service Agencies. The key items for the seed industry are seed regulations, a seed processing plant and warehousing, truthful labeling, and certification. Farmers always look for ultimate profit and they buy good quality seed. Subsidy on seed is not necessary, even though initially it helps the seed program.

Gebisa Ejeta presented the story of Hageen Dura-1 (released in 1983 in Sudan) which led to the development of the seed industry in Sudan. Sorghum is grown on 5m ha in Sudan or wherever you can grow a crop. He described different systems of agriculture, the seed industry organization, and the ups and downs in the production of Hageen Dura seed. The seed industry development is durable, but is a slow process. He also emphasized that poor farmers from developing countries will buy the seed only if it is profitable to them. A sustainable seed industry is feasible only with favorable government policies and support. Public awareness is vital for the success of a seed industry.

Bhola Nath Verma presented the history and experience of the Zambian Seed Industry. Zambia represents an example of a young industry in a developing country with poor infrastructure and a small local market. The industry has gone through major changes as a result of the political and economic climate of the country. Initially, ZAMSEED was not interested in sorghum seed production, as they were multiplying primarily maize seed. Recently, they recognized opportu-

nities in the export market for sorghum seed production.Generally, policymakers require education and/or pressure in order to yield to changes. Recently many seed companies have come to Zambia.

Pierre Antoine described the Winrock International seed production program, which was started in 1987 in Senegal and the Gambia. Their aim is not to create a seed industry, but to assist farmers in seed production. The project is supported by USAID, IFAD, Cargill, etc. The project is not yet working on hybrid seed production. Alphonse Faye stated the private sector is responsible for seed production and the government is responsible for seed quality control.

L.R. House commented that everybody's input - whether it is the government, farmers, seed producers, or researchers – is necessary for the success of a seed program.

Monday - September 28 -Session 3

Current Status of Seed Production

Opening Remarks

Moderator - Darrell Rosenow, INTSORMIL/
Texas A&M University

PREVIOUS PAGE BLANK

Pearl Millet Seed Systems in Niger

Jupiter Ndjeunga and Aboubakar Sidi

Summary

This paper reviews the structure and performance of formal and informal pearl millet seed systems in Niger. Donors have invested more than US$45 million in seed production projects in Niger during the past two decades. These investments have largely failed. Public seed supply systems operate at a consistent loss while farmers complain about poor seed quality or lack of seed access. In contrast, informal village seed systems work well. Most farmers consistently derive their pearl millet seed from their own harvests, from neighbors or from village markets. Seed quality is high and a range of varieties remain available. Village seed systems offer a cheaper and more efficient means of delivering seed to farmers. Future investments in seed systems development should target improvements in the capacity of village seed systems to maintain and distribute seed security stocks for drought years. More efficient village seed producers should be encouraged to become entrepreneurs tasked with the multiplication and distribution of new improved pearl millet varieties.

Introduction

During the last twenty years, international and national donor agencies[1] have invested more than US$45 million in seed multiplication and distribution projects in Niger. A series of research, extension, rural integrated development projects, and NGOs have been heavily involved in developing, disseminating varieties, and distributing seed to end-users. These investments have largely failed. The seed production units (SPU) encountered many difficulties, largely because of the project's considerable scope which made seed multiplication and distribution activities unsustainable (Mazuccato and Ly, 1993). Research stations were unable to provide SPU with the quantity of breeder seed needed for further multiplication and less than 30% of improved pearl millet seeds produced were actually sold. Farmers, NGOs, and rural integrated development projects managers complain of poor access and late delivery of seed and poor quality of seed provided by the public system. The low supply of breeder seed, poor seed quality and poor demand estimation and distribution systems have been identified as the major constraints to seed multiplication and distribution in Niger (Ndjeunga, 1997). These combination of constraints made the adoption of improved varieties very low (less than 1% of the total cultivated areas) and thus the returns to investment in research and seed multiplication are also very low.

During and after the period of involvement of seed projects (1976-1992), the private sector has shown little interest in seed multiplication and distribution, es-

[1]Donor agencies include the United States Agency for International Development (USAID); the "Fond Europeen de Développement" (FED); the "Agence Canadienne de Développement International" (ACDI); the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and government of Niger.

PREVIOUS PAGE BLANK

pecially for seed of subsistence crops with high multiplication ratios such as pearl millet partially suggesting limited market potential for pearl millet seed. Poor performance of the public sector and limited commercial interest in pearl millet seed multiplication and distribution by the private sector prompts the need to explore alternative seed supply schemes. One alternative is the village seed markets. Farmers still draw most of their planting seed from their own seed stocks, exchange seed with neighbors or relatives, or purchase seed from local village markets.

Recent research in a few less developed countries highlight the efficiency of local village seed systems at supplying seed and resolving seed shortage at low transaction costs. In 1990, a rural household survey of small-scale farmers in Malawi indicated that 68 percent used their own seed stocks as their primary source of maize seed; followed by seed from neighbors and relatives (44 percent) as a secondary source, and a few used the local market as a secondary seed source (4 percent). A small proportion of survey farmers were chronically seed insecure (Cromwell, 1996). In Southern Zimbabwe, despite the relatively well developed seed markets, a survey of rural households in 1995/96, revealed that about 64 and 44 percent of surveyed farmers draw their planting pearl millet and sorghum seed respectively from previous harvests. Thirty and 32% obtained their planting pearl millet and sorghum seed from neighbors, friends or relatives. Seed shortages are resolved within the village seed trade and most transactions are free (Rohrbach, 1997).

This paper compares the performance of formal and informal pearl millet seed systems and questions whether informal seed systems might serve the availability of pearl millet seed in Niger. Findings may well be applied to other countries in the semi-arid tropics of West and Central Africa which face similar situations (Chad and Burkina Faso).

Historical Development of the Formal Pearl Millet Seed Sector In Niger

In Niger, formal pearl millet seed systems evolved through two stages of development with structural and institutional changes. Seed multiplication and distribution for cereal crops started in 1976 with the Niger Cereal Research project (NCR) funded by the United States Agency for International Development (USAID). The main objectives of the NCR were mainly focused on capacity building of seed infrastructure with the overriding goal to supplying annually the quantity of seed needed to cover one-third of the cultivated areas. The project was implemented in two sub-phases. The first sub-phase was mainly used to build up the required human and physical infrastructure for seed multiplication and distribution; and the second sub-phase was used to support agricultural research and agricultural production. At the same time, the project attempted to revitalize the input supply sector especially fertilizers through cooperatives. During this phase, 6 seed productions units (SPU) were built and equipped with seed laboratories and large seed storage and conditioning units. Moreover, 4 seed technologists and 14 technicians were trained to conduct field inspections and laboratory tests.

Variety development and breeder seed production were undertaken by the national research institute: The Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). Basic seed production was carried out by the SPU at Lossa. Basic seed was bulked into registered seed by SPUs and certified seed multiplication was contracted out to farmers under the supervision of the production and quality control units of SPU. Seed quality control for breeder and basic seed; i.e. field inspections and post-harvest tests, were carried out by the SPU of Lossa, and that of registered and certified seeds was the internal responsibility of seed inspectors and laboratory technicians within SPU according to the International Seed Testing Association (ISTA) regulations as specified in the Seed Certification Act of 1976. Improved seed was distributed and sold to farmers by cooperatives, NGOs, SPU, regional direction of agriculture and development projects. Seed prices for all seed classes were set by the government. At the end of the project in 1989, despite the massive investment in seed multiplication and distribution activities, seed production units operated at consistent losses and thus were unsustainable.

During this phase, the seed production units encountered many difficulties, largely because of the project's considerable scope which made them unsustainable. Seed production units complained of insufficient and late delivery of breeder and basic seed by INRAN and the SPU at Lossa. Farmers had little access to seed of many varieties developed and released. In fact, out of the 17 varieties developed and released, only three varieties were actually multiplied and distributed (Tables 1 and 2). The project never met its objective of supplying seed necessary to plant one third of the total pearl millet cultivated areas. On average during the last 5 years of the NCR, only about 10% of the targeted seed production was achieved (Table 3). Because there were few sale points and transportation difficulties involved in serving scattered farmers located in poorly accessible areas, farmers had little access to certified seed and seed was often delivered late. Due to poor demand estimation, less than 30% of the total seed production was actually sold (Tassiou, 1996). Because of the project's large scope, there was less manpower available to properly carry out all seed inspection and post-harvest tests. Thus, only few contract farmers were monitored and many contract farmers did not often respect the required isolation distance necessary to maintain purity. Moreover, seed bought by SPU from contract farmers were not properly inspected. This resulted in poor seed quality and many farmers, NGOs, rural development projects

Table 1. Pearl millet certified seed production (tons) by the SPU by variety from 1985 to 1989.

	Year					
Variety	1985	1986	1987	1988	1989	Average
HKP	576	569	76	632	0	370.6
CIVT	2885	1354	334	731	226	1106
Ba-angourie	0	0	2	10	5	3.4
P3kollo	50	436	26	273	0	157
Total	3511	2359	438	1646	231	1637

Table 2. List of varieties developed and released in Niger.

Pearl millet varieties	Agroecological zone (mm rainfall)	Crop cycle (days to maturity)	Average potential yield (tons ha^{-1})	Year of development
1. HKP	350-500	80-90	2.0	1975
2. HKP_3	280-250	70-75	1.5	1983
3. P_3KOLLO	500-600	90-95	2.5	1962-1977
4. CIVT	450-600	80-90	2.5	1977
5. ¾ HK	450-600	70-75	2.0	1975
6. MORO-P1	200-300	90-95	1.8	1985
7. GR-P1	450-600	70-75	2.5	1985
8. ANK-P1	300-350	70-75	1.0	1985
9. HKB-Tift	<300	70-75	2.0	1982
10. H-80-10-GR	300-400	80-85	2.3	1980
11. T-18-L	>250	85-95	2.0	1982
12. ITMV 8304	300-400	80-85	2.5	1983
13. ITMV 8002	300-400	80-85	2.5	1980
14. ITMV 8001	400-500	80-85	2.5	1980
15. SOUNA III	>600	Intermediate	2.0	1982
16. ZATIB	300-600	Intermediate	1.5	1981
17. HKB-P1	>300	Intermediate	2.0	-

Source: INRAN (1994). Catalogue Nigérien des Variétés de Céréales et de Légumineuses. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Edition, 1994.

Table 3. Pearl millet area planted (ha), total seed production (tons) by variety and seed production units, and proportion of the total seed produced to total seed planted (%) in Niger, 1991-1995.

	Year				
Variety	1991	1992	1993	1994	1995
HKP	27.9	20.2	21.0	166.8	55.5
CIVT	199.7	22.2	25.4	95.2	23.9
ZATIB	0	0	0	1.4	2.2
P3kollo	0	0	7.5	6.1	5.6
Total improved seed (tons)	227.6	42.4	53.9	269.5	87.2
Area planted (000 ha)	4,386	4,939	3,860	4,935	5,229
Estimated total seed planted (tons)[1]	14620	16463	12867	16450	17430
Ratio of improved over total seed planted ( )	1.56	0.26	0.42	1.64	0.50-

[1]This assumes a seeding rate of 10 kg ha as actually practiced by farmers and a renewal rate of 3 years as suggested by the seed division in Niger.

complained about the poor germination rate and seed viability.

Price of seed was set by the government with little consideration of grain prices in local village grain markets and the cost of seed production. Between 1985 and 1988, the average cost for producing certified improved millet by SPU was estimated to 1,720 Fcfa/kg; whereas it was sold to farmers at 100 Fcfa/kg less than the average grain price, 130 Fcfa/kg in local markets (Rachmeler, 1991). Therefore, seed prices were highly subsidized by the project and at the end of the project in 1989, due to lack of external funding, SPU almost ceased to operate.

In 1989, the government of Niger and donors re-assessed the seed multiplication and distribution strategies and launched another project: the Projet de

Développement de l'Activité Semenciére au Niger (PDASN) funded by USAID with ultimate objectives to build on failure of the previous seed projects identified as 1) poor seed production planning, 2) poor seed quality control; 3) poor seed demand estimation, 4) distribution and promotion, and finally 5) the lack of a viable seed security stock scheme. Unfortunately, this project never really took off and in 1992; the project was canceled. Once more, the government reassessed its strategies by decentralizing all seed multiplication and distribution activities at the regional level. Price setting and seed production planning and distribution were to be handled at the regional level.

The third and current phase started in 1992 with the creation of regional seed centers. The start-up capital for these centers was made from sale of seed and fertilizer stocks left after the PDASN. These funds were to be administered at the regional level by a regional seed committee composed of the regional administrator (Préfet), regional director of agriculture and representatives from other institutions involved in seed activities. Currently, three seed multiplication and distribution schemes exist: seed production in government plots without involving farmers, contract farming, and a combination of both. The foundation seed production unit at Lossa and the SPU of Guecheme continue to produce seed in government plots without contracting out to farmers. The SPUs of Kourougoussao and Doukou-Doukou contract seed multiplication to farmers, and finally the SPU of Magaria contracted farmers for commercial seed and still produces registered seed in government plots. While the other SPU still operate with heavy losses, the SPU of Kourougoussao incurred relatively little losses in 1996, and could be profitable if one does not account for depreciation on long-term assets (Table 4). Large reduction of losses in Kourougoussao were attributed to the fact that farmers were entirely responsible for seed multiplication and incurred the entire seed production and distribution risks since seed is purchased by managers of SPU on demand by private individuals, farmers or rural development projects. Seed quality and conditioning are rarely performed because of lack of staff and funding. Seed is distributed mainly at the regional level or seed multiplication centers and thus involves little cost. Finally prices are set taking into consideration the grain price and cost of production. However, the SPU of Kourougoussao operates as traders. Their current role could as well be played by the most efficient farmers or

Table 4. Profitability of seed production units in Niger in 1996.

Seed Production Units	Profit or losses (Fcfa)	Average cost of seed production[1] (Fcfa/kg[-1])
SPU of Lossa	(515,250)	1633
SPU of Magaria	(905,475)	1151
SPU Kourougoussao	(385,362)	305
SPU of Guecheme	(2,356,675)	880
SPU of Doukou-Doukou	n.a.	n.a.
PU of Hamdallaye	Not operational	Not operational

[1] These costs do include depreciation on heavy capital items such as the buildings. Numbers in parentheses are negative and represent losses.

groups of farmers who could be trained and assisted in seed multiplication and distribution.

Currently, many seed multiplication and distribution centers have emerged. These schemes are initiated by NGOs, rural development projects and local communities. In contrast, the private sector has weakly emerged. About five private seed growers have been reported. However, these individuals are less interested in producing varieties with a high multiplication ratio or with no readily available markets such as pearl millet and sorghum. The private sector is interested in producing seed of crops with low multiplication ratio such as cowpea and groundnut or with high multiplication ratio such onions, and other horticulture crops with ready available markets for the end-products. They have also expressed interest in hybrid seed where there is a higher probability of profit, as seeds have to be purchased every year. Currently, in Niger, the hybrid sorghum NAD-1 is gaining interest in the private sector.

The low commercial interest for open-pollinated crops such as pearl millet prompts the need to explore alternative seed supply sources. Currently, less than 1% of pearl millet cultivated areas are planted to improved seed varieties. Many farmers still draw their planting seed from previous crops, exchange seed between neighbors or relatives or purchase seed from the local village markets. In order to examine and compare the formal and informal seed systems, a survey of institutions and members of institutions were carried out.

Methodology and Data Sources

Two sets of data were gathered at the institutional and rural household levels to compare the relative efficiency of formal and informal pearl millet seed multiplication and distribution schemes at developing and maintaining varieties, multiplying seed, maintaining high quality seed, storing and distributing seed and finally providing seed at relatively low costs.

The first set of data was obtained in September-October 1996 from an informal survey of all institutions and members of institutions involved in pearl millet seed multiplication and distribution. They include: four pearl millet breeders; five managers of seed multiplication centers; five regional directors of agriculture; the head of the seed division, and two NGOs: Care International and CARITAS; one private seed grower, the President of the large cooperative union (UNCA); and the Director of Agriculture. The second set of data was drawn from a survey of 302 rural households conducted during June-July 1997 to assess the operational procedures of the informal seed systems, the sources of farmers' seed, the magnitude of seed traded, the type of seed transactions and the magnitude of seed stocks in 1996 and 1997. The year 1995 was a relatively good year in terms of rainfall amount and distribution compared to 1996. This allowed a comparison of rural household's seed purchasing behavior between good and poor rainfall years.

A stratified random sampling procedure based on agroecological zone and accessibility to the main road were used to select villages. The parameter determin-

ing the agroecological zone was the Length of Growing Period (LGP) of 75 days corresponding approximately to 400 mm of rainfall. Villages located within the range of 5 km from the main road were assumed to be accessible and others not accessible. Within stratum, a minimum of 12 villages were chosen according to the village population size. Within the village, a range of 3 to 10 rural households were chosen according to village population size. Overall, 302 rural households were selected of which 20% were located in the more drought prone areas, and about half the sample was positioned in poorly accessible areas.

Current Status of Pearl Millet Formal and Informal Seed Systems in Niger

The performance of formal and informal seed institutions will be examined with regard to their relative efficiency at performing basic seed activities. They include: variety development and release, seed production, seed quality, seed storage, and seed distribution. The overall economic efficiency will be examined in the light of price margins (unit sale price minus the unit cost of production).

Variety Development and Release

Pearl millet varieties developed and released in seed systems should be suitable to agroecological zones and farmers' preferences. The extent to which this holds determines the potential demand for varieties by farmers and seed production planning by seed production units. In this context, a review of the pearl millet varieties developed by the national and international research institutes in Niger will be examined relative to their suitability to agroecological zones and farmers' preferences.

Since 1975, national and international research institutes in Niger have performed relatively well at developing and releasing varieties adaptable to a wide range of agroecological zones (Table 2). More than 17 pearl millet varieties were developed and released[2]. Breeding work focused on the development of high yielding, early maturing, pest and disease resistant varieties adapted to a wide range of agroecological zones using local germplasm. More than 50% of the varieties developed and released are grown in areas with average rainfall between 200 and 350 mm and the remainder can be grown in environments of more than 400 mm of average rainfall. About one third of the varieties released are short-maturing (less than 75 days of days to maturity); about 50 percent are intermediate (80-85 days to maturity) and the balance are long-maturing varieties. More than 60% of the varieties released result from the purification of local cultivars through S 1 testing with selection for pest and disease resistance, high yield, and early maturity as the basis for purification. Five local varieties formed the basis of breeding work namely: Hainikire, Moro, Guerguera, Ankoutess and Zanfaroua. For example, the series of improved varieties (HKP, HKP3, 3/4 HK, HKB-Tift, HKP-P 1)

[2] The varieties released include: HKP, HKP, P, Kollo, CIVT, 4 HK, MORO-P1, GR-P1, ANK-P1, HKBTift, H-80-10-GR, T 18-L, ITMV 8001, ITMV 8002, ITMV 8304, SOUNA 3, ZATIB, HKB-P1

were obtained from the purification of the local variety Hainikire.

Overall, the formal seed systems provide a wide range of varieties that are suitable to all agroecological zones. However, the formal seed system performed poorly at promoting pearl millet varieties. Only a few of those varieties released are actually multiplied and distributed. From 1991 to 1995 only 4 varieties: HKP, CIVT, P3Kollo and ZATIB were multiplied by seed production units. Between those, aggregate production during those years indicate that about 54% of the seed produced was CIVT and 43% HKP (Table 5). During the last 15 years, the formal seed system has performed poorly in releasing varieties. No variety has been released although there is a wide set of promising varieties in the pre-release stage[3].

For centuries, farmers have been seeking to maintain old varieties or specific sets of traits. Survey results also indicate that large, long and compact panicles, and large grains are the main criteria of seed selection by farmers. About 90 percent of the surveyed rural households select good panicles right after harvest, while only 7 percent select seed based on plant traits. Survey results also indicate that, collectively, farmers grow up to 33 varieties of which 3 are improved varieties (CIVT, P KOLLO, HKP). There is a large number of varieties available within departments and agroecological zones. Averages of 15 and 17 pearl millet varieties were found to be grown by departments and within agroecological zones respectively. Therefore, there is a wide range of local varieties available at the local level.

Overall, the formal seed system contributes little to the demand for seed of varieties or the promotion of released varieties. Many farmers still grow their local varieties. The low interest in currently improved varieties may be explained by limited improvements offered by the new varieties which may, in turn, partially explain the failure of the formal seed system. Mazzucato and Ly (1993) claimed that ".. the majority of the seed multiplied were local purified varieties.

Table 5. Proportion of seed planted from alternative market sources by agroecological zone and road accessibility in Niger, 1996-1997.

	Agroecological zone, road accessibility and year							
	Less than 75 days of LGP				More than 75 days of LGP			
	Poor access		Good access		Poor access		Good access	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Number of observations	27		30		124		115	
Seed sources								
Own seed stocks	99.7	81.7	97.4	83.2	92.8	87.0	90.8	77.3
Friends, neighbors, relatives	0.3	2.4	1.3	1.0	2.6	5.9	2.7	10.2
Village markets	0.0	15.9	1.3	3.2	4.4	6.7	5.7	12.3
NGO, Projects, SPU, and RC	0.0	0.0	0.0	12.6	0.1	0.4	0.9	0.3
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[3]The varieties in the pre-release stage include: ICMV 89305, ICMV 92222, ICMV 94 206, MTDO 92, MTTY 92.

Because these varieties were not hybrids, it was very easy for farmers to maintain the improved characteristics by selecting and retaining the seed from year to year". Efforts to release and promote current pearl millet varieties by the formal seed systems are warranted. The consistent use of improved varieties may make it easier for farmers to maintain this germplasm on their own.

Pearl Millet Seed Production by the Formal and Informal Seed Sectors

The relative importance of the quantity of seed produced by each sector is measured with regard to the share of seed produced relative to the total quantity of seed planted by farmers in Niger. Despite the large investments in seed multiplication and distribution, the formal seed sector has consistently produced a negligible share of the total seed planted by farmers in Niger. Between 1991 and 1995, for example, less than 1 % of the total seed planted was supplied by the formal seed sector (Table 3). These results are consistent with the rural household survey which indicates that about 1 percent of the total seed planted in 1997 was from the formal seed sector. (Table 5).

Farmers draw the largest share of their planting seed from their own stocks. Survey results indicate that about 83% of the total seed planted in 1997 was drawn from farmers' own stocks, 7% from relatives, neighbors and friends; 9% purchased seed from the local village markets and 1% from rural integrated projects, NGOs, seed production units and research stations (Table 6). Farmers' own stocks is the preferred source of seed. As long as the climatic conditions are favorable, farmers will draw their entire seed needs from their own stocks. In 1996, for example, which was a relatively good year, on average 93% of the total seed planted was drawn from farmers' own stocks (Table 6). This behavior is consistent across agroecological zones and village accessibility.

Overall, the informal village seed systems provide the largest share of the total seed planted by rural households regardless of agroecological zone and accessibility to the main road. In contrast the formal seed system is a minor contributor to the seed supply. Further improvement in seed production should target local seed supply systems.

Table 6. Cross-tabulation of rural households pearl millet seed stocks' levels by agroecological zones and road accessibility in Niger (1996-1997.

	Agroecological zone, road accessibility and year							
	Less than 75 days of LGP				More than 75 days of LGP			
	Poor access		Good access		Poor access		Good access	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Number of observations	27		30		124		115	
Percentage of seed stockholdings								
Less than 25%	0.0	3.7	6.7	6.7	[illegible]	14.5	5.2	14.8
Between 25 and 50%	0.0	7.4	0.0	0.0	0.8	3.2	2.6	0.9
Between 50 and 75%	0.0	11.1	0.0	3.3	2.4	3.2	2.6	7.0
Between 75 and 99%	3.7	3.7	0.0	6.7	4.0	8.1	2.6	5.2
More than 100%	96.3	74.1	93.3	83.3	83.9	71.0	87.0	72.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Seed Quality of Pearl Millet Seed Produced by the Formal Seed Sector and Farmers' Seed Stocks

A seed of high quality as defined by the formal sector in Niger follows the standards of the International Seed Testing Association (ISTA). They include a high percentage of germination rate (97-98%), low moisture content (12%) and a high level of physical purity (98%). In addition, genetic purity of about 98% is required through field inspections. In the informal sector, observable grain characteristics such as: inert matter content, uniformity of color, uniformity and large grain size, shape, texture and low insect/disease attacks are the main criteria of quality preferred by farmers. However, farmers did not point out germination rate as one of the main seed quality criteria. This may occur because farmers encounter few problems of germination. Though it may be an important standard in the informal market, no one perceived it to be problematic. Seed quality criteria perceived by farmers differ from to those of breeders. While the formal seed sector emphasizes on some genetic characteristics of purity or germination, farmers do not necessarily care.

During the period of involvement of seed projects (1975-1993), seed quality was low. Numerous complaints of poor seed quality from NGOs, rural development project managers and farmers were recorded. "Few visits were made by qualified personnel to inspect the conditions under which the seed was grown. Often, farmers did not respect the isolation distance from other fields required to maintain purity in the grain grown for seed" (Couvillon, 1985). At the end of the project, the entire quality personnel left the seed production units due to lack of funding and incentives. Therefore, during the last five years, no quality control has been performed by the SPU. Consequently, NGOS, rural development projects and farmers purchasing certified seed complain of their poor germination rate; and are reluctant to purchase seed from state seed projects. Even in Lossa, where basic seed is produced, the germination rates are low, averaging 70 percent, far below the ISTA standards. Formal seed systems are unable to meet the required standards set by ISTA and it is unlikely that they will ever contribute significantly to seed quality with continuing funding constraints.

In contrast, local village seed systems offer high quality seed to end-users according to their set of standards. Laboratory tests indicate that farmers' seed stocks have acceptable levels of germination, moisture content and low incidence of seed borne fungus diseases consistent with their set of standards. Farmers' pearl millet seed stocks were found to have acceptable levels of germination and moisture content. Individual results on viability testing of farmers' pearl millet seed indicate that the germination rate ranges from 71 to 98% with an average of 88%. Fifty of the seed lots were above 87.5 percent germination. There was no difference in germination rate based on agroecological zone and accessibility but differences were found in moisture content based on agroecological zones. The moisture content ranges between 7 to 17% with an average of 9%. Only 10 percent of the seed lots were above the 12 percent moisture content. These rates were higher in relatively more humid ar-

eas (more than 75 days of LGP), but were kept at a reasonable level of moisture content so that germination was not affected. The results may explain why farmers do not perceive germination as a problem since they do not encounter large germination problems. Moreover, at the current average high seeding rate of 10 kg/ha as practiced by farmers, it is unlikely that they encounter germination problems (Ndjeunga, 1998).

Pearl Millet Seed Storage

Due to the perishability of seeds as living organisms and the seasonality of both seed production and use, seed storage is a very important function. Seed storage is undertaken for several purposes and takes different forms, including long-term storage of breeder seed and other seed classes, the maintenance of varieties, and seed security stocks, especially useful during drought years. Poor storage is often associated with poor seed quality. In this section, the relative efficiency of seed systems at storing seed, and ability to hold and manage seed security stocks will be examined.

Formal state seed production units are all equipped with large storage facilities. A survey of those facilities indicated that they were poorly ventilated, exposing seed to a host of disease and pests hazards. This, in turn, partially explained the poor seed quality reported by farmers, NGOs and rural development project managers. On the other hand, farmers store seed in well-ventilated granaries. Pearl millet seeds are often stored in the form of single or bulked panicles and rarely in the form of grains and are always located out of the immediate reach of people, often at the lower end of granaries. These granaries are separated from their homes to avoid potential fire hazards. Other traditional storage techniques such as the use of ash, tree bark, and leaves were not found. The average storage time is about 7 months which corresponds to the time span between harvest and planting: Few farmers were found to store seed more than a year. Due to large risk associated with seed drawn from other sources than farmers' own seed, exchange with friends and relatives or purchase from village markets, there is a high incentive for farmers to store their own seed. Failure to hold seed stocks reflect farmers' inability to maintain and manage seed stocks. Therefore investment in training farmers to better store their seed may be warranted (Ndjeunga, 1998).

Pearl Millet Seed Security Stocks

In 1996 and 1997, national estimates point to 20 and 39% of villages which were short on cereal grain. The villages short on cereal grain are *de facto* considered as being short on seed to plant. There is no estimation of seed shortages per se, rather inferences drawn from cereal shortages. From the government's viewpoint, a village which is short on cereal grain is automatically short on seed. Estimates of 6,000 and 12,000 tons respectively in 1996 and 1997 were reported for pearl millet seed shortages of which 60% of these are pearl millet seed (MAG/EL, 1998a). These figures are largely over-estimated given the actual potential seed needs of about 17,000 tons of pearl millet seed. It is likely that seed provided to farmers through drought relief programs are merely consumed as grains.

In contrast, survey results indicated that very few villages were completely short of seed to plant. In the survey, only one village Garbey Gommande reported being completely short on seed because of very poor yields. In 1997, survey results indicate that 27 percent of rural households held seed stocks less than their planting seed (Table 6). Paradoxically, a high proportion of seed short households were found in favorable environments. Farmers in poor environments tend to hold some seed stocks no matter how small it may be, because of fear to loose adaptable germplasm to their harsh environment. Survey results indicated that 3 and 12% of rural households did not hold any seed stocks in drought prone and more favorable environments respectively. No significant differences in seed stockholdings by households was found based on agroecological zone and accessibility. However, seed shortages are well resolved through exchange between friends and relatives or purchase through local village markets. There did not appear to be a serious problem with seed shortage resolution through the informal seed system. However, there may be need to invest in training farmers to better seed selection and storage methods.

Pearl Millet Seed Distribution

Seed distribution is a multi-faceted process involving both the physical movement and handling of seeds and the actual exchange of seed and money between and among producers, traders and farmers. It involves different yet closely related functions including: physical logistic operations (handling and transport), market research, promotional activities, the buying and selling functions associated with wholesale and retailing and the related functions of risk-bearing and financing. Seed distribution can be very costly in environments where farmers are scattered and located in poorly accessible areas. Seed production units in Niger have encountered many difficulties distributing seed to largely scattered farmers located in poorly accessible areas. Less than 30% of the total seed produced was actually planted.

In contrast, the local pearl millet village system is efficient at supplying seed to end-users. Survey results indicate that about 41 percent of farmers surveyed supplied seed to other farmers, 19 percent were seed recipients and 40 percent were neither recipients nor seed suppliers. No association was found between seed suppliers/recipients and agroecological zones or accessibility. Seed suppliers are often large grain producers. On average, a seed supplier produces 2,194 kg of grain against 1,420 kg for seed recipients (Ndjeunga, 1998). These types of farmers should be targeted and assisted to undertake seed distribution.

Village market seed transactions are flexible and dominated by cash, followed by barter, exchange and free transactions, regardless of the agroecological zone and accessibility. In 1997, 50 percent of seed traded within the rural community was for cash, 30 percent was free gifts, and the remaining was barter transactions. A similar trend was observed in 1996. Cash transactions are likely to be observed in large communities. Because of imperfect information between households in large populated areas, farmers may not know each other's seed stock holdings. This problem is lessened in smaller communi-

ties which are made of farmers with family ties, who interact frequently and share risks. Gift transactions are found in favorable environments where more farmers hold large seed stocks. Survey results indicated that 97 percent of gift transactions were located in more favorable environments. Non-cash transactions are less known. The level of reciprocal obligations which sustain such transactions needs further consideration. Limited data suggest that often farmers trade seed of different varieties.

The average quantity of seed traded varied according to the type of transactions and agroecological zone. Cash transactions are higher on average, 28 kg against 7 kg for gifts and 8 kg for barter. In the poor environment, survey results indicate that in 1997 and 1996, there were no barter or gift transactions. While, farmers travel an average 11 km to purchase seed, the average distances for barter and gift transactions were estimated to 0.625 km and 0 km respectively.

Pearl millet seed channels are centered around the grain as many farmers purchase high quality grain as seed from village markets. However, farmer-to-farmer seed exchange remains the main distribution channel followed by farmer-to-grain traders. Due to insufficient offer of grains through domestic production, there is an active grain import from neighboring countries such as Nigeria and Mali via Burkina Faso. In general, grain is channeled through 4 distribution networks centered around Niamey, Maradi and Zinder. Large suppliers from Nigeria offer grain to Maradi which in turn supplies Tahoua, Arlit, and Niamey along with its domestic production. Large suppliers from Nigeria also offer grain to Zinder which in turn supply grain to Agadez, Tanout, and Diffa. Also, pearl millet grains are supplied by Mali and Nigeria to Niamey. Imported grain is solely used for domestic consumption. Farmers claimed that those grains are of poor quality and are not adapted to their agroecological areas. Thus, grain purchased as seed are domestically produced. Seed purchased are well known varieties. Grain traders in Niamey differentiate imported grain from domestic grain. There is often a margin of 10 cfa/kg between domestic and imported grain. Farmers as well as grain traders may be used as seed distributors.

Seed Pricing and Costs of Pearl Millet Seed Production

Seed pricing is an important component of seed marketing that determines the sustainability of seed multiplication and distribution activities along with costs of seed production. Sustainable seed multiplication and distribution requires the average sale price to be higher than average cost of production. Seed pricing is dependent on the type of product. For varieties or composites, one cannot expect seed price to be far higher than grain price as grain is a perfect substitute for seed. In this study, the margins over the cost of production will be used as a criteria for financial efficiency of seed systems. Comparisons of seed to grain prices will also be used to ascertain the potential demand for seed by farmers.

During and after the period when seed projects were active, seed production units operated at heavy losses if we account for depreciation on long-term assets inherited by the Niger Cereal Research

Project (Table 3). Between 1985 and 1988, the average cost for producing certified improved millet seed by SPU was estimated to 1,720 Fcfa/kg, whereas it was sold to farmers at 100 Fcfa/kg less than the average grain price, 130 Fcfa/kg in local markets (Rachmeler, 1991). In 1996, the average cost of seed production was estimated to vary between 305 Fcfa/kg in Kourougoussao to 1633 Fcfa/kg in Lossa. Therefore, price of seeds was largely subsidized with regard to seed sale prices which vary between 130 Fcfa/ha in Magaria to 250 Fcfa/ha in Lossa. To be financially sustainable, seed production units have to sell seed at prices varying between 6 to 8 times the average grain price depending on SPU (Table 7). At these sale prices, the margin (sale price minus average cost of production) over the cost of production per kg of seed sold by seed production units are all negative and varied between -0.49 and -0.90. For every dollar invested in producing seed, on average seed production units incur losses between 50 and 90 cents. Therefore, this scheme is unsustainable. However, if one does not account for depreciation on long-term assets inherited from the NCR project, assuming that the current seed multiplication schemes do not need this heavy infrastructure, the SPU could be profitable with profits estimated at 14 Fcfa/kg. This profitability occurred because farmers are entirely responsible for producing seed and assume all the production and distribution risks. These seed production units are simple seed traders who purchase seed as the demand is expressed by NGOs, rural development projects and farmers. These seed multiplication units neither perform quality control nor do they incur significant transportation costs since seed is supplied to seed production centers or regional offices of agriculture. These examples show that farmers could undertake seed production on their own if they are properly assisted. The current intermediary role played by SPU could well be undertaken by the most efficient farmers or groups of farmers assisted and tasked with multiplication and distribution of seed.

Appropriate Roles of the Formal and Informal Pearl Millet Seed Sectors

Formal pearl millet seed systems are unreliable sources of seed supply which offer poor access to improved varieties and operate at high transaction costs. Therefore, it is unlikely that they will ever be financially or economically sustainable. Formal seed systems perform as well as local village systems at developing and maintaining varieties, offer vari-

Table 7. Pearl millet seed and grain prices in seed production units in Niger, 1996.

	Seed Production Units			
Price (Fcfa/kg)[2]	Lossa[1]	Kourougoussao	Guecheme	Magaria
Seed	250	150	175	130
Grain	157	97	131	151
Margins	93[59 [%]	53[52%]	44[34%]	-21[-14%]

[1] Basic seed production and the other centers certified seed production.

[2] Nominal consumer grain price at planting period in the nearest market (average June & July)

Source: Seed Production Units and SIM/OPVN (1998)

eties of comparable value with local varieties, and are weak in performing all other activities (Table 8). In contrast, local village seed systems in Niger are working fairly well. They perform well at supplying seed to end-users, maintaining and disseminating varieties, distributing seed at relatively low costs and maintaining acceptable levels of seed viability, purity, and seed health. This gives no reason to believe that there is a structural problem with pearl millet seed quality. Overall, the formal seed systems do not contribute much in the development of seed systems as a whole. However, the informal system as well, is unable to cope with contingency seed needs. Other means to deliver contingency seed needs to end-users should target the development of local village seed systems.

Local village systems have a number of strengths that can be utilized to resolve contingency seed needs. A large number of varieties easily accessible by farmers are available at low transaction costs. Seed quality of farmers' stocks is of acceptable quality. The local village seed systems are endowed with potential seed producers who are large farmers and could be encouraged and assisted in small-scale seed multiplication schemes. Even if this activity may not be economically profitable for them, it infers some social status. A large share of investment in seed systems should target the development of local village seed systems.

This situation could change if new varieties or hybrids which may yield significantly more than local or current varieties are made available in the market. Then, the role of the formal seed systems could be limited to providing breeder seed to efficient farmers, groups of farmers or cooperatives to produce seed of other classes (basic, registered and certified seed) and facilitate the interaction between farmers, research institutes, rural development projects and NGOs. This will require additional investments in training efficient farmers and groups to seed production techniques via NGOs or well-established local organizations.

References

Couvillon, W.C. (1985). Etude économique du programme de multiplication des semences au Niger: Consultancy Report. Niamey, Niger: United States Agency for International Development Department.

Table 8. Current performance assessment of seed activities performed by both the formal and informal pearl millet seed sectors in Niger.

	Seed sector	
Activity	Formal	Informal
Variety development selection	Strong	Weak
Varietal maintenance	Strong	Moderate
Variety transfer/dissemination	Weak	Strong
Quantity of seed supplied	Weak	Strong
Seed quality (germination rate)	Moderate	Moderate
Seed storage	Weak	Moderate
Seed promotion/distribution	Weak	Strong
Seed security stocks	Weak	Moderate
Cost of seed production	Weak	Strong

Cromwell, E. (1996). Governments, Farmers and Seeds in a Changing Africa. Overseas Development Institute. CAN International. Wallingford. Oxon OX 10 8DE UK.

INRAN (1994). Catalogue Nigérien des Variétés de Céréales et de Légumineuses. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Edition, 1994.

Mazzucato, V. and S. Ly. (1993). An economic Analysis of Research and Technology transfer of Millet, Sorghum and Cowpeas in Niger". Discussion Paper No 93-06 ISNAR.

Ndjeunga, J. (1997). Constraints to variety release, seed multiplication and distribution of sorghum, pearl millet and groundnut in Western and Central Africa. Pages 34-46. *In* Alternatives strategies for smallholder and seed supply proceedings of an International Conference on Options for Strengthening national and Regional Seed Systems in Africa and West Asia, 10-14 Mar 1997, Harare, Zimbabwe (Rohrbach, D.D., Bishaw, Z., and van Gastel, A.J.G., eds.).

Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Ndjeunga, J. (1998). Local village seed systems and pearl millet seed quality in Niger. Unpublished Report. ICRISAT Niamey.

Rachmeler, D. (1991). Les semences au Niger: une nouvelle orientation politique. Unpublished Report. Republic of Niger.

Rohrbach, et al. (eds) (1997). Alternative strategies for smallholder and seed supply. Proceedings of an International Conference on Options for Strengthening National and Regional Seed Systems in Africa and West Asia, 10-14 Mar 1997, Harare, Zimbabwe (Rohrbach, D.D., Bishaw, Z., and van Gastel, A.J.G., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

SIM/OPVN (1998). Annuaire des Prix des Céréales au Niger. Système d' Information sur les Marchés Céréaliers. Office des Produits Vivriers du Niger. République du Niger. Avec la Collaboration du Projet Diaper III/CILSS.

Tassiou, A (1996). Contribution à l'Atelier de réflexion sur la Problématique Semencière. ROCAFREMI/WCAMRN.

Review of Sorghum Hybrid Research in Niger

Issoufou Kapran, Moussa Adamou, Gebisa Ejeta, and John D. Axtell

Introduction

Sorghum is the second most important food crop in Niger following pearl millet. It is grown in rainfed regions of the country that receive approximately 400-800 mm of annual precipitation. The annual sorghum acreage has increased from less than 500,000 hectares in 1961 to two million hectares in 1996. In contrast, national average yields declined from 0.6 t ha in 1961 to 0.2 t ha in 1996 (FAO/SMIAR, 1997). In a country where only 12% of the land is available for rainfed agriculture, cultivation in marginal lands with declining fertility and the wide use of poor-yielding local cultivars are largely responsible for the limited agricultural productivity.

It is widely acknowledged that yield increases offer the best approach to solve increasing food demands in developing countries (Pinstrup-Andersen and Pandya-Lorch, 1995). Hybrids are known to capitalize on the phenomenon of heterosis to produce higher yields than open-pollinated varieties, even under stress conditions. Adoption of hybrids would also be beneficial to the environment since high and stable productivity may restrain the desperate use of marginal soils (Kapran et al, 1995).

Crop improvement research in Niger was started by the Institut de Recherches Agricoles Tropicales et des cultures vivrières (IRAT), a French research organization. Current responsibility for agricultural research in Niger is held by the Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN) created in 1975. INRAN has a broad mandate to contribute to national food self-sufficiency through genetic improvement of crops like sorghum and pearl millet. Sorghum breeding goals include the development and release of genotypes with high and stable yields, resistance to biotic and abiotic stresses, and possessing good food quality. In the 1980s, sorghum breeders at INRAN in collaboration with the International Sorghum and Millet Program (INTSORMIL) added a hybrid testing component to the selection of improved cultivars. It was felt that the use of heterosis is in line with INRAN's mandate. Research on sorghum hybrids in Niger has moved steadily forward and is expanding gradually from experimental activity towards a private commercial operation. The purpose of this paper is to review progress in breeding sorghum hybrids in Niger, including the initial work by IRAT, evaluation of experimental hybrids by INRAN, and efforts by INRAN to promote production and marketing of hybrid seed in the private sector. Experience elsewhere shows that hybrids have the potential of modernizing the agricultural sector of a country.

Sorghum improvement by IRAT

During the 1950s and 1960s, emphasis was placed on the breeding and or intro-

duction of open-pollinated varieties. Initially, local land races were collected and evaluated at several research stations. After going through mass selection, some of the best adapted locals including BDF, JanJaré, and Bagoba were released back to farmers. Some of the land races were also crossed to exotics in pedigree breeding, which led to the development of improved varieties like L30 (137-62 × JanJaré) released in 1974. Although commercial sorghum hybrids were introduced, tested and found superior to open-pollinated varieties during the IRAT program, they were rejected on the basis of grain quality problems, and the perception that they were excessively input-dependent (Chantereau and Adamou, 1977).

INRAN/INTSORMIL Evaluation of Experimental Sorghum Hybrids

With the advent of collaborative research between INRAN and INTSORMIL, the sorghum breeding program in Niger got access to germplasm and experiences from other parts of the world. Sorghum hybrids were synthesized by crossing adapted pollinators (R lines) and seed parents (A lines) of diverse origins that were provided essentially by the INTSORMIL/Purdue University sorghum program. The objective was to evaluate the superiority of hybrid sorghum cultivars under the marginal growing conditions prevalent in much of Niger (Kapran et al, 1997).

Approach

Starting in 1983, experimental sorghum hybrids were tested at several INRAN research stations. Testing became more systematic with two INTSORMIL supervised - M.S. research projects (Kapran, 1988; Tyler, 1988). Selected hybrids gradually moved from observation nurseries to advanced yield trials across several locations in Niger. Elite hybrids were also evaluated in the West African Sorghum Hybrid Adaptation Trial (WASHAT). Specifically, the single cross between TX623A and MR732, later named NAD-1, emerged as the most promising based on the summary of the cumulative data collected over the years both on-station and on-farm.

Results

A summary of annual analyses of data reported by INRAN sorghum breeders is presented in Table 1. Experimental hybrid yields averaged approximately 2 tons/ha. The best hybrids yielded up to 6.5 tons ha whereas best variety checks never exceeded 3.8 tons ha. These results confirm the findings of the two graduate thesis projects conducted at Purdue University and initiated the trust in sorghum hybrid research in Niger. Kapran (1988) reported heterosis values of 45% under irrigation and 66% in rainfed conditions of Niger. In the same tests, hybrids also out yielded local checks by 61% with irrigation and 49% under rainfed conditions. Tyler (1988) found that hybrids with parents grouped as exotic, intermediate, or local, were higher yielding than their respective parents by an average of 127%, 83%, and 66%. Respectively from the results of these early thesis projects and subsequent national tests conducted through INRAN and INTSORMIL collaboration, the agronomic value of heterosis for Niger's agriculture was demonstrated.

Table 1. Yields of sorghum hybrids at research stations in Niger.

Year	Hybrids tested (number)	Grain yield: Trial mean t ha^{-1}	Grain yield: Best hybrid t ha^{-1}	Grain yield: Local variety t ha^{-1}
1984	22	2.3	5.6	-
1985	17	-	4.0	-
1986	149	2.5	2.7	1.1
1987	147	2.6	5.5	3.2
1988	81	1.9	4.9	2.7
1989	67	2.8	6.5	3.8
1990	49	234	5.0	3.0
1991	78	1.8	2.0	1.0
1992	88	1.9	4.6	-

Source: INRAN sorghum breeding annual reports, 1984-92.

Table 2. Yield of elite hybrid NAD-1 under farmer conditions in Niger.

Year Activity	Grain yield: Local variety t ha^{-1}	Grain yield: NAD-1 t ha^{-1}	Grain yield: % NAD-1 over local t ha^{-1}
1993 Demonstrations	-	2.4	-
1994 Demonstrations	-	3.3	-
1995 on-farm trial	1.0	1.6	60
1996 on-farm trial (INRAN)	0.7	1.7	143
1996 ON-FARM TRIAL (ROCARS)	1.0	1.8	80
1997 on-farm trial	1.6	3.1	87

Source: INRAN sorghum breeding annual reports, 1993-97; ROCARS 1997.

NAD-1, a medium-maturing, white-seeded hybrid with good tolerance to mid-season drought, was the most attractive cultivar to breeders and farmers alike. In national trials, its yield average was 3.1 tons/ha between 1986 and 1992. Also in the 1989 WASHAT trial, it ranked third among 20 entries for grain yield at nine locations across West and Central Africa (ICRISAT/WASIP, 1989). Estimates of NAD-1 yield potential with farmer management were obtained starting in 1993 (Table 2). Averages vary between 1.7 ton/ha and 3.3 tons/ha. Despite severe drought conditions, the hybrid was superior to Mota Maradi (MM), an early-maturing and widely adapted local variety. Also, from on-farm trials of the regional sorghum network (ROCARS), the yield of NAD-1 was 80% higher than the average of farmer checks. This kind of field performance created a strong farmer interest in NAD-1 over the years and stirred up the issue of reliable seed production to satisfy fast-growing requests.

Towards Marketing of Sorghum Hybrid Seed in the Private Sector

Experimental Seed Production

Starting in 1989, NAD-1 seed has been regularly produced in isolated fields at INRAN research stations, to evaluate the feasibility of commercial hybrid seed production in Niger. Best locations and other

environmental effects, as well as the importance of field management on NAD-1 seed production, have been closely evaluated. Some of the most crucial factors include the availability of irrigation water for a more reliable seed production, a high level of soil fertility to counter frequent soil variability, and in the case of NAD-1, the need for staggered planting since parental lines have different maturities. We have estimated that under good management, up to 1.5 tons/ha of NAD-1 seed may be produced. It has been repeatedly demonstrated that hybrid seed production is possible in Niger.

Initiation of Hybrid Seed Production in the Private Sector

Experience elsewhere in the world shows that the production of good quality seed in adequate quantity is best realized by the private rather than the public sector (L.R. House, 1995; pers. comm). Having a hybrid that appeals to farmers and can be reliably produced are key elements for seed marketing. In 1995, INRAN and INTSORMIL took definite steps to facilitate the production and marketing of NAD-1 seed by interested private parties.

Since there are no local seed companies interested in seed of hybrid cereals, it was decided to sell the seed at an average of eight times the price of grain on the market or CFA 800. Selling seed and providing a profit margin encourages the private producer, whereas subsidizing the availability of seed by the government creates a situation with which the private sector cannot compete.

INRAN continues to collaborate with INTSORMIL in training and technically supporting new seed producers. As the latter gain confidence, INRAN will gradually abandon the production of commercial seed. Beginning seed producers will be encouraged to limit their field size to no more than 0.5 ha, to receive good parental seed and advice on field management, seed storage, etc. A manual on hybrid seed production was developed and used in 1997 and 1998 to provide practical training to seed producers and their technicians. This will be discussed in a separate paper during this workshop.

Table 3 shows that a modest increase in hybrid seed production has been achieved, and that private producers are gradually taking a bigger role in quantities/produced. Production is still far below needs (Table 3), but it also shows the existence of opportunity for commercial seed activity. Based on a planting rate of 10 kg/ha, private involvement will be needed to produce the 2,000 tons of seed which will be required even if only 10% of the sorghum acreage is planted with hybrid seed. This is especially true since the public sector does not have the more than 1,000 hectares of good land which would be for seed production of all crops.

Conclusions and Prospects

Research on sorghum hybrids in Niger has demonstrated conclusively the superior agronomic potential of hybrids in comparison with open-pollinated varieties. Based on the example of the NAD-1 hybrid, INRAN and INTSORMIL are now collaborating in helping hybrid seed production and marketing to become a viable activity in the private sector. In the last two years, more hybrid seed than ever has been produced and easily sold in

Table 3. NAD-1 seed production by public (INRAN) and private sectors in Niger and estimates of total needs.

Year	Producer	Quantity (kg) by producer	Total (kg)
1995	INRAN	700	700
	Private	-none	
1996	INRAN	1,400	1,400
	Private	negligible	
1997	INRAN	2,813	7,101
	Private	4,288	
1998	INRAN	8,000	26,000
	Private	18,000	

I. Total sorghum acreage In 1996 (hectares)	II. Total seed needed for I. (Kg)	III. Seed needed for 10% of sorghum acreage (kg)	IV. Area required to produce seed for III. (Hectars)1
2,000,000	20,000,000	2,000,000	1333

1 Assuming a planting rate of 10 kg/ha in II, a seed yield of 1500 kg/ha in IV
Source: INRAN INTSORMIL sorghum breeding, consultant reports 1998

Niger. This should move forward quickly since there is interest on the part of farmers to purchase seed, on the part of government to pull out of seed production, and on the part of private individuals to invest in seed production.

There are still important questions to be answered, including the need for capital to help beginning seed producers, for farm equipment to improve production and conditioning of seed, and for adaptation of marketing techniques. Last but not least, quality control must be addressed in a planned way through a seed law and certification program. It is however felt at this time, that getting production to a level of routine activity is the most crucial, so that farmers and seed producers take advantage of improved technologies like NAD-1.

Literature Cited

Chantereau, J., and M. Adamou. 1977. Principaux résultats et orientation sur sorgho au Niger. Agronomie Tropicale xxx-3:299-303

FAO/SMIAR. 1997. FAO, Rome, Italy

Kapran, L, M. Adamou, M. Abdou, S. Souley, N. Kondo, J.D. Axtell, G. Ejeta, T. Tyler. 1997. Expression of heterosis and prospects for marketing of sorghum hybrids in Niger. Poster presented at the International Symposium on the Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. August 17-22, 1997. CIMMYT, Mexico D.F., Mexico

Kapran, L, J.D. Axtell, and G. Ejeta. 1995. Sorghum hybrids: a viable technology for sustaining Sahelian agriculture. Workshop on Technology Development and Transfer to improve Natural Resource Management in West Africa. Niamey, Niger, 18-22 September 1995

Kapran, I. 1988. Evaluation of the agronomic performance and food quality characteristics of experimental sorghum hybrids in Niger, West Africa. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana

Pinstrup-Andersen P. and R. Pandya-Lorch. 1995. The future food and agricultural situation in developing countries and the role of research and training. Twenty-first J. C. Snyder Memorial lecture in Agricultural Economics, Purdue University, Feb. 6, 1995.

Tyler, T. A. 1988. Heterotic pattern and combining ability for agronomic and food grain quality traits in Exotic × Exotic, Exotic × Intermediate and Exotic × Local sorghum hybrids in Niger. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana

Experience of NAD-1 Seed Production at Djirataoua Irrigated Perimeter, Maradi Region of Niger

Laouali Dogo and Oumarou Issa

Background

We will begin with a short description of the Djirataoua irrigated perimeter (IP). Geographically, it is located 10 km south of Maradi and 700 km east of Niamey. The IP was constructed in the more fertile central basin of the Goulbi'n Maradi River, with funding from the former Maradi Rural Development Project (1982). The IP covers 512 hectares of irrigable land, out of 7300 hectares initially available for improvement. Water is obtained using electric pumps in deep wells, 10 to 35 meters depth. Forty of the original 43 wells are still in use. Water is taken to the plots in cement canals. Soils are sandy, easy to drain, and flat. A 2400 m protection wall separates the perimeter from river floods. The socio-economic objectives of the IP are to help rural families reach food self-sufficiency through intensive agriculture. It is estimated that 876 heads of household own a plot, ie. more than 10,000 people live off the IP. A farmer plot is usually about 0.32 hectare. Crop production is year round, with two main seasons of activity. During the rainfed season (May to September), crops grown are sorghum (50%), millet (2%), maize (0.5%), hot pepper (15%), tomatoes (5%), cotton (25%), and others (2%). During the dry season (November to March), wheat (68%), onion (15%), green and hot peppers (15%), tomatoes (3%), and others (2%) are grown. Net estimated monetary returns to the IP farmers are of Fcfa 200 million from cash crops alone (cotton, pepper, onion, tomatoes, wheat and others).

For food crops like sorghum, yield averages are 2.55 t/ha for local varieties, 3.1 t/ha for improved varieties, 4.7 t/ha for NAD-1 (on real size plots since 1997).

Experience with NAD-1 Seed Production at Djirataoua

INRAN/INTSORMIL involvement: in 1995, after several demonstrations of the NAD-1 cultivar on the perimeter, INRAN and INTSORMIL started a new approach of technology transfer: farmers themselves got involved in producing the hybrid seed. These farmers were contracted to produce the seed for INRAN during the two crop seasons. In exchange for monetary support, farmers were supervised by INRAN staff to produce, thresh, and bag NAD-1 seed for INRAN. However, farmers got to keep the grain produced on the male parent. This deal was arranged in collaboration with the co-op management. One important learning experience was the failure of this activity during the dry season due to excessive stemborer damage, and the success achieved during the main season in part due to the skills of the Djirataoua IP farmers.

ONAHA seed project: this is a support project intended to bring technical and financial backing to producers on the IPs. It is funded by the Belgian government and located within ONAHA, the government

agency that manages IPs in Niger. The project's goal is to increase the yield of the most prevalent crops grown on the IPs through the use of improved seeds produced by the farmers themselves. A yield trial was organized with several improved varieties including NAD-1, while two farmers were selected to produce the seed. Following a successful field day, NAD-1 seed was bought by the project to sell to other farmers.

Training: in 1997 the ONAHA seed project contacted INRAN/INTSORMIL for a training session on techniques of hybrid seed production. A second training session was organized by INRAN in 1998 where both farmers and technicians were invited. These training sessions provided hands-on experience on management of seed production and ensuring seed quality both in the field and during storage.

Selecting farmers for hybrid seed production: the co-op management, ONAHA staff and project leaders met to set guidelines: farmers must have some previous experience with seed production, be hard workers, ready to learn, and ready to work with other farmers. They must have neighbors that are available, well organized and open to innovation. The first farmer selected was Oumarou Issa, who had some formal training, experience in producing wheat seed, and worked for the pilot farm. His neighbors are mostly young, dynamic farmers.

Actual NAD-1 seed production: the selected field was in the middle of the cooperative 'block' and has homogenous soil leveled for ease of irrigation. The field was cleaned and spread with animal manure (1.75 t/ha) and NPK fertilizer (156 kg/ha of 15-15-15). Ridges were made in the field following the first rain or irrigation. Staggered planting was used to ensure good nick between flowering of the two parents; the female parent was planted 7 to 8 days later than the male parent which was also planted in five border rows. Planting was done in hills and plants were thinned to three per hill for the male parent; the female parent required transplanting because of poorer germination so hills were thinned to two plants and the third was transplanted. Irrigation was done as needed. Urea was applied on young seedlings and later at the boot stage. Transplanted plants received further urea because INRAN scientists checked the floral initial and realized the transplants were lagging behind. Other measures included the shaking of sorghum panicles to improve pollen dispersal, getting rid of off-types in male rows and shedders in female rows, and spraying against sorghum midge with CYPERCAL. At maturity, the male parent was harvested first and the panicles taken away from the field. Unfortunately, one late rain fell on the panicles of the female parent before harvest. All harvested panicles were dried under the sun over a five-day period before threshing.

Considerations: technically it was very important to shield seed fields from other sorghums. All neighboring fields were thus planting with the male parent of NAD-1. The male parent, MR732 is recognized and accepted by neighboring farmers as a good food grain variety. All technical recommendations were followed including spacing and thinning, fertilizer application, off-type clearing, seed cleaning and storing. Seed yields recommended by INRAN and

INTSORMIL were between 1.7 and 2.0 t/ha under optimum conditions, and our farmers averaged 2.4 t/ha. The activity was supported financially by the co-op management, ONAHA seed project and the farmers themselves. The money was used for purchase of parental seed from INRAN, land preparation, fertilizers, field treatments, harvest, processing and storing the seed. All processing was done by the co-op to ensure uniform quality seed. Farmers received Fcfa350 per kg of hybrid seed, based on the cost of sorghum grain in 1997 and taking their investment and labor into account. The co-op decided to sell processed seed at Fcfa650 per kg to its members. Overall the coop bought 859 kg of seed from farmers at a cost of Fcfa 304,150; after cleaning, the coop sold 834 kg to farmers at Fcfa 542,100.

Perspectives

Positive achievements from this activity included returns to the farmers actually involved in seed production as well as to the local community. The two farmers made net monetary gains of Fcfa 184,000 and harvested 1.15 tons of grain on the male parental line for their family consumption; there was a bonus in stover since the two parental lines produced an estimated 1.25 tons of stover. Learning new techniques and making a profit interested neighboring farmers so that each of the four co-ops is now interested in their own seed production 'block'. It may be said that this was a successful case of technology transfer, since a good quantity of NAD-1 hybrid seed was actually produced by farmers with no major problems. Some largely unsuspected constraints included poor germination of the female parent seed, its susceptibility to many pests requiring several treatments, late season rain on mature unharvested seed, and limited drying and storage capacity.

It is expected that land allocation for hybrid seed production will rise to 2.56 ha from the current 0.8 ha, and it may be even greater with new demand for seed. We therefore conclude that the effort should be pursued since the experience was positive, seed producers are willing, the desire to transfer technology is there, and there is technical and financial support. With human conviction and irrigation facilities available, it remains for Djirataoua co-ops to improve their facilities for drying and storing the seed, and for research to improve on the reddish pigmentation on the grain of NAD-1. Finally we thank all those that contributed to our experience, particularly the ONAHA Seed Project for its technical and financial support, and INRAN and INTSORMIL for their technical support.

Hybrid Sorghum in West Africa

D.S.Murty

Cultivation of hybrid crops in western Africa started about ten years ago with maize. Research on hybrid sorghum was initiated in the early seventies and currently sorghum hybrids are formally released in Nigeria and Niger. However, large scale production and distribution of hybrid seed is lagging far behind. While there is considerable infrastructure in countries such as Nigeria to support operation of private/public sector seed industry, there is little, if any, in most of the francophone countries. In this context, the current workshop on sorghum and millet hybrid seed production is timely and relevant. A brief summary of the progress made in sorghum hybrid research, production and extension in the West African region and the problems encountered are presented below.

Early research in Nigeria indicated that experimental sorghum hybrids outyielded variety controls by 40% (Andrews, 1975). Subsequently a few hybrids based on photosensitive parents were released by the Institute for Agricultural Research (IAR), but these did not reach the production stage (Obilana, 1981). In Senegal, early maturing hybrids based on American female parents yielded > 6 t ha^{-1} under irrigation, compared to 4.5 t ha^{-1} under rainfed conditions (Chantereau, 1983). In Niger, Kapran (1988) and Tyler (1988) obtained highly encouraging results with sorghum hybrids across locations. Continued efforts in Niger with one promising hybrid, namely, NAD-I (Tx 623A MR 732), led to its successful release to farmers.

Other national programs in western Africa, namely, Burkina Faso, Cameroon, Côte d'Ivoire, and Mali evinced interest in sorghum hybrids but did not have sufficient scientific data and experience to proceed further. The suitability of hybrids to subsistence farmers in traditional West African farming systems was also debated. The lack of organized seed production infrastructure, either public or private, was a major deterrent to experimentation with hybrids, and still remains so. In 1986 the West and Central African Sorghum Research Network (WCASRN) authorized ICRISAT to carry out breeding and trials with sorghum hybrids in cooperation with national programs.

In the West African Sorghum Hybrid Adaptation Trials (WASHAT) conducted during 1986 - 1995, at 6 to 13 locations per year, top ranking hybrids yielded 3.6 t ha^{-1} compared to 2.6 t ha^{-1} for early maturing variety controls. The local controls which were generally late maturing were the poorest in all these years. Grain yields of the best hybrids in individual tests were as high as 6 t ha^{-1} in some years. Regression analyses of the multilocation data each year showed that the selected hybrids maintained their yield superiority consistently across low- and high-yielding environments in all the years. Stability parameters of hybrids for grain yield were generally equal to 1 or sometimes >1, indicating that the hybrids were positively

responding to improved production environments.

Agronomic research at ICRISAT, Kano, Nigeria showed that an early maturing hybrid was superior to local landraces in grain yield at any planting date. Superiority of hybrids for grain yield was also observed at varied population density and nitrogen levels. The harvest index of hybrids was about 0.40 compared to <0.20 for the local control and 0.34 for the early maturing variety (Murty and Tabo, 1997). The hybrids also exhibited favorable land equivalent ratios (LER) compared to early maturing varieties and local controls in intercropping experiments with groundnut, cowpea, soybean and pigeon pea. Hybrids such as ICSH 89002 NG (ICSA 38 × ICSV 247) and ICSH 89009 NG (ICSA 39 × MR 906) were tested in farmer managed on-farm trials in the Kano and Jigawa states of northern Nigeria in 1991 and 1992 and average grain yields from 21 such trials grown in these two states ranged from 1.24 to 1.35 t ha^{-1} for hybrids compared to 1.07 t ha^{-1} for the farmers' variety.

Two early maturing hybrids from the Institute for Agricultural Research (IAR) and two from ICRISAT (ICSH 89002 NG and ICSH 89009 NG) were successfully tested in multilocation trials of IAR and the Nationally Coordinated Sorghum Research Project (NCSRP) of Nigeria. They were recommended for release in 1994 and the National Committee on the Naming, Registration and Release of Crop Varieties and Livestock Breeds formally released them to farmers in early 1997. Meanwhile, ICRISAT supplied the male and female parental seeds of the hybrids to the National Seed Service (NSS) as early as 1990-1991. Parental seeds were also supplied to Premier Seeds Co (formerly Agricultural Seeds Co and later Pioneer Hi-Bred Seed Nigeria Ltd.) and Birma Agricultural Seeds and other interested public or private agencies. Assistance in AxR seed production was given by ICRISAT to Premier Seeds Co, Birma Agricultural Seeds and the NSS. Premier Seeds Co continued to produce and market seeds of ICSH 89002 NG on a small scale (1 to 10 t ha^{-1}) since 1993. During each of the years 1990-1992, ICRISAT, Kano conducted short-term training programs in hybrid seed production for staff of public and private agencies involved in seed multiplication.

In Burkina Faso, sorghum hybrid trials were conducted by the IN.E.R.A. (Institute National d'Etudes et de Recherche Agricoles) scientists at the Farako Bâ research station for several years. Hybrid ICSH 89002 NG was demonstrated by them to farmers in their own fields in the adjoining villages. In cooperation with ICRISAT, Mali, hybrid seed was produced under irrigation in the summer seasons of 1996 and 1997 and the seeds were used for demonstrations nationwide. Efforts are underway by the INERA to encourage the establishment of a seed industry.

In Mali, the CMDT (la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles) has been interested in promoting improved sorghum cultivars in the cotton-farming systems. In view of some encouraging on-farm trials with ICSH 89002 NG in the San area, CMDT started producing hybrid seeds on their own farms (in the rainy season) at Sougoula in cooperation with ICRISAT, Mali, since

1997. The seeds are currently being used for on-farm trials in all the cotton producing zones of Mali.

The establishment of a seed industry in the region, either private or public, will go a long way in extending hybrid sorghum and other improved crops to the farmers. In areas where irrigation is not feasible or economically viable sorghum hybrid seed production can be safely done in July plantings (in the Sudanian zones). In some parts of western Africa, head bugs (*Eurystylus oldi*) could cause seed and grain quality problems on sorghum hybrid production plots, and require integrated pest management methods for an effective, safe and economic control. Ergot *(Sphacelia* sorghi) infection has also been noticed on male sterile lines flowering in cool weather. Minor problems related to the hybrids could eventually be solved by breeding hybrid parents derived from exotic local crosses.

References

Andrews, D.J., 1975. Sorghum grain hybrids in Nigeria. Expl.Agric. 11:119-127.

Chantereau, J., 1983. Selection d'hybrides de sorgho pour le centre-nord et le nord du Senegal. L'Agronomie Tropicale 38 (4) 295-302.

Kapran,I., 1988. Evaluation of the agronomic performance and food quality characteristics of experimental sorghum hybrids in Niger, West Africa. M.S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Murty, D.S., and R.Tabo, 1997. Potential of sorghum hybrids in West and Central Africa. Pages 211-214 In Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho *ICRISAT-CIRAD*, 17-20 Mar. 1997, Bamako, Mali. Collection Colloques, Montpellier, CIRAD- CA, 315p

Obilana, A.T., 1981. Sorghum hybrids for Nigeria. 5[10] NAFPP National Sorghum Millet Wheat Workshop. ABU, Zaria, Nigeria.

Tyler, T.A., 1988. Heterotic pattern and combining ability for agronomic and food grain quality traits in exotic × exotic, exotic × intermediate and exotic × local sorghum hybrids in Niger. M.S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana

Heterosis and Hybrid Sorghum Seed Production in West Africa

Aboubacar Toure, H. Frederick W. Rattunde, and Inoussa Akintayo

West African landrace varieties of sorghum are well adapted to traditional methods of cultivation. However, they are not highly responsive to increased levels of inputs and thus have a relatively low grain yield potential. Conner and Karper first pointed out the advantages of hybrid sorghum in 1927. Stephens has discussed the first possibilities of economic hybrid seed production in sorghum since the discovery of the genetic male-sterility in Sudan grass in 1929, which was transferred to grain sorghum.

The greater advantage of hybrid yields as compared to cultivars, has been demonstrated throughout the world. Many studies showed that under stress conditions, the yields of both hybrids and varieties decline, but frequently the magnitude of difference, percent wise, is greater for hybrids compared to the situation when growing conditions are favorable. By comparing the performance of hybrids, improved varieties, and landrace cultivars House et al. (1996) showed a yield increase for the hybrids over the improved varieties from 15 to 66%, and over locals from 7 to 131%.

Rainfed agriculture is subjected to unpredictable and unreliable rainfall that can cause yield reductions and even total crop failures. It is believed that superior hybrids identified under local conditions can increase and stabilize yield levels under these conditions. F_1 sorghum hybrids, with their vigorous early growth, fast rate of growth, and ability to efficiently utilize limited moisture, can produce higher yields under stress conditions than inbred varieties.

A study of sorghum hybrids in Kenya showed that heterosis could improve productivity in moderate and extreme drought conditions as well as in more favorable moisture environments (Haussmann et al., 1998). The hybrids out-yielded the two local varieties by 12% across the eight environments.

The beneficial effects of heterosis in sorghum in the West Central African (WCA) region could possibly have contributed indirectly to the selection of Guinea type sorghums with relatively high outcrossing rates. A study in Burkina Faso found an outcrossing rate of 20% in traditional Guinea varieties (Ollitrault et al., 1997). The challenge for F_1 hybrids in the region is to surpass the performance of Guinea landrace varieties that possess significant heterozygosity rather than highly inbred varieties. Guinea varieties account for over 70% of the sorghum in the area.

The economic viability of F_1 sorghum hybrids in the WCA region would depend on:

1) Economic value of F_1 hybrids (market or subsistence value)

- Extent of grain yield superiority over local varieties,
- Quality of grain for milling, storage,
- Desirability of grain for food preparations,
- Value of stover for livestock feed and other uses.

2) Cost of hybrid seed relative to economic returns.

3) Stability of F_1 hybrid production being adequate:

- Resistance to insect pests, e.g. headbug,
- Resistance to diseases, e.g. anthracnose, grain mold,
- Ability to regulate date of maturity (through photoperiod sensitivity or controlled date of sowing.)

4) Adequate production and distribution of good quality seed.

The development and use of hybrids has been generally slow in developing countries. This is particularly true in West and Central Africa. However, there is experience in sorghum hybrids in West Africa, which provides a base for further developments.

Early History of Sorghum Breeding in West Africa

In 1921 an experiment station was created at Bambey (Senegal) to conduct research on peanuts, using the infrastructure of a farm created in 1913. The first research on millet and sorghum started in 1931. In 1938, Bambey became the headquarters of agricultural research in French Sudan with a regional vocation of the sahelo-soudanian zone of West Africa from Senegal to Niger including countries of the coast from Guinea to Benin.

In 1950, the French West Africa government established the Agricultural Research Center of Bambey (C.R.A.). In 1960 this center was transferred to the Republic of Senegal.

Before 1951 and until 1960 the Agricultural Research Center of Bambey was the only organization mandated for sorghum improvement in most West African countries. The main sorghum breeding objective was the improvement of local cultivars through mass selection.

In the 1960's after independence, most West African countries established their own National Agricultural Research Institutes (NAR). In addition to the improvement of local cultivars, NARs initiated breeding programs through hybridization, introduction of exotic material, and exploration of hybrid vigor.

West African Local Germplasm-Based Hybrids

In the late 70's an attempt to cross each of the 800 entries representing the different sorghum races of the Malian Sorghum Collection (Guinea, Durra, Caudatum) on to the cytoplasm male sterile line Tx623A was made. The objectives of these crosses were to monitor the potential combining ability of Malian landraces with currently available introduced male sterile line.

Heterotic effects were clear in all stages of plant growth. Seedling vigor and seedling drought tolerance were much better than the Malian parents (Touré, 1980). Generally, plant growth was much more rapid and lush than that of parents. At all pre-floral stages of plant growth the F_1 hybrids demonstrated a tolerance to drought.

Panicle shape was intermediate between the parents. The female parent, a Caudatum-Zerazera, has a long upright panicle with numerous short seed branches. Hybridization of lax panicle Keninké and Kendé with the Caudatum-Zerazera resulted in upright semi-open panicles with the same numbers of seed branches as the Guinean parent but with increased seed numbers. The dense panicle Gadiaba (Durra) and Hegari (Caudatum) had long and dense panicles in hybrids combination with the Tx623A parent (Touré, 1980).

Cultivars were evaluated for B/R fertility restorer reaction on A_1 cytoplasm. The frequency of fertility restorer lines among the different sorghum race groups in Mali is presented in Table 1. The distribution of maintainer lines did not show any obvious geographic pattern (Touré and Scheuring, 1982).

In 1982 at Sotuba a backcrossing program was used to convert Malian local B lines to A lines. In 1985 a total 22 female plants issue from 6 different recurrent parents were selected through 5 generations of backcrossing. The progenies should have 97% of Malian recurrent parent genes with the cytoplasm male sterility of Tx623A. Unfortunately these Malian A lines were lost between 1986 and 1990 when work on hybrid development was halted.

Significant and positive heterotic effects were recorded for grain yield per panicle and for panicle yield components; seed number and seed weight (Table 2). However, we see no scope for direct exploitation of F_1 hybrids involving the Tx623A and Malian variety parents. The turtle-back seed shape (typical of all Caudatum) was dominant in hybrid combinations with all Malian races. That seed shape made the grain more difficult to dehull than Malian Keninké grain that is oval, rounded and symmetrical. The grain of F_1 hybrids undercoat carries an astringent tannin, which renders the grain

Table 1. R and B reaction to A1 cytoplasm of cultivars among sorghum races in Mali

	Races						
	Guinea/ Kende	Guinea/ Keninke	Durra/ Gadiaba	Keninke/ Gadiaba	Durra/ Membranaceum (Niofionto)	Caudatum/ Feterita	Total
Total Cultivars	138	436	151	29	14	7	775
F_1 hybrids	52	116	34	16	5	4	227
B lines	19	41	16	8	2	0	86
R lines	33	75	18	8	3	4	141

Table 2. Heterosis for grain weight per panicle, seed number per panicle and 1000-grain weight in Tx623A *CSM hybrids.

Entry	Grain weight		Seed per panicle		1000 seed per panicle		Race of male parent
	Mean (g)	%het.	Number	%het.	Mean (g)	%het.	
CSM 277	67.5	143	3386	93	19.9	25	Kennike
A623*CSM277	142.5	115	5636	93	25.3	11	Kennike
CSM 400	30.0	261	1466	191	20.5	18	Kennike
A623*CSM400	86.3	127	3777	73	22.8	22	Kennike
CSM 432	15.0	17	768	34	19.5	8	Kennike
A623*CSM432	117.5	148	4972	150	23.6	9	Kende
CSM 433	22.5	245	833	153	27.0	45	Kende
A623*CSM433	82.5	14	2848	6	29.0	10	Kende
CSM 440	113.3	58	5841	96	19.4	[illegible]	Gadiaba
A623*CSM440	120.5	28	5569	33	21.6	27	Gadiaba
CSM 396	11.7	142	868	97	13.4	[illegible]	Gadiaba
A623*CSM396	76.7		4143		18.5		
CSM 427	16.7		1214		13.7		
A623*CSM427	115.0		4618		24.9		
CSM 134	28.3		1997		14.2		
A623*134	45.0		2354		19.1		
CSM 40	148.3		4091		36.2		
A623*CSM40	156.7		5934		26.4		
CSM 46	90.0		2654		33.9		
A623*CSM46	117.5		3394		34.6		
CSM 59	43.3		1065		40.6		
A623*CSM59	113.3		3462		32.7		
B623	50.0		2442		20.5		

Het.: heterosis

undesirable for major food uses. The F_1 hybrids with Gadiaba males did not have a seed undercoat and made excellent plants. However, their growth was so luxuriant that they were unusually susceptible to post-floral drought and charcoal rot caused by *Macrophomina Phaseolina (Tassi) Goid.*

The development of acceptable hybrids using local germplasm can be approached from a number of angles. Traits involving relatively few genes such as seed subcoat and pericarp thickness could be addressed with a single cycle of selection involving currently available local varieties and introduced male sterile lines. More complexly, inherited traits and improvement of multiple traits would require more cycles of breeding. Population breeding approaches would offer an efficient approach. Sterilizing and dwarfing Malian maintainer lines would open up a new range of possibilities for developing hybrids for the region.

Current Hybrid Research Activities Using Local Germplasm

Characterization of Guinea and partial guinea test crosses was initiated jointly by IER and ICRISAT in 1998. Two male steriles were used (SP 47562A and SP 52161A) that were derived in the ICRISAT grain-mold breeding work in India. Four Guinea varieties and four partial guinea lines (Bimbiri Soumalé/S-34 derivatives) were used as pollinators. Further test crossing on Malisor 84-7 A (with A_2 cytoplasm) with guinea and partial guinea lines will be initiated this year.

The development of guinea A lines is underway at Farako, Burkina Faso (Da Sansan, personal, communication), with one line in advanced stage of sterilization. A combining ability study within the Guinea Race was initiated by CIRAD/IN.E.R.A. in Burkina Faso which could provide useful insights.

Introduced Hybrids (Caudatum Hybrids)

Mali

From 1979 to 1989 many experimental and established F_1 hybrids from various breeders (ICRISAT, USA) were tested in Mali. Those hybrids represented a balance of the common Indian females (296A, 2219A, 2077A, A1296, A378) and the Texas female Tx623A as well as a good representation of the best experimental males from the Indian national program and the ICRISAT population and grain-mold resistance breeding programs. Those hybrids were planted out as an observation trial at different locations.

During 1979 and 1980, hybrids from ICRISAT/India using 296A, 2219A, and 2077A as female parent were tested in different locations in Mali. Plat growth and drought tolerance were very good throughout all locations. Every plant of every hybrid made a normal panicle with no blasting and set normal seed at all locations. Grain weights were determined and food trials were conducted to determine food quality traits. No differences were detected between hybrids for food quality. In general, the 2219A hybrids were the best of the lot. They were earliest and had small, cylindrical panicles. The 296A and 2077A hybrids were sturdy plants, relatively late, and had large spear-shaped panicles with large seed.

A total of 59 hybrids and their male parents were planted in 1980 in an observation trial in Mali (Sotuba, Cinzana, Babougou and Baramandougou). The Tx632A hybrids grew very well at all 4 locations. At flowering there were 3 hybrids, which became badly infected by sooty stripe. During grain filling, 15 of the hybrids were infected by charcoal rot and lodged. The average panicle grain weight for the male parents was 52.6g, for the Tx623A female 69g, and for F_1 hybrids 92.4g.

The West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial (WASHAT) from ICRISAT was initiated in the mid-1980s and was conducted at different locations in Mali. In 1987, 21 hybrids were compared to Naga white, Hageen dura, Framida and Malisor 84-3 for grain yield and adaptation. Hybrids generally showed good levels of grain yield. The grain yield of ICSH 232 was double of the local check Malisor 84-3 and resistant to leaf diseases (Table 3). The 1988 evaluation of 19 hybrids at Cinzana and Samanko showed significant differences compared to the local check. The hybrids ICSH-88042, ICSH-330, ICSH-507 and ICSH-88038 yielded more than 3000 kg/ha in both locations (Table 4). Eighteen hybrids were tested at Sotuba in 1989 for adaptation. The grain yields were good in general. Most of the hybrids yielded more than the check Malisor 84-7 (Table 5).

Table 3. West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial (WASHAT), Sotuba, 1987

Hybrids	Grain yield (Kg ha)	50% Flowering (days)	Plant height (cm)
ICSH 232	6244	52	223
ICSH 526	5777	56	248
ICSH 647	5730	54	155
ICSH 336	5728	52	183
ICSH 644	5409	57	232
ICSH 233	5196	52	233
ICSH 646	5128	57	225
ICSH 643	4929	52	232
ICSH 569	4925	52	233
ICSH 479	4925	53	228
ICSH 648	4713	53	208
ICSH 229	4693	51	230
ICSH 401	4567	50	227
ICSH 230	4473	52	225
ICSH 231	4340	51	245
ICSH 109	4280	53	228
ICSH 507	4249	53	228
ICSH 641	4216	58	192
ICSH 645	4077	54	253
ICSH 331	3958	55	212
ICSH 642	3788	50	240
Naga White	5253	51	248
Hageen durra	4091	50	187
Framida	4063	56	285
Malisor 84-3	3353	54	265
Mean	4724	53	227
CV (%)	19	2	12

Table 4. West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial (WASHAT), Cinzana, Samanko, 1988.

Hybrids	Grain yield (kg/ha)			50% Flowering (days)	Plant height (cm)	Head bug damage rating*
	CZ	SK	Mean			
ICSH 88042	3060	3690	3379	72	190	8.5
ICSH 330	3000	3630	3315	70	195	8.5
ICSH 507	3160	3443	3302	69	200	7.5
ICSH 88038	3380	3195	3288	70	205	8.5
ICSH 88040	2750	3608	3179	72	195	7.5
ICSH 88045	2410	3698	3054	70	190	7
ICSH 643	2320	3698	3009	77	205	8
ICSH 88039	2960	2738	2849	71	200	8
ICSH 369	2760	2738	2749	73	200	8
ICSH 336	2430	3008	2719	70	150	8
ICSH 230	2650	2738	2694	70	190	8.5
ICSH 232	2160	3218	2689	68	190	7.5
ICSH 88043	2160	3113	2637	73	185	7
ICSH 88041	2000	3233	2617	71	205	8
ICSH 88044	2340	2798	2569	72	195	8.5
ICSH 111	2500	2318	2409	66	220	6.5
ICSH 231	2530	2190	2360	66	215	8.5
ICSH 780	2240	2460	2350	66	200	8.5
ICSH 527	1920	1568	1744	70	200	8.5
Local (check)	2140	938	1539	74	390	3
Mean	2550	2910	2723	71	206	7.7
CV (%)	23	14				

CZ: Cinzana SK: Samanko

* Head bug damage scoring, scale based 1 to 10 with 6 = average; 7 to 10 = susceptible.

Table 5. West African Sorghum Hybrids Adaptation Trail (WASHAT), Sotuba, 1989.

Hybrids	Grain yield (kg/ha)	50% Flowering (days)	Weathering Scoring*
Tx623Ax MR732	3700	66	4
ICSH 479	3500	68	5
ICSH 89003	3500	69	5
ICSH 507	3400	69	5
ICSH 89002 NG	3400	67	5
ICSH 88038	3350	69	5
ICSH 780	3300	62	4
ICSH 642	3290	62	4
ICSH 330	3180	69	5
ICSH 88039	2900	68	4
Tx631A x SUC36	2730	68	5
ICSH 109	2680	67	5
ICSH 88042	2500	70	5
ICSH 111	2430	66	4
ICSH 89001 NG	2300	63	4
ICSH 646	1820	72	5
ICSH 230	3600	64	5
89004 NG	3550	69	4
Malisor 84-7	1500	66	2
Mean	2190	66	

* Weathering scoring, scale based 1 to 5 with 1 = resistant; = susceptible.

Nigeria

From 1968 to 1970 experiments were conducted in Nigeria (Samaru) to study plant densities and nitrogen fertilizer levels. Three density levels (35,880, 73,810 and 155,000 plants per ha), three levels of nitrogen fertilizer (53, 132, 211 kg N per ha) and four genotypes (three varieties and on hybrid) were included in the study. In the 1968 experiment there was no significant response to the nitrogen fertilizer. In all but variety 2123 the higher densities were better than the lowest. The hybrids gave significantly better yields than varieties, but at the lowest density, they were only superior to varieties 2141 and 5921. The hybrids achieved this extra yield by means of heavier rather than more heads. Grain weight changed little or decreased slightly as plant density increased (Andrews, 1977).

An action committee for a hybrid sorghum project encouraged the interest in hybrid sorghum in Nigeria prior to 1980 (Obilana, 1982). Five sorghum hybrids were released in 1985, and breeder seed was provided to the National Seed Service and the private company AGSEED. Seed production slowed down and finally stopped. The only interest was in the variety SK 5912 which was used in commercial malting for the production of lager beer.

Burkina Faso

In 1986, about 454 preliminary hybrids were observed along with their parents at Farako-Bâ. The hybrids produced from crosses involving disease-resistant parents identified in 1985 were generally free from leaf diseases and showed no symptoms of lodging. Female parents ICSA 1,

ICSA 2, ICSA 11, ICSA 26, ICSA 38, and ICSA 40, which were introduced by the ICRISAT Center, combined good levels of leaf disease resistance with high grain yield.

Niger

Hybrids were introduced in Niger in the 1960s, but were discontinued because of grain quality problems and perception that hybrids required good level of inputs. In 1986 the hybrid experimentation re-started under the INTSORMIL-INRAN collaborative program. Kapran (1988) reported the testing of 90 hybrids at several sites in Niger. Hybrids surpassed the locals by 61% with irrigation and 49% under rainfed conditions. Yield advantage of hybrids over parents (heterosis) was 45% higher under irrigated conditions, and even higher in the rainfed experiments (66%).

Recent Research on Caudatum-based Sorghum Hybrids

They hybrid ICSH 89002 (ICSA 38 x ICSV 247) was planted in on-farm tests in the 600-900mm rainfall area of Mali (Bla, Fana) from 1996 to 1998. Farmers showed much interest in this hybrid for its early maturity, desirable stover qualities for feeding livestock, and acceptable grain quality for preparation of Tô. The susceptibility of ICSH 89002 to head bugs was the most serious constraint for this hybrid. The CMDT Seed Production Farm successfully produced seed of ICSH 89002, although the germinability of the seed still needs to be improved.

In Niger, Tx623A x MR732 was found to be a high yielding hybrid with good food quality and was released as NAD-1 in 1992. The average yield on-farm was 3000 kg/ha. Currently INRAN is developing the production and marketing of seed of NAD-1. A project was initiated to train private entrepreneurs to take up the hybrid production from INRAN to a smooth transition. INRAN is also increasing its capacity of saturating the existing demand for NAD-1 seed.

Limitations of the First Sorghum Hybrids in the WCA region

Out of the 17 sorghum growing countries in West and Central Africa, only Nigeria and Niger have formally released sorghum hybrids (Murty, 1996, personal communication). However, the area currently planted in hybrids does not exceed 1000 hectares (Table 6).

Early hybrid evaluations involved only a limited number of closely related hybrids and, quite often, inadapted male sterile genotypes were used as the female parents of the hybrids. Quite often the male parents were lines derived in variety development programs that did not specifically target hybrids.

Table 6. Area (ha) of sorghum and percent hybrid seed for specific countries.

	Sorghum	% hybrid sorghum
India	12,800	40
Australia	1,000	100
Nigeria	4,000	1
Niger	1,000	0
Sudan	6234	6
Mexico	1,650	100
Argentina	674	100
U.S.	4,940	100

Source: Bruce Maunder, 1996

Constraints to adoption of the first hybrids included: lodging, severe leaf diseases, head bug damage, grain mold, striga and grain quality. In areas where yield levels were high, lodging quite often canceled any hybrid yield advantage. In areas where lodging would not have been so serious, head bugs and grain mold prevented the use of hybrids. It is not know what impact hybrid sorghums would have on the disease and insect situation if hybrids were grown over large areas.

The photoperiod response of most local varieties provided an advantage over photoperiod insensitive hybrids, as the photoperiod sensitivity ensures flowering at the end of the rainy season with the grain maturing under dry conditions (Touré et al., 1996). Guinea varieties were able to produce vitreous grain under post anthesis drought stress while under identical conditions, exotic-based materials failed to adequately fill the grain. The grain of local guineas gave higher decortication yields compared to the early exotic hybrids and as well as possessing good grain quality, pest resistance and storage qualities.

West and Central Africa Sorghum Research Network (WCASRN)

The recently developed strategic plan of WCASRN provides the framework for the networks activities for the next five years. Hybrids can play an important role in addressing the network's strategic objective of improving sorghum production and productivity. Collaborative breeding activities are envisaged for development of novel hybrids as well as varieties. Activities aimed at enhancing stakeholder participation can address several important issues for hybrid sorghums such as identifying the agronomic/quality traits required for acceptance and economically viable production, and addressing issues of seed production and distribution.

The network's second strategic objective deals with enhancing market opportunities and strengthening demand for sorghum. The successful development of new sorghum-based products, alternative uses of sorghum, and processing equipment envisaged by this objective will be of great relevance for sorghum hybrids. Stronger market demand for sorghum will provide a favorable environment for high yielding hybrids. The quality requirements of future hybrids will be determined by the end uses demanded.

Conclusion

The exploitation of heterosis is one of the best strategies available for sorghum improvement. Major impact could be achieved in WCA when sorghum hybrids are developed that dramatically exceed the yield potential of traditional varieties, possess adequate resistance to diseases and insects, and provide acceptable grain quality for processing and food preparation. These hybrids would generate great farmer enthusiasm and interest on the part of government officials and seed producers.

Improved sorghum seed production and distribution to farmers is required in most West African countries. The existing seed production structures are not well organized to handle F_1 hybrid seeds. The success of hybrid production will therefore depend on organizing such structures.

References

Andrews, D.J. 1977. Plant density and grain yield of Nigerian sorghums. Samaru Research Bulletin 279. Institute for Agricultural Research, Samaru Ahmadu Bello University PMB 1044 Zaria, Nigeria. Pp 55-60.

Haussmann, B.I.G., A.B. Obilana, A. Blum, P.O. Ayiecho, W. Schipprack and H.H. Geiger. 1998. Hybrid performance of sorghum and its relationship to morphological and physiological traits under variable drought stress in Kenya. Plant Breeding 117:223-229.

House L.R., B.N. Verma, G. Ejeta, B.S. Rana, I. Kapran, A.B. Obilana, B.V.S. Reddy. Developing Countries Breeding and Potential of Hybrid Sorghum. In Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. September 23-27, 1996-Lubbock, Texas, USA.

Kapran, I. 1988. Evaluation of the Agronomic Performance and Food Quality Characteristics of Experimental Sorghum Hybrids in Niger, West Africa. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Obilana, A.B. 1982. A report of the action committee on hybrid sorghum project for the technical sub-committee of the national sorghum project for committee on green revolution, Mar. 1982. Federal Dept. of Agricultural, Lagos, Nigeria.

Ollitrault, P., J.L. Noyer, J. Chantereau, and J.C. Glaszmann. 1997. Structure génétique et dynamique des variétés traditionnelles de sorgho au Burkina Faso. In : Gestion des Ressources Génétiques des plantes en Afrique des Savanes. Actes du colloque, Bamako, Mali 24-28 February, 1997. pp 231-240.

Touré, A., F.R. Miller, and D.T. Rosenow. 1996. Heterosis and combining ability for grain yield and yield components in guinea sorghums. African Crop Science Journal, vol. 4 No. 4, pp. 383-391.

Touré, A. 1980. Etude de l'effect heterosis chez le sorgho au Mali. Mémoire de fin d'études. Cycle Ingénieur d'Agriculture. Institut Polytechnique Rural de Katibougou, Mali.

Touré, A.B. and J.F. Scheuring. 1982. Présence des gènes mainteneurs d'androstérilité cytoplasmique parmi les variétés locales de sorghos au Mali. Agronomie tropicale Tome XXXVII.

Rapporteur's Report

D.S. Murty

Current Status of Hybrid Sorghum Seed Production

Day 1 – Session 3

Presentations were made by B.Sidi, J. Ndeunga, I.Kapran, L. Dogo and O. Issa, D.S. Murty, A. Toure and A. Joshua

Discussion Summary

The hybrid sorghum being produced is mainly for human consumption by the farmer but eventually could be used either for food or feed. It was clarified by the INRAN staff that NAD-1 grain is suitable for producing acceptable tô and couscous. However sometimes, particularly when the grain is exposed to rain before harvest, the flour color was red and not appealing. The identification of sorghum hybrids with superior grain and food quality is a matter of time. In Farako Bâ, I.N.E.R.A./Burkina Faso scientists have bred new traits. These are yet to undergo advanced tests. Tan plant color results in food products with the least "off colors" and therefore tan colored guinea plant types would find better application. In the SADC region, early maturing tan plant female and male parents have been bred and can be evaluated for use in the Sahelian zones. It was also suggested that photosensitive female parents bred at IAR, Nigeria during the seventies could also be looked into for their potential use. In Egypt, hybrid sorghum grain is being used in composite bread formulation (80% wheat: 20% sorghum) to save importation costs for wheat. There was concern about competition of sorghum with maize in the wet zones of Ghana. There was some discussion on what could be a fair price of sorghum hybrid seed in comparison with grain. Currently in India, the hybrid seed is sold at grain price x 10 ratio.

Current Status of Hybrid Pearl Millet in West Africa

K. Anand Kumar, B. Ouendeba, S. Boureima, S.C. Gupta and S. Ouattara

Abstract

*The discovery of cytoplasmic male-sterility (CMS) in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and the breeding and release of seed parent Tift 23A in the early sixties, made the production of single cross hybrids (SCH, male-sterile × inbred restorer) possible in India and contributed to spectacular grain yield increases. Male-sterile Tift 23A was found not to be adapted to West Africa. Early work on variety × variety hybrids and inbred × variety hybrids demonstrated that increases in yield potential are obtainable without the use of CMS. However, such hybrids were not put into production.*

In 1986, exploratory research on pearl millet hybrids was initiated at the ICRISAT Sahelian Center. Our initial efforts were devoted to the development of inbred × variety hybrids (IVH), because adapted male-sterile lines were not available. IVHs offer opportunities of using new normal, non-male sterile inbred lines as "seed porents" thereby avoiding the time consuming process of developing of adapted male-sterile seed parents. Extensive evaluation of IVHs indicated that compared to the Open-Pollinated Varieties (OPVs), IVHs were early by two days, exhibited a wider range of plant height and earhead length, produced more tillers, and showed around 10% yield advantage. Although there were exceptions, higher yielding OPVs tended to produce higher yielding IVHs. A study using 12 environments created using different levels of moisture, nutrients, and plant densities indicated that IVH hybrids gave a stable performance and high grain yields across all the environments.

Thus, the investment in variety breeding also contributes to hybrids. Studies on proportion of IVH hybrid seed produced showed the presence of up to 20% inbred parent seed had little effect on hybrid grain yields.

Evaluation of established male-steriles from India and the USA indicated a need to breed CMS seed parents in situ in West Africa. A first series of 18 male-sterile and maintainer lines was developed and used in the breeding and evaluation of SCH and top cross hybrids (TCH—the CMS based equivalent of IVH hybrids). A second series of male-steriles is now under development.

A study using TCH hybrids made from crossing five landraces with four male-sterile lines indicated that the TCHs gave better grain yields and were more stable than the

---

Approved as Conference Paper Number 1367 of ICRISAT.

landraces themselves, offering opportunities to combine local adaptation with high yield potential. TCH seed yields obtained in seed production plots show that with a female:male ratio of 1:2 it is possible to harvest 0.31 t ha^{-1} of hybrid seed and 1.1 t ha^{-1} of pollinator variety. 'Back-of-the-envelope' calculations show that profits using more optimal 4:2 ratio would be between $650 and $850 from a hectare of hybrid seed production.

Based on experience gained thus far, criteria for breeding IVH and TCH are given. Encouraged by the results obtained, a collaborative ICRISAT-WCAMRN Regional Pearl Millet Hybrid Trial was initiated. In order to capitalize on the yield potential of hybrids, some general improvements in soil fertility are essential. Problems of infrastructure related to seed production, assured food grain markets, and diversification of end uses must also be overcome to allow hybrids to be profitably used by smaller farmers.

Introduction

The discovery of cytoplasmic male-sterility (CMS) in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and the breeding and release of CMS Tift 23A seed parent in the early sixties made the production of single cross hybrids (SCH, male-sterile × inbred restorer lines) possible in India which contributed to spectacular yield increases. Although Tift 23A was made available to breeding programs in West Africa at the same time, pearl millet hybrids were not extensively tested. Tift 23A was not adapted to the environments of West Africa for the following reasons: an early flowering time; susceptibility to downy mildew; the absence of early vigor resulting in poor emergence and stands; and occasional breakdown of male-sterility. Therefore, extensive resources were not devoted to breeding SCHs, but only exploratory research was directed towards inter-varietal or top cross hybrids (TCH, male-sterile × open-pollinated variety). At the last International Pearl Millet Workshop held in 1986 in Hyderabad, India, major conclusions related to hybrid development in Africa (ICRISAT 1987) were drawn. The following needs were recognized: (i) to initiate exploratory work on pearl millet hybrids in West Africa, (ii) to study the disease reactions of hybrids and varieties, and (iii) to gather information on performance of hybrids under moisture stress. Based on these conclusions, exploratory work on the development of pearl millet hybrids was initiated at the ICRISAT Sahelian Center in the mid-eighties. Thus, a major proportion of research on pearl millet seed parent and hybrid development in West Africa was conducted at ICRISAT-Niger (ICRISAT Sahelian Center), and collaborative exploratory research with INTSORMIL was conducted in Mali and Senegal. Experience gathered and progress made to date are summarized in the following sections.

Types of Hybrids Possible in Pearl Millet

Because pearl millet has a protogynous reproductive system, five types of hybrids are possible (Table 1). Of these, the most popular are the Single Cross Hybrid (SCH, Male-sterile seed parent - A × Inbred restorer male parent - R) and the Top

Table 1. Types of hybrids possible in pearl millet.

Designation	Developed by crossing:
Inbred × variety hybrid (IVH) or Pro-hybrids	Fertile inbred × Open-pollinated variety Using protogyny as a mechanism to facilitate pollination between the parents
Single cross hybrid (SCH)	Cytoplasmic male sterile × fertile inbred Restoration of fertility in the F_1 hybrid is critical.
Top cross hybrid (TCH)	Cytoplasmic male sterile × Open-pollinated variety* Restoration of fertility in the F_1 hybrid is critical. Pollinator could be a local landrace or an improved variety.
Three-way hybrid (TWH)	$F_{1(A \times B)}$ × male fertile restorer. Seed parent is an F_1 between an A line of one genotype and a genetically different maintainer line. Possible to use when the use of a seed parent of low productivity has to be circumvented
Variety × Variety hybrid	Open-pollinated variety × Open-pollinated variety Open pollinated varieties, whether improved or farmers' local cultivars. Reproducibility poor.

*SCH hybrids made from two male-fertile inbreds are not practical due to nicking difficulties.

cross Hybrid (TCH, Male-sterile - A × Open-pollinated variety, OPV).

In the mid-'80s, as adapted male-sterile lines were not available to develop and test SCH and TCH hybrids in West Africa, much of the research at ICRISAT Sahelian Center was concentrated on Inbred × Variety Hybrids (IVH). Here, a normally male-fertile inbred line is used as a female parent, as protogyny in pearl millet leads to a situation where the inflorescence is initially only female-fertile for a period of one to several days before anthesis occurs - during this period it is functionally a male-sterile, so, if pollen only from a chosen male parent is present, hybrid seed will result. IVHs could be rapidly bred because of (i) the greater opportunities of using new inbred lines as seed parents, (ii) if cytoplasmic male-sterility is not involved, the F_1 hybrid is always fully male-fertile, and there is no requirement for the male parent to be a CMS restorer, (iii) multiplication of a straight inbred is relatively easier than multiplication of the A line (A×B), (iv) the tedious process of searching for perfect maintainer lines, and the backcrossing involved to produce male-sterile lines is no longer needed, and (v) fewer nicking problems, because of the naturally long flowering duration of the pollinator variety (desirable to have the pollinator reach 1/3 pollen shed before seed parent protogyny).

Historical Background

Between 1967 and 1975 IRAT scientists in West Africa investigated the levels of heterosis possible from inter-varietal crosses (between West African landraces) and top cross hybrids. The latter were made with lines of good combining ability derived from one population crossed, using protogyny, with another open-pollinated variety and included hybrids between dwarf lines and tall pollinator parents where the seed naturally produced was shown to be 95% hybrid seed (Lambert 1982). Inter-varietal hybrids gave yields up to 59% higher than the best local cultivar. Though these hybrids were not put in to production, the results are very relevant today as they demonstrated the increases in yield potential that are obtainable without the use of CMS, even within the adapted genetic diversity of West Africa.

In the early '80s research at the Institute of Agricultural Research, Samaru, Nigeria showed that the then available male-sterile lines (5141 A, 5054 A bred in India as downy mildew resistant versions from Tift 23 A) and hybrids developed from them were highly susceptible to downy mildew (Nwasike, 1987). ICRISAT, in collaboration with the Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), started a pearl millet improvement program in Senegal in 1977, funded by UNDP. In 1982 this collaborative program evaluated eight inbred × variety (IVH) hybrids at Bambey. Only one IVH hybrid, IBMI 8108 × Souna III, gave significantly higher grain yield than the control Souna III. A second hybrid IBMI 8108 × IBV 8401 was eye catching, and retained for further testing. A trial of 28 SCH hybrids (developed from four male-steriles introduced from India × four inbreds developed at Bambey) was conducted at Bambey during the 1983 rainy season. The hybrid - 81 A × IBMI 8108 produced the highest grain yield (46% superior to the control variety Souna III which yielded 1.3 t ha^{-1}) followed by 81 A × IBMI 8207, 111 A × PS 90-2, and 111 A × IBMI 8108. All the hybrids were significantly less susceptible to downy mildew than Souna III, but more susceptible to grain smut. All the hybrids were shorter both in stature and earhead length compared to Souna III. Two male-sterile lines (111A and 81A) and two testers, (IBMI 8108 and IBMI 8206) were the best general combiners in respect to grain yield production.

In 1984, a trial of 24 hybrids was conducted at Nioro and Bambey. The trial was composed of two inbred variety hybrids, seven single cross hybrids, (selected from a 1983 yield trial), and 15 hybrids that were selected in 1983 from an observation nursery. Based on the mean over two locations, eight hybrids produced significantly more (43-62%) grain yield than adapted variety Souna III (Table 2). The highest yielding hybrid was ICMH 8407 followed by ICMH 8413, ICMH 8411, and ICMH 8403. The hybrids, in general, produced a higher number of earheads but had shorter earheads than Souna III. Until very recently, the limiting factor for production of hybrids continues to be the availability of adapted male-sterile lines. Our observations indicate that the frequency of A_1 maintainer genes in West Africa material is low. Though male-steriles 81A, and 111A, were retained, there was little follow-up on hybrid development and testing due to

Table 2. Summary performance of pearl millet single cross hybrids for six characters averaged over two locations (Nioro and Bambey, Senegal), ICRISAT-ISRA Collaborative Program, rainy season 1984.

Entry	Pedigree	Grain yield (t ha^{-1})	Time to 50% bloom (days)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	Downy mildew (%)	Smut (%)
ICMH 8403**	111 A × IBMI 8108	2.3	53	208	47	11	15
ICMH 8407	111 A × F4 195	2.6	52	214	42	5	29
ICMH 8411	111 A × IBMI 8108-58-3	2.4	52	210	49	11	16
ICMH 8412**	81 A × IBMI 8206	2.3	49	217	35	4	21
ICMH 8413**	81 A × IBMI 8207	2.4	52	217	36	5	20
ICMH 8414**	81 A × IBMI 8108	2.3	51	152	36	10	23
Control	Souna III variety	1.6	61	264	62	12	13
	Mean	**1.9**	**55**	**196**	**44**	**9**	**18**
	SE ±	**0.16**	**0.6**	**5.7**	**1.3**	**1.8**	**3.9**

**, Second year testing, promoted from 1983 trial.

the termination of the ICRISAT-ISRA collaborative program in 1985. Later studies (e.g., Ouendeba et al. 1996) have also suggested that use of pearl millet hybrids can contribute to both increased grain and fodder production.

Breeding of Seed Parents

When the pearl millet breeding program at the ICRISAT Sahelian Center was initiated in 1983-84, a small proportion of time was devoted to explore the possibilities of hybrid development. In 1984, using 81 A (ICMA 1 from ICRISAT, India), 92 testcross hybrids were generated and evaluated during the rainy season. During the 1984 growing season, there was a severe drought. Total rainfall was only 260 mm, the lowest recorded in the previous 78 years, with an August rainfall of only 56 mm (vs. the long-term average of 204 mm). In parts of western Niger the local landrace (Haini-Kiréi, 110 days to maturity) failed to produce any grain. However, the testcrosses performed extremely well: they were early (85-90 days to maturity) and produced two times more grain yield than local and improved varieties (90-110 days, 0.7 t ha^{-1}). Because the season was dry, all the testcrosses were free from downy mildew. However, our observations between 1983 and 1987 indicated that male-sterile 81 A, though resistant in India, was extremely susceptible to downy mildew in most of West Africa (95-100% both on 81 A, and 81 B).

Evaluation of 21 male-sterile and maintainer pairs in 1987 (including male-sterile lines incorporating *Pennisetum violaceum* cytoplasm from ORSTOM, Niger and Tifton, GA, U.S.) indicated that *all* of them were susceptible to downy mildew. Reselection within established A and B lines showed that downy mildew susceptibility continued to be a major constraint. This indicated the need to breed seed parents for West Africa *in situ*, using adapted inbred lines.

Our initial attempts to incorporate sterile cytoplasm in to adapted genetic backgrounds of (Ex Bornu × Togo), Souna (ex Mali) were not encouraging. The inci-

dence of downy mildew on plant × plant pairs was as much as 70% and sterility was not stable. Male-sterile ICMA 90111 from ICRISAT in India was found to be free from downy mildew. In addition, further selections were made within plant × plant crosses in the downy mildew nursery in male-sterile lines ICMA 90111, DSA 134, PMC 23, and one derived from the cross (ITMV 8001 × INMV 8220, incorporating 81 A sterile cytoplasm). These were used in the development of the *first series* of male-sterile lines as well as in the breeding and evaluation of SCH and TCH hybrids to determine the type of hybrids suitable for West Africa. Currently 18 male-sterile and maintainer pairs derived from these four genetic backgrounds are available. These exhibit a wide variation of several traits including time to flowering, plant stature, and earhead characteristics. These male-steriles have been bred using the downy mildew nursery at Sadore to ensure downy mildew resistance but there is a need to extensively test these in the region to determine stability of this resistance.

Male-sterile lines under development in the *second series* are derived from inbreds from the cross (*vr* W, a genetic stock from University of Nebraska [UNL], Lincoln × Sadore local); 81BHT (cross between 81 B × Tiotandé, ex IER, Mali); (ARD 125 accession from Togo × [90PV 6 × 13] inbred from the UNL, Lincoln); (81 BHT × Sadore Local); and ([Togo-2 × INMG-3] cross between *Iniari* an early landrace from Togo and a gene pool developed by ICRISAT -INRAN × IP 8056, a dwarf accession). We have just completed the fourth backcross and have selected 55 CMS pairs that are currently being evaluated for downy mildew resistance and stability of sterility.

All our first and second series of male-sterile lines have A_1 cytoplasm. This cytoplasm appears to have constraints related to complete expression of male sterility and complete restoration of male fertility. It is known that male-sterile A_1 lines can revert to pollen shedders at a low rate but sufficient to necessitate careful rogueing of both A line increase and hybrid seed production plots. We have just begun to use the A_4 cytoplasm source (Hanna 1989) and have 20 A/B pairs derived from related genetic backgrounds. This cytoplasm does not seem to have modifiers for sterility genes and has fewer environmental effects on the complete expression of male sterility and fertility, thus simplifying the development of male-sterile lines. The sterile anthers look different from A_1 steriles in terms of their size, shriveling and translucence but are readily distinguishable from fertile anthers.

In Nigeria male-sterile development was initiated in 1996 by introducing A_4 and B populations derived from the Nigerian Composite d_2 (NCd_2BC_3 - in A_4 cytoplasm) from ICRISAT- India. During the 1997 off-season, these A_4 and B populations were planted at Dadin-Kowa, producing 86 plant-to-plant crosses. These 86 NCd_2BC_4 pairs were evaluated for male-sterility and downy mildew resistance at Bagauda during the 1997 main season. The male-sterility was confirmed in all the A_4-plants. Fifty-one downy mildew resistant A/B pairs were selected and 129 A/B plant-to-plant crosses were pro-

duced. These BC_5 progenies were sown at Kadawa and Dadin-Kowa during the 1998 off-season. Seventy-five A-lines were crossed by corresponding B-lines. We plan to retain 20 morphologically diverse pairs after evaluating these 75 A/B pairs (BC_6) for downy mildew reaction, stability of sterility, and uniformity at Bagauda and Maiduguri during the current rainy season. Studies on combining ability characteristics of these lines have been initiated.

Inbred × Variety Hybrids

In 1985, to circumvent the lack of male-sterile lines, we initiated work on adapted IVH and continued work on TCH. Instead of a male-fertile 'inbred' as a female parent, the dwarf population 3/4HK-B78 was used. Initial evaluation with 24 testcrosses indicated that the TCH and IVH hybrids had similar yield levels (a mean of 1.9 t ha^{-1}), out-yielded the control variety (CIVT) by 23%, and took similar time to 50% bloom (a mean of 56 days). TCHs with male-sterile 81 A showed 25% downy mildew whereas IVHs showed only 7%.

Between 1988-1994, over 350 IVHs were developed (by crossing male-fertile inbreds as females using protogyny with 24 improved OPVs as male parents) and were evaluated in 30 trials at three locations. Compared to the OPVs, the IVHs were generally early by two days; exhibited a wider range of plant height and

Table 3. Comparison of mean values for nine agronomic characters in pearl millet inbred × variety hybrids (IVHs) and open-pollinated varieties, ICRISAT Sadoré and INRAN Station, Bengou, Niger, IER, Cinzana, Mali, rainy seasons 1988-1994.

Character	Mean[1] value for		Observation(s)
	IVH	OPV	
Time to bloom (d)	59^b	61^a	IVHs early by two days
Plant height (cm)	214^b	223^a	Range exhibited by IVHs was from 150 to 270 cm vs. OPVs 165 to 250 cm.
Earhead length (cm)	41^b	45^a	IVH range form 25-65 cm vs. OPVs 20-60 cm.
Tiller number $plant^{-1}$	4^a	3^b	33% more tillers by IVHs
Earheads $plot^{-1}$	60^a	48^b	25% more earheads by IVHs
Threshing (%)	65^a	66^a	No difference
Empty earhead $plot^{-1}$ (%)	21^a	11^b	More empty earheads in IVHs
Downy mildew (%)	7^b	9^a	78% of IVHs showed <10% downy mildew
Grain yield (t ha^{-1})	1.30^a	1.1^{ab}	Individual IVH yield advantages recorded up to 202% over corresponding pollinator OPV (=100%)

Means followed by a different letter in the same row are statistically different at 0.05 probability level

earhead length; produced more tillers and earheads; and showed around 10% yield advantage (Table 3). The range for grain yield of IVHs was from 0.2 to 2.4 t ha^{-1} and for OPVs from 0.2 to 1.7 t ha^{-1}. During six years of evaluation, except in 1993, IVHs out-yielded OPVs. Grain yield advantage of IVHs was 18% in 1988; 23% in 1989; 13% in 1990; 20% in 1992; -5% in 1993; and 14% in 1994. More IVHs were tested in 1993 than any other year, which may have resulted in inclusion of poor entries with lower yield potential and may have effected the overall mean. Over the years, individual IVHs showed grain yield advantages from 22% to 102% over their respective variety parents. The yield advantages observed here are more than those reported by Bono and Leclerq (1963) in Senegal. They reported that inbred × landrace hybrids showed a yield increase of 47% over their parents and hybrids, with male-sterile lines showing a 59% grain yield advantage. The grain yields of IVHs also represented a 20-25% increase over control varieties. The better OPVs that gave superior IVHs included IBMV 8001, DGP1, ICMV IS 86330, and ICMV IS 90311. A significant positive correlation was observed be-

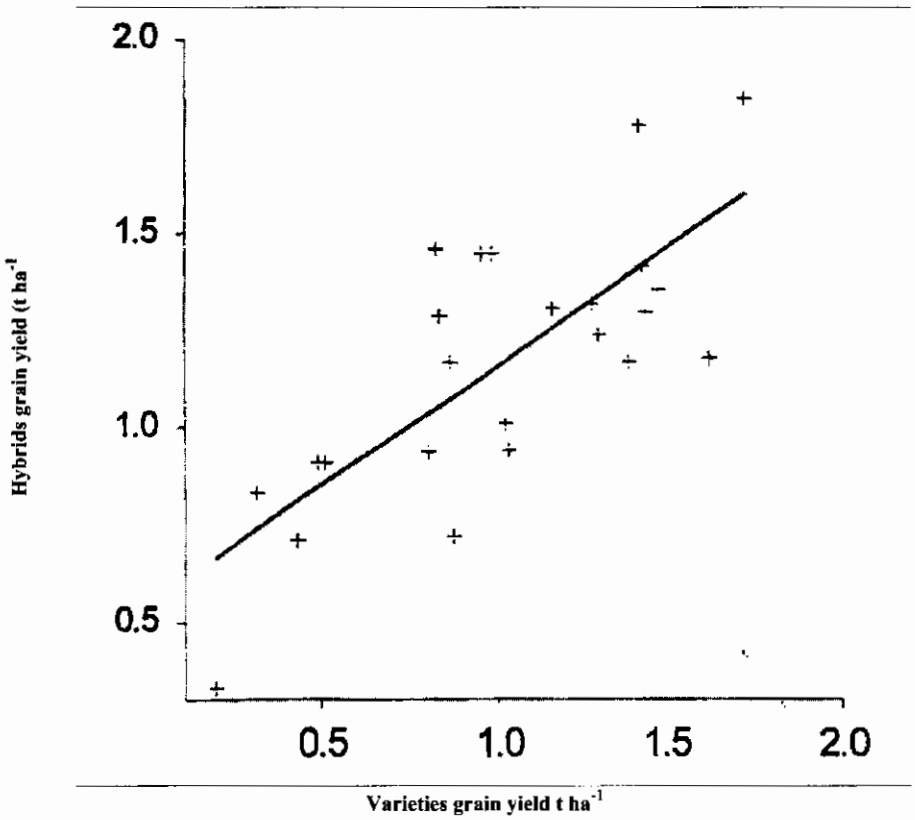


Figure 1. **Relationship between grain yield of pearl millet Inbred × Variety hybrids and corresponding pollinator varieties in yield trials conducted in the rainy seasons between 1988-1994, ICRISAT, Niger.**

tween mean grain yield of OPVs and their IVHs (Figure 1, r = 0.75**). Therefore, OPVs with higher yield potential tended to produce IVHs with higher grain yield though as yield levels rise heterosis percentages may be less. In several of our hybrid trials, a strong negative correlation was observed between time to 50% bloom and hybrid grain yield, and time to 50% bloom and the number of empty earheads, especially with early hybrids of late OPVs. The empty earheads were a result of scarabid beetle and *Dysdercus volkeri* infestations. It became clear that by selecting mid-late to late-maturity hybrids (around 100 days) losses caused by these insect pest infestations can largely be avoided. Using this information, we have begun testing of hybrids developed with landrace material by choosing those best adapted to the stresses of the target environment.

Proportion of IVH Seed Produced in Isolation

A comparison was made of the frequency of hybrid and inbred plants in the seed lots derived from IVH multiplication both in isolation and by deliberate crossing to determine the feasibility of large-scale seed multiplication of IVHs. Two IVHs - where the inbred 'seed parent' and the hybrid plants have distinctly different characteristics and can be easily identified - were used. Only the seed from the fertile inbred (used as female) was harvested. With the first hybrid (458 × GB 8735), the frequency of hybrid plants was 92% (8% inbred plants) in the lot multiplied in isolation and 78% in the lot derived by deliberate crossing. For the second hybrid (410 × GRP1), the seed lot from isolation produced 78% hybrid plants and the seed from deliberate crossing produced 82% hybrid plants. It appears that in deliberate crossing either pollen viability and or stigma receptivity were not optimal for producing 100% hybrid seed. However, hybrid grain yields of the two seed lots in either hybrid were not significantly different. These results were encouraging; they show that the presence of nearly 20% inbred parent seed had little effect on grain yields, probably because the smaller inbred plants offered little competition to the taller vigorous hybrid plants. This is in agreement with earlier research by Andrews et al. (1993) which also showed up to 20% female selfing had little effect on hybrid performance. These results also demonstrated that use of protogyny in pearl millet appears to have potential for making hybrids. It is possible to undertake large-scale multiplication of IVHs (with the pollinator variety flowering at least 5-7 days earlier than the inbred parent), thus permitting a wider choice of parental combinations and more rapid hybrid development compared to those dependant on CMS systems. Currently, we have eight such IVHs in advanced tests. These are particularly suitable for programs in West Africa, where the attributes of local landraces and improved varieties can be directly utilized as pollinators in easily produced adapted hybrids.

Performance of IVH Hybrids under Moisture Stress

In 1995, we evaluated 50 hybrids and OPVs using a factorial design with two replications. This design included three moisture levels (200, 300, 600 mm of applied irrigation), two planting densities (10,000 and 62,000 plants ha^{-1}) and two

levels of fertility (500 kg FYM ha^{-1} or 10 t of FYM) plus 200 kg single super phosphate ha^{-1}. The plot size used was 16 sq m. Only the results that relate to the performance of IVHs (10), their corresponding pollinators (6) and 2 control varieties (HKP and Sadoré local) are presented here.

Table 4 summarizes the overall grain yield performance of IVHs, corresponding pollinators and control varieties. The mean grain yield of IVHs across the 12 environments was 1.10 t ha^{-1}, 0.98 t ha^{-1} for the pollinator varieties, and 0.70 t ha^{-1} for the two control varieties. Across all the 12 environments, the IVHs yielded up to 28% more grain yield than the control HKP and between -6% and 25% more than the corresponding pollinator varieties. Stability analysis indicated (Table 4 and Figure 2) that IVHs gave stable performance and high grain yield across all the environments (b = 1.10) and were responding to better environments in a similar manner to pollinator varieties which also showed stable performance.

Top Cross Hybrids

So far, (excluding hybrids which are too early in relation to their OPV male parent) our results have shown that OPVs with higher yield potential tended to produce IVHs with higher grain yield. Using this information, we have begun testing of hybrids developed with landrace material which are adapted to the stresses of the target environment.

Table 4. Pearl millet Top cross hybrids, pollinators and controls mean grain yields across 12 test environments, Drought Nursery, ICRISAT-Niger, Sadoré, Summer 1995.

Entry	Designation	Grain yield (kg ha^{-1})	Change (%) over pollinator yield	'b' stabilitiy	S^2d¥
Hybrids					
10	1347-52 × CIVT	1062	108	1.08	-404
20	1591 × PV SSZ 926	975	94	0.88	-322
9	1317-28 × P3KOLLO	951	111	0.93	-389
6	1411-18 × SOSAT-C88	1136	115	1.09	209
7	1317-28 × SOSAT-C88	1186	119	1.06	-109
11	1317-28 × GB 8735	1165	116	1.16	323
12	1353 × GB 8735	1168	116	0.90	492
13	1419 × GB 8735	1255	125	1.19	372
16	1529-38 × PV SSZ 925	1118	109	0.92	792
17	1583-86 × PV SSZ 925	1069	104	1.05	-187
Mean Hybrids		1109	-	1.10	28
Pollinators					
2	SOSAT-C88	996	100	1.12	-316
3	CIVT	987	100	1.01	-164
5	GB 8735	1005	100	1.08	-258
8	P3KOLLO	859	100	0.91	-60
14	PV SSZ 925	1027	100	1.12	-256
19	PV SSZ 926	1041	100	1.08	207
Mean Pollinators		986		1.12	-81
Controls					
1	Sadoré local	536	-	0.68	-313
4	HKP	863	-	0.76	-246
Control Means		699	-	0.78	45
	Overall mean	1022	-	-	-
	cv(%)	35	-	-	-
	LSD (0.05)	202	-	-	-

¥ Mean squares equal 102 times the column values.

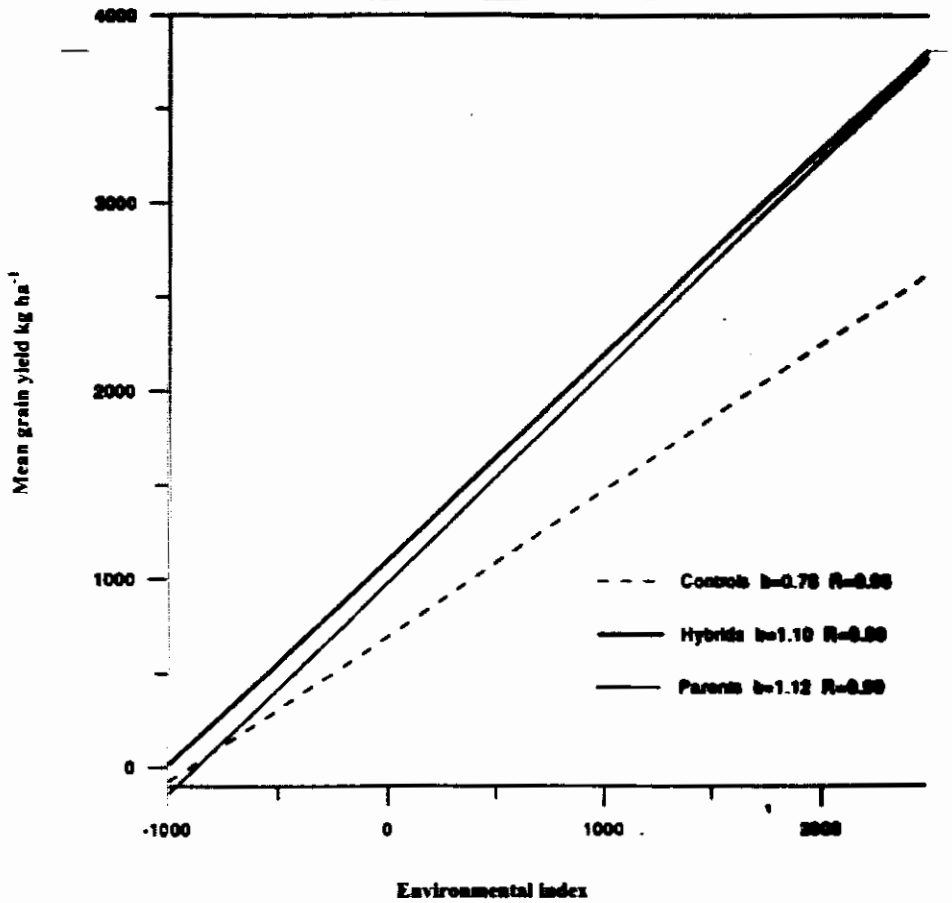


Figure 2. **Regression between mean grain yield and environmental index of pearl millet inbred × variety hybrids, corresponding parent pollinator varieties and controls. Drought screen nursery, ICRISAT, Sadore, Niger, Summer, 1995.**

Landrace varieties developed over centuries of creative and conscious human and environmental selection have accumulated high levels of either genetic resistance or tolerance to both the prevailing physical stress conditions (i.e., drought, low nutrient supply, unfavorable soil pH, and high soil surface temperatures at emergence) and to many biological stresses (i.e., pests, diseases, weeds). Time to maturity in relation to the duration of the growing season at that locality is often critical to maximizing other adaptive traits. These locally developed variety characteristics confer good stability of production. However, these landraces are locally specialized and adapted only to their particular ecogeographic zone. The use of landraces as hybrid parents assures good adaptation, and the resulting TCH (or IVH) hybrids will elicit responsive-

ness of these populations to improved environmental conditions. Landrace populations do not possess sufficient variation for yield potential or disease resistance to permit appreciably better varieties to be made from them by direct selection. Though several varieties have been derived from landraces and recommended for cultivation, they do not show significantly higher grain yield over the original population. Nevertheless, they do possess many farmer- preferred traits, such as moderate earliness and a reduced frequency of *shibras* (re-occurring wild type plants). With the availability of male-sterile lines there is now an opportunity to combine the adaptation of the landraces to the prevailing low moisture, low-soil fertility conditions with hybrid vigor and – as a result - improve yield potential. TCH (or IVH) hybrids appear to be the easiest route for a rapid and effective incorporation of tolerances to stress factors with increments in yield potential and better use of both limited resources or improved management (Bidinger et al. 1994).

We evaluated 20 TCH derived from crosses between four male-sterile lines and five landraces from Niger (and eight improved varieties). In addition, crosses were also made with these four male-sterile lines and eight improved varieties. These along with pollinator parents (landraces themselves) and TCHs derived from a control variety (CIVT) and the control variety itself were tested over two years at four locations (Table 5).

The TCHs derived from the landraces Bazagome, Guerguera, and Dan Tchama, were 7 to 8 days earlier to flower, while the TCHs derived from the landrace Moro flowering only three days earlier than the landrace. The TCH derived from the control showed the same mean time to flowering (61 days) as the control variety. For downy mildew, of the 20 TCHs derived from the landraces, 13 had less DM than the parents, three showed more DM incidence than the parental variety, and four had incidences equal to the parent. Overall, male-steriles 712 A and 680 A produced TCHs that recorded less downy mildew. Those TCHs that were derived from the male-sterile 726 A were most susceptible to downy mildew. On an average, there was nearly 50% more tillering in the TCH compared to the parents; the highest increase in tillering was in TCHs with Bazagome (87%), and lowest increase in tillering was in TCHs with Boudouma (25%). Nevertheless, it has to be noted that Boudouma itself is a high-tillering landrace.

Mean grain yield of landraces was 0.67 t ha^{-1} and of TCH derived from them was 1.16 t ha^{-1}, an average increase of 73% over the parental pollinators. Increases over landrace pollinators ranged from 53% (TCH of Boudouma) to 113% (TCH with Guerguera). The control CIVT mean grain yield was 1.02 t ha^{-1}, with mean of its TCHs ranging from 1.15 t ha^{-1} to 1.35 t ha^{-1} (mean of 1.32 t ha^{-1}) with a mean yield increase of 30%. The highest yielding TCH (726 A × Dan Tchama) gave 35% more grain yield than the control variety CIVT (Table 5). A stability analysis indicated (Figure 3) that the TCH made with landraces gave better grain yields in all the four environments and were more stable than the landraces themselves.

Table 5. Mean values for four characters of 20 Top cross hybrids, their pollen parents and control from tests conducted in four environments, ICRISAT-Niger, rainy seasons, 1996 and 1997.

Entry	Designation	Time to 50% bloom (d)	DM (% sqr)	Tillering (#)	Grain yield (t ha⁻¹)
Hybrids from landraces					
7	680 × Bazagome	62	3	5	1.03
8	698 × Bazagome	66	2	3	1.12
9	712 × Bazagome	66	2	3	1.16
1	726 × Bazagome	60	4	4	1.21
11	680 × Guerguera	62	2	4	1.03
12	698 × Guerguera	67	2	3	1.08
13	742 × Guerguera	67	2	2	1.01
14	726 × Guerguera	59	3	4	1.24
15	680 × Moro	58	1	5	1.05
16	698 × Moro	62	1	4	1.33
17	712 × Moro	63	0	3	1.21
18	726 × Moro	57	3	6	1.35
19	680 × Dan Tchama	59	1	6	1.31
20	698 × Dan Tchama	63	2	3	1.14
21	712 × Dan Tchama	65	1	3	1.32
22	726 × Dan Tchama	58	3	5	1.35
23	680 × Boudouma	56	1	5	0.73
24	698 × Boudouma	5*	3	4	1.19
25	712 × Boudouma	60	2	4	1.15
26	726 × Boudouma	55	3	7	1.08
Landraces					
1	Bazagome	72	5	2	0.55
2	Guerguera	73	5	2	0.51
3	Moro	63	1	3	0.79
4	Dan Tchama	68	2	3	0.82
5	Boudouma	58	3	4	0.68
Hybrids from control variety					
27	680 × CIVT	59	1	4	0.55
28	698 × CIVT	63	3	3	0.45
29	712 × CIVT	65	1	3	0.50
30	726 × CIVT	58	2	5	0.30
Control variety					
6	CIVT	60	2	3	1.02
	Overall mean	62	2	4	1.10
	CV (%)	4	50	25	26
	LSD (0.05)	2	1	1	0.20
Hybrid type					
Hybrids from Landrace		61b[1]	2b	4a	1.16a
Hybrids from Variety		61b	2b	4a	1.33b
Pollinator parents					
Landraces		67a	3a	3b	0.67c
Variety		60b	2b	3b	1.02d
Male sterile, mean effects					
680A		59b	2b	5a	1.05b
698A		63a	2b	3b	1.20a
712A		64a	1c	3b	1.23a
726A		58c	3a	5a	1.26a

[1] followed by a different letter are significantly different at 0.05% probability

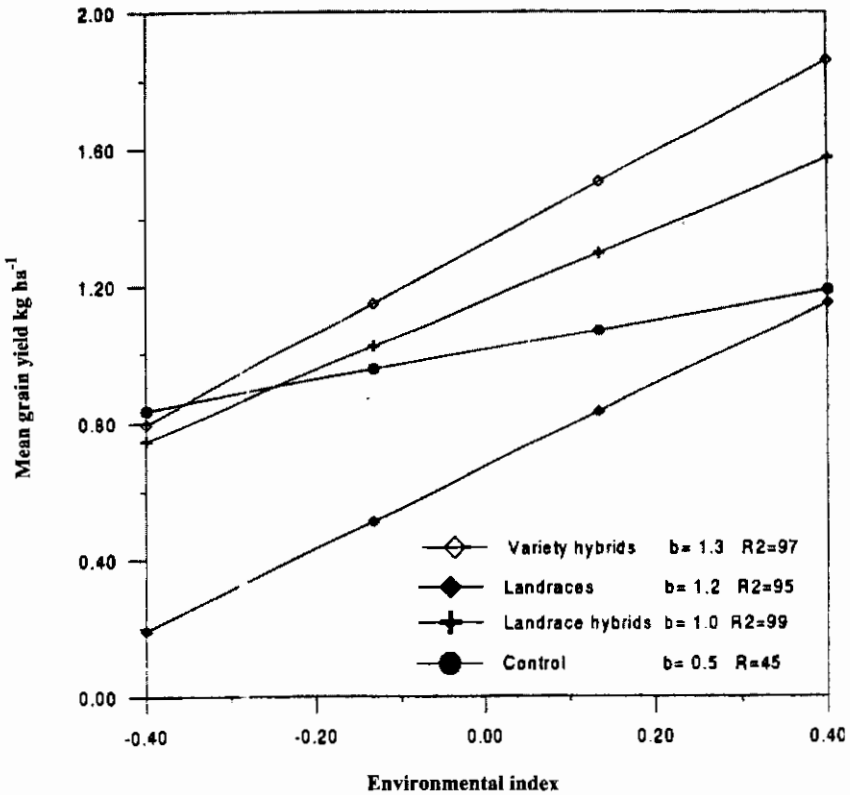


Figure 3. **Regression between mean grain yield of pearl millet Top cross hybrids, corresponding pollinator parents, control variety (CIVT), and environmental index, ICRISAT, Sadore, Niger, 1996-97.**

Top Cross Hybrid Seed Multiplication

As mentioned previously, the evaluation of TCHs was undertaken along with a set of TCHs produced by crossing male-steriles × improved OPVs. From this set, we selected four hybrids for seed multiplication in isolation. To our knowledge, this is the first time that multiplication of CMS pearl millet hybrids was undertaken in West Africa. These four hybrids were ICMH 9801 (680 A × Dan Tchama), ICMH 9802 (712 A × CIVT), ICMH 9803 (698 A × ICMV IS 89305), and ICMH 9804 (712 A × ICMV IS 90309). We have gathered data on three hybrid seed multiplication plots. The plot size used was 492m^2 (or approximately 0.05 ha), with 20 ridges 40m long and 0.75cm apart. Within ridge spacing was 0.80m (41 hills). Except for the first three and last three rows the pollinator parent was planted in two rows (pollinator parent was planted in the first three and the last

Table 6. Summary of observations recorded in two pearl millet Top cross hybrid seed production plots, ICRISAT-Sadoré, Niger, Jan. - May, 1998.

Trait measured	Male-sterile line in TCH plot of	
	ICMH 9802	ICMH 9804
Male-sterile	712 A_1	712A_{II}
Pollinator variety	CIVT	ICMV IS 90309
Male-sterile		
Number of hills planted	240	240
Number of hills emerged	236	239
Number of non-flowering plants	10	3
Number of effective plants	216	224
Plant height (cm)	113 ± 11.2	117 ± 9.5
Mean tiller number (per plant)	3.8 ± 0.9	3.8 ± 1.16
Mean earhead length (cm)	45 ± 5.2	44 ± 4.0
Mean earhead circumference (cm)	7.3 ± 0.6	7.6 ± 0.59
Mean head exsertion (cm)	0.9 ± 3.9	1.6 ± 3.13
Fertile plant frequency (%)	4.4 (10)	5.0 (12)
Pollinator Variety		
Number of hills planted	540	520
Number of hills germinated	524	515
Number of non-flowering plants	29	4
Number of effective plants	485	511
Plant height (cm)	184 ± 11.5	180 ± 16.7
Mean tiller number (per plant)	3.8 ± 1.47	5.5 ± 1.70
Mean earhead length (cm)	56 ± 5.3	47 ± 6.0
Mean earhead circumference	7.6 ± 0.67	8.1 ± 0.81
Mean head exsertion	-8.8 ± 4.7	-4.0 ± 6.8
Shibra frequency (%)	2.03	0
Ratio Female:male Plants	**1.0:2.2**	**1.0:2.3**

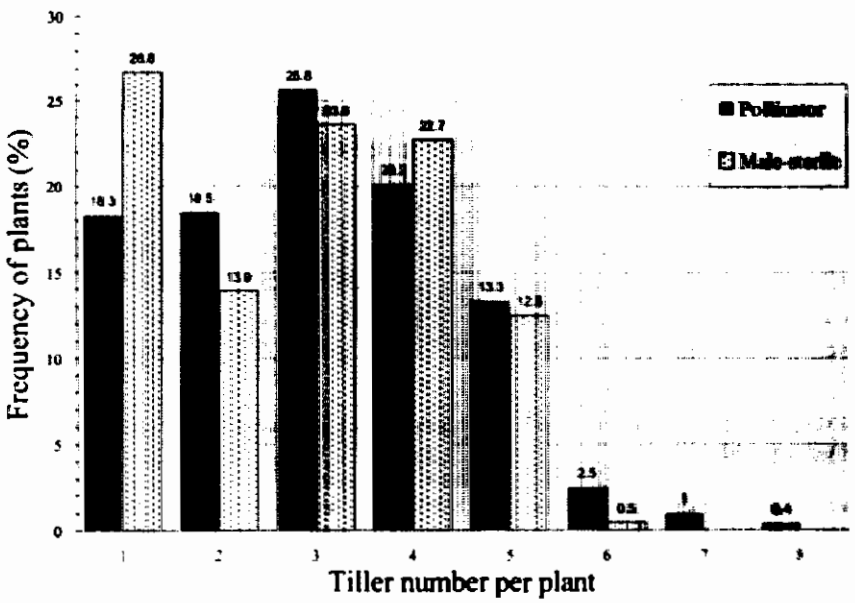


Figure 4. Frequency distribution of tiller number plant^{-1} of male-sterile 712 A and pollinator parent CIVT in a hybrid seed production plot, ICRISAT, Sadore, Niger, Summer 1998.

three rows) and alternated with two rows of male-sterile line. To ensure that ample pollen is available, the first four hills and the last five hills of every row were planted to the pollinator.

A summary of observations recorded on two of the multiplication plots is given in Table 6. In all three hybrid multiplication plots, the nick (synchrony in flowering between the male-sterile and pollinator parents) was optimum, with pollinator parents beginning flowering 7-10 days before the male-sterile line . In all cases the pollinator parents flowered in 50-55 days. Tillering was asynchronous (with a mean of 3.7 tillers and 3.8-5.5 tillers per plant in the female line, and pollinators ICMV IS 90309 and CIVT, respectively) both in the male parent and the male-sterile line with a 10-20 day interval between stigma emergence on the main tiller and secondary tillers. The tiller number plant^{-1} (Figure 4) assured that enough pollen was available for all the female earheads. The frequency of fertile plants (5%) in the female rows was high; these fertile plants were removed soon after anthesis. We are unable to determine at this time if this occurrence of fertile plants was due to a mechanical mixture (subsequent grow-out from the same seed lot will be used to confirm this observed frequency) or the effect of high temperatures. In April, the ambient maximum temperatures recorded were very high; the mean maximum temperature was 42.7C. In comparison, the mean maximum temperature recorded in the last 15 years at Sadoré (1983-1997) was 41.4 C. There were 24 days that recorded a maximum temperature of 43C in April 1998 vs. a mean of 5 days with 43C recorded for the month of April over the last 15 years. These high temperatures may have influenced the observed break-down of male-sterility.

Based on the seed yields obtained in these isolation plots estimates of hybrid and pollinator yields for different female:male row ratios were made (Table 7). A female:male ratio of 1:2 was used to ensure success of the seed production plots. At this ratio a hybrid seed yield of 0.31 t ha^{-1} and pollinator yield of 1.1 t ha^{-1} was recorded, for a total yield of 1.40 t ha^{-1}. At a female:male ratio of 4:2 (appears optimum for larger plots) the estimated hybrid seed yield is 620 kg ha^{-1} and of the pollinator 700 kg ha^{-1}. Our `back-of-the-envelope' calculations show that profits between $ 650 and $ 850 can be expected from a hectare of hybrid seed production (assuming 200 Fcfa for a kg of grain, 800 Fcfa for a kg of hybrid

Table 7. Estimates of seed yields of pearl millet hybrid and pollinator parents in TCH seed production fields.[1]

Ratio		Ridges		Plants/ha		Estimated seed yield (t ha^{-1})		Total yield	% of seed yield	
Male	Female	Male	Female	Male	Female	Hybrid	Pollinator	(t ha^{-1})	Hybrid	Male
2	1	88	44	11 100	4 400	0.31	1.10	1.40	22	78
2	2	66	66	9 900	6 600	0.47	0.90	1.36	34	66
2	4	44	88	7 700	8 800	0.62	0.70	1.32	47	53
2	8	26	106	5 900	10 600	0.75	0.54	1.28	58	42

[1]Estimated based on one ha as 132 ridges with a spacing of 0.75 m, and within ridge spacing of 0.8m. The ridge length is 100 m (or 125 hills with single plants per ridge of 100 m). There will be 125 plants in all male rows, and in female rows 25 hills at either end will be planted to pollinator parent (13 + 12). Hence all female rows will only have a plant population of 100 per ridge. Plant population per ha is assumed at 16 500 ha^{-1}.

seed and 400 Fcfa for the pollinator OPV seed). It has to be noted that production of TCHs permits harvest of two seed crops – that of the hybrid and of the pollinator variety – from one field. Seed producers can sell the seed of pollinator variety which will generally have better seed quality. This assures an increase in the value of produce from the male parent rows.

Criteria For Parental Lines

Based on our experience thus far, the following are the criteria for the development of parental lines for successful hybrid seed production and good hybrids (Andrews et al. 1997). Efforts are underway to develop complementary information through phenology studies of elite female and male parents.

Female Parents. Female parents should possess a high degree of resistance to downy mildew, stable and perfect male-sterility, high yield, and moderate to good synchronous tillering. It is important to have good earhead exsertion, good seed set, bold seed size and seedling vigor in addition traits that have good correlation with hybrid performance, such as plant stature, maturity, and disease and pest resistance.

Male Parents. In addition to excellent combining ability with the seed parent, male parents should completely restore male-fertility and should have profuse and early pollen shed. High tillering, to spread pollen shed over time, is desirable. The parents should have a good and early "nick". The "nick" should be early enough for the male parent to start shedding pollen before the stigmas of the seed parent become receptive and should continue pollen shed throughout flowering period of the female parent to ensure purity and good seed set in multiplication plots.

Grain Quality Criteria

Grain quality criteria are determined by end uses. Pearl millet in West Africa is grown mainly for food, and only occasionally used for brewing. The grain quality criteria for pearl millet are less well-defined than for sorghum (Andrews and Anand Kumar 1992). Usually gray to yellowish white plump grain is widely accepted, though in parts of WCA light brown or creamy white grains are preferred. There is currently no incentive in either food or feed markets to demand higher nutritional quality. Thus, at this time, there is no motivation to put much emphasis on selection based on nutritional quality in breeding millet hybrids.

Future Outlook

Requirements in TCHs and IVHs. Both IVHs and TCHs are practical in pearl millet and have real advantages for use in Africa in terms of durability of disease resistance and adaptation, which are difficult to obtain in SCHs. Using IVHs, ergot susceptibility is reduced, as CMS is not involved. For TCHs that are based on landraces an adequate supply of breeders seed must be available to ensure repeatable performance of the hybrid. Hybrids should be tailored closely to fit the existing growing season lengths; both to maximize environmental resources available for growth and to minimize pest and disease infestations/incidence. Hybrids should have similar crop establishment features as the local landraces. Cost of

seed should not be very high. Unlike sorghum, which is grown under more assured rainfall situations, pearl millet growing environments often necessitate replanting (up to 3-4 times). There will be a need to investigate seed production in selected areas during the rainy season in order to reduce the costs of summer season production (e.g., irrigation, bird attacks, etc). Other factors that would need attention include the following: 1) production of hybrid seed in environments where a successful crop is relatively assured, 2) development of productive seed parents, and 3) assessment of hybrids not only for grain yield, but also for stover yield. There is a need to evaluate the optimum isolation distances required, and the effect of pollen shedders in seed parents in hybrid production plots.

Lessons from Experience in India. In India, adoption of pearl millet hybrids (now estimated to cover 45% of the 10.5 m ha crop area) resulted in dramatic increases both in production and productivity. It has stimulated the development of a large private sector (estimated to produce up to 55% of the total seed made) and availability of quality seed to the farmers. The adverse aspect relates to the susceptibility of single cross hybrids to downy mildew epidemics accentuated by repeatedly growing a single genetically uniform hybrid over large planted areas. It is now clear that the risk of downy mildew susceptibility can be greatly reduced by selecting for durable resistance and adopting appropriate breeding strategies, such as the development of TCHs and IVHs, which exploit the stability and durability characteristics of genetically variable adapted male parent varieties.

Regional Pearl Millet Hybrid Trial. Encouraged by the results obtained thus far (with IVH, TCHs, and availability of adapted male-sterile lines) participants of the project P 7 (Farmer participatory variety development and seed multiplication) of the West and Central African Millet Research Network (ROCAFREMI) have decided that a collaborative ICRISAT-ROCAFREMI Regional Pearl Millet Hybrid Trial be initiated during the 1998 rainy season. ICRISAT and ROCAFREMI have put together such a trial with 10 TCHs (9 TCHs with improved OPVs, and one with a landrace), eight corresponding pollinator parents and two controls to be conducted at 11 locations in seven countries. Some of these TCHs were also selected for on-farm demonstrations in Niger in collaboration with INRAN. It is hoped that by the end of this year information will be available on general adaptation and grain yield potential of these top cross hybrids. Obviously, positive performance will trigger a range of developmental activities, including hybrid seed production training courses.

Conclusion

Yield potential is important at all levels of production, but perhaps more so in stress conditions where limited resources must be utilized more efficiently. Yield improvement in pearl millet is at a relatively early stage in West Africa. Yield increases in the range of 20-25%, through a change from varieties to hybrids, has yet to be realized/utilized at the farmers' level and is likely to take at least 4-7 years. Hybrids have a higher yield potential, even under the conditions of moderate productivity, and use resources more effectively. We have demonstrated through trials of

adapted hybrids that this yield increase is available for farmers to use in West Africa.

It is important to recognize that the variety or hybrid component is only one factor (though probably the catalytic factor) in the total agronomic, institutional, and social package needed to sustain improved production. In all pearl millet growing regions of the Sahel, a general improvement in plant nutrient supply is critical to complement genetic improvement. Such improvements in soil fertility are vital to preserving and enhancing the crop production resource base for the future. Problems of infrastructure related to seed production, assured food grain markets, and diversification of end uses are among the many areas that need attention to insure profitable use of hybrids - or even OPVs - by smaller farmers.

References

Andrews, D.J., B. Kiula and J.F. Rajewski. 1993. The use of protogyny to make hybrids in pearl millet. P. 208-210 in: J. Janick and J. Simon (eds.) New Crops. John Wiley and sons. New York.

Andrews, D.J. and K.A. Kumar. 1992. Pearl millet for food, feed and forage. Advances in Agronomy 48: 89-139.

Andrews, D.J., G. Ejeta., M. Gilbert, P. Goswami, K. Anand Kumar, A.B. Maunder, K. Porter, K.N. Rai, J.F. Rajewski, V.S. Belum Reddy, W. Stegmeier, and B.S. Talukdar. 1997. Breeding hybrid parents. Pages 173-187. *In* Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. Lubbock, Texas, USA, 22-27 September 1996. Lincoln, Nebraska, USA. Collaborative Research support Program on Sorghum and Pearl Millet (INTSORMIL Publication No. 97-5).

Bidinger, F.R., E. Weltzien, R.V. Mahalakshmi, S.D. Singh, and K.P. Rao. 1994. Evaluation of landrace top cross bybrids of pearl millet for arid zone environments. Euphytica 76: 215-226.

Bono, M., and P. Leclerq. 1963. Méthodes d'amélioration variétale des mils et sorghos utilisés au CRA (Centre de Recherche Agronomique), Bambey. Agronomie Tropicale 18: 33-52.

Hanna, W.W.1989. Characteristics and stability of a new nuclear-cytoplasmic male-sterile source in pearl millet. Crop Science 29:1457-1459.

ICRISAT(International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics).1987. Proceedings of the International Pearl Millet workshop, 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India:ICRISAT.

Lambert, C. 1982. IRAT et l'amélioration de mil. Agronomie Tropicale 38:78-88.

Ndoye, A.T. and S.C. Gupta. 1987. Research on pearl millet hybrids in Senegal. Page 285 *In* ICRISAT(International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics).1987. Proceedings of the International Pearl Millet workshop, 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India:ICRISAT.

Nwasike, C.C. 1987. Pearl millet male-steriles and hybrids in Nigeria, Page 284 *In* ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics).1987. Proceedings of the International Pearl Millet workshop, 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India:ICRISAT.

Ouendeba, B., W.W. Hanna, G. Ejeta, W.W. Nyquist, and J.B. Santini. 1996. Forage yield and digestibility of African pearl millet landraces in diallel with missing cross. Crop Science 36:1517-1520.

New Cytoplasmic Male Sterility Systems for Hybrids in Pearl Millet

D. J. Andrews, K. N. Rai, and J. F. Rajewski

Generally, alternative cytoplasmic-nuclear male sterility (CMS) systems are thought of as "useful" because they reduce "vulnerability." However they are much more valuable for other reasons. Our research in INTSORMIL and ICRISAT over the last few years has begun to describe these and, though the research has been on CMS systems in pearl millet, similar situations are to be expected in any crop that depends on CMS for commercial hybrid seed production.

CMS systems can differ in a number of aspects and these differences can have profound effects on breeding success, seed production and hybrid performance. For a character to be most easily used in breeding it should be clearly identifiable, simply inherited, and controlled by major genes,its expression being unaffected by other genes or the environment. The A_1 CMS system in pearl millet and the A_1 (kafir-milo) system in sorghum did meet the minimum criteria, and since they were the first available systems to allow commercial access to the tremendous advantages of hybrids, they became widely used. Only now, when other CMS systems have been discovered and compared to the A_1 system, can we characterize the deficiencies and constraints of the A_1 system, which could not previously be seen clearly.

Many of the constraints to the A_1 systems in sorghum or pearl millet can be illustrated by examining the F_2 of any common hybrid. The large class of partial steriles (or weak fertiles) that occur are indicative of the difficulties in breeding good seed and pollen parents with these systems. In pearl millet, we have compared the A_4 (Hanna, 1989) with the A_1 (Burton, 1958) system. More recently, we have been examining the A_5 system (Rai, 1995). The important differences are summarized in Table 1. (The A_2 and A_3

Table 1. Attribute comparisons in A1, A4 and A5 cytoplasmic-nuclear male sterile systems in pearl millet

	A_1	A_4	A_5
Germplasm Access	V. Limited	Wide	V. Wide
% B lines in germplasm	±10	±85	99
% Perfect B lines from B x B crosses	±50	100	100
% R lines in germplasm	<15	±10%	±1%
% Germplasm giving partial male sterility	±75	<5	<5*
G x E effects on restoration	Present	Low	V. Low*
Appearance of sterility	Good	Good	V. Good
R Line breeding in sterile cytoplasm	V. Difficult	Easy	Easy*
Cytoplasmic reversions to male fertility	Yes	No	No*

*Initial results

systems (Burton and Athwal, 1967) were never sufficiently male sterile to be of commercial use). The most significant differences include the following:

- Very few partial fertiles occur with A_4 and A_5 This makes breeding many times easier, especially in terms of developing A-lines and generating new B-lines.
- High frequency of B lines in germplasm. Producing new seed parents, which is key to advancing hybrid yields, was a major constraint with the A_1 CMS system. Almost all cultivated germplasms are B lines in the in the A_4 and A_5 systems.
- Though the natural frequency of restorers (R_4 in the A_4 system, R_5 in the A_5 system) in cultivated germplasm is low and very low respectively, the conversion of any line to an R_4 or R_5 pollen parent is a straightforward dominant backcrossing procedure when utilizing sterile cytoplasm. The use of sterile cytoplasm in breeding R_4 or R_5 restorers is possible in these systems, because—in contrast to the A_1 system—there is little interaction with other nuclear or cytoplasmic genes, which cause variable partial sterility expression.
- When the concept of heterotic pools is considered, the amount of diversity available for seed parents in A_4 and A_5 systems is much larger than for A1. The diversity available for R_4 or R_5 pollen parents is potentially unlimited, as any line can be rapidly converted to R_4 or R_5. By the same token, any A_1 or R_1 line (or existing A_1 hybrid) can be converted to A_4 or A_5 lines, or hybrids.
- The expression of male sterility and fertility in the A_1 system is subject to environmental influence. In high temperatures, for example, A_1 seed parents can break sterility. In cooler conditions, and A_1 hybrids can become significantly less male fertile giving poor seed set and reduction in yield.
- Finally, A_1 sterile cytoplasm is slightly unstable and mutates to fertility at a low rate compared to fertile (normal) cytoplasm. This phenomenon has so far not been noted in A_4 or A_5.

The sum of these differences can result in a huge effect for breeders. With the A_1 system, the primary breeding effort is to develop new male sterile lines and restorer lines, and then (within those limits) look for heterotic combinations. With A_4 and A_5, however, the primary effort can be to look first for heterotic combinations, and only then convert the superior combiners to male sterile (A lines) or male (pollen, restorer) R lines.

The A_4 and A_5 CMS systems, thus, provide access to a much wider range of genetic diversity for hybrid breeding and present a rapid, certain method of developing both male and female hybrid parents, which substantially improves the efficiency of breeding. A similar situation may exist in sorghum: where the A_1 system has similar constraints and many CMS systems are known to exist (Schertz, 1998) but have not been extensively explored.

One aspect that needs further investigation is whether the different cytoplasms cause differences in hybrid performance.

While only A_1 and A_4 have been compared, initial results suggest that there may be some nuclear cytoplasmic interactions. In some cases, the same nuclear hybrid was better when made in A_1 cytoplasm, while in other combinations the A_4 hybrid was better. It also seems possible that nuclear cytoplasmic interaction can contribute to heterosis, since CMS hybrids can be slightly better than the same hybrid made without sterile cytoplasm (possible in pearl millet and maize). Research is continuing to confirm these results. One consistent difference was that the protogyny period in A_4 was shorter than in A_1, but stigma longevity is longer in A_4 which leads to better seed set under stressful conditions.

Seed producers will find A_4 and A_5 hybrids easier to produce. In A_4 and A_5 hybrid seed production, most off-types that result from outcrosses in seed parent increases will be male sterile, because most sources of stray pollen are maintainers. If R_4 and R_5 germplasm becomes more common, this advantage will decline.

No reversion of A line plants to B line plants, which occurs in the A_1 CMS system, will also mean cleaner seed parents and, hence, purer hybrids. Such reversions are very difficult to find, because (except for pollen shed) they are identical to male sterile plants. These two characteristics will greatly reduce the need for roguing seed production fields, reducing production costs and increasing hybrid purity.

Seed producers will not have to worry about unusually hot or cool weather when producing A_4 or A_5 hybrids. Such conditions can either cause breakdown of male sterility or poor pollen shed in the A_1 system. Farmers will benefit in several other ways from the use of A_4 or A_5 hybrids. First, hybrids will have less off-types in them. Second, there will be a high level of male fertility that will be unaffected by cool conditions. Third, because hybrid breeding becomes quicker with A_4 or A_5 yet draws on more diversity, superior new hybrids will reach farmers more quickly.

Summary

New cytoplasmic-nuclear male sterility systems A_4 and A_5 in pearl millet—compared to the original A_1 system—offer advantages to breeders, seed producers, and farmers. These advantages are based on clearer expression of male sterility or male fertility, with less environmental effects, greater access to genetic diversity, and the rapid conversion of any line to R_4 or R_5 restorer lines. Additionally, A_4 and A_5 sterile cytoplasms appear not to spontaneously revert to the normal (fertile) condition, as in A_1. The A_4 and A_5 CMS systems now allow breeders to concentrate first and foremost on hybrid breeding (finding the best heterotic combinations), then on converting the parents using CMS sterile and restorer lines, leading to a large increase in efficiency in hybrid breeding.

References

Burton, G.W. 1958. Cytoplasmic male sterility in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

Burton, G.W., and D.S. Athwal. 1967. Two additional sources of cytoplasmic male-sterility in pearl millet and their relationship to Tift 23A. Crop Sci. 7:209-211

Hanna, W.W. 1989. Characteristics and stability of a new cytoplasmic-nuclear source in pearl millet. Crop Sci. 29:1457-1459.

Rai, K.N. 1995. A new cytoplasmic-nuclear male sterility system in pearl millet. Plant Breeding 114:448-450.

Shertz, K.F., S. Sivaramakrishnan, W.W. Hanna, J. Mullet, Yi Sun, U.R. Murty, D.R. Pring, K.N. Rai, and B.V.S. Reddy. 1997. Alternate cytoplasms and apomixis of sorghum and pearl millet. pp. 213- 223 In Proc. of International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. INTSORMIL, Univ. of Nebraska-Lincoln.

Creation of a Seed Industry: Role of the Private Industry

A. Bruce Maunder

Introduction

Seed, currently a 55 billion dollar market, worldwide, has evolved since 13,000 BC through several phases. These changes, while well documented in developed countries, provide likely projections for the future role of private industry in international agricultural development:

- In *phase* 1, farmers save their own seed or obtain it from nearby farmers with the low rate of varietal development limited to farmer selection within landraces. Adoption of new types is low.
- During *phase* 2, varieties developed by the public sector begin, although slowly, to replace traditional seeds and inputs such as fertilizer, while limited, are increasing, with the likelihood of an emerging indigenous private sector involved in multiplication and distribution of public varieties.
- With *phase* 3, the private sector becomes active with research and development, particularly in developing hybrids as well as seeds for specialized crops such as vegetables. Commercial seed production and marketing are common, effective seed laws are in place, and the use of improved seed is high.

Parastatal seed systems, while supplying only 10% of total seed annually in Africa occupy a position late in *phase* 2 or early in *phase* 3. The public sector may specialize in basic research and applied research on subsistence crops while the private sector increasingly focuses on research, production, and marketing of improved seed having a high multiplication factor and a relatively low seeding rate. NGO's conversely, concentrate on multiplication and distribution of seed not targeted by the private sector. Hybrids in essence widened the agricultural evolutionary gap between developed and developing countries.

The private sector became a major player in seed in Europe after the Second World War. Agroceres, a Brazilian national company began in 1947; the private sector became active in Argentina and Mexico in the 1950's and 1960's; and Thailand with Suwan-1 in the 1970's. Often the private sector got its start with public varieties or hybrids and depended on a consistent supply of high quality seed to develop a market. Also, the first hybrids, 4-way doublecrosses, as with the U.S., were better adapted to low input agriculture. These were followed by 3-way and then single crosses which required adequate inputs for maximum yield expression. Morphologically they were of shorter plant stature, with better standability, and often responded to increasingly higher plant populations. Whereas *phase* 3 seems essential for a green revolution in maize comparable to that in rice or wheat, public organizations will and must continue to play an important role in training, basic research and

technology transfer. Crop improvement for specific markets, including subsistence farming, and germplasm development for smaller, indigenous seed firms also requires a strong public component. The current U.S. evolution from public to private seed improvement suggests an advanced stage of *phase* 3:

U.S private sector in plant breeding - % of breeders and number of companies.

Crop	Breeders (%)	Companies (No.)
Corn	94	91
Soybeans	64	38
Sorghum	74	19
Sunflowers	89	14
Wheat	42	27
Cotton	77	35

Current figures suggest an annual gain of 32 breeders per year for industry and a loss of 2.5 for the public sector with the private plant breeding effort approaching 2/3's of the total monetary input. Many developing countries, in comparison to the U.S. seed industry evolution, would range from 50 to more than 75 years behind.

Contributions of Private Sector

A commonly recognized logo is "first the seed" yet we've seen the private sector as "last to enter." Krull et. al. indicate seed to be the single-most important catalyst for achieving significant increases in agricultural productivity. Sanders et. al. working in Sudan found from farmer interviews that the principal constraint to a more rapid introduction of the first sorghum hybrid, Hageen-Dura-1, was the inability of input suppliers to produce adequate quantities of high quality seed and to provide sufficient fertilizer. Current world agricultural statistics alarmingly tell us that grain consumption per person has dropped 7 percent since 1984; grain harvested area per person dropped 48% since 1950; irrigated area since 1978 by 6%; and of perhaps most concern, annual yield gains during the 1990's only increased by 1.1% compared to 2.1% from 1950 to 1990. With little more than one-third of the world's crop area in improved planting seed, an obvious need of developing country agriculture is technology transfer. To encourage development of the private seed industry, governments should first survey the state of agriculture, by crop and by socio-economic region, to determine which crops and areas of their country can benefit from a private seed industry.

Success of the private seed industry depends on its ability to provide: (1) a dependable supply, (2) acceptable quality and purity, and (3) hopefully, but not necessarily, an improved level of performance. Any of these advantages would provide for profit to farmers, allowing a higher price for good quality seed. In brief, commercial seeds are best suited to profitable crops in favorable farming regions. The private sector companies must concentrate on activities they do best, considering funding limits. Their infrastructures support applied breeding of lines and hybrids with increasing introgression of biotechnology, followed by extensive testing over wide environmental/geographical areas. Private Industry can best accomplish these activities by:

- being more efficient and flexible;

- better understanding market requirements;
- interacting with new agronomic practices;
- concentrating on a holistic approach;
- working large numbers in selection and testing;
- being able to assume a level of risk;
- applying seed cost economics to potential pedigrees;
- emphasizing short or medium term breeding programs; and,
- reducing crop vulnerability.

The government of India, for example, has recognized the capabilities of the private sector to breed, produce, and market proprietary and publicly bred materials more efficiently. With control of 60% of the coarse grain market now, the Indian private sector unanimously suggests things will be better business-wise. Note that the 1998 recipient of the World Food Prize, Mr. B.R. Barwale and his Mahyco Seed Company contributed to the Green Revolution in India by establishing mechanisms of production and distribution of quality seeds of major cereals and vegetables plus generated job opportunities in seed production for women belonging to the socially and economically underprivileged sections of the society.

Multi-nationals characteristically depend on in-country personnel preferring to minimize ex-patriots in overseas assignments. This is not to minimize the considerable interaction between the base location and any other participating country. Certainly the private sector offers a logical place for short term training of those desiring to establish a seed business. Another opportunity rests with experienced seedsmen who may be retired but willing to impart their expertise in an advisory capacity. Not to be under-emphasized, marketing and distribution play a vital role in determining the success or failure of any hybrid seed organization, whether public or private. Finally, the absence or ineffectiveness of the seed industry can pose a major problem in the spread of new crop cultivars, (Pray and Ramaswami).

Business Considerations of Private Sector

The obvious business requirement before investing in a private sector seed venture, whether by a national or international effort, relates to an expected return on investment. This concern will be affected, however, by a host of other criteria such as strength and stability of the economy; freedom from disincentives resulting in a level playing field; seed price to grain ratio; intellectual property rights; need for product; its infrastructure, particularly transportation, adequate for delivery of goods and services to the farming community; and certainly political stability. Since private companies are seldom subsidized or given incentives, their entrance into a seed venture must be concerned with generating a return on shareholder equity. They therefore choose an environment where demand is likely to be strong. Public seed organizations to the contrary are often motivated by non-economic considerations such as with a mandate to serve all farmers. Also, vertical integration is commonplace in the private sector but uncommon in the public sector.

Improved technologies, readily available in developed countries but which have not reached the farm level in the developing world, will be needed for the full expression of the genetic potential. Nevertheless, ample evidence exists for the superiority of high-tech seeds over conventional landraces even under less than favorable growing conditions. A common suggestion on crop yield relates to a 50% yield increase for consideration of improved seed compared to traditional landraces. Relate this, however, to developing country yields, often less than a ton per hectare, where such an increase becomes somewhat less significant related to seed and other input costs. In transition to hybrids from varieties increases have been commonly expected to range from 20-40% from heterosis with other inputs additionally significant. In developing countries, management practices and certainly availability of water may often be more critical for increased productivity.

With maize, adaptation allowed temperate hybrids of the private sector to move into Europe in the late 1940's, and in fact 90% of industrialized countries are temperate. Only 25% of developing countries, however, can use temperate germplasm. Therefore, most of the high tech seed developed for the U.S., Europe, and thus the vast majority of hybrids developed by private seed companies are of little direct use to maize farmers in developing countries. With Argentina there was a flint versus dent grain type requirement. Therefore, the multi-national private sector at times found hybrid sorghum a more likely first crop to enter into markets such as Mexico and Argentina, perhaps erroneously seeing it to be more widely adapted.

In most developing countries in which hybrid seed has been widely adopted by small-scale farmers, seed-to-grain price ratios are usually less than 10:1. Later during the maturity phase of the seed industry, according to Heisey et. al., seed-to-grain price ratios rise sharply, often stabilizing in the range of 25:1 to 30:1. China, the world's largest producer and consumer of maize seed, plants 740,000 tons annually of which 90% are hybrids. Price controls here keep the seed-to-grain price ratio unreasonably low at 4 compared to the rest of Asia at 24. This pricing structure brought about widespread adoption of hybrid maize but has likely discouraged investment in agricultural research and in-fact the average age of maize hybrids used by Chinese farmers in 1993 was about 20 years and of low quality compared to six years and high quality in the U.S. Without controlled pricing, producers in Sudan have indicated a willingness to pay as much as double for seed from a multi-national whose reputation and track record assured appropriate purity and quality even for a locally developed product. Actually, higher seed costs are often a key factor in getting the farmer to improve management practices. Better seed doesn't cost more, it pays more.

Non-hybrid crops, except for vegetables, have been less likely as products for opportunity in overseas markets. DEKALB, using CIMMYT spring wheat materials, found an acceptance of more than 50% in Argentina which was good for the country but not profitable compared to the marketing of small grain varieties in Europe. Soybeans and alfalfa may also be examples, especially with transgenic traits. In September, 1998, Monsanto, the world's largest supplier of

genetically modified crops, announced it would invest $550 million in Brazil to produce its herbicide, Roundup. Shortly afterwards, the Brazilian government made Monsanto's Roundup resistant soybeans that country's first legally approved, genetically engineered crop.

Whereas a return on investment and protection of germplasm seems consistent across company philosophies for overseas expansion, a more conservative and an approach of much less risk may involve exports of product or a licensing arrangement with an established indigenous business. Small markets as well as government restrictions on ownership may lead to these approaches. Zimbabwe is an example of public seed activity going to the semi-private Seed Co-op which to survive against multi-nationals formed technical collaboration agreements with U.S., South African, Zambian, and Kenyan seed companies.

The promotion of private agri-business activity in sub-Saharan Africa has not been successful even when incentives were given for private entrepreneurs. Pray and Tripp indicate the most common strategy for encouraging increased participation in the seed industry would be for governments to insure free and open access to products of public breeding programs. In India, where a supply of trained agriculturalists to operate seed firms is not limiting, an absence of breeders rights legislation caused reluctance to develop full fledged breeding programs or introduce proprietary inbred lines, denying producers access to the best germplasm and technology. Certainly open market policies between countries and fair and uniform seed regulations are additional and significant business considerations.

Benefits for Private Investment

Examples of successful seed ventures by the private sector are numerous such as maize in Argentina, Brazil, Mexico, Thailand and Europe; sorghum in Mexico, South Africa, Argentina; sunflowers in Argentina and Europe; and wheat in Europe and Argentina. Pioneer's 1998 annual report shows 27% of their corn income was outside North America whereas DEKALB shows 34% of earnings from international seed operations in fiscal '97 with '98 an aberration at 83%.

Often public agricultural funding is sacrificed when monetary constraints of government shift funds to alternate investments. The private sector then will be more encouraged to increase its investment. Such occurred as both Mexico and Argentina moved out of the developing country category. Argentina provides a good example of changes brought about by a heavy commercial emphasis with hybrids of maize, sorghum, and sunflowers:

Evolution of yield of the principal cereals and oil crops in Argentina, 1910-1994.

Cultivar	Years and type	Kg ha^{-1}/year
Maize	1910-50 varieties	9.00
	1951-94 hybrids	57.92
Sorghum	1954-65 varieties	-7.52
	1966-94 hybrids	58.43
Sunflower	1929-80 varieties	-0.36
	1981-94 hybrids	43.00

Data from Argentine Secretary of Agriculture

Such results greatly enhance private sector relations with the producer and will most often lead to greater private sector support by the government. In Thailand, Michael Morris of CIMMYT, points out that seed prices, as in Europe and North America, increase with the yield potential, leading to single-cross hybrids having a seed-to-grain price ratio of 27-30 compared to OPV's of 4-5.

Numerous secondary advantages for foreign investment include extra generations such as with the southern hemisphere, early screening, germplasm exchange, grain quality differences, plant pest screening, temperature, moisture and soil toxicity stress tolerance. A significant benefit, perhaps utilized more frequently with the rapid introduction of transgenically modified hybrids, relates to seed multiplication of a foundation or commercial nature by use of the opposite hemisphere.

Also, expanding multi-nationals generally operate in a growing market. For example, Brazil has moved maize from a food to feed crop but only 50% of the area is in hybrids. A similar trend is occurring in Africa with sorghum and very little is in hybrid. In fact, in Ethiopia, where the crop is thought to have originated, only 5% of the planted area is even in improved varieties. Naturally, the larger seed concerns can better justify their costs of biotechnology by applying this science to appropriate benefits in the developing countries as well.

Limitations/Restrictions/Concerns Affecting the Private Sector

The unpredictable climatic characteristics of many developing countries have discouraged investment in yield enhancing technology. Farmers purchasing improved seed and fertilizer risk losing their investment causing growth in agricultural production to depend more on land expansion than yield increase, even then lagging in comparison to population. Also, the private sector, while able to operate more efficiently, faces lower competitive pricing since public seed organizations can include some type of direct or indirect subsidy. Pronase of Mexico sets prices to only cover its operating costs and does not have to recover research, packaging, or promotional costs as it attempts to provide seed for low-income farmers.

Since multi-nationals require a minimum time frame of 8-10 years to develop adapted cultivars to a new-entry market they must be prepared to give a new venture a reasonably long term trial for success. The availability of public breeding material during this phase of establishment becomes all the more critical. With either public or private improved seed, cultural preference can become significant to product acceptance. Hageen Dura-1 grain price dropped to 35-50% of the local varieties three years after its release in part due to farmer and millers' complaints about the smaller, harder seed and a blander kisra. By 1990 the price differential disappeared and 90% of farmers interviewed reported that HD-1 kisra was equal to or better than traditional sorghums. Sanders et. al. conclude that the narrowing of price over time may in-

dicate tastes to be dynamic, responding to higher yield potential (lower costs) of the new cultivar. In Latin America and sub-Saharan Africa consumers strongly prefer white maize but there is no scientific support associated with digestibility or nutritional quality. Thus the introduction of improved seed must overcome farmer preference for traditional varieties, especially if they command a premium in the market.

Pray and Tripp point out that during the early stages of seed industry development regulatory policies may be designed to restrict participation. When decisions about which varieties may be released are made by government plant breeders, the result can be an effective government monopoly of new varieties and virtually no private sector involvement in plant breeding. Regulation should address breeder's requirements for variety protection and adequate rewards; seed producers' concerns about bureaucratic interference and unfair competition; and farmers' expectations of *access* to a wide range of varieties from good *quality* seed.

Finally, the private sector must operate in a partnership with public sector R and D both worthy of recognition and support, not regarded as competition to be met with suspicion. Plant genetic resources can best be exploited if they remain fully accessible to all users and if passport information and technology on their use is widely disseminated. Not only must the seed industry educate farmers about the advantages of adopting improved germplasm and the benefits of using purchased seed but all parties, which includes scientists and policy makers, need an appreciation of intellectual property rights including plant variety protection.

The emerging private sector must be prepared to face real concerns as they add a new dimension to a previously less complex agriculture. The movement, mainly in developed countries toward stricter protection of commercial plant varieties, has been accompanied by a parallel initiative by the developing countries to protect local varieties and landraces, requiring payment for their use. Another concern, as well stated by Morris, suggests that the drive for increased efficiency leads to an increasing concentration and vertical integration in the private seed industry. Such trends may prove undesirable if a small number of very large companies dominate the global seed industry. An example of the current impact of one such company, Monsanto, only in relation to the Western Hemisphere:

1998 Monssanto Global Seed Market Share (SOM)

Country	SOM %	Country	SOM%
U.S.		**Mexico**	
Corn	15/50*	Corn	60
Soybeans	33	Sorghum	64
Sorghum	29	**Argentina**	
Cotton	84	Corn	65
Brazil		Sorghum	60
Corn	60	Sunflowers	30

*with Holden

Another example could very well have been Empresas La Moderna SA, a Mexican vegetable seed company whose seed accounts for 40% of all vegetables sold in U.S. supermarkets. ELM recently acquired some 11 companies that sell vegetable seed.

Predictions heard in many developing and industrialized countries that profit-motivated seed companies will inevitably engage in socially undesirable behavior in the absence of strict government controls have proved largely unfounded. Optimistically, such a consolidation as shown by Monsanto, with large market share, will in fact stimulate the larger player to increasingly search out new markets and in so doing bring the much needed contribution of the private sector to countries ready for such a transition. With the excessive costs associated with products of biotechnology the larger multi-nationals offer the best opportunity to provide this science in problem solving or improved products. As developing country's seed systems evolve so will their agricultural productivity, a mission of urgent importance.

Rapporteur's Report

Anand Kumar

Current Status of Hybrid Pearl Millet Seed Production

Day 1 - Session 3

General introductions were made by Dr. Botorou Ouendeba.

Dr. David Andrews discussed pearl millet research on new cytoplasmic male-sterility hybrids.

B.R. Barwale, of Mahyco, India, discussed the critical role of the private sector in less developed countries where resources are limited. He stated that initial subsidies might create an impact – the farmer is always interested in getting a better price for his product than getting subsidies such as seed at a reduced rate. Industry has to be aggressive. Seedsmen have to appreciate that any errors on their part will lead to erosion of confidence.

I. Mouddour – the Multiplication Centre in Niger clearly demonstrated the need for the private sector to be involved. We, in Niger, did not get any impact from the multiplication centers. Efficiency and effectiveness for the private sector are critical.

B. Maunder - Reasons for success - Dependable supply of seed, acceptable varieties/purity, improved levels of performance, and public sector plant breeding programs are essential for the success of the private industry.

Tuesday - September 29 -Session 1

Bases for Successful Hybrid Enterprises

Opening Remarks

Moderator - A. Kumar, ICRISAT/ISC

Production of Quality Hybrid Seed

Soumana Souley and Magagi Abdou

Introduction

Experience elsewhere has shown that the existence of a viable seed industry depends on the production of quality seeds. Seed certification provides standards of quality but there are other measures that need to be taken during the production process.

In this presentation we will discuss critical factors for the production of quality NAD-1 seeds as per our experience in Niger; they relate to choice of field, crop management, and postharvest handling of the seed.

Field selection

During the flowering period a lot of pollen is required. For adequate pollen distribution, a square field is better than a long narrow one.

Irrigation is important for seed production. A good seedbed must be available with no bumps, and irrigation canals must be clean. These measures will favor good irrigation and normal flowering of the two parents of the hybrid, especially a good grainfill in the seed parent. Abundant pollen in the male parent will also minimize unwanted fertilization from sorghum in neighboring fields.

The field should not be smaller than one quarter of a hectare to obtain a mass pollen effect. Isolation is important to avoid foreign pollen from causing fertilization. Where there are a large number of farmers in the same area it may be difficult to realize the recommended isolation distance. This can be compensated to a degree by increasing the number of border rows between the seed field and a field of a different variety within the isolation recommendation. A distance of 200 meters is recommended for the production of seed of hybrid sorghum. If the potential contaminating sorghum is similar in grain color, plant height, and the head is not of an open grassy type, the isolation distance can be modified as indicated in the following table.

Table 1. The minimal number of border rows needed for the male parent.

Minimum distance from contaminant (meters)	Field size up to 8 hectares	Field size greater than 8 hectares
125	0	0
115	2	1
110	4	2
87	6	3
72	8	4
60	10	5
50	12	6
38	14	–
25	16	8
0	—	10

PREVIOUS PAGE BLANK

If a neighbor will sow the pollinator parent this will also help avoid problems of isolation. When there are a number of farmers each farming relatively small hectarages that are contiguous with neighbors it may be possible for the group of farmers to all produce seed.

The field chosen should not have been sown to the same crop the previous year or the field should be pre-irrigated to germinate any volunteer plants that can then be destroyed prior to sowing the seed crop.

Crop Management

It is important to appreciate that there is a difference in growing a crop for seed and growing a crop for grain. A producer wants to maximize seed yield and because of the increased value of seed may use more fertilizer and other inputs than he would for a grain crop.

Experience in Niger indicates that the best seed yields come from fields that have been well managed over the years. Fields that have been exhausted by continuous cropping over many years with low or no inputs not only result in crops with lower yields but are less uniform even if high rates of fertilizer are used on the seed crop. Continuously cropped fields to the same crop may harbor pest problems that are not uniformly distributed in the field. In the case of sorghum, nematodes, and acrimonium wilt, are examples of such problems. Crop rotation, the growing of green manure crops and the incorporation of crop residue will all help to keep fields productive.

Land Preparation

Land preparation should involve bringing the field to good tilth and being completely free of weeds. It may be necessary to wait for rain or pre-irrigate to have adequate moisture for land preparation.

Fertilization

Some farmers broadcast a basal dose of fertilizer that is worked into the soil at land preparation. This is not a bad technique if the field will be subsequently furrowed for irrigation. If the field is flat or the irrigated units are flat it is probably best to band fertilizer close to the seed. This can be done at the time of sowing but is frequently done when the plants are 10-15 cm tall. It is recommended to fertilize with 200 kg N/ha, that can be in the form of 150 kg of 15-15-15 at land preparation and 100 kg of urea as side dressing. Some producers have used manure and lower rates of inorganic fertilizer and have realized excellent yields.

Irrigation

If the field is furrowed, seeds can be sown on the top of the bed or on the side of the bed which many prefer because the soil is more readily wet by irrigation water. This can be a problem in heavy clay soils with poor water penetration or very sandy soils where water primarily moves downward and the soil can dry rapidly in the hot sun.

Sowing

If the parents of the hybrids do not flower at the same time (nick), the parent

that takes longer to flower needs to be sown first. In the case of NAD-1 seed production, it is established that the pollen parent (male parent) must be planted 7 days before the seed parent. Sowing instructions are given in a training manual publisbed by INRAN and INTSORMIL in 1997. A comment on border rows is appropriate here. In keeping with certification standards, border rows may not appear as necessary but they are so. A good yield on the seed parent is necessary and for those rows of the seed parent on the outside they may depend on border rows. In that case border rows should be planted seven days before the female parent. This way there will be abundant pollen when the female parent starts flowering, and reduced contamination from foreign pollen. Sowing rate and spacing should be used so that final plant stand is 180,000 to 200,000 plants per hectare. In rows 80 cm apart there should be a plant about every 10-15 cm.

Isolation distance can also be manipulated by sowing the seed crop 3 or 4 weeks before or after the neighbor has sown provided both crops take about the same amount of time to flower. If the neighbor's crop flowers 3 or 4 weeks before or after the seed crop isolation by time might be adequate. It would be worthwhile for producers to become familiar with the behavior of other varieties of the same crop in their areas of seed production.

Experience needs to be gained about the best time for sowing. It appears that in much of the cropping area in southern Niger the best period is the last week or two of June up to the middle of July. Sowing as late as August can result in plants of less stature and lower yield, and can delay the time of flowering of one parent more than the other. In higher rainfall and longer season areas it may be best to delay sowing until the danger of late rains at crop maturity has passed and good quality seed can be harvested (free of mold and discoloring). A late sowing at Bengou, however, resulted in a severe attack of midge resulting in substantial yield loss. Possibly late sowing could result in increased stemborer attack. These problems differ with each location so experience is valuable. A well-managed seed field will produce 1,800 to 2,000 kg of seed per hectare, not counting the grain produced on the male parent.

Weeding

It is important to keep seed production fields free of weeds. Two to three weedings should be done as early as possible for the crop to get ahead.

Thinning

Thinning to the right plant stand (80,000-120,000 plants per hectare) is important. This is particularly true if 10-20 seeds have been dropped in pockets. Thinning should take place when plants are 10-15 cm tall and it is best if the soil is wet to allow roots to be pulled and to permit remaining plants to recover from root pruning.

Transplanting

If there are gaps in the stands in parts of the field and thinning is required in other parts it is possible to use the thinned plants for transplanting. Experience indicates that very young plants do not transplant very well. Some farmers are even

transplanting plants 25-30 cm tall. It is best if plants are 15-20 cm tall. Most of the leaf blades are removed from the plant leaving a fairly stiff plant for transplanting. The transplanted plant should be placed well into the ground and irrigated as soon as transplanting is finished.

If transplanting is undertaken in a portion of the field, plants of the seed parent and the pollinator parent should be transplanted as this process adds a week or more to the time of flowering and can result in failure of a good nick.

Transplanting can be a useful corrective measure but it is not as good as a crop from seed.

Crickets at times occur in large numbers and damage seedlings to the point of affecting stand. The use of an insecticide to control this would be worthwhile.

Roguing

Roguing is the removal of off-type plants and should be practice throughout the life of the crop. At times an off-type plant is vigorous with a good-sized panicle and there is temptation to leave it. Again, one must remember the difference between seed and grain production and good quality seed cannot be full of seeds that will be off-type in the farmers' field. It is important that off-type plants are removed before they shed pollen. If they shed pollen they can fertilize seed parent plants resulting in seed that will produce off-type plants for the farmer.

It may not be possible to identify an off-type plant during the grand growth period of the crop. Sometimes it is not possible to identify an off-type until seed begins to form and a difference in grain color becomes apparent. It is important to make a periodic inspection of the field to identify off-types as soon as possible.

There are certification standards that indicate a permissible level of off-type contamination. For production of hybrid sorghum, the number of heads or plants of another variety is one in 2,000. If it is doubtful whether it is an off-type plant (similar to other plants in the field), the level of contamination is one plant in 1,000. For breeder and foundation seed the standards are stricter. Breeder seed is one off-type in 50,000 plants and for foundation seed, one off-type in 35,000 plants. While there is not yet an active seed certification program, these figures do present limits to the producer who is concerned about seed quality.

Pollination

Pollination on a warm dry morning pollen may begin to shed soon after the sun reaches the field. If there is humidity or dew the shedding of pollen may be delayed until 8:00-9:00 am. And if the plants are wet from rain it could be 10:00-11:00 a.m.

If nicking is good, natural pollination may be sufficient to result in a good seed set on the seed parent. It may be useful to walk between the pollinator rows with a stick in each hand and hit the panicles knocking the pollen free. On a day with no or little wind much of the pollen will fall to the ground. If a motorized duster is available it can be used to places where seed parent heads are in flower with few pollinator heads nearby, pollen can be

collected in bags. The bags are slipped over the seed parent panicle and vigorously shaken. Pollen from one bag generally will pollinate one seed parent head. A crew of 4-5 people can handle many pollinations in a day.

Crop maturity and harvest: these are important considerations. The seed in the tip of the sorghum head matures about 4 days before seed at the base. As the grain matures, it begins to color and when fully colored (no tinge of green), it is approaching what is known as physiological maturity. At this point in the seeds development it has reached maximum dry weight. A good way of knowing is to take a few seeds from the base of the panicle. Examine the bottom of the seed and if there is a dark black spot where the seed was attached to the plant, physiological maturity has been reached. Moisture percentage is still high- over 20%; however, if the weather is rainy and conducive to grain damage, harvest can be undertaken. The harvested heads must be hung under a shelter where there is air circulation, even if by a fan or they must be dried in a grain drier when available.

Normally, the crop is left in the field for several more weeks to dry. For harvest and storage the moisture percentage should be 12 percent or less. It is advisable, following harvest, to dry the heads in the sun for a few days to be sure that the grain moisture is low, at 10-12% moisture the seed is hard to bite.

Harvested heads need to be protected from rain otherwise they will pick up moisture and if not dried again and they go into storage at high moisture, germination will go down and seed quality lost. The germination of seed sold to farmers should be 80% or better.

When harvesting, it is recommended that all pollinator plants are harvested and the panicles removed from the field before harvest of the seed parent begins. This will help prevent mixtures. Also, the threshing of pollinator and seed parent heads should be sufficiently separated that mixture is not possible. If a threshing machine is used, it needs to be carefully cleaned so there is no seed of one type in the machine when another type is to be threshed.

Seed should be stored in bags, preferably cloth, in an area that can be kept relatively cool. Thick walls, high ceilings, and insulated roof even of thatch or stover will help reduce temperature. If air conditioning is available, this is a big help. There should be air movement and the floor and walls should be smooth so that they can be swept to reduce a build up of storage insects that will live in cracks. Steps should also be taken to control rodents.

Conclusion

To produce NAD-1 seed, a seed grower must follow certain practices including:

- the choice of a uniform, flat and well-drained field;
- avoidance of a field with sorghum as previous crop;
- good isolation of the field;

- good seedbed to promote vigorous germination and growth of the seedlings;
- sufficient quantity of water;
- high level of inorganic fertilizer like 15-15-15 in basal application and urea in sidedressing;
- follow staggered planting dates for the parents;
- follow adequate agronomic practices;
- harvest and thresh the parental heads separately;
- treat the seed and store it in a dry cool place;
- check germination before the seed is distributed for commercial planting.

Field Management for Sorghum Seed Production

Seyni Sirifi, J.W. Maranville and R.K. Pandey

Summary

Successful sorghum seed production in Niger requires careful adoption of crop management practices. Lack of appropriate techniques of crop management can lead to poor crop stand, reduced seed yield and sometimes failure of the crop. The most important crop management criteria are site selection and land preparation, crop establishment – row spacing and density, nutrient management (fertilizer rate, application method and time), irrigation requirement, plant protection, harvesting and threshing.

Results from field studies on several soil types in Niger suggest that the crop performs better on heavy fine textured soil compared to sandy soil; however, with improved nutrient and water management, a satisfactory seed crop can be raised on a sandy soil. Field studies on crop establishment suggest that the ridge and furrow system is superior to flat bed as it allows greater water use by the crop and facilitates intercultivation. Studies on row (60-70 cm) and plant spacing (20-25 cm) provides sufficient plants (80,000 to 100,000 plants/ha) to produce high yield.

Nutrient management is critical for increased seed production. Under low soil fertility, increased amounts of nutrient is required compared to moderate to high fertility soils. To achieve a target yield of 2 t seed per hectare, 120-30-30 kg N-P-K per ha in low soil fertility conditions and 90-30-30 kg N-P-K under moderate fertility condition is generally required. The distribution and quantity of rainfall determines the water availability for crop growth and crop response to nutrients. Poor distribution and low amount of rainfall often demands supplementary irrigation to ensure stable production and minimize the adverse effect of water stress during grain filling.

In the early stage of crop growth, weeds compete with crop for water, nutrient and light. Failure to have good weed control results in yield reduction. When the crop is tall (60-80 cm), it can smother weeds. Generally one or sometime two weedings are required to eliminate weeds during the season.

Harvesting and threshing are also crucial factors that determine the quantity and quality of seed yield. Grain moisture content at harvest and method of threshing may determine seed grown breakage. Field losses due to these factors must be minimized.

Introduction

Hybrid seed technology offers potential for enhancing crop productivity through heterosis both in rainfed and irrigated culture. However, adoption of this technology without appropriate nutrient management in Niger on nutrient depleted soils would further deteriorate soil fertility. Thus, proper crop and soil management under a well coordinated government policy on fertilizer availability

and pricing would be required to enhance sorghum crop yield from the present low productivity. Developing a seed production system to support improved seed, fertilizer and other input supplies to farmers is a necessary step to achieve the goal of increased food production.

Managing a sorghum crop for seed requires understanding of crop needs for plant nutrients, water, plant protection and environments in which the crop is grown. Use of improved crop production practices and inputs determine the yield level. Depending on target seed yield, production practices and inputs must be adjusted to achieve the goal. The sorghum seed crop is usually planted in a ration of two male rows and four female rows and both have very similar cultural requirements except possibly an adjustment of planting date to synchronize flowering. Otherwise, that of field management of a seed crop is fairly similar to that of commercial open pollinated varieties regarding nutrient and water requirement to produce similar yields.

In Niger, successful seed production must have a satisfactory seed yield level, and improving current seed yield from 1 t ha^{-1} to 2.5 t ha^{-1} would require adoption of improved crop management practices. There is obviously a need to examine crop management practices using relevant field data that determines crop productivity in Niger.

The purpose of this paper is to review crop management practices based on the results of field experiments conducted in Niger.

Soil Type and Its Fertility

Soil type and its fertility level are key factors affecting sorghum productivity in the Sahel. Sorghum performs well on finer textured soil, and most of Nigerien farmers prefer to grow the crop in finer textured soil than sandy soil since they use very low inputs. However, sorghum can produce well on sandy soil provided the constraint of water and nutrients is removed or significantly reduced. Most soils in rainfed areas are poor in fertility and have low organic matter and water retention; thus, soil based management practices is crucial for seed production to attain target yields.

A field study was conducted to compare the effect of soil types on nitrogen and phosphorus requirement of sorghum in the Konni Perimeter. This area is characterized by mean rainfall of 477 mm with potential evaporation of 679 mm from July to October. Four nitrogen levels were tested with and without phosphorus on nine farmer fields involving three soil types: silty clay loam (vertisol), sandy loam and sandy (inceptisol). Results presented in Table 1 show a differential response and requirement of sorghum to nitrogen and phosphorus in the three soil types. The silty clay soil had higher yield than sandy soil at similar nutrient application as it has higher nutrient supplying capacity. A differential genotypic response to nutrients was observed and the hybrid NAD-1 had slightly higher yield than the improved line Sepon-82 (Table 2). Sorghum requires more nutrient when grown in a low fertility sandy soil than a moderate fertile silty loam to produce a similar yield. In the Maradi perimeter, where two types of soil, sandy and sandy loam are

Table 1. Response of sorghum to nitrogen on three soil types in the Konni perimeter in 1996.

Nitrogen Rates	Soil type					
	Sandy		Loam		Silty clay loam	
Kg ha^{-1}	PO	P50	PO	P50	PO	P50
N45	2035	2084	1993	2132	2229	2453
N90	2174	2381	2111	2285	2458	2658
N135	2521	2403	2528	2740	2653	2757
N180	2799	2917	2958	3417	3278	3201
Mean	2382	2446	2397	2643	2654	2767
SE+	256					

Silty clay soil (vertisol), sandy soil (inceptisol), crop had water stress at several growth stages.

Table 2. Nitrogen response of NAD-1 and Sepon-82 to nitrogen with P and without P on grain yield on the Konni perimeter in 1997.

Nitrogen rate	Sepon-82		NAD-1	
(Kg ha^{-1})	PO	P50	PO	P50
N45	2030	2218	2199	2324
N90	2190	2318	2241	2574
N135	2370	2669	2606	2754
N180	2874	3079	3097	3329
Mean	2366	2571	2536	2745
SE+	209			

Silty clay soil (vertisol), sandy soil (inceptisol), crop had water stress at several growth stages.

found, grain yield was superior in the sandy loam compared to sandy soil at the same level of nutrient application (Table 3). Maradi is characterized by a mean rainfall of 491 mm and potential evapotranspiration of 701 mm. To optimize sorghum productivity, nutrient application and use in different soil types must be based on soil tests if available.

Crop Establishment

Crop establishment is a crucial factor in realizing good seed yield in Niger. Good seedbed preparation is necessary for seed emergence and subsequent crop growth as well as water retention. Soil moisture at planting is critical for germination and good field emergence. Warm air temperatures and high atmospheric evaporative demand allows the soil surface to dry fast. Lack of sufficient moisture in the upper soil layer and a shallow planting depth often results in poor stands. Seeding depth and number of seeds per hill often determines field emergence.

Table 3. On-farm performance of NAD-1 in comparison to Sepon-82 at Maradi in 1997.

On farmer's fields		Soil type		
		Sandy	Sandy loam	
N rates kg ha^{-1}	Sepon-82	NAD-1	Sepon-82	NAD-1
27	1833	2100	2300	2566
54	2000	2333	2400	3633
81	2233	2620	2566	3700
108	2488	3200	3400	3866
LSD5%	438			
CV	19.9			

Sandy soil (>70% sand), Sandy loam (45 sand, 35 clay, 20 silt).
Crop had mild water stress three times during crop season.

Sorghum is generally planted on a flat bed in many areas for grain production. Use of furrow and ridge systems increases rainwater harvesting in rainfed areas, thus higher productivity. In the irrigated perimeter, these systems facilitate irrigation and inter-cultivation for weed control; thus, they deserve greater attention by seed growers. Research results generally show improved productivity when using the ridge-furrow system where rainfall conditions are limited.

A crop planted on ridges 60-75 cm apart and a hill to hill spacing of 25-30 cm with 2 seeds per hill generally results in an estimated plant density of 80,000-100,000 plants per hectare if seeds have 75-80% field germination. Thus, crop establishment becomes the first step in crop management for enhanced productivity (Pal et al., 1996; Patel et al., 1992).

A field study was conducted to test the effect of the ridge and furrow system of planting on grain yield of sorghum compared to the use of flat beds in Maradi during the 1997 rainy season. Results of this study showed that use of the ridge system had advantage in improving grain yield over a flat bed system when rainfall is low by improving water use efficiency (Table 4).

In another field study, effects of altering plant density from 40,000 to 120,000 plants were evaluated at the Maradi research station in 1997. Results of this study showed that increasing plant density from 40,000 to 100,000 plants per hectare increased grain yield (Table 5). As the application of nitrogen was re-

Table 4. Effect of method of planting and nitrogen rate on grain yield of sorghum in Mardi in 1997.

Nitrogen (kg ha^{-1})	Flat bed Method	Ridge/Furrow Method
0	1087	1583
45	1584	1950
90	2108	2375
135	2775	3117
180	2590	3095
Mean	2029	2424
LSD0.05	324	

duced, grain yield was also reduced at each level of plant stand. Under field conditions, to attain high grain yield, optimal plant density with optimal nutrient use should be targeted (Clegg et al., 1974; Patel et al., 1992; Singh et al., 1987; Villar et al., 1989).

Nutrient Management

Among plant nutrients, nitrogen is the most limiting nutrient followed by phosphorus (Maranville et al., 1980; Singh et al., 1987). Sorghum response to nitrogen is very dramatic, and 2-3 fold increases in grain yield are not uncommon. Phosphorus effect on yield increase may be 10-25 percent depending on the level of available phosphorus in soil (Cripps and Matocha, 1987; Pawar et al., 1987; Pawar et al., 1988). Response of the crop to potassium is lower (Pawar et al., 1987; Pawar et al., 1988). Removal of potassium by the crop from the soil deserves consideration if long-term productivity is to be realized. Thus, a basal application of compound fertilizer (15-15-15) is generally recommended. Recent research in Niger suggests that sorghum responds to nitrogen up to 180 kg ha when soil moisture is not limiting; however, under rainfed conditions, lower rates should be used.

Table 5. Effect of plant density at three nitrogen levels on grain yield with supplementary irrigation (150mm) in Maradi in 1997.

Plant density plants/ha	N45	N90	N135
40,000	2095	2980	3413
60,000	2360	3170	4667
80,000	2780	4250	5306
100,00	3884	4917	5534
120,000	3467	4580	5417
Mean			
LSD 0.05		310	

Seasonal rainfall - 465 mm

A field study was conducted at Lossa in 1996 to evaluate the effects of nitrogen phosphorus and potassium on grain yield of sorghum on sandy soil where organic matter and available nutrients were low. Rainfall was 350-400 mm in the 1996 rainy season. NAD-1 hybrid and the open pollinated variety Sepon-82 were evaluated at five nitrogen levels: 0, 45, 90, 135 and 180 kg N per hectare with and without phosphorus and potassium. Results showed increasing yields up to 180 kg N per hectare, and NAD-1 out yielded Sepon 82 (Table 6).

Another experiment was conducted at Lossa in 1997 to evaluate the effects of nitrogen, phosphorus and potassium on grain yield of sorghum on a sandy soil with low organic matter and available nutrients. NAD-1 hybrid was evaluated at five nitrogen levels: 0, 45, 90, 135 and 180 kg N per hectare with and without phosphorus and potassium. A split plot design with phosphorus and potassium levels as the main plot and nitrogen as the subplot was used with four replications. Supplementary irrigation (300 mm) was applied to meet the crop water requirement. Under supplementary irrigation, sorghum response to nitrogen on sandy soil was dramatic and an increase of nearly three fold was observed. Response to phosphorus was smaller but significant (Table 7). Application of potassium did not significantly increase grain yield. Addition of organic residue with phosphorus and potassium increased yield over phosphorus and potassium application. Application of

Table 6. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on grain yield (kg/ha^{-1}) of rainfed grain sorghum in Lossa during rainy season in 1996.

N rate (kg ha^{-1})	P40	P40 + K75	Mean	P40	P40 + K75	Mean
NO	625	679	652	481	539	460
N45	951	969	960	839	791	815
N90	1055	1360	1210	902	993	947
N135	1665	1922	1793	1581	1525	1553
N180	2012	2387	2199	1757	1812	1734
Mean	1262	1463	1363	1112	1132	1102
SE						173

Seasonal rainfall 343 mm, sandy soil (86% sand), inceptisol, Low organic matter (0.3%)
Potential evapotranspiration (100days) 693 mm.

Table 7. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on grain yield (kg ha^{-1}) of sorghum with supplementary irrigation (300 mm) in Lossa during the rainy season in 1997.

N rate (kg ha^{-1})	PO KO	P40 KO	P40 K 75	P40 K75 + 2t ha^{-1} CR*	Mean grain yield
N0	2220	2390	2520	2690	2455
N45	3080	3490	3590	3720	3465
N90	5080	5320	4350	5430	5050
N135	5610	6500	5430	7770	6170
N180	6580	7280	6420	8250	7230
Mean	4510	4996	4462	5450	4854
SE					390
CV%					14

CR*-crop residue (2t ha^{-1})
Seasonal rainfall 343 mm, sandy soil (86% sand), inceptisol, Low organic matter (0.3%)
Potential evapotranspiration (100 days) 693 mm.

nitrogen resulted in a linear grain yield increase to the highest rare applied (180 kg per ha).

Nitrogen Use Efficiency

Nitrogen use efficiency as determined by partial factor productivity (kg grain/kg N) is a measure of return on the investment made by farmers. Partial factor productivity (Pfp) under farmer management was lower than on-station (Table 8). One reason was crop water stress due to delayed irrigation. Normally irrigation is provided when there is no rain for three weeks or so. This results in frequent water stress. In contrast to this, crop evapotranspiration demand on station was met by frequent irrigation. Under rainfed conditions, Pfp was much lower than with supplementary irrigation. Between the two genotypes, NAD-1 had a higher Pfp than Sepon-82 (Table 8).

Crop Water Requirement

The water requirement of sorghum in the Sahelian environment is not often met by rainfall where there is erratic distribution and inadequate amounts. Supple-

Table 8. Partial factor productivity (Pfp, kg grain/kg N) of NAD-1 and Sepon-82 under supplementary irrigation and different nitrogen rates.

Nitrogen (kg ha^{-1})	On-farm		Station	
	Konni	Maradi	Lossa	Maradi
N45	42.7	56.8	77.0	69.5
N90	29.8	47.2	56.1	57.1
N135	23.2	33.9	45.7	41.5
N180	22.2	27.0	40.2	34.1

Rainfed Conditions

Nitrogen (kg ha^{-1})	NAD-1	Sepon-82 Pfp
N45	21.3	18.1
N90	13.4	10.5
N135	13.3	11.5
N180	12.2	9.6

mentary irrigation is necessary to realize full yield potential. Evapotranspiration demand of sorghum ranges from 450-550 mm if grain yield of 4000 kg or above is to be realized (Brun et al., 1972; Lewis et al., 1974; Zweifel et al., 1987). In an agro-ecological zone with 300-400 mm rainfall, supplementary irrigation is needed to produce good seed yield. In the 450-550 mm Rainfall zone, supplementary irrigation is needed only if rainfall is inadequate or not well distributed. Three to four supplementary irrigations may be needed in many Sahelian areas to produce a good seed crop. A comparison of a rainfed and supplementary irrigated crop showed a large increase (nearly two fold) in grain yield when irrigation was provided at booting, heading and grain filling (Table 9).

Plant Protection

Among plant protection measures, weed control deserves the greatest attention. Normally, two manual weedings at three sand six weeks after crop emergence need to be made. If weed intensity is low, one weeding may be sufficient in some locations. Due to lack of availability, use of herbicides is generally not feasible.

Harvesting and Threshing

Harvesting of the seed crop can take place anytime after the crop has reached physiological maturity (when moisture is between 20-25 percent). Generally, the crop is kept in the field until grain moisture falls to 9-11%. If weather conditions favor grain deterioration, harvest can occur earlier but the heads must be dried under shelter. If sorghum heads with high grain moisture are piled, heat from respiration will occur and germination lost. Generally, all pollinator heads should be harvested and removed from the field before harvest of seed parents begins.

Growth Stage Based Crop Management to Get High Seed Yield

Crop growth and development stages can be broadly divided into three phases.

Table 9. Effect of supplementary irrigation on grain yield (kg ha^{-1}) of sorghum in 1997 grown at different nitrogen rates.

Nitrogen rate (kg ha^{-1})	Rainfed rainfall (402 mm) yield	Rainfall (402 mm)+ supplementary irrigation (200 mm) yield
	---------- kg ha^{-1} ----------	
0	848	1964
45	1248	2772
90	1573	4040
135	2331	4936
180	2834	5784
Mean	1777	3899
LSD 0.05	412	

Long term rainfall (491 mm with standard deviation 143 mm)
Evapotranspirationn potential –557 mm.

Crop management specific to each stage should be followed to achieve the best seed yield.

- **Growth stage 1 (GS-1)** is the period from germination to conversion of the apical meristem from a vegetative to a reproductive one. Here attention to weed control, water and nutrient are key components of good management. The application of N-P-K is normally done at time of planting to avoid nutrient stress.
- **Growth stage 2 (GS-2)** is the development of the plant from panicle initiation to flowering. Attention to nutrient and water supply at GS-2 is a key for determining seed yield as stress will lower panicle grain number. A second application of nitrogen is generally done at this stage to avoid stress.
- **Growth stage 3 (GS-3)** is the grain filling period from flowering to physiological maturity of the grain. Water stress can be a major limiting factor during this stage and the crop water requirement must be met to ensure high seed yield an quality.

Any stress (water or nutrient) which hinders the normal progression of events in GS-2 can have marked effects on yield through reduction in plant size (root and leaf area) and the number of seeds per panicle (Lewis et al., 1974). Water stress has the most adverse effect on yield when it occurs during booting or heading stages (Musick and Grimes, 1961). Among the three stages, GS-2 is the most sensitive followed by GS-3 and GS-1. To maximize seed production, efforts should be made to reduce water and nutrient stresses.

Conclusions

High seed yield requires proper crop management at all stages of crop growth. Raising a good seed crop requires attention from field selection to crop harvesting and threshing. Neglect at any stage, site selection and land preparation, crop establishment-row spacing and density, nutrient management (fertilizer amount, application method and time), irrigation requirement, plant protection and harvesting and threshing will adversely affect quantity and quality of seed production. Since management of a seed crop is very similar to that of a commercial grain crop, suitable modification in crop management practices should be tailored to meet the needs of the region. Raising the current average yield level from 1 t ha^{-1} to 2.5 t ha^{-1} will require fine tuning of crop management practices.

Target Yield Based Nutrient Management

Low fertility sandy soil

Seed yield	Nutrient level	Fertilizer
(t ha^{-1})	N-P K kg ha^{-1}	
1-1.5 t ha^{-1}	30-30-30 basal	4 bags (15-15-15)-200 kg
	46 top dress	2 bags (urea)-100 kg
2-2.5 t ha^{-1}	30-30-30 basal	4 bags (15-15-15)-200 kg
	92 top dress	4 bags (urea)-200 kg

Moderate fertility level (irrigated Konni/Maradi perimeter)

1-1.5 t ha^{-1}	30-30-30 basal	4 bags (15-15-15)-200 kg
	22.5 top dress	2 bags (urea)-100 kg
2-2.5 t ha^{-1}	30-30-30 basal	4 bags (15-15-15)-200 kg
	67.5 top dress	4 bags (urea)-200 kg

Target yield (2.0t or above) based on crop water requirement

Rainfall zone	Potential ET	Supplementary irrigation need
300-400	Tilleberry 400-500	2-3 irrigations(150-200 mm)
	Lossa	
450-550	Konni 400-500	1-2 irrigation(50-100 mm)
	Maradi	
600-700	Bengou 400-500	None adequate
	Tara	Rainfall expected

Summary of management practices for successful growing of a sorghum seed crop

Consideration	Specific Requirement
1. Field selection and land preparation	Sandy/clay loam, fine texture soil Plowing and cross harrowing
2. Crop establishment-row spacing and plant density	Ridge and furrow system 60-75 cm, 20-25 cm hill to hill 80,000 to 100,000 plants/ha
3. Nutrient management fertilizer amount, application method and time	Based on soil test — N, P and K 90-120 kg N, 30 kg P and 30 kg 1. Basal at planting, side band (15-15-15) 2. Side dress urea 4-6 weeks after planting.
4. Irrigation requirement	2-3 irrigations or more depending on rainfall and its distribution
5. Plant protection	Floral initiation and flowering are important times for moisture availability Weeding — 1-2 hand weedings Fungicide/insecticide use - sometimes necessary.
6. Harvesting and threshing	After physiological maturity Seed breakage to be avoided.
7. Storage	Store dry (10% seed moisture) and prevent infestation of storage insects
8. Field uniformity	Either by crop rotation or by an off-season crop grow a green manure crop at a good level of fertility that can be plowed into the soil.

References

Brun, L., E.T. Cinemas, and W.L. Powers. 1972. Evapotranspiration from soybean and sorghum fields. Agron. J. 64:145-48.

Clegg, M.D., W.W. Biggs, J.D. Eastin, J.W. Maranville, and C.Y. Sullivan. 1974. Light and transmission in field communities of sorghum. Agron. J. 66:471-476.

Cripps, R.W. and J.E. Matocha. 1987. Comparative grain yield response of two sorghum varieties to N and P fertilizaton. Sorghum Newl. 30:54

Lewis, R.B., E.A. Hiller, and W.R. Jordan 1974. Susceptibility of grain sorghum to water deficit at three growth stages. Agron. J. 66:589-590.

Maranville, J.W., R.B. Clark and W.M. Ross 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum J. Plant Nutr. 2:577-589

Musick, J.T. and D.W. Grimes. 1961. Water management and consumptive use of irrigated grain sorghum in Western Kansas. Tech. Bull. Kans. Agric. Exp. Stat. 113.

Pal M.S., O.P. Singh, and H.P.S. Malik. 1996. Nutrient uptake parrten and quality of sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] genotypes as influenced by fertility levels under rainfed conditions. Trop. Agric. (Trinidad) Vol 73:6-9.

Pawar, V.S., A.C. Joshi, and N.K. Umrani. 1987. Response of Kharif sorghum to N, P and K. Sorghum News]. 30:46.

Pawar, R.S., H.C. Sharma, H. Singh, and R.S. Malik. 1988. Effect of irrigation, nitrogen and phosphorus levels on N P and K content and uptake of hybrid sorghum. Haryana J. Agron. 4(1):36-41.

Patel A.I., K.N. Agawal, and A.R. Parel. 1992. Effects of rowspacing, seed rate and fertilizers on the yield of sorghum. Indian J. Agric. Sci. 38.(5):805-810.

Singh, T., H. Singh, and M. Singh. 1987. Effect of plant geometry and nitrogen on yield and N uptake in hybrid sorghum. Indian J. Agron. 32(4):407-408.

Villar, J.L., J.W. Maranville, and J.C. Gardner. 1989. High density sorghum production for late planting in the central great plains. J. Prod. Agric. 2:33-338.

Zweifel, T.R., J.W. Maranville, W.M. Ross, and R.B. Clark. 1987. Nitrogen fertility and irrigation influence on grain sorghum nitrogen use efficiency. Agron. J. 79:419-422.

Seed Conditioning and Commercialization

A. Bruce Maunder

Introduction

An obvious need of developing country agriculture is technology transfer such as with improved planting seed, from national or international research improvement programs to the producer, both subsistence as well as the large operator. Unfortunately, major improvements at the experiment station level often only show up in annual reports and producer yields remain low. Lack of the proper infrastructure for effective multiplication and distribution of improved cultivars, such as from hybridization, which requires input from the private sector, most likely explains this constraint. For any crop the existence of dependable markets, relatively large areas of cultivation, and a desire on the farmers' part to increase yields through hybridization indicate that farmers might benefit from the presence of commercial seed firms. Advantages and likely reasons for success would be: (1) dependable supply, (2) acceptable quality/purity, and (3) improved level of performance (Maunder et al., 1994).

To develop a seed industry means providing a reasonable return on investment without undue government restrictions since capital risk will be required. Private but indigenous seed enterprises are a logical first step but their inability to cope with monetary fluctuations and lack of sufficient funds for research investment often has put them at a serious disadvantage. Historically, public institutions have not been effective or efficient as providers of hybrid seed nor have they been structured to do production and marketing. To the contrary, on-going technical support and encouragement by the public breeder until the seed producer becomes adequately experienced is highly desirable. Those new to the hybrid business must anticipate a more complex procedure with outside training early on but every country possesses the type of individuals capable of such activity. A supply of trained agriculturalists will be indispensable in operating the seed firms.

Over the past seventy years, since the hybridization of maize, numerous field and vegetable crops have benefitted from the phenomenon coined by Shull in 1917 at "heterosis" (Crabb, 1947). Examples include plants, characterized by both perfect and imperfect flowers, with genetic and cytoplasmic-genetic-sterility, protogyny, incompatibility, and genetic markers allowing for wind, insect, of hand pollination (Table 1). Even the oil palm, *Elaeis guineensis*, which accounts for the major cooking oil in much of the world, is in fact now derived from a wide F_1 hand-cross of *dura x psifera* which brings not only higher yield of oil but better seed characteristics into the end product.

Location of Production Control

Success in seed production often relates to the specific ecogeographic area

Table 1. Specific field and vegetable crops currently hybridized and the method of pollination.

Field Crops				Vegetables			
Maize	w	Cotton	i h	Onions	i	Squash	i
Sorghum	w	Alfalfa	i	Broccoli	i	Beets	w
Wheat	w	Oil Palm	h	Cauliflower	i	Cantaloupe	h
Canola	w i	Millet	w	Cabbage	i	Cucumber	i h
Sunflower	i	Castor	w	Tomatoes	h	Eggplant	h
Rice	w h	Sugarbeet	w	Watermelon	h	Pepper	h
				Carrots	i	Spinach	w

W=by wind, i=insect transmission, h=hand pollination.

chosen. Location should be determined by region of crop adaptation which will determine parental line performance in relation to frost-free days, temperature means and extremes, relative humidity, adequate and timely moisture, often by irrigation, well drained soils, and minimal abiotic and biotic stresses. Certainly freedom from weedy relatives of the specific crop will be essential. Heat units to enable normal growth and pollen viability are just as critical as a relatively dry harvest period to provide adequate purity as well as quality of the seed crop. Areas of heavy disease pressures on the seed crop will not only reduce yield but may very well prevent movement of seed into commercial channels. Weedy relatives not only cause high costs of roguing but may cause whole lots of segments of the production to be eliminated from the market.

Also, the availability of temporary labor for field activity such as roguing, detasseling, and harvesting can affect cost of the finished product as well as quality. This "unskilled labor" still requires a reasonable amount of training. Proximity of the seed production and conditioning to its intended market further relates to unit cost. Most likely because the parental material as well as the end product generally adapt to the same area, production will take place reasonably near the greatest demand and will become a component of more intense growing areas of a specific crop to reduce freight costs.

Equipment Required

Field equipment required for seed production will be dependent on that available by the contract growers with some more expensive or complex items at times furnished by the seedsman, examples being a pesticide applicator and a stationary, or preferably mobile, harvester/combine. Depending on the level of inputs, even some conventional farming equipment may of necessity have to be provided. Seed conditioning equipment would be the principal investment along with a reasonably useable building for this equipment as well as seed storage. Cost of such equipment based on U.S. prices for such crops as corn, sorghum, and sunflower may approach $75,000 U.S. (Table 2) where season long conditioning would readily handle 1000 tons. Harvest bags, holding bins, scales, and finished product sacks of paper or cloth as well as chemical treatments would be additional as would be the need for a dryer. Some level of useable equipment could very well already be in place as with Niger's effort to pro-

duce NAD-1, a first sorghum hybrid for the country (L.R. House, 1997, pers. Comm.). Also developed seed operations constantly upgrade, putting much useful conditioning equipment on the market at more favorable prices. Finally, consultation with experienced seedsmen will prove invaluable at the time of putting together an efficient and cost effective seed conditioning plant.

Table 2. Equipment to condition 1000 tons of maize, sorghum or sunflower seed based on U.S. cost estimates.

Component for conditioning	Estimated cost U.S. export*
Seed cleaners and sizer	$ 32,000
Ideal length grades	4,500
Pre-mix tank	2,700
Seed treater	3,300
Elevator	8,000
Conveyors (2)	8,000
Total	$ 58,500

*FOB prices plus packing

Germplasm, Foundation, Hybrid Production

Without preliminary germplasm research to develop and determine best parents for hybrid production, parental lines may be obtained from IARC's, NGO's, NARS, or USAID CRSPs (Collaborative Research Support Programs). As reiterated often by L.R. House from experiences in India, Sudan, and Southern Africa, the importance of a significant yield increase for the first hybrid or varietal release cannot be over emphasized. In fact Norman Borlaug believes that under some cultures yield increases of as much as 50% may be required to achieve movement away from traditional landrace cultivars (Maunder, 1997). Yield gains of 20-100% for hybrids over varieties are common in crops like sorghum. *Sorghum bicolor* (L.) Moench, along with enhancement of seedling vigor, 5-10 days quicker flowering, and improved test weight, not to mention the greater ease of handing abiotic and biotic stress, so often associated with this crop.

Foundation

Ready availability of the parental seed stocks will determine the need for foundation maintenance. Should foundation seed be a component of the seed industry smaller blocks for inbred increase with even greater isolation to conform to certification/purity restrictions must be established. These may require increase of all inbreds used in large scale production as well as single cross production where hybrids are 3-way or double cross types. Male sterility will require A-line or female production by the single cross of A x B where the B-line is identical genetically but in normal cytoplasm allowing for pollen production. This requirement to maintain seed stocks in sufficient quality and quantity when no other source is available becomes a significant component of a successful seed venture. Where the developing or research entity has personnel and equipment to handle foundation, new seed ventures will have a higher probability for success.

Hybrid Seed Production

The process of production requires many variables, some controllable, others not, making it impossible to be crop specific within the framework of this paper. Reference to Table 1 made earlier is critical in that the transmission of pollen dur-

ing hybridization significantly effects many of these variables.

First, growers, often on a contract arrangement, must be located for the actual crop production. These individuals should be the more progressive farmers in their community. The more interested and prepared they are to cooperate, the less the risk for a successful crop. If at all possible they should have access to irrigation and be able to provide reasonably uniform soils without toxicity or water logging problems. Some agreement within the contract may be necessary to insure sufficient chemical inputs for a successful seed crop. These seed growers may be the supplier of labor necessary to handle such field activities as detasseling or roguing. Payment can vary but is often based on market price plus premium per unit weight of harvested seed in an amount sufficient to attract the best possible growers.

Successful hybrid production depends on high purity and quality parental (foundation) seed planted in the correct sequence to assure pollination nicking and in the correct ratio female to male for an adequate volume of pollen. Examples of ratio by crop would be sorghum 3:1, corn 2:1 to 4:1, sunflower from 2:1 to 7:1, and wheat from 1:1 to 3:1 (Wright, 1980). Vegetable crop ratios also range from 1:1 to 4:1 (D. Homes, 1997, pers. comm.). Row width, ease and volume of pollen movement are other factors. Where nicking is environmentally affected, even from year to year, two or more planting dates of male are practiced to spread the pollen over more days to assure a good seed set. Good nicking best reduces off-types in the final product and allows sterile plants to escape such problems as sorghum ergot. Planting date studies to predict most likely splits are encouraged for all parental or most likely parental lines. Roguing before, during, and following pollination is essential to maximize purity and to meet inspection requirements. Another complexity of dealing with hybridization relates to adequate isolation from non-male pollen such as commercial cultivars and or weedy species some of which may result in off-types of an extremely objectionable nature such as rhizomes or seed shattering with sorghum.

Harvest must stress seed purity as well as quality. Generally, the male parent should be removed first to avoid contamination. Often a pre-harvest roguing will take place depending on season-long challenges with the specific field. Where and when possible harvest will take place may avoid use of a dryer or need for a desiccant. High moisture at harvest with too much heat from artificial drying can induce dormancy, reduce germination, or lead to rapid aging, a condition often associated with light frost damage. Every effort at this stage should be made to carefully label and store separately by seed lots, often quantities which represent a specific area of the field. These lots then allow for purity checks affecting only a part of a field and can avoid excessive discard should a problem with grow-outs occur.

With the overview of production requirements the complexity of hybrid production suggests outside technical input at the beginning of a hybrid seed industry. Many experienced with the crop could serve as short term consultants. Where

government or international center research has developed the specific hybrid cultivar, the breeder or related agronomist would greatly enhance success by being available for guidance and season-long problem solving. Additionally, the risks of low seed parent yields, inclement weather, and failure to meet purity standards all favor input from the private sector where investors are willing to take on risk for a potential profit, an undertaking not common to the public sector.

Marketing, Distribution, and Service

Once the seed is produced, the cultivar's attributes must be communicated to the commercial producer and the seed be made readily available for purchase. This may take place (1) directly from the seed operation itself, (2) through a store or other retail type operation, or (3) through farmer dealers, the approach most commonly used in the early history of the U.S. hybrid industry. Larger distributors, capable of providing more services, may become dominant in some markets. This trend has developed to better provide financing and service after the sale. The larger seed companies, however, also are expanding their efforts to provide agronomic support to customers. These services attempt to provide product information as well as information on likely crop production problems and their control such as from abiotic and biotic stress. At the time of purchase the grower should additionally receive information on germination, purity, seed size, and even specific lot numbers.

Product advertising is especially essential in a competitive environment. Perhaps one of the most effective and inexpensive approaches is through demonstration or show plots either done independently or in conjunction with government extension efforts. Producer meetings are often held at these plots to allow for discussion of the specific hybrid attributes or limitations with harvest data helpful in convincing growers to make the transition to high technology seeds from their common varieties. These meetings may also take place between cropping seasons where an update on agronomic practices, insect, disease, and weed problems and their control as well as nutrient requirements can be discussed.

Pricing of the seed must also be given high priority along with collection of sales. No specific figures can be given here but cost of seed from the contract grower, sales and advertising expense, and where applicable research cost are critical to determine price which still must take into account a reasonable return on the investment by the seed industry and a competitive range to other companies offering the same or similar performing products. Remember the grower will do his own calculation and a critical piece of information will be the opportunity for return on the potentially extra cost of his seed. In most countries utilizing hybrids the seed investment is relatively small in relation to the increased potential for both higher yield and extra earnings.

Conclusions

Success as a seedsman, once an infrastructure is in place, will relate to many variables among which will be the volume to produce to adequately meet demand. This may require a 25-30% additional production to account for distribu-

tion logistics, change in cropping systems, possible quality discards, and hopefully competitive gains. As stated earlier, likely reasons for success not only include a dependable supply but also credibility and conformance to purity/quality standards. In developing countries this assurance of a trueness-to-type or expectation can be an adequate advantage to develop a successful business. The third and most significant reason for a commercial seed venture would be to produce and distribute to an adequate customer base a product of sufficient yield, quality or other agronomic advantage to provide the consumer or producer a more profitable business whether it be selling the seed or growing a superior crop. The profit incentive promotes improved quality and performance, a characteristic not natural to the public sector.

To start up a successful operation requires the ability to secure adequate financing by an individual or organization, be willing to study and learn the business and then become a primary component of the agribusiness community. At times the best of planning will still result in too little or a carry over of supply which will require storage facilities to maintain an adequate quality to the seed. There will always be challenges with collection on sales but this is a business and these challenges are part of the risk. Depending on the quantity and quality of competition, the product performance must develop a customer base adequate in size to support the available seed industry. Success at this entry level can then lead to a form of in-house research activity to provide an improved and proprietary product. India has no doubt been the recent best example where in sorghum and millet the private sector, value-wise, has captured 60% of the formal seed market (Maunder, 1997). Now, according to a survey by Pray et al., (1991) some seventeen firms had Research and Development programs on these crops, spent an average four percent of seed sales on research and employed 31 Ph.D. graduates and 45 with M.S. degrees.

To realize benefit from the billions of dollars of agricultural investment for improvement of developing country agriculture will require a strong private sector seed industry. Only with this transition joined by those providing other critical inputs such as chemicals and machinery can the basic principles of agronomic research, already developed, return the necessary impact to mankind.

References

Crabb, R.A. 1947. The hybrid-corn makers, prophets of plenty. Rutgers University Press, New Brunswick, N.J. 331 p.

Maunder, A.B., F. Bidinger, L. Busch, J. Husle, and M. Shepard. 1994. INTSORMIL five year EEP review. US/AID, Washington, D.C. 116 p.

Maunder, A.B. 1997. Role of private sector. p. 605-612. *In* Proceedings of the International Conference on Genetie Improvement of Sorghum and Pearl Millet. 22-27 September 1996. Lubbock, Texas. INTSORMIL Publication 97-5.

Pray, C. E., S. Ribeiro, R.A.E. Moeller, and P.P. Rao. 1991. Private research and public benefit: the private seed industry for sorghum and millet in India. p. 315-324. Research Policy 20, Elsener Science Publishers B.V.

Wright, H. 1980. Commercial hybrid seed production. p. 161-176. *In* Fehr W.R. and Hadley H. (ed.) Hybridization of crop plants. Am. Soc. Of Agron. Madison, WI.

Seed Production on Irrigated Perimeters

Naroua Djibo and Jean Jacques Schalbroek

The Irrigated Perimeters (IPs)

ONAHA's Mission and Organization

ONAHA was created in 1978 to supervise the creation and management of the Irrigated Perimeters (IPs). Today, it is a critical element in the national strategy of rural development in the area of irrigated agriculture. Initially, ONAHA directly managed the IPs. It gradually shifted to a support organization that helps farmer cooperatives toward self-management. Since 1982, all IPs have had coops that are in charge of planning and managing their own activities. In 1984, ONAHA's status was changed to a public office with industrial and commercial activities, which gave it more flexibility for management of its human and financial resources. Its present mission is threefold:

- create IPs at the request of the government;
- technically manage the IPs, including training coop members; and
- implement and/or evaluate irrigation projects.

ONAHA has its headquarter offices in Saga (10 km from Niamey). Its staff includes a director general, an administrative and financial director, a director of equipment t and maintenance, a director of operations, and two units which provide evaluation and management/control. Under the director of operations, there are five regional offices located at Tillabery, Niamey, Gaya, Konni Maradi, and Diffa. These regional offices support local IPs in collaboration with cooperatives. ONAHA is being reorganized to focus more on its role of public service (technical management of IPs, extension, seed production, research and development) and make better use of its human resources and equipment in new projects.

The Cooperatives (Co-ops)

A national workshop held in Zinder (1982) decided that farmers would be involved in coop management and control in order to make the IPs more sustainable. ONAHA presently supports 47 coops composed of 306 production groups for a total of approximately 30,000 farmers.

Description of the IPs

The organization of the Irrigated Perimeters is described in Table 1. Thirty Six IPs are along the Niger River where irrigation water is pumped (Tillabery, Niamey, and Gaya). The two Konni IPs are irrigated from reservoirs that collect water flowing from the hills during the rainy season. The Maradi IPs are irrigated from deep wells. The Diffa IPs are watered from the Komadougou River and also from deep wells. In total, 13, 000 hectares are under irrigation.

Rice is grown mainly along the river under the regional services of Tillabery, Niamey, and Gaya. Multiple cropping is done at Konni and Diffa, with such crops

Table 1. Irrigated Perimeters supported by ONAHA.

Number of coops	Irrigated area (ha)	Number of farmers	Number of farmer groups	Irrigated area under crops (ha)
		Niamey regional office		
16	3,605	9,242	74	Rice 3,551 Vegetables 54
		Tillabery regional office		
16	4,373	9,771	87	Rice 4.194 Vegetables 140 Others 39
		Gaya regional office		
4	672	840	28	Rice
		Konni* regional office		
7	4,104	5,514	109	Multiple crops
		Diffa regional office		
4	304	733	8	Multiple crops 208 Summer Rice 96
		Grand Total		
47	**13,058**	**26,100**	**306**	

*Includes Maradi IPs
Source: ONAHA 1994: presentation

as wheat, onion, peppers in the dry season, and cotton, sorghum, and millet during the rainy season (Tables 2 and 3). In Niamey and Tillabery, 200 hectares are devoted to vegetables, including green beans which are grown for export.

Production of Improved Seeds

The program started with the SAADIA-AVAL seed farm in 1984–1990 with funding from the Belgian Agency for Cooperation (AGCD) to produce rice seed. This support has now expanded to cover sorghum, wheat, and cotton. The current phase covers the 1998–2000 period, but the project started in 1995. Activities have included the identification of adapted varieties, their extension, and seed production.

Irrigated rice

This area of production has five strong achievements in Niger: organization of farmers into coops; two cropping seasons, with an average yield of 4.5 t/ha; use of animal traction for land preparation; use of improved seeds and seed treatment; and use of high-level fertilization. The two varieties grown, IR1529 (99% of land area) and BG90-2 on 380 hectares at Saga, are susceptible to RYMV. In 1996–1997, the ONAHA seed project collaborated with INRAN in the identification of two new varieties (WITA8, WITA) from the West African Rice Development Association (WARDA) program that are resistant to RYMV. The two new varieties are currently under seed increase at the seed farm (breeder seed in the off-season, and foundation seed in the rainfed season during 1998) to increase seed of improved rice (Table 4). Produc-

Table 2. Surface area, yield and actual production of multiple crops during the rainy season under management of ONAHA regional offices (1994-1995 average).

	Area (ha)	Yield (t/ha)	Production (t)	Area in % of total
		Cotton		
Konni regional office	1,605	1,819	2,920	42.5
Diffa regional office	0	0	0	0
Yield average		1,819		
Total	**1,605**		**2,920**	**42.5**
		Sorghum		
Konni regional office	1,411	1,769	2,495	37.4
Diffa regional office	0	0	0	0
Yield average		1,769		
Total	**1,411**		**2,495**	**37.4**
		Millet		
Konni regional office	703	1,129	794	18.6
Diffa regional office	0	0	0	
Yield average		1,129		
Total	**703**		**794**	**18.6**
		Other (maize, groundnuts, cowpea)		
Konni regional office	52	-	-	1.4
Diffa regional office	3	-	-	0.1
Total	**55**	-	-	**1.5**
Grand Total	**3,774**	-	-	**100**

Table 3. Surface area, yield and actual production of multiple crops in the dry season under management of the ONAHA regional offices (1994-1995 average).

	Area (ha)	Yield (t/ha)	Production (t)	Area in % (of total)
		Wheat		
Konni regional office	879	3.08	2,705	82.0
Diffa regional office	13	1.69	22	1.2
Yield average		3.06		
Total	**892**		**2,727**	**83.2**
		Onion		
Konni regional office	116	38.4	4,457	10.8
Diffa regional office	4	22.5	90	0.4
Yield average				
Total	**120**	**37.9**	**4,547**	**11.2**
		Green Peppers		
Konni regional office	0	0	0	0
Diffa regional office	47	1.64	77	4.4
Yield average		1.64		
Total	**47**		**77**	**4.4**
		Other (tomatoes, peppers, cabbage)		
Konni regional office	11	-	-	1.0
Diffa regional office	2	-	-	0.2
Total	**13**	-	-	**1.2**
Grand Total	**1,072**	-	-	**100**

tion of rice seed is done at the Saadia-Aval seed farm, the farmer-seed producers' coop responsible for primary production who are also in charge of secondary seed production at 35 other rice coops. This farmer activity has been self-managed since 1990 and has proven its viability. The production and diffusion scheme devised in 1992 indicates seed replacement every five seasons on all perimeters. Each cooperative must then produce its own seeds for four seasons out of five. This is done by farmer-seed producers in two seasons. A new seed production mechanism is now in place whereby INRAN produces breeder seed and the seed farm produces only the quantity needed by farmer-seed producers. In addition, previous-year seed will be used instead of previous-season seed (Table 4).

Multiple crops

Production of improved seeds of sorghum, wheat, and cotton is of concern. The program is conducted by three cooperatives (Konni 1, Konni 2, and Djiratawa) where other farmers could get their seeds. This program, by the year 2000, should cover 90% of the needs for sorghum and wheat seed, and 100% of cotton seeds, which represents 30% per year increase in seed production. The unique characteristic of this program is the farmer's financial participation (Fcfa 500 added to rent and service dues each season) in a seed fund. The seed project also contributes by providing advance money to the coops. The seed fund allows the following: a guarantee to farmers involved in seed production (30% objective); advances for fertilizer and other specific needs; -purchase of foundation seed from INRAN (wheat and sorghum); paying for post-harvest seed handling, treatment, packaging, storage and diffusion; and farmer compensation, particularly neighboring farmers in sorghum hybrid seed production.

The same farmers produce wheat and sorghum seed, which gives them the potential to become professional seed producers.

Approach

Sorghum and wheat

Multiplication of sorghum and wheat seed is carried out together with a component of adaptive research, which allows further changes in the seed program. The main components are the following: determination by ONAHA technicians and farmers of the relative importance of all varieties grown on the IPs; identification of seed blocks for sorghum hybrid seed production (farmer producers and their neighbors); delivery and pre-financing of

Table 4. Procedure for rice seed production.

Producer	Seed type	Maximum area (ha)	Maximum production (t)
INRAN	Breeder	0.25	1.0
Seed farm	Foundation	25	120
Farmers- seed producers	Commercial	300	360
Farmers-non seed producers	Grain	6,900	-

Table 5. Wheat seed produced in dry season 1996-1997.

Cooperative	Variety El Macaoua*			Variety El koderawa**			GrandTotal seed produced
	Area	Yield	Produced	Area	Yield	Produced	
Konni I and II	0.74 ha	4.0 t ha	2960 kg	-	-	-	2960 kg
Djiratawa	-	-	-	0.72 ha	4.03 t/ha	2900 kg	2900 kg
Total	**0.74 ha**	**4.0 t/ha**	**2960 kg**	**0.72 ha**	**4.03 t/ha**	**2900 kg**	**5860 kg**

* El Madaoua = Yekora Rojo
** El Koderawa = Jerusalem

Table 6. Wheat seed produced during the dry season.

Cooperative	Variety El Madaoua	Variety El Koderawa	Total seed produced
Konni I	7,000 kg	1,800 kg	8,800 kg
Konni II	7,000 kg	3,600 kg	10,600 kg
Djiratawa	6,300 kg	1,500 kg	7,800 kg
Total	**20,300 kg**	**6,900 kg**	**27,200 kg**

inputs (seeds, fertilizers, and phytosanitary products); pre-financing land preparation; removal of off-types in seed fields; harvesting, transportation, and threshing; seed packaging; germination tests; diffusion (sale) of seed by the coop; and survey of planted area.

It should be noted that seed production is handled directly by farmers or coops. The coops may pre-finance some activities using funds provided by the seed project, but this would be recuperated from the seed cost. The project input is designed to be phased out in two years so that the coops can themselves fund a profitable seed production. The ONAHA staff, who have been trained in hybrid seed production by INRAN, supervise all activities. In addition, INRAN provides foundation seed each year.

Cotton

Cotton seed production began in 1998 with the help of the Société Cotonnière du Niger (SCN), which provides advance of funds for inputs and assists with field management. One hectare of pure seed of variety STAMF from INRAB (National Agricultural Research Institute of Benin), was planted.

Results and on-going activities

Wheat

Seed produced in 1999 will cover the needs for the dry season which represents 225 hectares or 30% of the wheat area on IPs (800 hectare). In the trials, the varieties El Madaoua and El Koderawa are 20–25% higher yielding than other varieties.

Sorghum

In 1997, three varieties were selected by farmers: SEPON82, 1/2 MSB, and NAD-1. Production of NAD-1 hybrid seed was handled by one farmer in each of the Konni I and Konni II coops, and two

neighboring farmers at Djiratawa. Production of SEPON82 seed was handled by one farmer at Djiratawa and 1/2 MSB by one farmer at Konni 2. It should be noted that hybrid seed production by farmers is a first in Niger. NAD-1 seed production requires close monitoring and special training. Care must be taken to ensure nick in the flowering of the two parents. NAD-1 female parent flowers about a week earlier than the male parent, which requires staggered planting, and supplemental irrigation, and fertilizer. In addition, to prevent pollen contamination, neighboring fields must be planted with the male parent. At flowering, off-types and shedders must be taken out of the male and female rows, respectively. At maturity, any panicle that is off-type is also taken out of the field. Results of the 1997 and 1998 seasons are shown in Tables 7–12.

Table 7. Sorghum varieties grown on Konni and Maradi IPs in rainy season 1997.

	Area cultivated							
	Konni I	Konni II	Konni I + Konni II		Djiratawa		Konni + Djiratawa	
Variety	ha	ha	ha	%	ha	%	ha	%
	Local varieties							
El Tsedawa	270	393	663	72	0	0	663	62
Janjare	88	87	175	19	0	0	175	16
Mota Rouge	0	0	0	0	38	26	38	4
Others	50	0	50	5	2	1	52	5
Total	**408**	**480**	**888**	**96**	**40**	**27**	**928**	**87**
	INRAN recommended varieties							
½ MSB	0	0	0	0	57	39	57	5
Sepon 82	2	10	12	1	37	25	49	5
IRAT 204	0,2	12	12	1	0	0	12	1
NAD-1	0	2	2	0.2	7	5	9	1
Total	**2**	**24**	**26**	**2**	**101**	**69**	**127**	**12**
	Farmer seed producers							
Diverse varieties	3	6	9	1	5	3	14	1
	Total							
Diverse varieties	413	510	923	100	146	100	1.069	100

Table 8. Summary of results from demonstration trials at Birni N'Konni and Djiratwa (Trials without midge attack.

Variety	Grain yield t/ha	Grain yield % of mota blanc	Plant height (cm)	Panicles par hill (nbr)	50% flowering (ii)	80% maturity (ii)
			Local varieties			
El Tsedawa	3.14	98	295	3.1	57	73
Janjaré	2.93	92	328	3.0	62	80
Mota Blanc	3.19	400	302	3.3	72	90
Mota Rouge	2.81	38	287	3.1	51	80
			INRAN varieties			
½ MSB	3.10	97	258	2.7	64	89
Sepon 82	3.95	124	176	3.1	66	90
IRAT 204	2.61	82	159	3.0	60	84
90 SN 7	2.82	88	244	2.89	63	87
NAD--1	4.20	132	191	3.1	66	89
			Male parent of NAD-1 hybrid			
MR 732	2.40	75	161	2.9	70	92
Number of trials	6	-	6	6	5	6

Yield: CV = 28.2% lsd (0.05) = 1.02 t/ha

Table 8a. Results of sorghum varietal survey: farmer choice of best (open-pollinated) varieties.

Variety	Konni (I and II) Total	Konni (I and II) %	Djiratawa Total	Djiratawa %	Konni (I and II) and Djiratawa Total	Konni (I and II) and Djiratawa %
			Open pollinated variety			
El Tsedawa	28	13	5	5	33	11
½ MSB	47	23	25	24	72	23
Sepon 82	18	9	25	24	43	14
90 SN 7	31	15	23	22	54	17
IRAT 204	19	9	0	0	19	6
Janjara	9	4	0	0	9	3
Mota blanc	10	5	0	0	10	3
Mota rouge	141	5	0	0	11	4
			Hybrid sorghum NAD-1 and its male parent			
NAD-1	32	15	26	25	58	19
MR 732	3	1	0	0	3	1
Total	208	100	104	100	312	100

NB: farmer sample size: Konni (I and II): 52, Djiratawa: 26

Table 8b. Results of sorghum varietal survey: the best two varieties selected by farmer.

Variety	Konni (I and II)		Djiratawa		Konni (I and II and Djiratawar	
	Total	%	Total	%	Total	%
El Tsedawa	10	10	4	8	14	9
½ MSB	34	33	18	35	52	33
Sepon 82	36	35	17	33	53	34
90 SN 7	20	19	13	24	33	21
IRAT 204	4	4	0	0	4	3
Total	104	100	52	100	156	100

NB: farmer sample size: Konni (I and II): 52, Djiratawa: 26.

Table 9. Results of sorghum varietal survey: attributes preferred or disliked by farmers.

Variety	Positive attribute	Negative attribute
El Tsedawa	-earliness -midge resistance -wide adaptation to soils -good taste	-low yield -poor storage capacity -bad cooking quality
Janjare	-good storage capacity (germinates after 5-6 years) -good taste -good product yield at cooking	-poor yield -susceptible to lodging -susceptible to midge -food darkens after long conservation
Mota blanc	-good yield -good tillering -good taste	-susceptible to *Striga* -difficult to thresh -susceptible to lodging and breakage -poor storage capacity
Mota rouge	- earliness -good storage capacity -good threshing -good taste	-low yield -small panicles -susceptible to long smut
½ MSB	-high yield -good germination potential -good food quality	-susceptible to midge -late maturing -grain shattering if dry in the field
Sepon 82	-earliness -high yield -good food quality (good for tuwo and fura -good taste	-susceptible to grain molds -needs high soil moisture for germination
IRAT 204	-high yield -earliness -good storage capacity -good taste	-hard grain: high soil moisture needed for germination -susceptible to *Striga* -susceptible to grain molds
90 SN 7	-high yield -*Striga* resistant -good taste -good product yield at cooking	
NAD-1	-high yield -wide adaptation to soils -*Striga* resistant -good taste	-need to renew seeds each season
MR 732		-low yield -late maturity

Table 10. Results of sorghum varietal survey: farmer intent on seed purchase.

Question: of which two varieties would the farmer request good quality seed next season.

Variety	Konni (I + II)		Djiratawa		Konni (I + II) and Djirata	
	Total	%	Total	%	Total	%
El Tsedawa	0	0	0	0	0	0
½ MSB	39	38	0	0	39	25
Sepon 82	21	20	10	19	31	20
90 SN 7	10	18	13	25	32	21
IRAT 204	0	0	0	0	0	0
NAD-1	18	17	29	56	47	30
None	7	7	0	0	7	4
Total	**104**	**100**	**52**	**100**	**156**	**100**

NB: farmer sample size: Konni (I and II): 52; Djiratawa: 26.

Table 11. Seed of open pollinated varieties produced (rainy season 1997).

Seed block	Varity	Area (ha)	Prod. (t)	Yield (t/ha)
Konni II	½ MSB	0.19	0.64	3.38
Djiratawa	Sepon 82	0.32	0.77	2.40
Totaux/moyenne	-	**0.51**	**1.41**	**2.76**

Table 12. Diffusion of improved sorghum seeds during rainy season 1998.

Cooperatives	Total sorhum area (ha)	Seed source	Seed quantity used (kg)	Area under improved seeds (ha)		Percent sowing success (%)	Area under improved seeds (%)
				Forecasted	Actual		
			Sorghum hybrid NAD-1				
Konni 1	420	Konni 1	780	73.1	24.1	33	6
Konni 2	593	Konni 2	835	78.3	47.6	61	8
Djiratawa	148	Djiratawa	322	25.8	8.6	33	6
Ibohamane	229	Konni 1 et 2	200	16.7	10.9	65	5
Moulèla	6	Konni 2	20	1.7	1.4	82	23
Galmu	15	Konni 2	100	8.3	4.9	59	33
Total	**1410**	-	**2,257**	**203.9**	**97.5**	**48**	**7**
			Sorghum open pollinated variety Sepon 82				
Konni 1	420	Djiratawa	174	16.3	1.9	12	0.5
Konni 2	593	Djiratawa et INRAN	312	29.2	23.0	79	4
Djiratawa	148	Djiratawa	199	15.9	15.0	94	10
Ibohamane	229	Djiratawa	170	14.2	12.3	37	5
Moulèla	6	Djiratawa et INRAN	28	2.3	1.4	61	23
Galmu	15	Djiratawa et INRAN	85	7.1	2.4	34	16
Total	**1410**	-	**968**	**85.0**	**56.0**	**66**	**4**
			Sorghum open pollinated variety ½ MSB				
Konni 1	420	Konni 2	220	20.6	1.5	7	0.4
Konni2	593	Konni 2	400	37.5	14.2	38	2.4
Autres	397	-	0	0	0	-	-
Total	1410	-	620	58.1	15.7	27	1.1
			All three varieties (NAD-1, Sepon 82 and ½ MSB)				
Total	**1410**	-	**3,845**	**347.0**	**169.2**	**49**	**12**

Conclusions

Production of hybrid seed is very risky for farmers given the unpredictable start of the growing season,which may impact plant growth for both female and male parents. This activity is intenseand requires continuous field presence by farmers and the ONAHA staff.

Overall, supervision of the program by the co-op has many advantages:

- a seed fund that guarantees sale of seed produced by individual farmers;
- less cost for seed blocks;
- better supervision from technical staff;
- better diffusion program; and
- possibility to produce under contract for other institutions or projects.

Although the price of seed (650-800 Fcfa for a kg of NAD-1) does not limit diffusion, Nigerien farmers are not used to purchasing seed every year. This is especially problematic, because seed supply is small, and seed may not be available for replanting.

Farm Level Profitability and Evolution of Input-Output Markets: Economic Perspective

Tahirou Abdoulaye and J. H. Sanders

Introduction

New cultivars with high yield potential have been developed to increase agricultural output and to improve farmers' income. Among those is NAD-1, the first sorghum hybrid released in Niger. Experiment station and on-farm trials conducted since 1990 show that NAD-1 produced 4 to 5 times more grain per hectare than local varieties (Kapran, 1998). Efforts are now being made to develop a seed industry for this hybrid, based upon farmer seed production. A consistent seed supply is necessary for a sustainable use of hybrid technology. For farmers to start producing hybrid seed, assured demand for hybrid seed is necessary. So there is an interaction between the evolution of a local seed industry and adoption of the new cultivar. Here, we are concerned with the conditions under which the introduction of the hybrid will be profitable to farmers and the constraints at the farm level to the rapid introduction of the hybrid and associated technology.

Programming results showed that hybrid sorghums under irrigation and inorganic fertilizer use are more profitable than local and improved sorghum varieties in Birni N'Konni (Ensink, 1989). Under rainfed conditions, farm level economic evaluation of hybrid sorghum in Niger has not been conducted. NAD-1 with inorganic fertilizer is proposed during the rainy season for both dryland (rainfed) and perimeter land (where supplemental irrigation is available). On the irrigated perimeter of Birni N'Konni, crops are grown during the rainy season with supplemental irrigation.

This paper examines the effects of the economic environment (prices of inputs and outputs) and the ability of the farmer to finance input purchases on the adoption decision of the new hybrid. These are considered to be critical conditions to ensure profitability and thereby adoption. In the following sections, we present an overview of the region, then the model, and, finally, results and conclusions.

Region and Background

Sorghum is the second staple crop (after millet) in Niger. In addition to the grain, sorghum stalks are used for construction and animal feed. Birni N'Konni is representative of the low lands, where sorghum is concentrated in Niger[1]. In 1995, 12,000 tons of sorghum were produced in the Birni N'Konni region. This represents about 5% of total sorghum production in the country for the same year (République du Niger, 1997).

Population density in Birni N'Konni has increased from 33 person/km^2 in 1977 to 48 person/km^2 in 1988 (République du Niger, 1991). The farm households in the

[1] With the exception of the Gaya region which has higher rainfall.

study area averaged 6 persons, with 3.9 hectares of dry land. The main crops grown include millet, sorghum, and cowpea on dryland; cotton and sorghum on perimeter land during the rainy season; and wheat during the off-season. Inorganic fertilizer is not applied on traditional crops (millet, sorghum, cowpeas). However it is used on cotton and wheat grown on the irrigated perimeter.

One of the largest irrigated perimeters in Niger where sorghum production is promoted is also located in this region. Irrigated land on publicly managed perimeters is allocated to farmers from surrounding villages. The average area per household on the irrigated perimeter is 0.75 hectares (Abdoulaye, 1995).

On drylands, sorghum is intercropped with millet and/or cowpea. It is also grown as a sole crop on lowlands with heavier soils. Sorghum yields are generally low on the drylands because of low rainfall, use of traditional cultivars and poor soil fertility. For Birni N'Konni the 1991–1995 average yields were 370-kg/ha (République du Niger, 1997). Almost no purchased inputs are used in the production process, with the exception of hired labor for weeding.

On the irrigated perimeter, sorghum is grown with supplemental irrigation in rotation with cotton during the rainy season. Sorghum yields here are relatively higher than on dryland due to the better availability of soil moisture and residual fertilizer from the cotton crop. In 1990, local sorghum yields on the irrigated perimeter were estimated at 690 kg/ha (Lowenberg-DeBoer, 1990).

In contrast to local sorghum, NAD-1 offers impressive yield increases when combined with moderate fertilization in both rainfed and irrigated zones. On-farm trials showed that with fertilization levels of 100 kg/ha of super simple phosphate and 50 kg/ha of urea, NAD-1 yields are 1500 kg on dryland and 2500 kg on irrigated perimeter, where supplemental irrigation is available (Kapran, 1998).

Constraints to sorghum production in this area include inadequate and irregular rainfall, poor soil fertility, low and variable output prices and cash availability for input purchase. In Birni N'Konni, water quantity in the reservoir depends on rainfall, so that in bad rainfall years, water is insufficient to irrigate the whole perimeter. Soil fertility especially deficiency in phosphorous and nitrogen has been a major problem for agriculture in Niger (NAARP, 1992).

On the economic side, the main constraint has been low output prices relative to input prices, which prevent farmers from purchasing the inputs necessary for increased production. Formal credit systems do not exist in most rural areas in Niger. There are several ways farmers can get the funds for input purchases: off-season work in the city by members of the household, livestock sales, non-farm activities, or work on another farm while still living on the farm, and informal credit systems (Abdoulaye et al., 1991, Reardon et al., 1994). Non-farm activities generally are the most important source of income. Non-farm activities are very common as many trade opportunities exist in the region due to proximity to Nigeria.

Methods

The general framework for this analysis is a linear programming model, which maximizes farm income subject to resource constraints. Single activity evaluation, such as partial budgeting, does not account for the economic context under which production takes place. There are important system interactions in farm decision-making. Programming is suitable for farm level analysis, because it incorporates these and considers constraints of available farm resources. Farm programming models enable scientists to project potential farm income and to identify farm-level constraints delaying adoption.

An important aspect of Nigerien agriculture not included here is risk associated with agricultural production. Risk is an important determinant of new technology adoption in rainfed systems, especially if these technologies involve high use of purchase inputs, such as inorganic fertilizers. Given the importance of risk in this type of economic environment, future modeling work on NAD-1 will include risk as more data on the distribution of crop yields becomes available.

The model determines optimal land and resource allocation among cropping activities. Crop production activities on dryland include sole crop (millet and sorghum) and intercrop (millet/cowpea, millet/sorghum, and millet/sorghum/cowpea). Activities on the irrigated perimeter include sorghum-cotton in the rainy season and wheat for the dry season. Three principal constraints (land, labor and capital) are imposed in the model. Land constraint (dryland and irrigated perimeter) limits the land available to 4.65 hectares, of which 3.9 hectares is on dryland.

Hybrids require investment in purchased inputs. To determine available cash, average investment in crops including seeds, fertilizers, and hired labor was used. Survey data from Birni N'Konni, indicated that the average investment was 7,000 Fcfa/ha (1$ U.S. = 272 FCFA in 1989, IMF 1997). When the sample was restricted to farmers with irrigated perimeter land, that average was 13,000 Fcfa/ha (Abdoulaye, 1995). In this model, we assumed that 65,000 Fcfa (13,000 x 5 hectares) of cash was available at the beginning of the cropping season for investment in crops. With sensitivity analysis, we varied the amount of capital to evaluate the effect of cash availability on the adoption decision.

The technology being evaluated is NAD-1 with associated practices. In the model, a hectare of NAD-1 requires 10 kg of hybrid seed along with 50 kg of urea (46% N) and 100 kg NPK (15-15-15). NAD-1 technology is introduced in the model as a sole crop on both dryland and irrigated perimeter and in rotation with cotton on the perimeter.

Breeders' estimates of NAD-1 yields are discounted by 35% and 40% on dryland and irrigated land, respectively, in the modeling. These values are given in Table 1. Differences in farm management account for this. Usually, under trial settings, farmers devote more attention to crops than they do normally. Still, these yields for the new hybrid and associated practices are much higher than presently observed among cereal yields on either dryland or irrigated areas.

Data for this analysis come from surveys conducted in the area by Institut National pour la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) (farm resources and crop yields), National Statistics (crop yields and prices) and Système d'information sur les Marchés (SIM) (crop prices). Input and output prices are summarized in Table 2. Fertilizer prices also include the cost of search and transportation. These were assumed to be I0 Fcfa/kg or 500 Fcfa per 50–kg bag. Sensitivity of model results to a lower level of transportation cost, (5 Fcfa/kg), and to higher costs (20 Fcfa/kg) was also determined.

Table 1. NAD-1 grain yields assumed in the model.

	Dryland	Perimeter
NAD-1 (grain in kg ha^{-1})	1000	1500

Results

Before the introduction of NAD-1, land is allocated to millet/cowpea intercropped and millet/sorghum/cowpea intercropped and to sorghum cotton rotation and wheat in the off-season according to model results. These results are consistent with surveys from the region, which showed that intercropping is the dominant cropping system (Lowenberg-Deboer, 1990).

When NAD-1 is introduced in the system, land is allocated to it mainly because of the increased yields. According to the model results, if farmers knew about the technology and could get the seeds and fertilizer, then they would adopt it. Farmers plant NAD-1 on all their irrigated land (0.375 hectare) replacing local sorghum cultivar. Investment in irrigated land has a higher return than investing in dryland area. But even on the drylands, 0.55 hectare of dryland is allocated to the new hybrid sorghum (Table 3).

Another reduction in input costs can be achieved by increasing the efficiency of the seed industry. Currently hybrid seed price at the seed co-op is about seven times the price of grain or 650 Fcfa/kg (House, 1997). The Co-op procures seeds from seed producers for 350 Fcfa/kg. With increased efficiency of the seed industry, hybrid seed prices are expected to decline. A decrease in seed price to 350 Fcfa/kg leads to an increase of 27% in dryland area allocated to NAD-1.

On the other hand, if infrastructures worsen so that search and transportation costs of fertilizer increase to 20 Fcfa/kg, the required investment for NAD-1 increases, and its profitability is reduced.

Table 2. Average input and output prices (Fcfa)

	Millet	Sorghum	Cowpea	Urea	NPK	NAD Seed
Price kg^{-1}	92	89	129	150	165	650

Source: 1. SIM for sorghum (average of Nov 95, 96, and Oct 97), for Millet (average of Sept 95, 96, 97), for cowpea (average of Oct 95, 96,97).

Source 2: Centrale d'approvisionnement for fertilizer (official price + transport cost, 1997/1998)

Source 3: House (1997) for NAD seed price

Table 3. Land area llocated to cropping activities and income effects in model results.

Activities	Without NAD-1	With NAD-1		
		Base Model	Increase in liquidity	Output price increase
1. Dryland				
- Millet/Cowpea	3.5 ha	2.949 ha	2.261 ha	3.321 ha
- Millet/Sorghum/Cowpea	0.4 ha	0.4 ha	0.4 ha	-
- NAD-1	na[2]	0.551 ha	1.239	0.579 ha
2. Perimeter land	0.75 ha			-
- Local Sorghum-Cotton[1]	na	-	-	
- NAD-1- Cotton[1]	0.375	0.75 ha	0.75 ha	0.75 ha
Wheat (off-season)	ha	0.375 ha	0.375 ha	0.375 ha
3. Total NAD-1 area	na	0.926 ha	1.614 ha	0.954 ha
4. Farm Income Increase	na	6%	7%	16%

Note: 1. Rotation modeled as 50% of the area for each crop.
2. Na: not available.

Consequently, dryland area allocated to NAD-1 is reduced by 19%. Basically, all cost-reducing situations lead to an increase in the dryland area of adoption of hybrid sorghum. Given the current economic situation in Niger, it is very unlikely that the government will engage in subsidy programs. In the long-run, there will be improvement in the country's infrastructure. In the short-run (next decade), however, it is probably better to concentrate on improving prices received by farmers to stimulate the diffusion of hybrid sorghum and associated improved practices.

On the output side, improvement in the economic environment may lead to higher output prices for farmers. Cereal prices in Niger are very low at harvest time. However, prices rise gradually after. In Birni N'Konni, the average sorghum price was 116 Fcfa/kg (May 1995–1997) compared to 89 Fcfa/kg at harvest (Computed from OPVN data, 1995–1997). If we assume storage of the hybrid until May or if hybrid grain can receive a price premium, for example, for better processing quality, model results show that dryland area allocated to hybrid technology on dry land increases by 5%.

Thus, reducing the effects of price collapse has a short-term effect on the dryland area. For the long-term, the farm income increase would allow capital accumulation over time as well as increase future investments in purchasing more fertilizer and seeds.

The liquidity available for investment in agriculture is another major constraint. The importance of liquidity was tested through an increase in cash available for investment in agriculture at the beginning of the cropping season from 65,000 Fcfa to 85,000 Fcfa (1$ U.S. = 583.67 Fcfa, IMF 1998). This 20,000 Fcfa increase in cash availability corresponds to the sale of a sheep or an increase in non-farm income. Moreover, farmers often engage in off-farm activities and receive remittances, which can be used to increase capital availability to the household. This increase in liquidity leads to more than doubling dryland area allocated to hybrid sorghum (Table 3).

Cash availability determines how much the farmer can afford to invest in input purchases. The quantity of purchased inputs in turn determines the area, which will be allocated to hybrid sorghum. However, if the yield levels in the model are possible, farmers would adopt. In that case, the diffusion process would accelerate as adopting farmers would accumulate capital for higher input purchases the following year. Their neighbors would see the possible gains and imitate them.

The combined effect of increased output price and higher liquidity are analyzed by decreasing input-output price ratio for two levels of liquidity (Figure 1). The weighted[2] costs of purchased inputs (seed, fertilizers) are divided by the price of sorghum to obtain the input-output price ratio. Change in input/output ratio was considered for the two levels of liquidity available (Levels 1 and 2) This liquidity available for investment is set to 65,000 Fcfa for Level 1 and 85,000 Fcfa for Level 2 as explained previously. These levels could also represent farmers with different resource availability in the same region.

If this price ratio is changed from 3 to 2.5, this corresponds to a 19% increase in output price (for fixed input costs). In order for the relative price ratio to fall to 2, given fixed input costs, output prices will have to increase by 48% from their current levels. This level of increase is not unusual in Niger, where price increases of this magnitude or more are frequently observed between harvest time and the next planting period. However, it is at harvest time (when prices are low) that most farmers sell their output.

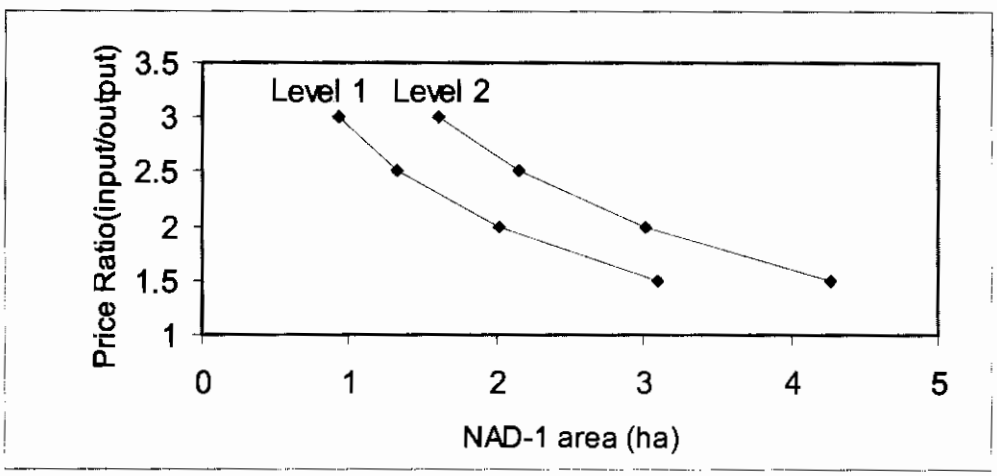


Figure 1. Simulation results of hybrid sorghum area per farm as a function of relative input price for two levels of liquidity availability.

[2]weighted by the relative importance of both expenditures by farmers.

These downward-sloping relationships between area devoted to NAD-1 and the improved economic environment (with a higher output price for sorghum) indicate the importance of storage and other programs in order to increase the demand for sorghum as part of organized efforts to more rapidly introduce NAD-1 into Nigerien agriculture. The response curve shifts to the right with more capital availability. Therefore, response to improved economic environment is larger when more initial capital is available to the household (Figure 1). Finding ways to increase the cash available for purchasing inputs also accelerates the introduction of NAD-1. This is more difficult since public credit programs are unlikely; however, over time, farmers will develop financing mechanisms with the fertilizer dealers.

Conclusions

Hybrid sorghum technology is profitable and expected to be adopted by farmers on rainfed and irrigated areas. Improvements in economic conditions will increase diffusion of hybrid sorghum technology. In years with good cereal production, output prices collapse and without financing, farmers frequently feel pressure to sell at low harvest prices to repay debts or to obtain cash. So, strategies to offset seasonal price collapses after harvest and to moderate the price declines resulting from good weather or improvement in input markets (seed and fertilizers) are critical. Improvements in the infrastructure also can have similar effects.

Accelerating the adoption of NAD-1 can be achieved by increasing the output price farmers receive. Better access to markets, farmer management practices (storage) or increased demand for sorghum through research on new uses (processing, industry) can give farmers better prices for their outputs. Storage opportunity costs may be very high for most farmers, if they are pressed to repay loans or to make urgent purchases immediately after the harvest.

Decision-makers often fear increases in basic food prices including cereals because of the burden this imposes on urban consumers, however, in the long run prices decline because production costs per output unit decreases with technological change thus, both farmers and consumers will benefit. Because of the power of urban consumers, decision-makers often adopt policy measures that reduce the prices of cereals. This type of action hinders the introduction of technological change in agriculture. Policymakers need to recognize the importance of a favorable economic environment for agriculture to hasten farm level-investment and technological change.

For diffusion of hybrid technology to be sustained, input markets need to be well-developed. Farmers often complain about the availability of necessary inputs. Farmers need access to fertilizers and seed for production of NAD-1. The private marketing sector needs to make seed and fertilizers available at the village level.

References

Abdoulaye, Tahirou (1995). "Impact of Opportunity Cost of Capital on Adoption of New Technologies in the Birni N'Konni region of Niger". M.Sc thesis, Department Of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

Abdoulaye, T., J. Lowenberg-DeBoer, K.C. Reddy, and P. Abbott (1991), "Les Contraintes Socio-Economiques au niveau de l'Exploitation pour l'Intensification de la Culture de Niébé au Niger," INRAN/DECOR, Doc. 24F.

Ensink, Peter (1989), "Sorghum technology Assessment for Southern Niger Using a Target MOTAD Approach," M.Sc thesis, Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

House, Leland (1997).Trip Report, Production of hybrid seed, Oct-Nov, 1997.

IMF (1998), "International Financial Statistics", July 1998.

IMF (1997), "International Financial Statistics", September 1997.

Kapran, Issoufou (1998), Personnal Communication

Lowenberg-DeBoer J. (1990), "Rapport sur l'Enquête-Diagnostic dans al zone de Birni N'Konni, Campagne 89," INRAN/DECOR.

NAARP (Niger Applied Agricultural Research Project), (1992), Final Technical Report, part II, Purdue University, Alabama A&M University, Winrock International and the University of Nebraska.

OPVN (office des Produits Vivriers du Niger), SIM, Marchés des cereales et du Niébé, Publications Mensuelles, Janvier 1995- Octobre 1997.

Reardon, Thomas, Eric Crawford, and Valerie Kelly (1994), "Links between Nonfarm Income and Farm Investment in African Households: Adding the Capital Market Perspective, American Journal of Agricultural Economics, 76 (December 1994): 1172-1776.

République du Niger (1991), "Annuaire Statistique: Series Longues", Ministère du Plan, Edition 1991.

République du Niger (1997), "Annuaire des Statistiques de l'agriculture et de l'elevage," Ministère de l'Agriculture et de l'elevage, Janvier 1997.

Regional Needs for Training in Seed Production

N.D. Yagoua and N. I. Jika

Introduction

Seed is one of the most important agricultural inputs. As such, it must be available in adequate quantity and quality, and at the right time to those who need it.

Current Status in West and Central Africa

In most countries, research efforts have led to the release of improved varieties that are wanted by farmers. However, the results of collaborative activities at the national, regional, and international levels do not quite meet the needs of farmers and food processors in terms of seeds.

Seed production and distribution by the public sector has usually been too expensive and non viable. This was primarily due to the lack of an organized seed sector. A sustainable seed activity will be based on the following:

- concerted activity involving all partners from breeders to end users;
- sufficient number of well-trained contributors at each level.

The above is valid for open pollinated varieties but even more so for hybrids.

Training

Breeders

They need to learn the techniques of hybrid variety selection. This includes parental identification and maintenance as well as hybrid seed production. A breeder must be familiar with certification requirements for different types of seeds (breeder, foundation, commercial). Breeders in this region should aim at hybrid seed production in collaboration with farmers. Finally breeders must be able to train others, who will eventually become trainers.

Technicians

In addition to trial management, technicians must know the requirements for a seed production field, recognize the difference between parents and hybrids, off-types, and regulations for seed processing. Technicians should be able to train farmers in seed production.

Farmers

As the backbone for a sustainable seed activity, farmers must be able to produce seeds that have the required qualities. For this, they must: know the criteria for a seed production field; distinguish between parents, hybrids, and off-types; know the needs for quality harvest and storage.

A farmer that follows these rules will produce quality seed and have a competitive price on it.

Suggested Process

Some countries have benefited from collaboration between national, regional and international organizations and started a well functioning seed activity (Nigeria, Niger, Burkina). These countries have accumulated a wealth of experience in the areas of hybrid synthesis, parental identification and maintenance by breeders, training farmers and technicians in hybrid seed production. The region should capitalize on these results and make training possible for other countries. There should be specific training sessions for breeders, technicians, and farmers.

There should also be regional training in seed management (private enterprises, cooperatives).

Regional training should be organized by various networks including the sorghum network (ROCARS) and the millet network (ROCAFREMI) in West and Central Africa, and the SMIP in East Africa.

References

ROCAFREMI workshop on the seed issue, Niamey, Niger 26-29 August 1996.

Food Grain production in semi-arid Africa. OAU/STRC-SAFGRAD publication (International Drought Symposium on Food Grain Production in the Semi-Arid Regions of Sub-Saharian Africa. Nairobi, Kenya 19-23 1986).

Seminar-Workshop on the reviving of sorghum research in West and Central Africa. IER/ICRISAT/INSAH. Bamako, Mali 21-25 February 1994.

Strategic Plan of the West and Central Africa Sorghum Research Network, 1998-2003. WCASRN/USAID/INTSORMIL/ICRISAT/CIRAD. June 1998.

Reports of ROCAFREMI planning meetings. 1997.

Training for a Future Seed Industry in Niger

I. Kapran, D.S. Murty, and L.R. House

Introduction

The availability of the sorghum hybrid, NAD-1, and farmer interest in it has laid the foundation for the establishment of a seed industry in Niger. The interest in seeds is not new to the region, and there are some successful seed activities in the country, particularly with rice and vegetable seeds. However, the idea to develop a seed industry in the private sector to address the issue of seeds for millions of hectares has its own uniqueness and requirements. There are many components to consider in this effort: seed production, processing, quality control, marketing, credit and financial considerations. All these aspects have their own requirements that must be met if they are to be effectively carried out. For most of the people who will be involved, these are new experiences, and the opportunity to gain these experiences is complicated by the lack of infrastructure in the country. Education and training are the means of providing opportunities to learn the necessary skills.

Background

To date, the effort to produce seed of NAD-1 in the private sector has met with modest success and is encouraging. As private producers really began to be involved, a training program was begun in Niamey in 1997. This was followed by a second training activity for interested farmers, the staff of Office Nation et des Aménagements Hydro-Agricoles (ONAHA) working via the co-ops on the irrigated perimeters near Birni N'Konni.The focus of the one-day training session was on seed production, and a training manual was developed. This training was appreciated, and its effectiveness was evident, especially during the growing season.

In 1998, four similar training programs were conducted near Niamey, Say, Birni N'Konni, and Maradi. Farmers and INRAN staff participated in these training programs. In instances where the owner was not the farmer, an effort was made to include the farm managers. Again, the training was well received and the demand for the training manual high. More than 250 individuals benefited from this training.

A few things have been learned to strengthen the training:

- The training should not only cover the processes, but also the reasons behind those processes.
- The program should include more training on crop management and pest control. In the future an agronomist, pathologist, and an entomologist should participate in the training.
- Training should not only be in the classroom, but should also be conducted in the field during the growing season. These could be one-day training events given at four or five locations in order to reach many

farmers. Farmer training could take place during the growing season.

- Training should be given in the local language. This was much appreciated by the participants who requested that the training manual be translated into local languages, and specifically Hausa.
- The training should lead to considerable discussion among farmers who produce seed. This was the case as they were able to contribute from their experiences.

In the beginning, INRAN technicians were able to assist producers on an individual basis; however, the number of individuals involved now (and the fact that they are spread across the southern portion of the country) makes it impossible to deal individually with producers. As a result, training becomes an important means of interaction. Focus on hybrid seeds so far has been the identification of individuals interested in seed production and the stabilization of production. The training activity to date, therefore, has focused only on considerations relevant to seed production.

The Future

Several seed producers are already commenting on the importance of seed quality, which implies a capability to process seed with proper treatment, packaging, and quality control via a seed certification program and seed law. In 1997, 7.5 tons of NAD-1 was produced. It is anticipated that this will increase in 1998 and 1999. The situation is expanding so that reasonably soon these functions should begin. Training will be important to effectively carry them out.

It has been recognized for some time that a training center would provide a focus and a facility for a training activity. The Lossa station, some 70 kilometers West of Niamey, is a possible location since it already has a seed processing unit. The period of training would increase to permit hands-on experience with processing as well as greater exposure to crop management and pest control. Training of inspectors in seed certification and seed law would also be important, requiring exposure to production and processing activities. Training for market development would be crucial as well. Having consultants to help formulate these programs and develop the training component would be very beneficial.

The training center should have a modest relevant library and include information on farming, irrigation, and seed processing equipment. This would contribute to making the training center useful to established seed producers who are seeking information.

INRAN is developing a seed unit, and a strong training component should be part of it. As the existing input expands, a training officer will be required to manage both the array of training topics and a training facility. The training center could not only serve Niger, but also other West African countries.

Conclusion

Training in seed production has taken place for the past two years, and some 200 people have participated. A training manual has been developed. The training has been well received with useful comments for expanding topic coverage. Effective-

ness of training has been realized while working with individuals in the field. The number of individuals involved has increased to the point where training is the most feasible—and, in some cases, the only way to interact with producers.

Looking to the future, there is need to expand training to include seed processing, quality control, and marketing. In addition, there is a need to have a center where relevant reference material is available to any interested producer. Having consultants can also help strengthen the training base. It is proposed that there be a training center that is regional in scope and can be managed by a member of INRAN's Seed Unit.

Additional Thoughts on Training

Six training programs have now been conducted in which approximately 200 people have participated. A training manual has been organized that is being expanded. The training has been 1 or 1.5 days in duration and has been based on follow-up observations in the field. However, these observations have also indicated shortfalls, primarily practical experience in managing a seed crop.

For years, ICRISAT has conducted a six-month training program at its center, including training during a full crop season. It is doubtful that many interested in seed production in Niger can afford this much time. If a training center is established, it would be possible to make sequential sowings so that planting, seedling management (thinning, transplanting, fertilization, weeding), cross pollination techniques, harvesting, and seed processing could all be part of a short-term training activity. In a three-week training program, aspects of crop management and seed processing could be considered. There is a place for the one-day course for those who cannot afford to set aside more time. However, during the off-season it may be possible to more easily get people for a longer period of time.

If this training opportunity would be available, a reasonable assumption is to have 15 people for the three-week period and twenty for the one-day period. If funding is sufficient, training could be done twice (three-week program) and three to five times (one-day program) annually.

To manage this level of activity, it would be necessary to have a training officer, and a budget would need to be developed.

Rapporteur's Report

I. Kapran

Bases for Successful Hybrid Enterprises

Day 2 - Session 1

Presentations

Eight presentations were made covering topics from seed production techniques to training needs and economics of seed production.

Souley presented the field management and seed production techniques implemented for optimum production of NAD-1 seed in Niger. Specific instructions were given to beginning seed producers, which they must follow closely if they are to profit from this activity.

Sirifi discussed cultural practices applied to hybrid sorghum. Results of agronomic trials showed a linear response of yield with N fertilizer: an increase in yield due to supplemental irrigation. NAD-1 responded better to N application and had higher yields than the improved, open-pollinated variety SEPON82 on both sandy and heavy soils. Recommendations were presented for critical fertility and supplemental irrigation levels.

Maunder discussed the importance of seed processing and quality control, including need to produce the best possible foundation seed while considering the breeder's responsibility, harvest instructions, and availability of units for seed cleaning. Overall, a successful seed enterprise is one with dependable seed supply, acceptable quality/purity, and improved cultivars.

Naroua's presentation of seed production on irrigated perimeters of Niger indicated that rice seed has been regularly produced on 25 hectares since 1984, and only recently they have started with hybrid sorghum. Individual farmers and cooperatives contribute to a start-up fund and decide on seed production and marketing procedures. To date, improved varieties (including SEPON82 and NAD-1) occupy 12% of the irrigated perimeters. Farmers' seed production yields varied between 1.5 t/ha and 2 t/ha, with one farmer producing 2.4 t/ha of NAD-1 seed.

Salifou described his experience with seed production in the public sector: during the USAID-funded Projet Cerealier National du Niger. One major problem was that demand was poorly assessed. As a private producer, Salifou learned to know the market well and sees the importance of technical support. The presenter recognized the need to continue with research, urged quality control, and favored the training of a select group of seed producers, who would constitute an elite group of competitors.

Tahirou presented hypotheses on returns to farmers who grow hybrid varieties. He concluded that NAD-1 can be adopted, but he said there is need for good agricultural policy if farmers are to benefit from their activity.

Yagoua stressed the urgency of regional training in seed production for breeders, technicians, and farmers.

House described his experience in Niger with formal training of technicians and farmers in hybrid seed production and strongly supported its continuation.

Questions and Comments Following the Presentations

Andrews (to Tahirou): What solution do economists have for price fluctuation?

Tahirou: Economists do not necessarily have the solution. Possibilities include price-fixing (although difficult to implement in Niger), or improving value of crops by use of new technologies (eg. couscous).

De Vries (to Salifou): Who are your clients (wealthy or small farmers)?

Salifou: I was surprised that it was the small farmers that came first to buy seed of NAD-1. I have also had NGOs, and development projects buy seed. Farmers will buy seed; the price is not the biggest issue.

Jada (to Salifou): How much does it cost to produce on one hectare?

Salifou: CFA 150,000 to 180,000 for millet—but more for cowpea—and less for groundnuts, where yields are higher. For NAD-1 under irrigation, the cost was CFA 380 per kilogram of seed produced. It was later sold at CFA 750 per kilogram.

Ndoye (to Tahirou): Is there a possibility that the price of millet could ever be as low as CFA 60 per kilogram under conditions of higher productivity (3 times today's yields)?

Tahirou: Yes, that would be the long-term objective of technology adoption. However, in the beginning, relatively high prices are needed to support the process.

Gupta (comment): For the adoption of hybrids, we should also consider current farming systems. In Nigeria and Niger, the majority of the farmers grow sorghum and millet together — intercropped with either cowpea or groundnut or both. There will always be volunteers in hybrid fields. There is a need for education. Farmers grow many crops to minimize the risk. Hybrids should be evaluated under intercropping also.

Andrews (comment): 1. To Tahirou: For many years, the biological scientists have produced good yield-producing technologies (new varieties, hybrids, fertilizers, cultivators, etc). However, the main blockade to their adoption is the fluctuation and weakness of the cereal grain market. The market economists have known of this problem for many years. What is their solution? (Expanding end-use possibilities is interesting, but it should not be considered the main solution). 2. Reference to Gupta's comment about Nigerian production systems: I am

sure (I have had some experience with intercropping in Nigeria.) that improved cereal genotypes of any kind can be effectively used (perhaps more cost effectively) in intercropping. Perhaps some adjustments need to be made (e.g., spacing), but farmers are experts at making these adjustments.

Obilana (comment): I believe there are opportunities for the use of hybrids of sorghum in both the small-scale mixed farming system (where sorghum and pearl millet are cropped together with groundnut and cowpeas) and the monoculture farming and single cropping systems in large-scale agriculture. These situations exist in Nigeria, and are starting to appear in Niger. This observation combined the concerns of S.C. Gupta and clarifications by D.J. Andrews on the usefulness of hybrid sorghum by small-scale farmers. However, the usefulness and impact of hybrid sorghum cultivation will be better accomplished if the hybrids target particular end uses (food, feed, malt, or a combination of any of these end uses). The hybrids should, therefore, be developed and released with particular and specific quality traits: for productivity, high-milling quality, good feedstock quality, or high diastatic power (for good malting in brewing and malt food/drink processing). Increased use and production of hybrid sorghums will result in more cultivar-specific cultivation.

Tuesday - September 29 - Session 2

Marketing by Commercial Firms and Cooperatives

Opening Remarks

Moderator - Kore Harouna, Fac.
Agro/AMD University, Niamey

Role of the Public and Private Sectors in Seed Production

Ismael Mouddour

Introduction

Historically, modern seed production in Niger was launched by the National Cereals Project in 1975 following the 1968-73 drought. The seed industry is virtually unknown to businessmen in Niger, for reasons that include the following:

- seed and grain are not differentiated by users of one or the other;
- presently seed activity is not well structured to attract investment;
- seed producers have no guarantee for a market and price that is attractive.

The Government of Niger thought of initiating a seed industry by investing heavily in one national seed farm and five regional seed centers, designed to increase and distribute the best seeds from research to farmers. Unfortunately the cost of production of M1 and M2 seeds was much higher than the sale price to farmers. This system quickly showed its limitations and was abandoned. The public sector was responsible at each step of seed production, including research on improved cultivars, seed increase, seed processing, packaging and storage, seed marketing, training of technicians and farmers, seed law and regulations, price fixing, evaluation of needs and planning seed increases. A small number of farmers (farmers-producers) located in the vicinity of seed centers were contracted to produce but there was no real involvement of private investors. As suggested above, private investors were not interested probably because seed had no greater value than grain and the seed sector was not organized.

Role of the Private Sector in Seed Production

The idea of a seed industry implies an economic approach to seed production. Therefore, as with any enterprise, seed production must follow some guidelines in order to be profitable and attractive to private investors. These include:

- who does what and what is the role of the state?
- what demand is there for seed?
- what quantity of seed is available?
- what seed should be produced and at what cost?
- what kind of marketing is appropriate?

The most important role of the private sector is to be able to produce and sell "a quality product at the right time in the right place, in the right form and price", the consumer being the one deciding what is 'right'. In terms of seeds, right is that seed produced by research that has the required attributes. The private sector has an important role here too in new varietal research and funding to research centers. In summary, in the current situation of Niger, the private sector may have a role in:

PREVIOUS PAGE BLANK

- increasing seed of varieties provided by research;
- seed marketing;
- extension (demonstration plots).

Private seed producers should organize themselves in a professional association that could be the ideal partner of the public sector. (Editor's note: The private seed producers in Niger did form a professional seed association in early 1999. INRAN will be an honorary member.)

Marketing of Vegetable Seeds in Niger

In Niger, large-scale production of vegetables followed the 1984 bad year for cereal production. The idea was to complement food production and help cattle owners settle around water ponds after they lost their animals to drought. With time farmers became interested in vegetable production especially since vegetables had become a regular part of the diet. Indeed professional vegetable producers around large cities could now make a good living from this activity. Onion producers are now able to export their product to other countries.

However, vegetable production is not without problems, chiefly in the production of quality seeds. Farmers tend to keep planting the same grain as seed leading to the loss of purity. Since they were used to free starter seed by the state or in some cases from emergency relief programs.

The private sector is attempting to provide quality seeds to vegetable growers through companies like Agrimex which was created in 1993. Agrimex has three retail stores in Niamey, four in other cities and a network of small retailers. This is important because for vegetable marketing, the seed store must be as near as possible to vegetable growers.

Vegetable seeds are mostly imported from Europe; however there is also local production for some crops including onions and amaranth.

Role of the Public Sector

The experience of the National Cereals Project indicated that cost of production was too high for seed production in state-owned farms. The public sector should pull out to allow the emergence of the private sector. The role of the public sector would be as follows:

- abquality control and setting up rules for seed production and processing. There is no efficient production system without quality control. Since control will differentiate the good from the bad, this will create a momentum for production of quality seeds.
- Role of INRAN. As a public sector agency involved in genetic improvement of crops, the Institute will have important activities including development of new varieties with superior performance in comparison with farmers' varieties; production of breeder seed; germplasm conservation; development and distribution of materials describing the various varieties.
- Security stocks. The public sector could set up seed security stocks so that in bad years farmer producers could rely on it as their source of seed. In turn they will increase the seed to cover national needs the following year.

Constraints and Suggested Solutions in the West African Seed Sector

A. Joshua

Introduction

Generally, though there have been many attempts by the public sectors or parastatal bodies, supply of improved seeds has been inadequate and unsustained in the Economic Community of West African States (ECOWAS) region. The ECOWAS region is composed of the following states: Benin, Burkina Faso, Cape Verde, Cote d'Ivoire, The Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone, and Togo. Government regulations, subsidies and seed pricing controls have inhibited emergence of the private seed sector.

Additionally government breeding and variety testing programs have been poorly funded, and farmers have not been involved in variety/hybrid development. Releases have been slow and seed availability and quality have been low. The source of most of the improved varieties has been the IARCs.

In many countries there is neither a National Seed Policy or a coordinated seed system, so there are no clear certification procedures, or independent certification agencies, and no funds for quality control. Finally there is an acute shortage of trained seedsmen.

The public sector and parastatal organizations have failed to provide quality seeds to Farmers. The private sector can do this (as it has done elsewhere) but for seed enterprises to be commercially successfully, a change in government attitude and legislation is needed to allow the private sector to operate profitably.

Governments have generally not realized that the best service they can do for farmers is to foster the private sector to provide the farming community with inputs that make farming profitable – not only quality seeds, but fertilizers and agrochemicals. Concerns are often cited about exploitation of farmers – but the principal goal of a private seed company (or a self-financing parastatal institution) is sustainability, and this can only be achieved by providing farmers with seeds that are profitable for them. Farmers are the ultimate judges of seed companies, and only those that satisfy them are successful.

General Constraints of Improved Seed Production and Marketing in the ECOWAS/Central African Countries

- Limited funding for seed improvement programs.
- Inadequate infrastructures.
- Insufficient focus on breeder seed production
- Insufficient trained staff for seed production.
- Insufficient focus on seed improved seeds in general.
- Limited fund allocation for the seed sub-sector.

- Even bilateral projects have limited legal status for commercial operations.
- Non-existence or not functional National seed committee.
- Lack of information on seed needs.
- Cumbersome procedures/non-existent variety release procedures.
- Inadequate equipments for production and storage.
- Inadequate facilities for commercial-oriented seed production and marketing.
- Rigid/cumbersome roles with a number of phytosanitary operations.
- End users of seeds are resource-poor, rural based farmers.
- Insufficient trained staff for effective supervision of public sector seed programs.
- Delayed and limited traveling and operational funding for field seed activities.
- Difficult and lack of capital and credit facilities at high rates.
- Difficult situations to guarantee loan acquisition.
- Limited seed retail outlets and weak development of seed distribution.
- Inadequate availability of breeder and foundation seed for certified seed production.
- Current low profitability and returns to private seed investment.
- Limited fund/credit/awareness/involvement of public firms in seed trade.

Constraints to Private Sector Participation In ECOWAS Seed System

- Governments and International Development Agencies (IDA) view profits of private firms with suspicion. (Although IDA concepts are changing).
- Market is often too small to attract sufficient private investment.
- Inputs (fertilizers/herbicides/seed treatment/bags) are often in sort supply.
- Facilities and equipments for seed treatment are limited in local markets.
- Marketing and input delivery systems are often in Government control.
- In many cases, poor hybrid seed adoption is due to poor extension.
- Plant breeders rights legislation either does not exist or is poorly enforced.
- Many regulations and cumbersome process on importing or exporting seed.
- Major problem of emerging seed industry – Lack of development seed policies and seed rules.
- Lack of organization like National seed council/State seed coordinating committees.

Suggested Activities to Support Regional Seed Program Development

Regional Seed Networking

Proposed Activities for Regional Seed Network

- Regional seed newsletter.
- Regional seed director.
- Catalogue of National seed standards.
- Data base on morphological variety descriptions.
- Vital current technical seed technology information.
- Develop and compliment University M.Sc. seed technology courses.

- Training courses outlined.

Regional Variety Network

- Regional variety evaluation.
- Regional seed security.
- Regional variety catalogue.

Regional Seed Standards

- Standard seed rules and regulations and standards (AUSCA, IITA).
- Uniform variety registration/release/certification procedures.
- Regional variety data collection andinformation – IITA/ICRISAT/WARDA.
- Ensure barriers to seed movement between ECOWAS region members.
- Standard see policy.
- Regional plant quarantine service and procedures.
- Seed trade liberalization and seed trade promotion.

Regional Seed System Analysis/Research

- Cost/benefits of seed production/marketing and use.
- Institutional and management policy studies.
- Presentation and discussions of model National seed policy; National seed legislation; model standards and marketing network.
- Social and environmental policy and environment studies.
- Inter-play between seed science technology and policy economics.
- What options can take in privatization.
- What options can take in seed security for the country region.
- Who should pay for the economics of structured adjustment changes.
- Studies on existing seed production/processing/marketing distribution system.
- Regional regulation for establishment of authentic private seed companies.

Suggested Cooperative Activities in the West Africa/Central Africa Sub-region with Regard to Seed Production and Marketing

Strengthening National Seed Systems And Regional Seed Centers

- Develop National seed systems capacities and regional seed centers.
- Encourage regional seed trade.
- Use of private seed companies for seed production.
- Adoption of cost-conscious, cost-effective, cost-recovery policy by public sector seed agencies.
- National Agricultural Research Systems (NARS)
- Coordination of National variety trials.
- Coordinate variety trials (public and private developed) lines.
- Facilitation of National variety release mechanism.
- Ensure adequate production of breeder seeds for National seed system

International Agriculture Research Centers (IARCs)

- Enhance availability of greater breeder seed production.
- Continuous development of superior improved varieties.

- Increase availability of useful genetic lines within the West African/CA Regions.

National Variety Release Mechanism (NVRM)

- Timely variety registration and release based on performance data.
- Develop network between National variety release mechanism and regional seed trade.

Private Seed Companies (PSC)

- Provide best-produced, best-priced, best-quality seeds.
- Develop vibrant effective marketing network.
- Assist in production of foundation seed of publicly bred seeds for NARS and IARCs.
- Use wholesales/seed distributors/seed producer/sellers.
- National Seed Development Organization
- Coordination of National seed efforts.
- Promotion of seed industry development.
- Ensuring cost-recovery, pricing policy by public sector agencies.
- Develop National seed quality control agency.
- Effective National seed policy.

Phytosanitary Regulations

- Test and issue phytosanitary certificates.
- Clarify requirements for regional/international seed trade.

Seed Importers/Exporters

- Trade in truthfully labeled commercial and certified seeds.
- Facilitate export seed trade process.
- Enter seed business and promote use of quality seeds.

MANR/Government

- Establishment of National seed council.
- Support National seed program development.
- Regulatory Barriers to Regional Seed Trade
- Summarized (Table 1.)

National Seed Council

- Provide forum for seed stakeholders participation.
- Develop seed sub-sector policy.
- Coordinate National seed activities.
- Enact National seed legislation and provide guidelines for see industry development.

National Seed Growers Association

- Link marketers/National seed associations/regional seed association/stakeholders.
- Forum for meeting of formal and informal seed systems.
- Provide meeting forum for regional seed trade development in West Africa/CA.
- Enable effective dissemination and exchange of seed information technology.
- Improve economics of seed distribution.

Table 1. Common Regulatory Barriers to Seed Movement and Recommended Reforms.

	Regulatory barriers	Recommended reforms
1	Compulsory variety registration.	Preferred solution: *Voluntary variety registration. If there is too much opposition then: *Compulsory variety registration limited, to a few major crops, leaving all other crops with voluntary registration; or *Automatic registration for varieties registered in a list of other countries within a region creating a multi-county variety list as in EU countries.
2	Compulsory seed certification and other quality control.	*Voluntary seed certification. *Truthful labeling: Mandate what companies put on labels, then prosecute if customers complain. *If a company repeatedly mis-labels seeds, force closing of the company.
3	Lack of private access to public germplasm and breeders' seeds, including materials fro IARCs.	*Allow private companies to get materials direct from IARCs. *Establish standard commercial arrangements to sell other public germplasm and seeds at cost. *For some valuable products, sell or license for a profit.
4	Inadequate protection for intellectual property rights in seed technology.	*Do not require companies to give up physical control of parent hybrid lines. *Adopt and implement laws allowing companies to register ownerships of varieties.
5	Unreasonable phytosanitary rules and other non-tariff barriers on seed imports and exports.	*Work with international agencies and private organizations to identify realistic pest and disease threats, to standardize seed tests, and to arrange transparent procedures to resolve disposals. *Do away with all other non-tariff barriers of seed import and export.
6	Over-centralized administration of regulations: Fragmented markets: i.e., small countries with excessively Nationalistic seed systems.	*Deregulate as above, particularly doing away with compulsory variety registration and compulsory seed certification; and *As far as possible, decentralized administration of remaining regulations to provincial government or local offices of central agencies. *For regional country does away with compulsory variety registration; (or automatically accepted varieties approved list of other countries). *Each regional country removes non-tariff barriers on seed imports. *Governments cooperate to study seed borne pests and diseases in the region. *Governments harmonize phytosanitary and seed quality standards for internally traded seeds.

Agric. Technology Notes (1995) AGRN Publication No. 12. World Bank Washington, D.C. (Sept. 1995).

Government/UN/NGO Agencies (Regional Seed Centers)

- Develop programs to strengthen National and Regional seed supply systems.
- Enhance regional seed production/marketing network.
- Analyze seed demand and seed production potentials in selected countries.

- Enhance development and dissemination of seed professional knowledge.
- Support regional seed center and training activities for more seedsmen.
- Estimate potential, effective and actual seed demands.
- Assistance on overcoming seed production/marketing data constraints.
- Carry out needed research on seed technology on ECOWAS crop seeds.
- Ease barriers to seed trade and seed movement in the Region.
- Sensitize National and Regional programs to support adequate improved seed supply.
- Develop Inter-regional program for security stock of foundation seed.
- Strengthen base seed and foundation seed production at National and International Research Centers.
- Promotion of certified improved seed production and marketing system.
- Analyze country seed demand/supply – crop-wise and variety-wise.
- Strengthen information collection and dissemination (Training/ Newsletters).

Roles of International Research Centers

- Continuous development of superior improved varieties.
- Support integration of regional and national variety trials and release.
- Make more breeder and foundation see production available.
- Accept promising entries from private seed companies into International trials.
- Increase availability of useful genetic times within the WA/CA region.
- Collate existing seed production/regional seed trade data/make known to states.

Donor Agencies

- Sensitize governments on importance of effective National seed systems.
- Prepare draft seed policy/seed legislation/seed rules and regulations for modifications.
- Highlight measures for easing barrier to regional seed trade/supply systems.

Key Issues for Strengthening West African and Central African Seed Systems

Vital Areas where Improvements and Interventions are Needed Can be Summarized as Follows

- Development of appropriate seed policies and regulations.
- Improving dissemination of information on available improved seeds.
- Sufficient emphasis on timely variety release, breeder and foundation seed production.
- Strengthening seed marketing network for farmers as and when needed.
- Estimation of potential, effective and actual seed demand and feed back.
- To better understand and incorporate farmers needs and priorities into research activities.

- Appropriate research priorities/research/extension/farmer participatory breeding for needed seeds.
- Timely variety testing/release and process of nation seed centers.
- Improved seed campaigns coupled with training for different categories of seedsmens/stakeholders.
- Improving seed production skills at farm levels/seed processing quality control development.
- Strengthening National seed systems.
- Promoting privatization and commercialization (cost recovery) of both public and private sector at National seed system for sustainability and quality seed trade.
- Use seed price support program by government for both public and private sector cost-recovery produced seeds to promote improved seed adoptions, for some short period.
- Strengthening regional seed trade and easing barriers to seed movement in region.
- Provide potential list of useful projects for support by donor agencies.
- Private firms to have sole rights to materials they develop.
- Private firms when viable to provide increment support and private funded cooperation program for public section applied seed research programs and seed developmental activities.
- Institutional roles and responsibilities.

Global Classification of Types of Seed Production/Marketing Enterprises

Variety Maintenance and Breeder Seed Production

Public Sector

- Breeding lines given to private companies.
- Released varieties multiplied by foundation seed organization and sold to seed producers.
- Foundation seeds sold to seed producers.

Private Sector

- Company controls all steps of initial seed increases.
- Control either on own land or very closely supervised contract growers.

Commercial Seed Production Agencies

Public Sector

- Ideally none.

Private Sector

- Contract seed producer – formal contract made between seed producer and company.
- Most seeds produced for commercialization is produced under contract.
- Independent seed producer – seed produced certified/not certified.
- The farmer takes the risk for production and marketing.
- Production on company land – some companies make their land available and contract with farmers to increase production.

- Farmer-saved seeds – Among self-pollinated species.

Seed Processing

Public Sector

- Limited to foundation seed organizations.

Private Sector

- Company owned facilities are used only for conditioning "company" seed.
- Company owned facilities which are used to condition "contracted" seed/or provide customer seed cleaning services.
- Custom cleaners – stationary or mobile cleaners that move from farm to farm cleaning seed for shelling, etc.

Classes of Seed Production and Marketing Agencies

Producer/Retailer

- Typically small organizations where the seed company produces and conditions seed of two or three species and may retail seed of other crops purchased from other companies.

Producer/Wholesaler

- Primarily restricted to companies which operate on a National and/or International basis. Seed are produced under contract and sold to wholesalers after conditioning.

Producer/Wholesaler/Retailer

- Most frequent system encountered. Organization contracts for large volume of seeds for wholesaler and/or retail seed dealers.
- Will also provide retail sales to local farmers + other inputs. The wholesaler also sells seed to other wholesalers or retailers in several states. Some organization may have several operational sites.

Wholesaler

- These are companies which purchase processed seeds. Sell primarily to retail seed stores and some other wholesalers. Generally their operations cover a multi-state region.

Retail Only

- The greatest number of retail "seed" stores handle all kinds of seeds and other inputs. Retail stores may or may not be affiliated with a wholesale company.

Enabling Actions for Strengthening and Coordinating Both the Formal and Informal Seed Systems

Enabling Actions

Crop Research

- Develop a timely system for the release and introduction of new varieties.
- Provide descriptive agronomic features of released varieties.
- Have concern for who multiplies the seed and make available to farmers.

- Provide data from regional trials, which cultivars are most suited for each country.
- Provide cooperation for partnership between research and private sector.

Foundation Seed Needed for National Seed Production System

- A consistent supply of basic seed is essential.
- National foundation seed production agency and reliable private seed companies should provide the commercial seed sector of continuous supply of high quality seeds for commercial seed production.

Improved Seed Production and Marketing

- Need to provide answers to who grows, process and sells seeds.
- Put increasing emphasis on developing private seed growers, enterprises seed producer/sellers.
- Policies that encourage the dynamic development of private commercial seed industry.

Promoting Growth and Development of Private Seed Enterprises Producers/ Sellers

- Favorable credit for capital investment.
- Good credit to seed producers/marketers/farmers.
- Leasing/availability of rural public rural agriculture input sales outlets to private sector.
- Custom seed processing.
- Active improved seed campaigns, demonstration plots/MTP/Field Days on economic benefits of improved seed.
- Import privileges.
- Strengthening for effective, reliable quality seed control.
- Encouragement through availability of basic seed production.
- Good technical support.
- Good National seed policy.
- Proper funding for the seed sector.

Quality Control

- Need enabling actions for improving quality of seeds in seed trade of both formal and informal seed system.
- How the quality of seed saved by the farmer can be improved.
- Seed association to push for entire seed sector to be of higher quality.
- Internal quality control scheme to be integral part of the formal seed sector seed companies/enterprises.
- Good cooperation and adherence to the laid down guidelines for seed certification.
- There are at least two (2) types of external quality control programs:
- Seed certification and Quality Control at marketing.
- Quality declared quality seed program developed by FAO/UNDP.

Role of the Government of Niger in the Initiation of a Seed Industry

Paul Buckner

Background

Niger is currently going through numerous institutional changes including economic liberalization, government pullout of production, democratization and decentralization.

Agriculture still remains an important contributor to rural economy. Despite its lower impact on the country's gross income (66% in 1960 vs. 41% in 1995), agricultural improvement has been accepted as the engine of the national economy under the Economic Renewal Program.

Cereal crops are the most prevalent under dryland agriculture, occupying three fourth of the total agricultural land. Over the past ten years (1987-1995), the cultivated area under millet went from 3 million hectares to 5.2 million, and that for sorghum from 1.3 to 1.9 million. Yields are generally variable and have declined in the same period. The average millet yield is 390 kg/ha and that for sorghum is 190 kg/ha. Overall agricultural production is variable, from 1.37 to 2.4 million tons between 1987 and 1997; still there is a slight 1.4% increase in production for millet and sorghum.

The most critical reasons for a lower productivity are:

- Low soil fertility and mono-cropping;
- Unfavorable agronomic and climatic environments (periodic drought, parasites, soil erosion, abusive use of the soil;
- Poor economic environment due to poverty (per capita income has decreased by 33% between 1960 and 1990 and is currently CFA 8,000);
- Extensive genetic heterogeneity of the material grown by farmers due to the use of poor quality grain as seed.

The use of improved seeds is indispensable for intensive agriculture to increase and stabilize production and food security. Indeed improved seeds allow a better valorization of other agricultural inputs.

Current Status of the Seed Sector

There are two important institutional components:

1) The public sector which is responsible for research, seed multiplication, legislation, and extension. In this context a National Seed Committee supervises inter-ministerial and inter-professional activities aimed at advising the government on issues pertaining to seed activities. So far the committee has essentially dealt with price fixation, and at the local level, it has promoted planning and coordination of activities. A National Seed

Service was created in 1985 but was replaced in 1990 with an office in charge of inputs, control, processing, and agricultural legislation. There is presently no agricultural legislation enforced. The 1990 government decree (No. 9055 PRN MAG/EL) dealt with the requirements for seed production, processing, and quality control, but it was not implemented. Seed activity is only protected by phytosanitary regulations. A research organization, the Institut National de Recherche Agronomique (INRAN) is in charge of crop improvement as well as production of breeder seed. Regional and local extension offices provide training, extension and diffusion of technologies.

2) The private sector deals with commercial seed production and marketing.

The above role distribution was operational between 1976 and 1989 under the Cereals Project. The public sector became a lone actor after 1989 while the economic situation was deteriorating. Seed centers were assigned to local community governments, and seed increased in part by farmer producers and a few individuals. Seed production in the private sector is still emerging, being conducted by a few farmers in the vicinity of seed centers and a few private producers.

What Role Government Can Play in Initiating Seed Enterprises?

In July 1997 a government act defined sectorial policies under the Economic Renewal Program. This program includes the 'strategic principles for rural development' that were developed in ordinance no. 92-030 of July 8, 1992. The policy goals are food security, intensive agriculture, grassroot organizations and participation, and a new role for the State. The Economic Renewal Program emphasizes the role and value of the private sector including individual businessmen and cooperatives on one hand, and a reinforcement of economic ties among private entrepreneurs on the other hand.

In terms of seed activities, the strategy is to facilitate the emergence of professionals in seed production and marketing. The state would have a role in defining national policies, in research, in supporting and advising different partners, in quality control, in defining and controlling seed legislation. This role may be implemented at three different levels:

Coordination

The current policy aims at a progressive withdrawal of the state from seed activity and its gradual replacement with the private sector. The state will remain as a regulator, producer, and lawmaker.

For a successful seed production, the different regions should make their own decisions and plan their activities. On the national level, it will be responsible only for general orientations. However breeding and production of breeder and foundation seed will remain in the public sector. Certified seed will be produced by farmer groups with technical support from appropriate government agencies. The government role may be summarized as:

- farmer support by extension agents;
- breeder seed from research agencies;
- an economic environment leading to opportunities for credit to seed

producers and other input suppliers;

- more dynamic regional seed committees.

Marketing of improved seed should be left to farmer organizations and private producers in different zones. Government will help through:

- promoting liberal pricing;
- circulating the information on price of commodities;
- supporting cooperative;
- improving techniques for processing and storage;
- initiating banking and credit organizations to facilitate activities of private entrepreneurs.

Training and Information Exchange

Tthrough its own agencies and development partners, the government will:

- train in seed production techniques;
- inform producers and farmers on issues relevant to improved seeds;
- demonstrate improved varieties through extension programs.

Quality Control

This is a critical aspect and government has a key role to play:

- prepare a seed law;
- create a variety release committee;
- manage genetic resources.

Perspectives

The overall strategy would anticipate a national seed program to organize all the partners, define the objectives, and decide on specific programs and projects. This strategy is not functional at this point, so presently only a minimum level of funds are provided by the state and local governments to support seed activity.

A project for promotion of improved seeds has been submitted to the European Union under the 8th FED for ECU2, 208,108. The main objective of this project aims at ensuring food security through a realistic approach to seed management, involving the private sector through organized groups, along with other partners including institutes, development projects, and NGOs.

Credit/Loans/Banks Serving Rural Users in India

Dr. Kuldip R. Chopra and Dr. Rakesh Chopra

Introduction

India is a vast country with varying agro-climatic conditions, tenancy laws and land holdings ranging from 0.4 ha (marginal) to 17.33 ha (large) with an average of 1.57 ha per family. Only 33% of the cultivated land is irrigated.

Agriculture is the mainstay of the economy. About 76 percent of the estimated 900 millions inhabitants lives in rural areas. About 60 percent of the total population is directly dependent on agriculture. The share of agriculture in the net domestic product was about 32 percent in 1990-91 and is projected to decline to about 25 percent by the year 2000. Small and marginal farmers and high population density characterize Indian agriculture. In a good agricultural year, food is adequate in relation to effective demand, price remains stable, agro business and industries lookup, employment improves and rural poverty recedes somewhat.

The main constraints to increase agricultural productivity are the convenient availability of rural credit on time, in needed amounts and at reasonable interest rates and the declining size of farms resulting from the continuous process of subdivision of holdings, overexploitation of water in green revolution areas where by rotation paddy and wheat are grown year after year, and the energy constraint persisting as a critical factor in spite of large public investment. These constraints operate more severely in underdeveloped regions than in the more developed regions of the country.

Rural credit in India has been an area of policy interventions for nearly five decades (since the country's independence). Policy objectives were:

- To institutionalize credit;
- To enlarge its coverage;
- To ensure provision of timely and adequate finance to as large a segment of rural population as possible; and
- To achieve an anticipated growth rate in agricultural production and rural employment.

The Indian rural credit system, as it has emerged, is a product of both evolution and intervention. Until the late sixties, policy interventions in the area of rural credit were mostly confined to cooperatives, which were considered as most suitable this work. However, the "All India Rural Credit Review Committee" pointed out that, despite all support extended, cooperatives had begun to exhibit several weaknesses in the form of overdues and organizational ineffectiveness, and are not geared for meeting the growing needs of the fast emerging technology and innovations relating to production, processing and marketing in the agricultural sector. With the nationalization of major commercial banks in 1969 and introduction of regional rural banks (RRB) in 1975,

branch banking in the rural areas acquired a new momentum. The outreach of the commercial banking system was considerably enlarged within a relatively short period of time, resulting in certain real gains such as:

- Broadening of the rural infrastructure for credit delivery;
- Increase in outreach;
- Reduction in the influence of informal segments; and
- Substantially stepped-up credit flow for agriculture and allied activities.

However, on the debit side, quality of service suffered, overdues increased, repayment ethics was diluted, and profitability and viability of the institutional structure was seriously eroded.

Present Situation

Rural users in India have access to credit through either an organized or formal segment, which functions within provision of the 1956 "Indian Banking Companies Act", or an unorganized or informal segment, which operates outside this Act.

Organized or Formal Segment

The formal segment is organized as follows:

At the Top

- Reserve Bank of India (RBI)
- National Bank for Agriculture and Rural Development (NABARD)
- Industrial Development Bank of India (IDBI)

Middle Tier

- Public and private Sector Commercial Banks
- Regional Rural Banks (RRBs)
- Land Development Banks (LDBs)
- State Cooperative Banks (SCBs)
- Central Cooperative Banks (CCBs)

Third Tier (in direct contact with rural users)

- Primary Agricultural Credit Societies (PACS)
- Central Banks and State Governments mostly for subsidized credit
- Commercial Banks Rural Branches; and
- Regional Rural Bank Branches

RBI is responsible for overall monetary policy and provides accommodation to NABARD and IDBI for agriculture and rural industries respectively. These institutions in turn provide refinance to the affiliated commercial banks, including RRBs, SCBs and State Land Development Banks (SLDBs). The refinance from NABARD is distributed to rural entrepreneurs through two and/or three tier cooperative structure respectively for long, short and medium term lending. However, in case of commercial banks and RRBs, the refinance flows directly to the users. Subsidized credit flows from State Governments through their district or block offices or the lead bank in the area.

Despite an appropriate and well-funded structure and support from policy interventions, the formal segment shared about 65 percent of the rural credit market in 1996. Likely reasons for failure

to cover 90 percent or more of the market are:

- Political interventions especially when borrowing from cooperative banks;
- Delays in disbursement of loan installments;
- Previous overdues making the borrower ineligible;
- Cumbersome and bureaucratic loan processing procedures.

As a result, small and marginal farmers fail to benefit from institutional credit.

Unorganized or Informal Segment

The share of the informal segment in the total rural debt even today is estimated at about 35 percent. The unorganized sector consists of:

- Professional Money Lenders: their primary business is rural financing.
- Nonprofessional Money Lenders: casually involved in financing, they focus on other rural businesses.
- Indigenous Banks: native or regional private banks.
- Merchants: they provide seeds, pesticides, fertilizers and farm equipment on credit.
- NIDHIS: Hundi instrument letter for loan
- Chit funds: a voucher of collective fund that could be utilized by any member of fund as and when, required.
- Landlords or large-scale farmers: they own large land holding and finance their tenant farmers only.
- Friends and relatives: they offer short-term loans.

Informal segment continues to dominate the rural credit scene primarily because its lenders combine money lending to another rural economic activity, e.g. grocery store, agro-product processing, poultry, etc., in order to ensure sustainability of their own business. Furthermore, their loan operations are quite flexible in limits, end use of loan, recovery schedule, repayment in cash or kind and thus are more geared to meeting the needs of borrowers. Records are simple and not subject to audit. Finally, these casual lenders have the advantages of personal contact, secrecy of loan and terms and better relations with the users.

District Credit Plan

The efficiency of credit depends on the quality of integration between infra-structural facilities, technological innovation, research and extension support. Such linkages were generally weak because different agencies tend to operate in a compartmentalized fashion with field level interaction being minimal. There was, thus, a need to strengthen such linkages through a positive effort at the various fora available at the district level. The Lead bank concept was, therefore, started for each service area. The Lead bank is either a cooperative, or a Regional Rural Bank (RRB) or a commercial bank. It acts as a consortium leader for coordinating the efforts of all credit institutions in the district granting credit for the purposes of branch expansion and meeting credit needs of the rural economy. Credit planning for a village or for that matter any area, is more meaningful if all the credit and development agencies in the area effectively coalesce in the preparation of the credit plan and each agency is given a

task to perform in its implementation. It is necessary to have better collaboration between bankers and development planners in this effort. To tone up the quality of rural lending, RBI from April 1989 initiated a new approach known as "service area approach".

The crucial element of the "service area approach" is the interaction of each bank branch's credit plan with the "District Credit Plan", taking in account the financial support and infra-structural facilities available in the area. Recently the "service area approach" has been modified into a development linked credit plan.

Rural Credit Segmentation

Under the present arrangement, agricultural credit for all purposes relating to agricultural production and activities allied to agriculture, whether of short, medium or long duration, is provided by an extensive network of cooperatives and/or designated "service area" of commercial banks or Regional Rural Bank (RRBs) branches in the rural and semi urban areas.

On Farm Production Credit

Crop production requirements of the on farm sector are met through:

- loans granted on a crop,
- cash credit granted on a crop
- overdraft facilities granted on a crop
- variations of the agricultural credit card system.

RBI from time to time issues guidelines on the crop loan system. Appropriates scales of finance for each crop are fixed by the field workers in consultation with agricultural experts of the lead bank of the district, for both cash credit and input credit. Inputs are sometimes supplied in kind. These scales vary for irrigated or non-irrigated cultivation and according to the level of development of the area (developed versus non developed).

Investment Credit

Investment credit needs are met through various "product specific" schemes, i.e., the loan is specific to the activity. It is usually sanctioned on the economics of the activity and the asset/liability and income/expenditure pattern of the borrowers. Investment loans are available for:

- land development;
- farm mechanization
- minor irrigation such as digging a well/tube well;
- production and processing of seeds;
- horticulture and plantations;
- post harvest operations;
- construction of cold storage;
- farm forestry; or
- setting up a biogas plant, etc.

While production loan requirements are recurring in nature, farmers ordinarily do not make investments on above products on an annual basis, hence depending on the activity, term loan periods range between 3-9 ans. Before extending credit facility, bankers make comprehensive assessment of the regions cropping pattern and the likely production income. They

also take into account the borrower's pas repayment record.

Scales of Finance

The credit limit fixed for production credit is generally much less than the actual cultivation costs and expected revenue. For example, the cultivation costs for grain sorghum under irrigated and rainfed conditions following recommended cultivation packages are approximately INR 2,570 and INR 1,740 per acre respectively. Similarly for pearl millet, they amount respectively to INR 1,965 and INR 1,445. However, the banks have fixed a uniform production credit limit of INR 1,200 for grain sorghum and INR 900 for pearl mil per acre irrespective of irrigated or rainfed conditions. On account of the large difference on the actual expenditure to be incurred and the limits fixed by banks, farmers are compelled to borrow from the non-organized sector at very high rates. The seed companies arrange production credit for their contract sorghum and pearl millet seed multipliers under a group warranty scheme. They provide cross guarantee to the lead bank of that area, on behalf of all contract multipliers, to first pay the principal and interest amount of all accounts (borrowers) from their seed income and pay the balance to each multiplier. Banks prefer this system as it ensures almost 100 percent loan recovery and the user gets timely, adequate and convenient availability of credit at a prevailing subsidized rate of interest.

Non-farm Sector

The rural non-farm sector covers approximately 16% of the country's population. Despite a significant expansion in the flow of credit to the agricultural sector, there is a perception that investment in agriculture, particularly non-farm investment, has not kept pace with demand. It is believed that the greatest stimulant for the growth of the non-agricultural economy in the rural areas is sustained agricultural growth. Apart from agriculture, the primary activities that serve as an important basis for the non-farm sector (NFS) livelihood include livestock rearing, fisheries, forestry and mining.

Rural households generally pursue a number of activities both agricultural and non-agricultural for supplementing their cash flow. These activities which include small scale trading, agro-based micro industries, local transport, etc., have modest working capital requirements and lend themselves admirably to bank finance. Therefore, rural banks design specific loan products for this sector to provide short-term loans up to 3 months with weakly or fortnightly repayment of interest/principal installments. Borrowers' requirements are reassessed at frequent intervals and repeat loans of increasingly higher amounts for longer periods are offered. There are built-in incentives of interest rebate in case of prompt payment. Credit to non-farm sector has a high turnover on account of rapid recycling of funds leading to increase in credit flow.

Informal Sector

The problems faced by the poor in dealing with formal rural financial institutions are many. The factors that constrain the capacity of the poor to borrow from the organized credit institutions have been:

- lack of skills;
- ignorance of economic opportunities; and
- their inability to comply with the procedural requirements.

State governments have encouraged formation of "Self Help Groups" (SHGs) by "Non-Governmental Organizations (NGOs) to perform intermediary functions between SHGs and the financial institutions. Reserve Bank of India (RBI) has advised rural lending institutions to consider SHGs needs as their regular lending operations. Banks lend to SHGs who in turn lend to their members. Alternatively banks work through NGOs, which provide credit to SHGs to be passed on to their members. SHGs, especially those formed by rural women have been very aggressive and successful.

The main advantage to banks is externalization of a part of the work of the credit cycle such as:

- assessment of credit needs;
- appraisal, disbursal, supervision, repayment;
- reduction in paper work involved, hence consequent reduction in the transaction cost; and
- recovery of about 95 percent dues.

Hi-tech Credit Needs of the Rural Sector

To efficiently respond to the emerging agricultural technologies leading to commercially oriented Hi-tech agriculture, with capital intensive credit needs, RBI have encouraged banks to:

- open Hi-tech branches in rural areas,
- employ experts to evaluate economic feasibility of projects proposals,
- sanction loans, and
- monitor project progress under 100 percent NABARD refinance.

Some examples of hi-tech capital-intensive projects for rural credit financing schemes are:

- seed production, processing and marketing;
- floriculture;
- mushroom cultivation;
- aquaculture
- tissue culture; and
- value addition to agricultural commodities for urban centers and for exports.

Under World Bank funded National Seed Project's phases I, II and III, credit to nascent seed companies was made available at subsidized interest rates and partly in foreign exchange to import seed processing equipment and technology.

Subsidy Linked Credit

To promote a new product or a process in the rural sector, both the Central and State Governments often resort to subsidy linked credit schemes. The emphasis of these credit linked subsidy schemes is on achievement and implementation of the district wise physical targets. The subsidy component is usually channeled through a lead bank under the "Area Development Approach". It is disbursed through the lead bank of the area to which the borrower belongs. The extent of subsidy may range from 25 to 75 percent of the total costs. Some subsidies are recurring; oth-

ers are a one-time disbursement only. Recent examples of subsidy linked credit include setting up a fruit orchard, setting up a tissue culture lab, setting up a fertilizer mixing plant, purchase of sprinkler or drip irrigation system, construction of cold storage. The impact of such schemes in bringing families above the poverty line or providing gainful employment is usually weak.

Interest Rates

Organized Sector

The Government of India believes that in present state of development of the Indian money market and capital market, determination of interest rates cannot be entirely left to market forces and a fair degree of regulation is necessary to provide for an orderly mobilization of financial savings for the purpose of planned economic development and in the interest of the viability of bank operations. It also recognizes the need to make the administered rate system less complex, more flexible and whenever possible to reduce the extent of concessions and categories of concessionary lending.

For the rural credit, the category of concessionary financing is comprised of:

- small and marginal farmers; and
- other weaker sections, only.

The "other" category comprising the rest is free from any regulation except a maximum ceiling on interest rates of 15.5 %.

Effective July 1,1996, the Reserve Bank of India sanctioned a special line of credit (GLC) to NABARD at a fixed interest rate of 5.5 % per year. NABARD in turn extends Seasonal Agricultural Operations (SAO) refinance credit to cooperatives and lead banks at 6.5% for short term, e.g. crop production credits. The banks in turn are required to fix interest/lending rates in a manner that, globally, the interest earning by the ground level institutions namely PACs, PLDBs, RRBs, and commercial banks gross margins ranges between 5 and 7%. From the viewpoint of banks, the regulated rates of interest operate as a barrier to the sanction of small loan as managers tend to look for comparatively larger borrowers. This is one of the reasons why the share of commercial banks in crop production loans is substantially smaller than that of the cooperatives. For crop loans, there is a substantial unfulfilled demand that is being met either by the moneylender or by reducing the use of inputs, either strategy resulting in a loss of income to the farmer. Therefore, RBI has recently deregulated the interest rate for rural credit; hence the lending rate for short-term credit now ranges between 12.5 and 16.5 percent and is negotiable. The government is obliged to reimbursed the lead bank if they direct them to provide credit to certain categories of rural borrowers at lesser than the recommended minimum rate of 12.5 percent.

In principle, during the preparation of a district plan, the targets fixed for financing the weaker section and the rural poor are such that the banks can bear the losses on this score through earnings from their commercial lending. Mandatory lending has accordingly to be within limits that cross-subsidization permits so that the vi-

ability of the institution is not adversely affected.

For commercial activities of the non-farm sector, NABARD/IDBI issues loans to lead banks at 9.5%, and the later have the flexibility of lending at 12.5% and above. Loans to tribal and other weaker sections of rural society are given at 1% lesser interest rates.

Unorganized Sector

Interest rates charged by the unorganized sector vary a great deal. Minimum interest rate is usually 24 % against hypothecation of standing crop, some property, land or security of gold, farm equipment or even other household goods. This is usually available to the farming community. Those farmers who do not have access to organized sector for finance, usually prefer this channel. Many times, in case of urgency, they fulfill their financial needs by taking loans at such a high rate of interest. The maximum interest rates can go up to 50% depending on the credibility of the borrower. This is generally available to the non-farm sector and those who can't provide any security. The rest of interest is negotiable and is generally charged on a monthly basis. The first installment of interest is deducted from the initial payment (loan amount). The rural users of this kind of loan are poor farmers and artisans who find difficult to get a loan from the organized sector. Due to the high interest payable every month, once caught in the clutches of such moneylenders, it becomes difficult to come out.

Loan repayment

Experience has shown:

- repayment rate of loans sanctioned by cooperatives and RBI is low, ranging between 50 and 60%
- repayment rate of loans sanctioned by commercial bank rural branches is usually 80% or more.

Wednesday - September 30 - Session 1

Sorghum and Millet Utilization

Opening Remarks

Moderator - Bruce Hamaker, INTSORMIL

Evaluation of Sorghum Grain Quality for Traditional Thick Porridge in Africa

G. Fliedel, C. Sambumukama,
L. Songre, and F. Matenncio

Introduction

A major objective of the Cereal Technology Laboratory is to study sorghum grain quality for specific uses so as to help breeders in the identification of varieties that are not only productive but also have potential for utilization. Therefore the laboratory developed mini procedures to predict varietal attributes that are additional breeding tools and to understand the physico-chemical basis of quality.

The present document summarizes several research projects funded by the European Community in collaboration with research organizations in Europe and Africa: Vrije Universiteit (Belgium), Hamburg University (Germany), NRI (England), IICT (Portugal), IER (Mali), IPR (Mali), CNRST (Burkina Faso), BTC (Botswana), and Sokoine University (Tanzania). This work would not have been possible without the help of colleagues and technicians in the laboratory.

This report describes three tests that can be used to predict sorghum grain quality for making traditional thick porridge in Africa. The work was based on two observations: in West Africa sorghum is produced and consumed in many countries of the semi-arid tropics. In these countries only local varieties are grown and most improved varieties have not been adopted by farmers and end-users. In Southern Africa, sorghum has been gradually replaced with maize but most of the countries suffer from drought and maize cannot be grown under this condition. Therefore, it is essential to identify sorghum varieties with good adaptation but more suitable to consumer taste. Consumer surveys have shown that the most common food use of sorghum in Africa is a thick porridge usually called 'bowl' or 'paste'. Hence under breeders' request, three tests were developed in our lab to predict sorghum porridge quality: one test for West African tô, the second for Southern African bogobe (Botswana), and the third for Eastern African ugali (Tanzania).

Three tests were necessary because the three thick porridges were different in texture, flour particles, flour concentration, and cooking procedure. The West African tô starts with a light flour-water mixture to which flour is continuously added and stirred during cooking; the flour/water ratio is 20% on dry flour weight basis. The Southern African bogobe is very thick and is prepared from a mixture of coarse and fine flour particles; the flour/water ratio is 40% on dry flour basis. Cooking method is simpler: flour is poured directly in boiling water, the pot is covered and the mix is stirred only at the beginning and at the end of cooking. The East African ugali is similar to tô in texture, flour particles and cooking procedure, however the flour/water ratio is intermediate at 30%.

PREVIOUS PAGE BLANK

The tests were developed using the following steps: 1) field surveys were conducted to understand the criteria for a good quality porridge; 2) learning the traditional cooking procedures and transferring them in small scale to the lab; 3) setting-up the porridge quality test; and 4) studying the physico-chemical basis for quality.

Materials and Methods

Materials

Tô quality was evaluated using several West African varieties (IER Mali, CNRST/INERA, Burkina Faso; ICRISAT/CIRAD, Mali). The tô equation was checked using 32 varieties from the ICRISAT/CIRAD station at Samanko, Mali (1995 harvest).

Bogobe quality test was developed using three commercial flours from Botswana (February 1996), five varieties from the Botswana Department of Agronomic Research (1995 harvest), and four varieties from ICRISAT/Zimbabwe. The test was conducted on 31 varieties including 24 from ICRISAT/Zimbabwe (one from 1995, 23 from 1996 harvest), and 8 from the Botswana Department of Agronomic Research (1995 harvest).

Methods

Whole Grain Analyses

Prior to analysis, grains were cleaned to remove dust, glumes, and broken kernels. The cleaned grains were conditioned to 11-12% moisture content to minimize variability in grain hardness.

The Particle Size Index (PSI) was determined according to a method developed by Fliedel et al., (1989). After grinding 20 grams of grain in a Falling Number KT30 type of grinder (using the setting for coarse semolina, level 4), the product was sieved for one minute using a 250 µm sieve (Alpine 200LS air sieve). The PSI is the amount of flour passing through the sieve, and is inversely proportional to grain hardness. The dehulling yield was obtained after decorticating the grain for five minutes in the TADD (Tangential Abrasive Dehulling Device). This TADD is made of a carborundum abrasive disk that turns horizontally under a steel box made of 8 separate containers so that 8 different varieties may be decorticated at once. The dehulling yield is the ratio of grain weight before and after decortication.

Flour Analyses

Flours were obtained from 75 to 80% decorticated grains. Three types of mills were used: Perten hammer mill and Cyclotec helix mill for fine flour, and Cemotec 1090 mill for coarse flour.

Flour particle size was determined by successive sieving using sieves with diameters varying from 75 µm to 1000 µm, depending on the flour. Thirty grams of flour at constant moisture content (10-11%) were sieved on an Alpine sieve for 3 min. The amount of flour remaining in each sieve was measured. The average particle size G50 was measured as sieve openings that retains 50% of the flour.

Flour solubility and volume were determined on suspensions made of flour solution (7. 1 dry flour weight in water,

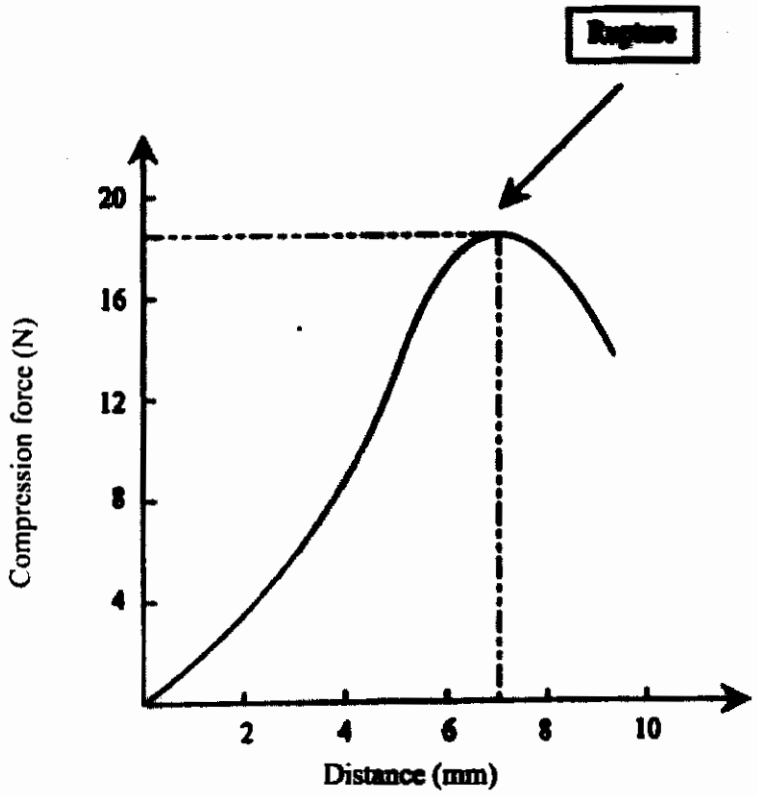


Figure 1. Compression curve for a tô sample

Table 1. Tô consistency score for 32 sorghum cultivars originating from Mali

Number of Cultivars	Breaking force (N)	Homogeneous groups (Newman-Keuls test)	Tô quality
2	>18	A	
4	18-15	B	Very hard
10	15-12	C	Hard
5	12-10	D	Medium
9	10-7	E	Soft
2	<7	F	Very soft

i.e. 2 grams of flour in 28 grams of water), using the RVA (Rapid Visco Analyzer type 3D, Newport Scientific, Narrabeer, Australia). The temperature cycle in the RVA was as follows: the suspension was maintained at 36°C for 2 minutes, heated to 90°C at a rate of 6°C/min, held at 90°C for 5 minutes, and cooled to 36°C at 6°C/min. The porridge was immediately transferred to a 50 ml. tube and centrifuged for 10 min at 5000 g and a temperature of 25°C. The supernatant (Ps) and

pellet (Pc) were weighed separately and dried at 100°C for 24 hrs and 48 hrs. respectively to determine their dry weight (MSs and MSc). Three parameters were calculated: the amount of soluble materials in the supernatant phase (SM), the swelling power (G) and the volume of dispersed matter ( ) according to the formulae:

SM(mg/ml)=MSs(Ps-MSs)
G(g/g)=(Pc-MSc)/MSc
=(27.25-(Ps-MSs)>/27.25

where 27.25 is total volume (cm3) of the suspension assuming specific flour density of 1.5 g/cm3.

Chemical Analyses on Whole Grains And Flours

Water content was determined following NF V03.707, using a 5 gram ground sample that was weighed before and after drying in an oven at 130°C for 2 hrs.

Ash content was determined following NF V03.702, using a 5 gram ground sample that is weighed before and after it was ignited at 900°C for 3 hrs. in a muffle furnace.

Lipid content (free lipids) of the dried samples was measured by the Soxhlet extraction method using the Tecator Soxtec HT type distillator. Lipid extraction was done at 100°C after immersion of the sample in diethyl ether. Total protein content (%N x 6.25) was determined by the Kjeldahl method using an automatic Tecator device (Kjeltec). The sample was mineralized with concentrated sulfuric acid in the presence of a catalyzer (99.5% potassium sulfate + 0.5% selenium).

Amylose content was established by differential enthalpic analysis or differential scanning Calorimetry (DSC) using hermetic stainless steel pans (Mestres et al., 1996) on a Perkin Limer DSC7 (Perkin Elmer, Norwalk, CT). The principle is to measure enthalpy differences between a sample and a reference that were submitted to linear series of heating and cooling cycles. Enthalpy variation was determined from complexes between amylose and added monoglyceride (extracted from egg yoke). The pan containing the sample (10-11 mg of flour in 50 µl of L- -lysophosphatidylcholine 2%) and the pan containing the reference (50 µml of purified water) were heated from 35°C and 160°C at 8°C/min, held at 160°C for 2 min and cooled from 160°C to 60°C at 10°C/min. The exothermic heat for complexing amylose and phospholipid during the cooling is proportional to the amylose content in the sample and can be determined in comparison with a standard (100% pure amylose from potatoes).

Description and Discussion of Tests to Evaluate Quality

Test for Evaluating Tô Quality

Traditionally, women sieve the flour obtained after pounding the grain in a mortar and grinding it at the neighborhood mill. Then a 'flour milk' is prepared by diluting a small quantity of the fine flour in acidic water (using lemon or tamarin juice), then alkalized (with potash from wood ash) or not depending on the ethnic group or country. The flour milk is poured in a cooking pot containing

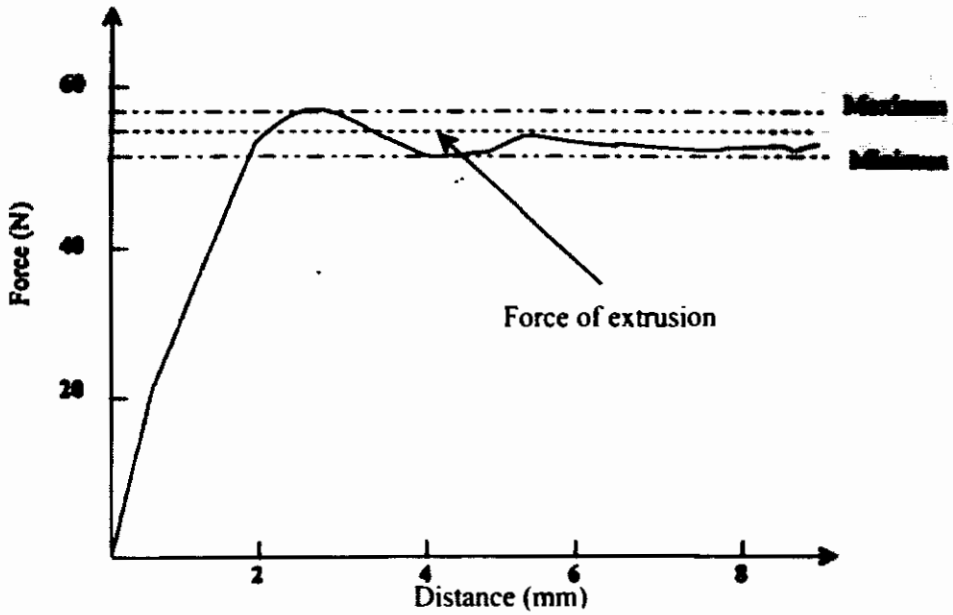


Figure 2. Extrusion curve to evaluate the consistency of bogobe or ugali.

Table 2. Bogobe consistency for nine varieties from Botswana and Zimbabwe

Cultivars		Extrusion force (N)	Homogeneous groups (Newman-Keuls, 5%)					
BSH1	B.H	16.2	1					
Mmabaïtse	B.H	18.5		2				
Mahube	B.L	21.7			3			
SDSL2593	Z.I	23.9				4		
Pato	Z.I	24.2				4		
Larsvyt	Z.I	24.8				4		
Segaolane	B.L	26.0				4	5	
Phofu	B.I	27.5					5	
Kuyuma	Z.I	30.5						6

B = Botswana; Z = Zimbabwe
H = Hybrid; L = Improved local variety; I = Improved introduced variety

boiling water and cooked for approximately 8 min to obtain a thin porridge. To part of this porridge was added the rest of the flour by handfuls while vigorously stirring with a wooden stick during the cooking. The porridge thickens, becomes homogeneous and smooth. Porridge consistency may be adjusted to a desired level by adding more of the thin porridge saved earlier. After 20 min the tô is ready. Tô is consumed with a sauce made of legumes (onion, tomatoes, okra), meat or fish. Tô is eaten as a principal meal, and if it re-

Table 3. Ugali consistency of 13 sorghum varieties originating from Tanzania, Botswana, and Zimbabwe

Origin	Cultivars	Extrusion force (N)	Homogeneous groups (Newman-Keuls test, 5%)			
T,L	Langa-langa	54.1	1			
T,L	Mbangala	50.2	2			
B,I	Phofu	43.0		3		
T,I	Pato	42.0		3		
Z,I	Kuyuma	41.9		3		
Z,I	Macia	41.8		3		
T,L	Udo	39.8		3		
B,L	Segaolane	38.9		3		
T,I	Tegemeo 1995	37.8		3	4	
T,I	Tegemeo 1997	33.7			4	
B,L	Mahube	33.3			4	
B,L	Mmabaïtse	25.6				5
B,H	BSH-1	23.1				5

T=Tanzania; B=Botswana; Z=Zimbabwe
L=Improved local variety; I=Improved introduced variety; H=Hybrid.

mains it will be used the next day for breakfast with sour milk or sauce.

The most important criteria for tô quality by decreasing order are consistency or firmness, overnight keeping quality without syneresis, taste, and color. A good tô is hard, with good overnight keeping quality, is light colored, and tastes good (no bran taste).

In the laboratory the test was developed as follows, largely based on consistency since surveys have shown that a thick porridge keeps its quality during the night: samples were decorticated in the TADD to yield 75% decorticated grains that were ground in a Perten mill to a fine flour (particle size of 150 μm). Flour (16.8 grams at 11.5% moisture content) was mixed with 90 ml of water to obtain a flour: water ratio of 16.5%. The suspension was cooked for 20 min in a water bath under mechanical shaking (400 rpm) and poured into two small steel cylinders (4 cm diameter and 2 cm height) that were closed with adhesive band and placed on a glass platform. After 20 hrs in a stove at 35°C saturated with water, the adhesive band was removed, and a sample of tô with homogeneous texture and constant size (3 cm diameter, 3 cm height) was obtained.

Tô consistency was measured with an Instron (Universal Food Testing Machine model 4300) by placing the sample on a platform and compressing it with a probe moving at a speed of 5 mm/min. A resistance force was measured in Newtons. The force needed to fracture the sample was selected as a measure of tô consistency (Figure 1) because it allowed a better differentiation of the varieties. The greater the force, the harder the tô. Four measurements were taken for each variety

(two samples for each of two cookings). Under these conditions, two varieties with hardness values differing by one N will be statistically different at the 5% level of significance.

The test was applied to a wide range of cultivars including local and improved varieties, new cultivars and breeding lines. A scale for tô quality evaluation was established (Table 1). Varieties with tô consistency score greater than 12 Newtons are considered acceptable and those with a score greater than 15 Newtons had excellent quality; these were usually local varieties. Below 12 Newtons, tô was soft and unacceptable.

Test for Evaluating Bogobe Quality

The traditional method for making bogobe is very simple: flour is directly poured in boiling water and stirred using a small wooden stick at the beginning and at the end of cooking. Porridge is cooked for 20 to 40 minutes.

Flour may be obtained by pounding grain in a mortar but often commercial flour is bought in a neighborhood store and distributed by some 70 mills existing now in Botswana. The mills have different capacities and are all made of a series of RIIC decorticators (PRL type, locally fabricated). In all cases, the flour is a mixture of coarse and fine particles. Surveys indicated that important quality criteria were bogobe hardness, grainy texture due to the presence of coarse and fine parti-

Table 4. Grouping of 13 sorghum varieties in two quality tests: for tô by compression and for ugali by extrusion.

Cultivars	Consistency (N)	Homogeneous groups	Cultivars	Consistency (N)	Homogeneous groups
Kuyuma	13.9	A	Langa-langa	54.1	A
Mbangala	13.0	AB	Mbangala	50.2	B
Pato	12.8	AB	Phofu	43.0	C
Langa-langa	12.4	AB	Pato	42.0	C
Macia	12.0	ABC	Kuyuma	41.9	C
Phofu	11.3	BCD	Macia	41.8	C
Tegemeo 95	10.6	BCD	Udo	39.8	C
Tegemeo 97	10.1	CD	Segaolane	38.9	C
Segaolane	9.8	D	Tegemeo 95	37.8	CD
Udo	8.0	E	Tegemeo 97	33.7	D
Mahube	7.1	EF	Mahube	33.3	D
BSH-I	5.8	FG	Mmabaîtse	25.6	E
Mmabaîtse	4.5	G	BSH-I	23.1	E

Table 5. Grouping of Botswana sorghum varieties in three laboratory tests.

Cultivars	Tô (N)	Ugali (N)	Bogobe (N)
Kuyuma	13.9	41.9	30.5
Phofu	11.3	43.0	27.5
Segaolane	9.8	38.9	26.0
Mahube	7.1	33.3	21.7
Mmabaîtse	4.5	25.6	18.5
BSH-1	5.8	23.1	

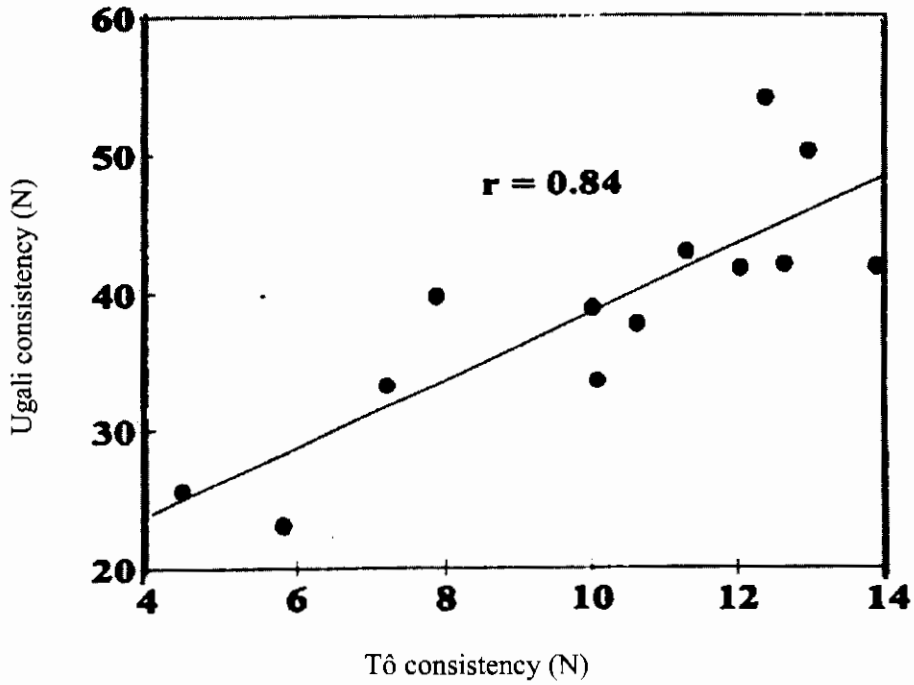


Figure 3. Comparison between two laboratory tests for evaluating tô and ugali consistency using 13 sorghum varieties.

cles, bland taste, and light color. In the laboratory, grains were decorticated to a 75% yield on the TADD and ground into flour using two different mills so that a flour with particle size close to traditional or commercial flours were obtained: 30% was ground in a Cyclotec helical mill (fine flour) and 70% was ground in a Cemotec mill (coarse particles). Twenty-seven grams of this flour mixture were poured in 60 ml distilled boiling water in a stainless steel container and placed on a hot plate (1500 watts, set to level 4 for boiling and 2 for cooking). The mixture was stirred with a fork to avoid formation of lumps. The container was covered with a watch glass and the porridge was cooked for 20 minutes. The mixture was stirred twice at 5 minutes after the beginning and before the end of cooking.

It was not possible to make small cylindrical samples of bogobe for measuring consistency through a compression test as it was in the case of tô, since bogobe is very thick and has a grainy texture. Therefore, an Instron extrusion test of the type used for rice or green peas was applied to bogobe. Immediately after cooking the bogobe sample was transferred to an extrusion cell. As the probe was moved at a speed of 100 mm/min, a resistance force was measured. The force increased until the porridge went through the hole at the bottom of the cell. Then the force remained constant and this was the extru-

Table 6. Correlations between consistency of thick porridges and some physico-chemical characteristics of the grain and flour of 13 sorghum varieties

	Grain	Flour			
Consistency	Amylose	Amylose	Ash	Lipids	Proteins
Tô	-0.85**	-0.84**	-0.80*	-0.84**	-0.76*
Ugali	-0.84**	-0.92**	-0.80*		

* significant at the 5% level
** significant at the 1% level

sion force used as a measure of the consistency of the product (Figure 2): a thick and consistent product will have a higher extrusion force. Three separate measurements were taken for each variety.

This test was conducted on 9 varieties (1995 harvest) obtained from the Botswana Department of Research, Ministry of Agriculture and from ICRISAT/BULAWAYO, Zimbabwe (Table 2). Extrusion force varied from 16.2 N for hybrid BSH1 to 30.5 N for the improved variety Kuyuma. The Newman-Keuls test resulted in 6 groupings of the 9 varieties, showing that the test is very repeatable and effectively distinguishes between varieties. The test was then conducted on 30 other varieties (1996 harvest) including 23 breeding lines from ICRISAT/Zimbabwe and the remaining 7 were local or improved varieties from Botswana. Two excellent varieties had extrusion force greater than 26 N: SDSL89426 (26.2N) and 65D (30.1N) while two other poor quality varieties had forces smaller than 16N: SDSH94012 (14.4N) and Mmabaïtse (15.7N). Varieties with force greater than 22 N were well accepted and made a consistent bogobe.

Test for Evaluating Ugali Quality

The traditional method for making ugali is similar to that of tô; however, ugali uses about 30% more flour. As with tô, ugali is consumed during the two main meals with legume sauce, meat or fish. Again the most important criterion for quality is product consistency. As a consequence the laboratory method for making ugali was similar to that for tô but the flour/water ratio was changed and the extrusion test was used as for bogobe since the product is too thick to produce samples for compression test.

Sorghum grains decorticated at a 75% yield on TADD were finely ground in a Perten hammer mill. Twenty-seven grams of fine flour at 11.5% moisture content were dispersed in 80 ml of cold distilled water at 30% flour/water ratio, in a stainless steel container. The mixture was cooked for 20 minutes in a water bath at constant shaking speed (400 rpm). Following cooking ugali was immediately placed in an extrusion cell and left to cool for one hour before the extrusion test was conducted as described for bogobe.

This test was conducted on 13 varieties from Sokoine Agricultural University of Tanzania, from the Department of Agricultural Research of Botswana, and from

Table 7. Tô consistency and amylose content of 26 sorghum cultivars from Mali.

Tô consistency (N)	Grain amylose(%dw)	Flour amylose (%dw)	Homogeneous groups	Tô quality
>18	>22.5	>26	A	Very hard
18-15	22.5-21.5	26-25	B	Hard
15-12	21.5-20.5	25-24	C	Medium
12-10	20.5-19.5	24-3	D	Soft
10-7	19.5-18.5	23-21	E	Very soft
<7	<18.5	<21	F	

ICRISAT/Zimbabwe (Table 3). The extrusion force varied from 23.1 N for BSH-I to 54.1 N for the local variety Langa-langa. The Newman-Keuls test classified the 13 varieties into 5 significantly different groups. Above 38 N ugali was acceptable to consumers. Two cultivars made a poor quality ugali of low consistency: hybrid BSH-1 and variety Mmabaïtse.

Comparisons Among the Three Laboratory Tests

The three laboratory tests on traditional thick porridges were compared for repeatability, effectiveness in distinguishing among varieties and in grouping them. The 13 varieties mentioned above were decorticated, milled into flour and used the same day to produce tô and ugali. In both cases, porridge consistency was measured after one hour. Analysis of variance on consistency values at a 5% level of significance gave an F-value of 75.2 with 7 homogeneous groups in the compression test for tô, and an F-value of 53.7 with 5 groups in the extrusion test for ugali. Coefficients of variation were 6.7% and 4.2%, respectively. These results show that the two tests are repeatable since the coefficient of variation were small and close to 5% especially for the extrusion test; the two tests effectively distinguished among varieties, particularly the compression test which had a higher F-value and more groups by the Newman-Keuls analysis.

By comparison, the two tests do not group the varieties the same way (Table 4); however the group of varieties that made a good tô (higher than 12 N) also made a very good ugali (higher than 40 N); on the other hand varieties that make a bad tô (smaller than 8 N) also made a bad ugali (smaller than 35 N), while there was an intermediate group poorly defined (8-12 N for tô, 35-40 N for ugali).

Figure 3 shows the correlation (r=+0.84**) between tô consistency measured by compression and ugali consistency measured by extrusion for the 13 varieties. The result indicates that the two tests are relatively similar even though they evaluated products that are different from a rheological standpoint.

Table 5 combines tô and ugali results from Table 4 as well as bogobe results from Table 2, for varieties originating from Botswana. It appeared that these varieties were grouped the same way except for two varieties (Phofu for ugali and Mmabaïtse for tô). We therefore concluded that varieties that make a good tô may also make a good ugali or bogobe, in other words, varieties selected for good thick porridge in West Africa may have

the same porridge-making quality in East and Southern Africa. Thus, genetic material with good culinary properties in West Africa could be transferred to East or Southern Africa and vice-versa provided it is adapted to the local agro-climatic conditions. These results may help breeders who are interested in varieties possessing agronomic and food quality attributes that are acceptable to farmers and end-users.

Physico-chemical Basis for Thick Porridge Quality

To understand which characteristics of the grain are related to quality of thick porridges, we conducted correlation analysis between the physico-chemical attributes of grain and porridge consistency (Table 6). For 13 varieties originating from Botswana, Zimbabwe, and Tanzania, tô and ugali consistency was positively and highly significantly correlated with amylose content of whole grain (+0.85 and +0.84, respectively) and flour (+0.84 and +0.92, respectively); for bogobe, with 9 varieties, the correlation coefficients were +0.75 with whole grain amylose, and +0.94 with flour amylose content.

Whereas bogobe consistency was only correlated with amylose content, ugali consistency was also correlated (negatively) with flour ash content, and tô consistency was negatively correlated with ash, lipids, and protein content.

Hence the consistency of thick porridges may be linked to grain amylose, and therefore to flour amylose content. The higher the grain is in amylose the better is its thick porridge (hard and consistent). For porridges that are smooth and homogeneous and are made from less concentrated flours, like ugali and tô, the presence of peripheral parts like bran and germ that are rich in minerals, lipids and proteins, reduces porridge quality. In this case, a good ugali and particularly a good tô will be obtained from grains that are not only rich in amylose but also have a good potential for decortication (to eliminate peripheral parts), and/or that are rich in starch (less minerals, lipids and proteins to start with). For porridges that are made with highly concentrated flour, like bogobe, the presence of other flour components does not appear to paste cohesiveness and firmness. Only a high grain amylose content is important to obtain a good bogobe quality.

These results were confirmed by running multiple regression analyses on all variables and thick porridges. Using 13 varieties, 96% of tô consistency could be explained by two variables: grain amylose ($r2=0.72$) and flour protein (negatively) which could as well be lipid or ash content (same probability). Ugali and bogobe consistency for 9 varieties could be explained by flour amylose content alone (84% and 89% respectively). Analysis of 31 additional varieties showed that amylose is the single most important variable for bogobe consistency. For tô consistency, the following equation that explains 80% of the variability was developed using 32 varieties from Mali:

Tô consistency = +11.28 + (0.33 x starch solubility)-(5.12 x ash in flour)

If starch solubility was not included, amylose content was the next most impor-

tant variable that determines tô consistency. Similarly, the variable ash in flour which has a negative effect on tô quality could be replaced with the variables lipids or proteins. Hence tô consistency would be primarily determined by the quantity of starch molecules dissolved during cooking - notably amylose molecules - which increase viscosity of the liquid phase and therefore gel consistency. The other component is flour purity (free of peripheral parts), which is directly related to decortication yield and starch content of the grain.

Based on these results, our recommendations to breeders are: select varieties with amylose content greater than 20-21% which is equivalent to flour amylose content greater than 24% (Table 7); among these varieties, select those that decorticate better, are hard enough (PSI test) to go through abrasive decortication or pounding and yield 'pure' flour; or select varieties that are low in ash (thin pericarp), lipids (small germ) or proteins. These varieties should be acceptable to consumers and make a good tô.

These results may explain why women in West Africa who prepare tô on a daily basis are very selective in the flour quality, why they prefer to wash the grain themselves, decorticate it with a mortar and pestle, wash it again to make sure they get rid of bran and all of the germ, and finally why the majority of small-scale mills that are less hygienic, less strict on cleaning, on the extent of decortication and on storage, have very little success in meeting local demand for good quality flour. Local guinea varieties which have small vitreous and hard grain, thin pericarp, good decortication yield, high amylose content, make excellent tô and are not easy to replace with new varieties that do not possess all these attributes.

On the other hand these results also explain why commercial flours produced by some 70 mills in Botswana are surprisingly so successful despite their lower quality compared to traditionally milled flour. These commercial flours sold in supermarkets are acceptable to women who like the convenience, cheap price and bogobe quality. Brands that use local variety Segaolane or newly introduced variety Phofu, both high in amylose are preferred to brands that use mixture based on South African hybrids. Contamination by bran or germ which are unavoidable with industrial or semi-industrial mills do not constitute a constraint for the use of these flour by local people. Since the introduction of these mills and the large diffusion of the produced flours from, women no longer do not want to pound grain unless they live on a farm.

Conclusion

Three laboratory tests were developed to predict the potential of sorghum breeding lines in making traditional thick porridges in Africa: tô in West Africa (Mali, Burkina Faso), ugali in East Africa (Tanzania), and bogobe in Southern Africa (Botswana). These tests use small quantities of grain (20-35 grams at 11.5% moisture), are highly repeatable and efficiently distinguish among varieties.

These tests allowed the identification of groups of good, bad, and intermediate varieties. Varieties that make good tô may make good ugali and bogobe and vice versa.

Grain amylose content (>20-21% dwb) is the single most important variable for thick porridge quality. For West African tô, another characteristic is flour purity, or high starch content. This purity factor may explain why West African women are more demanding for flour quality than women in Southern Africa.

References

Fleidel G., Grenet C., Gontard N., Pens B., 1989. Dureté, caractéristiques physico-chimiques et aptitude au décorticage des grains de sorgho.In: Céréales en régions chaudes: conservation et transformation. AUPELF-UREF, Eds. John Libbey Eurotext, Paris, France. p. 187-201.

Fleidel G., 1995. Appraisal of sorghum quality for making tô. Agriculture et développement. Special issue. December. Pp. 34-42

Mestres C., Matencio F., Pens B., Yajid M., Fliedel G., 1996. A rapid method for the determination of amylose content by using differential scanning calorimetry. Starch stärke. 48, no. 1, 2-6.

Fliedel G., Yaji d M., Matencio F., Francalanci P., 1998. Mise au point de tests de laboratoire pour évaluer la qualité du sorgho - Relations avec certaines caractéristiques physico-chimiques des grains. In: Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ratnadass A., Chantereau J., GIGOU J., 315 p. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho ICRISAT-CIRAD, 17-20 mars 1997, Bamako, Mali. Eds CORAD=CA. Montpellier, France, p. 55-59.

Fliedel G., Faure J., 1998. Development of laboratory quality tests for sorghum and millet. Final report. A component of the Collaborative project to investigate consumer preferences for selected sorghum and millet products in the SADC region of Africa. Supported by the Science and Technology of Development, Programme of the European Community, Contract N° TS3*-CST94-0267.

Senegalese Experience in Initiation and Strengthening Semi-Industrial Millet-Based Food Technology Plants in Urban Areas

Ababacar Ndoye

Background

Local cereals, including millet, are grown on about half of the agricultural land and produce 800,000 to one million tons of grain. However, half of the national consumption of cereals consists of imported rice (400,000 tons) and wheat (200,000 tons) at a cost of Fcfa 80-100 billion, depending on world prices and exchange rates. This dependence on foreign food is very difficult for the Senegalese economy and represents a loss to rural producers and local food processors, since imported rice does not need additional processing. On the other hand, the national objective is for the agricultural sector to grow by 4% yearly, improve food security and increase income in rural areas, as well as create jobs. Towards this end, the government decided a strategy that includes supporting local cereals. As of last year, the government decided on an agricultural improvement program to facilitate farmer access to inputs, including quality seeds, fertilizers, pesticides and farm equipment through small-scale credit to farmers. In practice, import of agricultural equipment is not taxed. Additionally, several programs were started to stimulate the consumption of local cereals – such as millet - in urban centers.

Although urban consumers tend to prefer rice and wheat, millet is by far the cereal of choice for cultural or religious occasions (lakh for birth ceremony; nakk for funerals; cakes for weddings, etc). As is evident, millet and its derivatives are a main part of the culture for Senegalese civilizations. This cereal is, therefore, the best option to replace some of the rice consumption in urban centers. One reason rice and wheat are popular is that their food products are readily available in urban markets (i.e., processed grain, semolina, flour, couscous, etc).

Millet must be processed in order to become an urban consumer product. Because of this, the strategy in Senegal is to create economically viable, semi-industrial processing units that give millet the necessary momentum which would improve economic returns and agricultural marketing.

Senegalese Experience in Semi-industrial Units for Local Cereal Technology

To start these units, it was recognized that technological development could not be limited to a simple transfer of technologies, products, or equipments. Instead, an aggressive policy of knowledge or technology introduction was decided and reinforced in a joint program with CIRAD. The results led policymakers to start a program named 'Dugub Sunu Cosaan' in 1989 on millet promotion. Products like 'Soungouf Jaboot' and 'Sankhal Jaboot' were developed. The program was implemented by Moulins Sentenac, with support from ITA, to ensure quality. During this time, urban consumers were educated on accepting and integrating these products in their diet.

In 1986 a different program was developed by policymakers and conducted by the Commissariat à la Securité Alimentaire (CSA) to promote local cereals through semi- industrial processing

plants. CSA selected local businessmen and provided them with equipment (i.e., decorticators, cleaners, grinders, sealers, etc), as well as basic products and training (technical and marketing). The businessmen signed contracts with CSA to build the plants to house the equipment. The processing plants, some of which are still operational, produce flour (soungouf) and semolina (sankhal), which are packaged in polyethylene bags. The CSA program resulted in the expansion of these semi-industrial plants in urban centers, which then challenged research for diversification of their products.

In 1994, CRDI funded ITA to create mechanical equipments for the processing of secondary products. Specifically the program was aimed at modernizing the production of arraw (particles made of millet flour) through the following objectives:

- knowledge of the market size for millet arraw;
- development and testing a lab procedure for preparing millet arraw;
- conducting a pilot study of an arraw making technology and optimizing production; and,
- marketing before transferring it to private entrepreneurs.

This last stage is currently being implemented with five enterprises, four of which are in a six-month testing period. These enterprises have agreed to reimburse the cost of setting-up the technology (particle maker, equalizer, gas dryer, sealer, balance) in five years.

The need for a better quality product led to research for other equipment to clean the starting material, including stone removers and decorticators. Since 1998, this is being done with the assistance of ROCAFREMI-P5 project.

It should be noted the development of these semi-industrial units for millet processing is occurring in a supportive environment with the existence of two programs that support local cereals, with funding from CILSS (PROCELOS) and the European Union (PPCL). The two programs are designed to help with micro units, semi-industrial units, industrial units (candy, bread, cookie factories) and with food processors that are interested in local cereals (millet, maize, sorghum) and cowpea.

Conclusion

Senegal has accomplished significant achievements in local technologies, adapted technologies, and promotion of small and medium processing units involved with millet. This was possible with the help of research and development centers, the private sector, industry, and donors.

The aggressive approach has resulted in positive developments including the initiation of small and medium millet processing enterprises that are technically and economically viable. The number of units and the quantity of products they market, as well as their financial returns have steadily increased through the years.

To sustain this tendency and reinforce the results, the semi-industrial entrepreneurs decided to organize in a twenty-member for profit association 'Groupement d'intérêt économique'.

Much has been accomplished in Senegal to initiate small and medium scale processing plants for local cereals but much is left to do. Scientists and entrepreneurs face the challenge of using their initiative and good will to make contributions to food security.

Contribution of PROCELOS to the Marketing of Food Products in Sahelian Countries

Mamadou Diouf

Introduction

Greetings from Madame the Secretary General of CILSS and myself to the organizing committee of the workshop, especially to INTSORMIL for understanding that millet/sorghum production and utilization are extremely important in Sub-Saharan African, and more so in the Sahel.

It is indeed clear to the organizers that objectives can be met only through the involvement of all partners from production to utilization, in such a way that consumer needs are satisfied. This approach is certainly one of the best if results of agronomic research are to be useful, so that varieties should be perceived as raw rather than finished material. The area of food quality and increased utilization is hence one for which CILSS/PROCELOS and INTSORMIL can join their efforts.

Objectives and Approach of PROCELOS

CILSS in its major program on food security started the regional program called PROCELOS to support local food products and the utilization sector. Activities include:

- promotion of increased consumption
- improved knowledge of product utilizations
- transfer of improved technologies
- support new product development in cereals, fruits and vegetables, animal and fish products
- provide information on nutritive value and product quality

These activities are preferable to various restrictions on imports, by creating conditions under which local processors can offer quality products that are attractive to consumers.

Sahelian countries recognized as early as 1980 that the rules of international trade and solidarity on one hand, rapid urbanization and demand for alternative products on the other hand, require that food products target city dwellers. Thus CILSS decided to do something in the utilization area. The strategic objective is defined as 'a significant share for local food products in the consumer habits' while the short term objective of the past three years was 'the increase of certain processed foods and their utilization'. The following expected results were set:

- the most competitive processed foods which are better known and more attractive to consumers
- the socioeconomic and legal environments for improved food products
- the investors in food products are better organized to defend their own interests
- an improved product quality

Major achievements by PROCELOS

The project acts mainly as a facilitator between interested parties but a few times it has worked alone. Some key results are as follows:

- food products developed by research and other partners are better known. Semolina, flour, couscous, infant foods, all in better presentation are now more appreciated by consumers as can be seen in supermarkets, neighborhood shops, drugstores, and even in some developed countries.
- improved market for food product (increased sales and sometimes incapacity to satisfy demand).
- development and distribution of culinary books whose positive effects on consumption have been documented in Senegal. FAO has requested some of the recipes for their INPHO program on the Internet.
- discussions on packaging have led to the finding of solutions being currently implemented in some countries while long term solutions are been evaluated for the sub-region.
- the institutional environment, economic and monetary, was studied before the project started and in some countries suggestions for improvement have been made.
- National PROCELOS offices have helped food specialists to organize themselves around cereal processing and others.
- more professionalism in the activities of various partners has been promoted by the advisory offices set up by the project.
- at the national level, bulletins are published to discuss topics of interest for food processors and other partners in food security.
- a higher awareness of the importance of quality. Past results and those being evaluated in some countries will lead to adoption of sub-regional standards, quality labels that will be presented to regional leaders and national governments so that quality requirements of urban dwellers are satisfied.

Problems

The principal ones are:

- need to develop better entrepreneurs through training and information exchange;
- produce concise information on research results that are readily usable by food processors in collaboration with researchers;
- a better management of quality in processing plants;
- a better institutional environment for food processing enterprises to expand and improve their products;
- a system of credit more favorable to food processing specialists;

Conclusions and Recommendations

Food deficits have been reduced in part due to imports and food aid, but modified food habits have come to exist because of the joint impact of colonization, drought, rules of international trade, and increasingly because of urban living conditions.

Food security issues will be more and more applicable to urban centers and consumer preferences in rural areas will be modernized. This gives a high priority to the development of local food products.

This may be the best way to increase production, because a breeder will target each variety to a specific use. This use will correspond to an identified need, or better yet to what consumers demand.

Researchers have interesting results that may satisfy food requirements although not always known by food specialists. This is an important development because at PROCELOS we believe that a long-term solution to the problems of food security has to involve local products, because one can hardly win a war with someone else's weapons. Thank you for your attention.

Factors and Recommendations Concerning Seed Production

Lee House

Introduction

Pearl millet is the most important crop in the country being grown on an estimated 4.8 million hectares. Sorghum is the second most important crop being grown on just under two million hectares. Yields are low, ranging in the area of 350 to 400 kg/hectare, but the crops are virtually always produced in hot, dry rainfed conditions and on soils depleted of nutrients. Agriculture is confined to the southern end of the country primarily below 12° latitude. A very small percentage of the sorghum crop is irrigated.

Sorghum Research

Varietal development in Niger was undertaken in the 1950's. Several varieties were released. Hybrids were introduced but discontinued because of poor seed quality.

About 15 years ago, INRAN in collaboration with INTSORMIL, developed experimental hybrids for evaluation in the country. Promising hybrids were also evaluated in the West Africa Sorghum Hybrids Adaptation Trial (WASHAT). Hybrids are still being developed from this cooperation and are being evaluated in the country and the region as an on going research activity.

In 1986 systematic studies on cultivars including hybrids, their parents, and adapted local checks were initiated and evaluated at several locations in the country. Hybrids averaged 61 % increase over locals with irrigation and 49% when rainfed. The advantage of hybrids over parents was 45% with irrigation and 66 % when rainfed. Additional testing continued to conform the yield advantage of hybrids across locations and under both, irrigation and rainfed conditions. In 1989, the hybrid Tx623A x MR732 was entered in regional sorghum trials. It ranked third among twenty entries including local checks at nine loctions in Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Cameroon, Nigeria and Niger. Experimental hybrid yield (1984-1992) averaged approximately 2 tons/ha. The best hybrids yielded up to 6.5 tons/ha where the best varietal checks never exceeded 3.5 tons/ha.

In 1991, the hybrids Tx623A and MR732 were released as NAD-1. Since its release, the hybrid has been grown by numerous farmers where it has received an enthusiast response but has also raised concern about the availability of seed. As a hybrid, NAD-1 could be used to facilitate the initiation of a seed industry in the private sector. Establishing a seed industry will ensure the possibility that farmers can benefit from hybrids.

Pearl Millet

Pearl millet is the most important cereal crop in Niger. It is grown on an estimated 4.8 million ha with average yield of 380 kg/ha and 1.86 million tons of pro-

duction. All of the improved and recommended millet varieties are open-pollinated varieties bred by INRAN, and more recently by the ICRISAT Sahelien Center. However, the area occupied by these improved varieties is very limited.

The discovery of cytoplasmic male-sterility (CMS) in pearl millet and the breeding and release of Tift 23A in the early sixties made the production of single cross hybrids (SCH, male-sterile x inbred) possible in India and has contributed to spectacular yield increases. Although the male-sterile Tift 23A was made available to breeding programs in West Africa in the early sixties, pearl millet hybrids were not extensively tested. Tift 23A was not adapted to the environments of West Africa: early flowering, high susceptibility to downy mildew, absence of early vigor resulting in poor emergence and stands, and occasional breakdown of sterility. Because of these problems, extensive resources were not devoted to breeding SCHs, but only exploratory research was directed towards inter-varietal or top-cross hybrids (TCH, male sterile x open-pollinated variety). Limited amount of research on peral millet hybrids was caried out in the mid-eighties in Senegal, Mali, and Nigeria.

Without exception, it was concluded by every national program in W. Africa that unless adapted male-sterile lines were available, it would be difficult to develop and assess the potential of pearl millet hybrids in the region. Therefore, the breeding of adapted male-sterile lines and development of top-cross hybrids (A line × open-pollinated variety) at ICRISAT-Niger is a major breakthrough and opens up enormous opportunities for breeding of superior hybrids. ICRISAT, in collaboration with national programs and the millet network (ROCAFREMI), has been able to demonstrate progress in the following:

- Development of adapted seed parents (male-sterile line) for use in hybrid development.
- Demonstration of hybrid superiority for grain yield and disease resistance using top-cross hybrids (A line x open-pollinated varieties).
- Hybrids performed better than open-pollinated varieties under moisture and fertility stress, the two principal contraints for millet production in Niger.
- With the availability of male-sterile lines there is now an opportunity to combine adaptation of the landraces to the prevailing low moisture, low soil fertility conditions with an improved yield potential. Hybrids appear to be the easiest route for a rapid and effective incorporation of tolerances to stress factors and increase in yield potential. The landrace variability in pearl millet within Niger captures about 80% of the variability present in the World Collection.
- Studies on hybrid multiplication plots indicated that the nick (synchrony in flowering between the male sterile and pollinator parents) was optimum, with pollinator parents flowering one week to 10 days before the male-sterile line. Tillering was asynchronous in the female line, with a 10-20 days interval between stigma emergence on the main tiller and secondary tiller. The

high tiller number plant assured that enough pollen was available for all the female earheads.

- At a female to male ratio of 4:2 (appears optimum), the estimated hybrid seed yield is 620 kg ha^{-1} and of the pollinator 700 kg ha^{-1}. Our 'back-of-the-envelope' calculations show that profits between $650 to $850 can be expected from a hectare of hybrid seed production (assuming 200 Fcfa for a kg of grain, 800 Fcfa for a kg of hybrid seed and 400 Fcfa for the pollinator OPV seed).
- It has to be noted that production of topcross hybrids permits harvest of two seed crops from one field- that of the hybrid and of the pollinator variety. Seed producers can sell the seed of the pollinator variety which will generally have better seed quality assuring an increase in the value of product from the male parent rows.
- ICRISAT has gathered extensive data on the requirements of topcross hybrids, and the need for durable disease resistances for downy mildew. A Regional Pearl Millet Hybrid Trial has been initiate in collaboration with the West African Millet Research Network. It is hoped that results from this trial will help in the identification of superior hybrid combinations.
- There will be a need for extensive training in seed production. Students and technicians from Niger have been trained in the production and evaluation of male-sterile lines and hybrids.

Opportunities in Niger for Commercial Production of Hybrid Seed

Experience to date indicates the importance of irrigation to ensure simultaneous flowering of both parents and of good quality seed yield. One can rationalize three categories of seed producers.:

One group consists of individuals with reasonably large land holdings ranging from 50 to 300 hectares. Opportunities for irrigation generally do not exceed 30 hectares and are usually less. Owners of these farms almost always have employment with the Government or private business.

The second group consists of cooperatives in the irrigated perimeter. There are numerous irrigation schemes in the southern part of the country mostly along the Niger River (Birni N'Konni, Maradi, Diffa) which are referred to as irrigated perimeters. These are managed by private cooperatives with technical supervision from ONAHA (Office National des Amdriagements Hydro Agricoles). Holdings by individual farmer members of the cooperatives are small, ranging from one third to just over one hectare. Farmers receive support for input such as fertilizer and irrigation water and they sell their produce through a cooperative, which enables the co-operative to recover the cost of the inputs. Hybrid sorghum seed has been very successfully produced by farmers on several irrigation perimeters. To date, seed has been sold within the perimeter but the opportunity to sell outside of the perimeters is there.

The third group is small farmers who farm on dry land. Initial efforts with them

failed but there may be an opportunity to produce hybrid seed, particularly in the rice growing areas where irrigation is possible. Presently, these farmers are producing vegetables and onion seeds. This group could be considered for contract seed production.

Overall, the capacity to produce hybrid seed of sorghum and pearl millet is there. Also to be considered is the farmers' enthusiasm to produce seed, given the good monetary earning of farmers who produced seed of NAD-1.

INRAN has and is involved in the production of seed of NAD- 1. This is accepted as an interim contribution to provide seed and demonstrate techniques to farmers and potentially interested seed producers. Already the area under NAD- I seed production is greater in the private sector than in INRAN. Even though INRAN is taking responsibility to provide foundation seed, three private individuals are producing seed of Tx623A this year.

There appears to be no constraint on the opportunity for private production of breeder and foundation seed of INRAN/INTSORMIL/ICRISAT developed hybrids.

At the present time demand for seed of NAD-I greatly exceeds supply and since 1995 NAD- I seed has sold for 700-800 Fcfa/kg which is 4 to 8 times the grain price.

Getting Started

INRAN is a government reseach agency with limited capacity to produce and distribute seeds. There is really no organization for production of hybrid seed. The initial effort has been to stabilize seed production and identify individuals interested in seed production. This exercise has been supported by several INRAN staff and consultants. In 1995, 750 kg of NAD-1 seed was produced, which increased to 1400 kg in 1996, 7100 kg in 1997. Based on visual observation, it is estimated that approximately 26,000 kg of NAD-1 seed was produced in 1998. The number of producers also increased from 6 in 1995 to 43 in 1998 with private producers increasing from 3 to 15, and in the cooperatives from none to 24.

New producers have been encouraged to limit their first effort to no more than one half hectare because of lack of experience. There are concerns that the seed industry is not adequately understood. The current interest in the development of a seed unit at INRAN, and formation of a seed producers association might provide capital to start a business. Banks and some agencies are reluctant to lend, not recognizing the difference between seed and grain.

Training

Two one day training program were organized in 1997 involving 50 individuals. A training manual was made available by INRAN/INTSORMIL. Prior to the planting season, six training courses were organized involving 250 individuals. Because of the high demand for the training manual, there are now plans to expand it by including more information on management of a crop for seed, pathology and entomology.

The possibility of establishing a training center has been discussed and plans made but these have yet to be implemented. Also under discussion are expandsion of the training program to include more hands on contact, farmer training and field demonstrations, and to establish a library with information relevant to seed production, standards and certification, seed processing equipment, seed storage and processing plant requirements.

The Near Future

Currently new sorghum hybrids are being developed by the INRAN/INTSORMIL collaboration, and pearl millet hybrids are being developed at the ICRISAT Sahelien Center.

The establishment of a varietal release committee should be considered to evaluate cultivar superiority and/or adaptation in different environments. Such a committee could also give balance to the numbers of cultivars released.

To date, the effort has been to stablilize seed production and to identify and train seed producers. The program is or soon will be at a point when other considerations such as seed processing, implementing existing seed laws, establishing a program of voluntary seed certification, and training in the marketing of seed will become important. It is to be noted that the Ministry of Agriculture is only casually aware of the effort to establish a seed industry. Now that this opportunity appears to be moving forward, it would be useful for the Ministry to develop a policy that recognizes and encourages development of a seed industry in the private sector.

We should also anticipate that with the increased production of sorghum and pearl millet grain, we must find means on how this grain can be utilized for food and feed.

Objectives

- To continue research to develop sorghum and pearl millet hybrids with a range of maturities to satisfy short growing seasons such as Diffa, and longer growing seasons in the South around the Bengou area. It is also important to have hybrids with better grain quality, and for sorghum to have hybrids with a lower susceptibility to long smut.
- To expand experimental production of pearl millet hybrids so that several tons of seed are available for on farm demonstration. The purpose would be to gain enthusiatic response from farmers to create a demand for seed industry.
- To process seed which has been certified through a voluntary certification program.
- To expand training and educational opportunities to seed producers and their managerial staff and to the farmers. The training would include production, processing, quality control, marketing, and crop utilization.
- To establish a training center that could serve Niger and other West African countries, which would serve as a resource to seed producers in becoming established and maintaining their facilities. This

could be a function of the Seed Unit.

- To establish an independent Seed Unit or national seed service within INRAN which would handle a range of functions. The seed unit should have funding to effectively support and encourage the future establishment and growth of private sector.
- To conduct training programs for seed producers and their staff, provide technical support to new producers, contribute to the implementation of quality control programs (serve as the operational unit in exercising the stipulation of the seed law), help reactivate the seed lab and mini seed labs associated with seed processing facilities established by the previous program (1976-1986), and assist with the establishment of a Seed Producers' Association. The seed unit could be a resource of technical information relevant to the seed industry and attract outside expertise (consultants), interact with donors to support seed activities in Niger, and interact with the government on seed related issues.

It is suggested that the seed unit have an oversight committee, comprised of arrpoximately 20 members, that would meet twice a year. The composition of the committee would be as follows:

- INRAN Scientific Director
- Senior staff of the seed unit (the head of the seed unit would chair the committee)
- Member of the liaison unit between INRAN and Extension
- Two INRAN breeders (other scientists could be invited to meetings where they could contribute)
- INRAN research station directors
- Two extension agents
- Two private seed producers, one should represent the Seed Producers Association
- ONAHA representative
- ICRISAT representative
- Two or three farmers

Presently, INRAN has approved the seed unit to be part of its organization, but it is yet to be approved by the Ministry. This needs to be resolved so that development of the unit can proceed.

- To encourage the establishment of a Seed Producers' Association. Once established, the Association would implement the seed certification program, manage funds both from participants and donors to provide capital on a loan basis to help new producers get started, and conduct seminars involving banks, NGOs, Ministries, and others on topics relevant to the seed industry, marketing, and storage.The Association could also encourage good business practices with strong emphasis on seed quality, interact not only with the government on issues related to the seed industry but also with internaitonal seed companies with interest in Niger. It should also provide opportunities for short-term overseas training with existing seed agencies. Another proposal would be to support an 8 to 12 member study tour of 3 to 5 countries with a well-established seed industry. The study tour would include several private seed producers, the Minis-

try, a member of a financial institution, and INRAN specialists.

- On-farm demonstrations should be encouraged to show gains in yield from better crop management since hybrids are generally more responsive to management inputs.
- While the effort to produce hybrid sorghum seed is still modest, several problems have been encountered. Rain on harvested panicles increased grain moisture which reduced germination while in storage. Quality seed drying facilities at several sites in the country are urgently needed.
- There is need to explore opportunities for small-holder farmers on the irrigated perimeters to produce hybrid seed.

Resolutions of the Working Group on Seed Production

- It is suggested that a project be funded for at least a 10-year period which could be divided into two 5-year units while establishing a seed industry in the private sector. Such a project would provide the opportunity to focus staff on the various aspects of the seed industry and to capitalize on the expertise of individuals with experiences in other countries.
- There should be a continuing input into research from which there will be a useful flow of genetic material to farmers through demonstrations and involvement of Extension Agents.
- Concern was expressed that opportunities for scientists should be improved to encourage them and retain them in their positions.
- Crop management should be strengthened – hybrids can be used as a vehicle for this purpose. Demonstrations are useful for farmers to gain appreciation for better crop management.
- The government needs to establish a seed policy indicating their goal is to establish a seed industry in the private sector with profit and competition.
- The establishment of a seed unit at INRAN was appreciated and should be kept broad based. The establishment of a Seed Producers Association is encouraged.
- There is need for continuous training activities for scientists, extension agents and farmers. It is also important to provide opportunities for prospective seed producers, policy makers, and financial managers to attend training sessions, seminars and topic meetings on aspects of the hybrid seed industry.
- Expand the training program to include more hands-on opportunity. Expansion of the training manual was also recommended.
- Expand Lossa as a Seed Production and Training Center under INRAN's management.
- The seed law should be implemented to regulate seed quality. Statues of the seed law should be attainable to protect the honest seedsmen.
- Seed certification should be voluntary to provide the opportunity for brand names.
- Financing seed producers is a key issue to be addressed by government through the banks. The difference between seed and grain must be clearly understood.

- Certification for pearl millet top cross hybrids require their own regulations to accommodate greater variability. Certification for single cross pearl millet hybrids would follow normal requirements.
- Good seed storage is recognized as a necessity. This storage could include keeping several hundred kg of seeds of good adapted cultivars that could be used for off-season seed production following a year of crop failure.
- A variety release committee to consider both varieties and hybrids was recommended.

Staff

Staff which could be part of the seed unit would include:

- Seed production, processing and overall project manager
- Seed law and seed certification officer
- Engineer
- Training officer
- Grain utilization scientist
- Up to 20 technicians to support the growing seed industry across the southern region of the country
- Consultants in seed quality, marketing, and utilization. It is expected that these consultants would be hired on a recurrent basis.
- Secretariat and other support staff
- It is also suggested that up to eight individuals should be trained overseas, and approximately 70 individuals to be provided short-term training in-country which would include study tours.
- Provide start-up capital for new seed producers through the Association.

Pilot Project Report on Sorghum and Pearl Millet Utilization

Rapporteurs: I. Akintayo and J. Ndjeunga

The Utilization group led by M. Diouf, first reviewed the constraints to the expansion of a pearl millet and sorghum food processing industry. Then, made recommendations on lifting those constraints. The following constraints were reviewed:

- Low grain quality
- Inconsistency of grain supply and price variability
- Inadequate food processing equipment
- Lack of training and poor information flow

Rationale for Identifying Those Constraints

Constraint 1

A successful pearl millet and sorghum food industry is contingent on high quality grain both for its physical purity as well as its suitability to making the end-products. Grain cleaned of physical impurities, uniform in size, etc., is required because it is easy to process. Otherwise processing costs will be high and the quality of the final product may be affected (sand, ash content and high lipid content). Moreover, the consistency of the grain varieties with food processors and consumers' preference are important. There is also a need for standardization of grain quality in the sub-region.

Constraint 2

The inconsistency of grain supply as well as the high variability in both the supply and grain prices could discourage the investors from entering the food processing industry.

Constraint 3

Equipment currently available in the West and Central African region is not adapted to sorghum and pearl millet processing. In a recent WCAMRN meeting, this lack was identified as a primary constraint. Poor packaging of the final product was also found to attract less consumers.

Constraint 4

Processors are not well trained in state-of-the-art food processing technologies. Therefore the products are often of poor quality. Also, lack of organization among food processors reduces their ability to collaborate with their partners such as farmers, researchers, and decision-makers. Sharing information between the networks and INTSORMIL is also necessary to avoid duplication.

Recommendations

In order to ensure good quality grain, optimal contractual arrangements between producers and food processors are

required whereby producers are offered premium for grain quality and food processors are being supplied grain of high quality. Moreover, breeders should develop varieties that are suitable to food processors' needs as well as consumer's preferences. Breeders should be involved at the early stages of the variety development process. Grain quality in the sub-region must be standardized (this is currently being done through the WCAMRN for millet). Finally, as an example, the hybrid seed offers the opportunity of increasing production of uniform grain (size and color) that are necessary to facilitate processing and to develop high quality food products.

Existing equipment used for processing wheat should be adapted to sorghum and/or pearl millet. However, they should be made available to food processors at low price and at the same time improve the performance of existing equipment.

On the one hand, facilitate and exchange information between networks (WCASRN and WCAMRN) and INTSORMIL, and on the other, provide support to food processors and promote good collaboration with researchers.

Train food processors in better food processing techniques, small-business management, and marketing promotion techniques.

Provide support in promoting processed products via advertisements so as to be perceived as "new products".

Processing Sorghum and Millets into Value-Added Products

Adam Aboubacar and Bruce Hamaker

Introduction

Although sorghum and millets are the major staple foods in many African countries, commercial products made from them are rarely available in urban and rural markets. In contrast, imported wheat and corn products are readily available, particularly in urban centers. In many African countries, several attempts are now being made towards processing sorghum and millets into commercial products. Long term goals of such processing projects are to reduce food imports in sorghum-and millets- producing countries, to benefit local entrepreneurs by giving them value-added products, and to give farmers another outlet to sell their surplus grain.

Table 1 lists some sorghum and millets products that have commercial potential. Because of its many different uses, flour constitutes the single most important product that can be made from sorghum and millets. Flour is most commonly consumed in the form of thick and thin porridges. Traditional processing of flour into couscous is a very common practice, particularly in the Sahel region. Later in this report, we will present our experience in setting-up a small-scale couscous-processing unit at INRAN. Other products with commercial potential include composite flours prepared by substituting parts of sorghum/millets flours with legumes (cowpea, soybean, peanut) or wheat flours. These composite flours are used in the manufacture of weaning foods and baked products such as bread and biscuits. New and improved commercial products that can be made from sorghum and millets include pasta, noodles, chips, parboiled products, and beverages. Studies at Texas A& M University and at CIRAD (Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) have shown that it is possible to make acceptable pasta and noodles using sorghum/wheat composite flours.

Table 1. Products with Commercial Potential.

Primary processing products
Decorticated grain
Flour
Grits
Secondary processing products
Couscous
Snacks
Composite flour for
Weaning foods
Bread and biscuit
Pasta and noodles
Parboiled grain
Flat bread
Popped grains
Beverages

Small-Scale Couscous Processing Unit

Couscous is a steamed product made from cereal flours. Millet, sorghum, maize, and fonio couscous are common in

West Africa, whereas durum wheat couscous is found predominantly in North Africa. Couscous production is a laborious and time-consuming process. Production steps include milling grain into flour, mixing flour with water, agglomerating the flour-water mixture into couscous granules, steaming, and drying. The most critical step in the processing of couscous is the flour agglomeration step. Traditionally, agglomeration is done by hand rolling of the flour and water mixture until couscous granules are formed. Another traditional procedure is to force the flour-water mixture through a sieve to produce couscous granules. This step has been partially mechanized for small-scale processing in West Africa with the fabrication of two types of flour agglomerators (Richard, 1993; Anonymous, 1995).

With funding from INTSORMIL, a small-scale couscous-processing unit has been recently installed at INRAN for the purpose of research and demonstration to entrepreneurs, NGOs, and cooperatives. The unit can also be used to produce flour and grits from locally grown cereals. The unit is comprised of several main pieces of equipment: a grain decorticator, a flour mill, a flour agglomerator and a solar dryer. All this equipment can be found or fabricated in the West African region.

Studies on Sorghum Couscous

Research was undertaken at Purdue University to determine the fundamental grain and flour properties that determine sorghum couscous quality. Grains from eight sorghum cultivars grown in West Lafayette, IN were decorticated in order to remove 20% of the outer layers of the kernel then milled into flours. Flours were processed into couscous using a laboratory procedure (Galiba et. al. 1987) and compared to a laboratory-prepared (Debbouz et. al. 1994) and a commercial durum wheat couscous.

Couscous Yield

Sidibe et. al. (1981) reported that, in Mali, the most important couscous quality criterion is the yield of the final product compared to the original flour. Couscous yield is highly dependent upon the ability of the agglomerated flour particles to retain their integrity when steamed (Galiba et al, 1987). In our study, we found that hard grain produced flours containing high proportions of coarse particles and damaged starch. In addition, we found it yielded a higher proportion of desirable sorghum couscous granules. Cultivars P721Q and P851171 yielded higher proportion of small undesirable couscous granules. These two cultivars also had the highest ash content and highest proportion of fine flour fraction. Since ash is often used as an indicator of the presence of bran in flour, the low yield of desirable couscous particles from these cultivars may be due to competition for water between starch and bran, resulting in less water available for starch gelatinization during couscous manufacture.

Couscous color

Couscous made from sorghum vary widely in color from dark brown to creamy-white depending on the type and amount of pigments present in the flour (Galiba et. al., 1987). Millet couscous was reported to have a darker color than sorghum couscous (Galiba et. al., 1987),

though this too depends on the cultivar used and flour preparation. All sorghum flours used in this study appeared white after milling. A variety of colors ranging from brown to yellow were obtained when the flours were processed into couscous Changes in color became obvious as soon as flour was mixed with water. These changes were accentuated during steaming and drying. Wet couscous appeared lighter in color than dry couscous. These changes in color are likely due to the presence in the flours of various phenolic compounds which have been reported to be responsible for the colors found in sorghum-based foods (Hoseney et. al., 1981). A sensory study conducted by our group in Niger revealed that consumers accepted a wide range of sorghum couscous color, although there was a clear preference for white- and yellow-colored couscous. Durum wheat couscous was lighter and had more yellow color than sorghum couscous. Among the sorghum cultivars used in this study, couscous made from SEPON82, IRAT-204, and NAD-1 gave color comparable to that of durum wheat couscous.

Couscous texture

Couscous of good quality should absorb sauce well and must have uniform particles that neither stick to one another, nor lose their integrity when steam or sauce is applied (Sidibe et. al. 1981; Kaup and Walker, 1986). Significant differences in couscous stickiness were found among the sorghum cultivars (Figure 1). Cooked sorghum couscous stickiness was positively correlated ($r = 0.89$, $P < 0.01$) with the amount of damaged starch in flour. A low molecular weight water-soluble branched starch molecule ex-

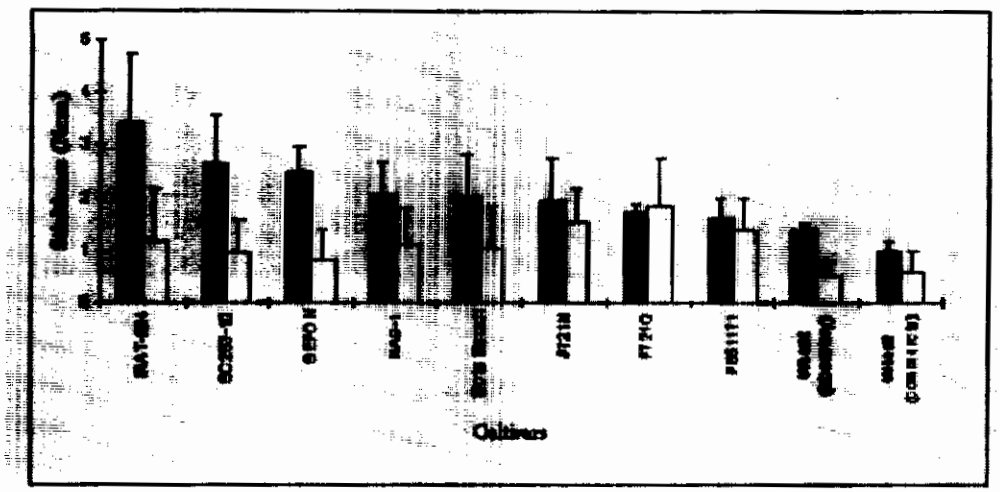


Figure 1. Stickiness of sorghum and durum wheat couscous with □ and without ■ addition of oil.

tracted from sorghum couscous was also found to significantly ($r=0.86$, $P < 0.01$) correlate with couscous stickiness. Sorghum couscous was stickier than durum wheat couscous. There was less variation in couscous hardness than in stickiness among the sorghum cultivars (Figure 2). Cooked couscous hardness correlated positively ($r = 0.79$, $P < 0.05$) with apparent amylose content of flour. Addition of 2% oil to the cooking water considerably decreased the stickiness and hardness of some sorghum couscous to a level comparable to durum wheat couscous (Figures 1 and 2).

Effects of decortication rate on sorghum couscous yield and color

The sorghum grains were decorticated to remove 10, 20, 30, and 40% of the kernel and milled into flours, which were used to produce couscous. Significant effects of decortication rate (percent kernel removed) on couscous particle size distribution (Figure 3) and color were observed. For example, at 10% kernel removal, high amounts (30-55 %) of fine (< 1 mm) couscous particles were produced; whereas at 40 % kernel removal, greater amounts (10-40 %) of large chunks (>2 mm) of couscous particles were obtained. Couscous yield of particles (1-2 mm) was highest (60-90%) at 20 and 30 % kernel

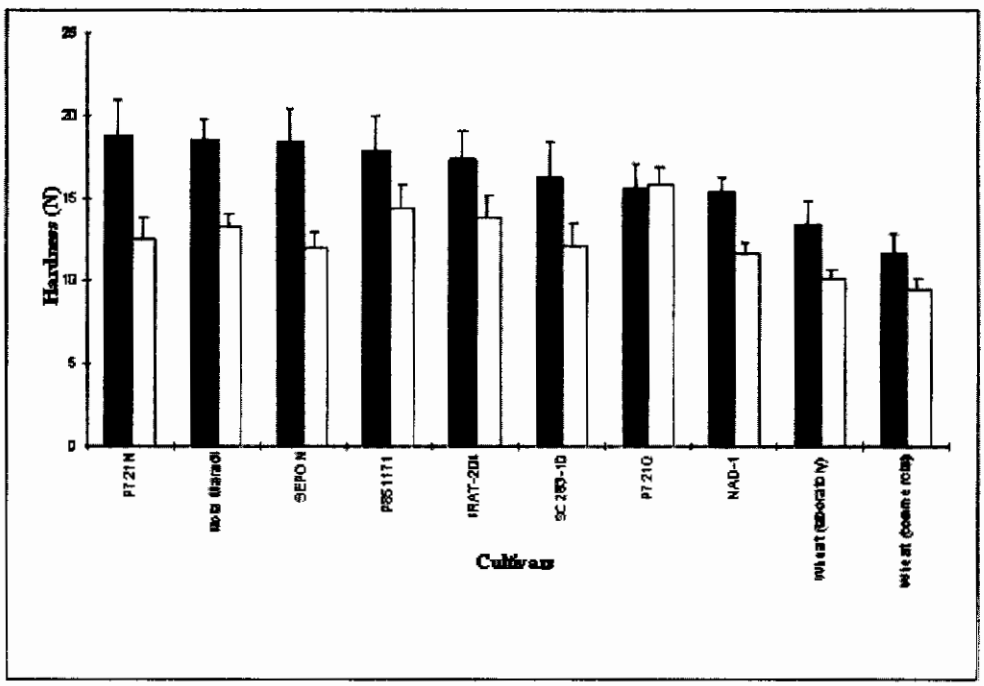


Figure 2. Hardness of sorghum and durum wheat couscous with □ and without ■ addition of oil.

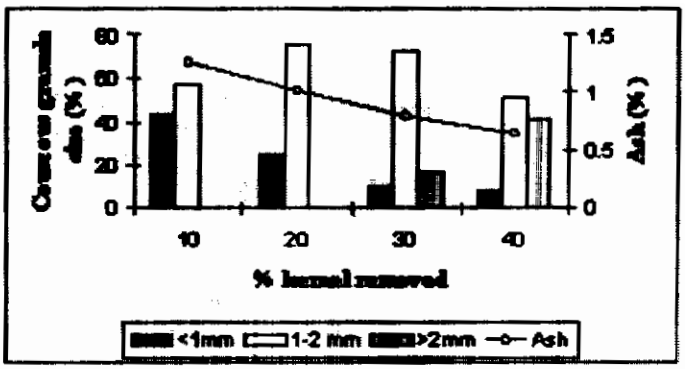


Figure 3. Effects of decortication rate on couscous particle size distribution and flour ash.

removal, depending on the cultivar. Flour and couscous lightness significantly improved as decortication rate increased .

References

Richard, M. 1993. Fabrication des produits roulés à base des céréales tropicales: Mécanisation du malaxage et du roulage. Mémoire, DESS. Universitéde Montpellier II: Montpellier, France.

Anonymous. 1995. Projet transformation du mil, rapport n°2. Institut de Technologie Alimentaire (ITA), Dakar, Sénégal.

Galiba, M., Waniska, R. D., Rooney, L. W., and Miller, F. R. 1987. The preparation of sorghum and millet couscous in West Africa. Cereal Foods World 32:878-884.

Debbouz, Dick, J., and Donneley, B. J. 1994. Influence of raw material on couscous quality. Cereal Foods World 39:231-236.

Sidibe, S., Diarra, M., and Scheuring, J. F. 1982. Sorghum couscous: Quality considerations. Pages 110-112 in: Proc. Int. Symp. Sorghum Grain Quality. L.W. Rooney and D. S. Murty, eds. ICRISAT: Hyderabad.

Hoseney, R. C., Varriano-Marston, E., and Dendy, D. A. V. 1981. Sorghum and millets. Pages 71-144 in: Advances in Cereal Science and Technology, Vol. 4. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN.

Kaup, S. M., and Walker, C. E. 1986. Couscous in North Africa. Cereal Foods World 31:179-182.

Panel Discussion

Bruce Hamaker

Human Utilization

Day 3 - Session 1

Hamaker to panel: What does it take to make a successful commercial product? What are the limitations, constraints and successes from the producer, technology and marketing approach.

N'Doye: A major constraint is the cost of raw material. It should be low enough in order to produce a product that is affordable to consumers. Second important point is that both researchers and processors need to work together to define specific uses for each sorghum or millet variety. We need to have specification of raw materials, similar to the one used in wheat utilization where soft and hard wheat varieties are used in baking, whereas very hard varieties are used in pasta production. These are approaches currently being used by ROCAFREMI and PROCELOS.

Jupiter: First we need to have varieties suitable for each end use. Second there is a need to have a consistent supply of good quality sorghum and millets grain to sustain a food industry. The other problem is that high grain price may discourage investment. These are the points we need to look at from the production side.

Hamaker to Wolf: Looking at it from the entrepreneur (processor) side, what do you feel as a breeder and processor the limitations are ? What do you need to have to get the product you want?

Wolf: The biggest constraint is continuous supply of good quality grain to the industry.

Hamaker to Biago: In your experience, do you need to have a contract with your suppliers or do you get your grain supply from the market.

Biago: At the beginning, we used to buy our grain from the market. We did not have a particular contract with farmers. First we tested our product to determine if it is acceptable to consumers. We had to work with local women because they knew the type of flour or products consumers want. We did not have pure varieties available. We used whatever we found on the market. It was not until recently that I had a contract with a farmer who produced on 75 ha land, which is still not enough raw material for me. Although I am satisfied with this producer, I still need to get the grain with my former suppliers who themselves buy the grain on the market. I think that many farmers will be motivated and produce more grain if they are assured of this type of contract. Farmers do not produce a lot of grain because there is not an outlet for the surplus. We as processors need to give confidence to farmers. There is also a need to do quality and nutritional tests on the final product. West African consumers are very selective when it comes to quality. It is true that color plays a role but it is not the determining factor. Texture is more important.

Berthe: I want to add that grain quality is very important. In Mali we had contract with farmers specifying the type of grain we want for a particular product. We also made sure that we had continuous supply of good quality grain, which made it possible to operate the processing units year round.

Fliedel: I agree that grain quality and supply are important. At CIRAD, we came up with a laboratory procedure to manufacture pasta using 100% maize. We did some food quality trials in Senegal and people liked the product. A major problem was that of getting the supply of maize from Casamance where it is produced to the capital Dakar. The price of maize was so high that the project had to be abandoned. One last thing I wanted to mention is flour quality. Many of the decorticators and mills that are commercially available do not produce flour of good quality. This is the reason why some women still prefer to use hand-decortication. We need to develop new techniques for processing grain into good quality flour. There is one type of mill tried by Dr. Gomez of ICRISAT in Bulawayo which gives flour of good quality.

Fofana: I am going to talk about couscous. In Niger, urban dwellers prefer rice or maize couscous. We have a big problem with sorghum couscous. This is due to shortage of good quality sorghum grains. However, last year due to food shortage there was an increase in consumption of sorghum couscous among urban population. And we now have a big demand for sorghum couscous. Our main problem as small-scale processors is that of supply. We have problem getting good quality grain from the markets because major grain buyers purchase most of the good quality grains immediately after harvest leaving us, the small buyers, with grains of low quality. In addition, the grains we get are often contaminated with sand. We also need good equipment for small-scale processing. There is a cereal processing company called FAMA that uses good equipment to make rice, maize and sorghum couscous. In contrast, we use traditional methods to produce couscous. Despite these problems, we produce and market about 100 kg sorghum couscous per day. Another major problem with our operation is drying. It takes three days to sun-dry the home-made couscous and because of that we face fermentation problem. And to avoid fermentation, we are obliged to reduce production to about 25 kg couscous per day. With this level of production, we cannot meet the increasing demand for couscous which I should say is now sold in several supermarkets.

Oumarou: We need to have specification at the breeding step. We need to develop varieties suitable for each specific product and easy to process using existing mills. The smale-scale commercial mills that are currently used in Niger do not produce good quality flour because most of the time, they are used for both decortication and grinding into flour. There is also the problem of quality control. Because the mills are used to process different types of cereal grains, flour from a new batch of grain is often contaminated with flour from previous batch. Another problem is that of communication or a lack of it between research institutions and food industries. We know that NAD-1 is now accepted by farmers and is being cultivated throughout Niger despite the problem associated with its color. The grain of NAD-1 has a thin pericarp which makes it easy to decorticate. However since the grain has a hard endosperm, it requires longer decortication time. The quality of NAD-1 flour depends on the growing locations. When grown in the dryer, more arid Tillabery region the grain of NAD-1 produces flour as white as wheat flour. However, when it is grown in the higher rainfall region of Gaya, it is susceptible to attack by insects and grain

mould. This in turn discolors the grain and yields flour of low quality. Maybe by changing the planting date a solution can be found to this problem. I hope and wish that with the adoption of NAD-1, in a few years Niger would have surplus in grain production. This surplus grain will have to find an outlet for farmers to continue to produce NAD-1 and adopt it irreversibly.

Sekou: I represent SNPA, a biscuit and candy company. First I would like to thank INRAN for inviting us to this timely meeting. A major problem we are facing at SNPA is supply of our raw material. Ninety to ninety five percent of our raw material and packaging comes from outside Niger. Our production cost is very high. In addition, due to recent market liberalization, we are facing high competition with similar but much cheaper products entering Niger from countries like Nigeria, Ivory Coast, Ghana, Saudi Arabia, and Lebanon. We are therefore very interested in using locally grown cereals and that is why this workshop is of the utmost importance to us. Of course we cannot use these cereals indiscriminately. That is why I was very happy to see the question of grain quality being discussed here. We have previously done some tests using sorghum flour in the manufacture of biscuit. However, the quality of the product was very poor due to the low quality of that particular sorghum flour. We are therefore asking the researchers to try to provide us with good quality grain that can be used to produce acceptable biscuit. Several people in the panel have raised the question of grain supply and surplus. I would like to mention that at SNPA, despite our current difficult situation, we have an annual need of about 70 to 80 tons of wheat. This is not a negligible quantity of imported grain. We could have doubled this quantity if locally grown grain such as sorghum and millet could be used to replace part of the imported wheat. This means that local producers could easily find market for 70 to 80 tons of their crop and we in turn would have a much lower production cost.

Diouf: One of the main utilization constraints is lack of consumption of local products. We all know that consumption is the driving force for processing which in turn motivates farmers to produce more. Another problem is that small-scale processors do not have access to credit. Also there is a need to organize entrepreneurs to be good processors. That is why PROCELOS decided to have in each country a group of entrepreneurs and processors that meets on a regular basis to discuss problems related to food processing.

Obilana: Food security involves all what you are talking about. Utilization of technologies that have been generated leads to commercialization which leads to generation of income.

Panel Discussion

Lee House

Animal Utilization

Day 3 - Session 1

House to panel: Are feed for animals from within Niger or imported? If imported, what type of feed is imported?

Daouda: For poultry feed, we use imported maize more than sorghum or millet. We also import fish, synthetic amino acids such as lysine and methionine, wheat bran, peanut pellets and cotton seeds. We import almost everything except blood that we obtain from the slaughter house, chalk, and bones.

House: How much maize grain is imported for use as feed? Are stem, stover, and hay sufficient in Niger?

Daouda: Ninety percent of the feed produced are used to feed poultry. The other 10% are used for small ruminants.

Douma: The annual production of sorghum and millet stem can only last to feed the whole livestock for 120 days. We therefore have to import considerable quantity of cotton seed and wheat bran.

Idi: According to a survey conducted by INRAN in 1996, 65% of farmers are not satisfied with stover and forage production. There is also a lot of loss due to a lack of storage facility.

Fernandez: Most of imported maize is not used as animal feed. It is used for human consumption.

Kolo: Using stover as animal feed leads to poor soil and desertification. Because of that soils become less productive. This is a problem that needs some solution.

Idi: It is a problem that both agronomists and animal scientists need to address. We take nutrients from soil without restituting. There seem to be some type of collaboration between crop farmers and livestock farmers. Crop farmers let livestock feed on crop residues. They in turn use the manure left by the livestock as fertilizer.

House: Agronomists have to do their part to solve the problem by creating new hybrids.

Abdoulaye: In Niger, there is no difference between crop and livestock farmers. Most farmers who grow crop also raise livestock.

Maiga: Dr. Kapran has started developing hybrids for forage. This will help livestock farmers.

Wrap Up Remarks from the Niger Workshop

By

John Yohe

I wish to express my appreciation to Dr. Moussa Oumarou, Director General of INRAN, Dr. Anand Kumar, Executive Director, ICRISAT Sahelian Center, honored guests, and all our colleagues from across Africa who have made this workshop a resounding success. I wish to also acknowledge our sponsoring organizations, INRAN, INTSORMIL, ICRISAT, ROCAFREMI, ROCARS, the McKnight Foundation, Rockefeller Foundation, USAID, and Winrock International. I have been impressed by the collegiality, the cooperation of the sponsoring organizations, the participating institutions, and the scientists who have come to discuss and observe the potential for developing and marketing sorghum and pearl millet hybrids in West Africa.

We have learned about the hybrid seed experiences in other developing countries. We have also discussed the current status of hybrid sorghum and pearl millet production in Niger and other West African countries, as well as the required bases for successful hybrid seed enterprises, seed production, training, and seed marketing. We have gone into the field and observed first-hand, farmer-managed, hybrid-seed production fields of the NAD-1 sorghum hybrid here in Niger. Finally, we provided an overview of what is needed in value-added treatment of sorghum and millet grain in order to increase local consumption and utilization of these two crops.

This has been an excellent experience. Let us go back to our homes and our research laboratories and work on making hybrid sorghums and millets a reality in West Africa.

PREVIOUS PAGE BLANK

Conference Photographs

PREVIOUS PAGE BLANK

Participants

Dr Moussa Oumarou, Acting Director, INRAN,viewing farmers hybrid sorghum production field, Konni, Niger, 1998

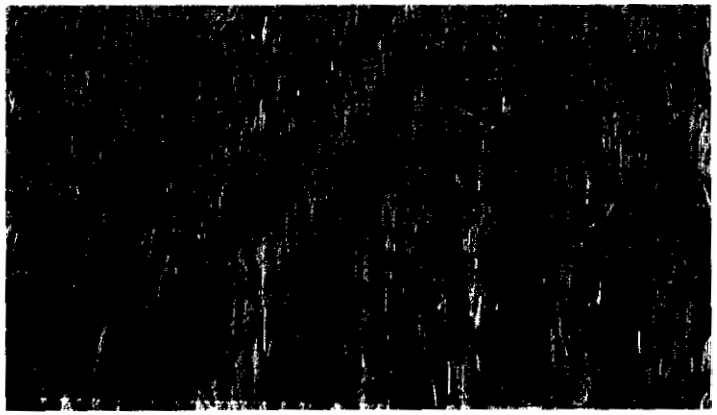
Dr John Axtell, Dr. Lee House, and Dr B.R. Barwale (1998 Recipient of the World Food Prize). Pioneers in the promotion and development of hybrid sorghum and for developing countries Niger, 1998

PREVIOUS PAGE BLANK

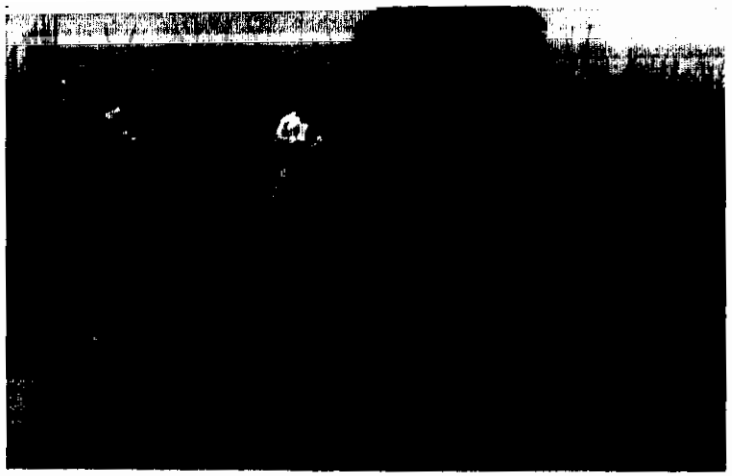
Dr. Larry Busch , INSORMIL EEP and
Dr. John Axtell, Purdue University

Dr. John Axtell, Dr. B.R. Barwale, and Dr. Bruce Maunder,
Niger Workshop, Niamey, Niger, 1998

Dr. I. Mouddour and Dr. B.R. Barwale

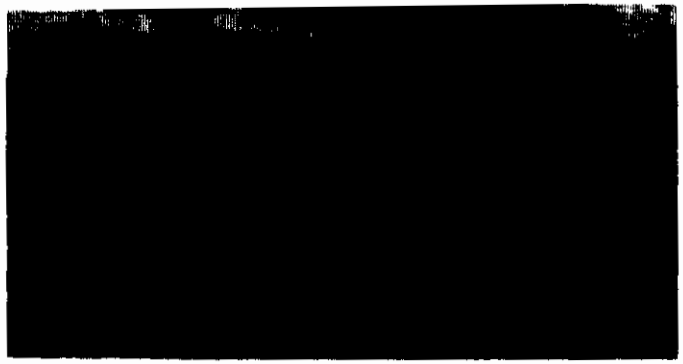


NAD-1 Hybrid Sorghum

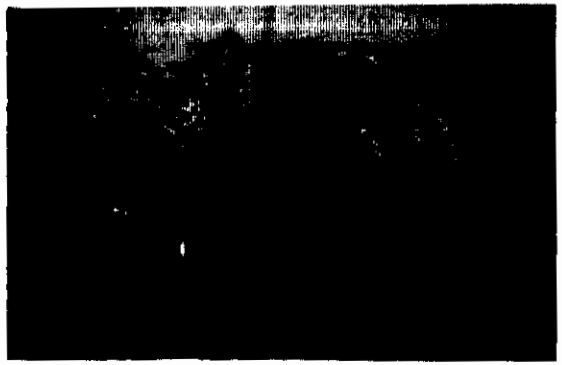


Harvested hybrid pearl millet, 1998

Village processing of hybrid pearl millet, 1998

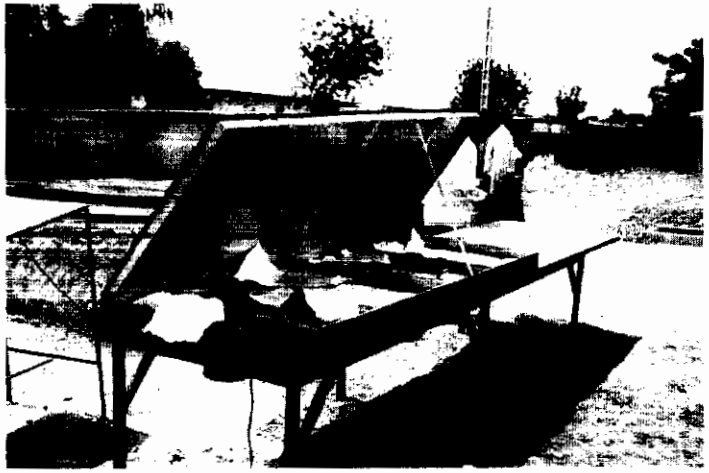


Production of NAD-1 Hybrid Sorghum Seed



Farmer's field of hybrid NAD-2 sorghum, Konni, Niger, 1998

Farmer's field of Hybrid NAD-2 Sorghum, Lossa, Niger, 1998



Solar dryer used in couscous preparation; INRAN Cereals Lab, 1998

Cereal Lab couscous roller, INRAN, 1998

Issofou Kapran and Adam Aboubacar demonstrating couscous made from Hybrid NAD-2 Sorghum

Dr. Bruce Hamaker explaining preparation of couscous from NAD-1 Sorghum, Niger, 1998

Acronyms

PREVIOUS PAGE BLANK

Acronyms

ADRAO	Association pour le Développement du Riz en Afrique de l'Quest
AED	Academy for Educational Development (FAFSA)
AGCD	Administration Generale de la Cooperation au Developpement
AHA	Le Amenagements Hydro-Agricoles
ARDC	Agricultural Refinance and Development Corporation
ARPT	Adaptive Research Planning Teams
BTC	Basic Training Center
CA	Central Africa or Central America
CBO	Community-based Organization
CCB	Central Cooperative Bank
CCF	Christian Children's Fund
CEE	Communauté Economique Européene
CERRA	Centre Regional de Recherches Agronomiques (INRAN Regional Research Center)
CFA	Communauté Financière Africain
CILSS	Comite Permenente Inter-etats de la Lutte Contre la Sécheresse dans le Sahel (Interstate Committee to Combat Drought in the Sahel)
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (International Mais and Wheat Improvement Center)
CIRAD	Centre de Cooperation International en Recherche Agronomique pour Le Développement
CLDB	Central Land Development Bank
CMDT	la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles
CMS	Cytoplasmic male-sterility
CNRST	Centre National de Recherche Scientifique et Technologique
CRR	Cash Reserve Ratio
CRSP	Collaborative Research Support Program

PREVIOUS PAGE BLANK

IARCS	International Agricultural Research Centers
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development
ICAR	Indian Council of Agricultural Research
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
IDA	International Development Agency
IDBI	Industrial Development Bank of India
IER	Institut d'Economie Rurale, Mali (University of Rural Economy)
IFAD	International Fund for Agricultural Development
IICT	Indian Institute of Chemical Technology
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
INERA	Institut D'Etudes et de Recherches Agricoles
INPHO	Information Network on Post-Harvest Operations
INR	Indian Ruppee
INRAB	Institut National de Recherche Agronomique du Benin
INRAN	Institut National de Recherches Agricoles du Niger (Nigerien National Institute of Agricultural Research)
INSAH	Institut du Sahel (Institute of the Sahel)
INTSORMIL	International Sorghum And Millet - Collaborative Research Support Program
IP	Irrigated Perimeter
IPR	Institut Polytechnique Rural, Katibouqou
IRAT	Institut de Recherches Agricoles Tropicales
IRDP	Integrated Rural Development Project
ISRA	Institute Senegalais de Recherche Agricole
ISTA	International Seed Testing Association
IVH	Inbred × variety hybrids
LAMPS	Large Sized Adivasi Multi-Purpose Societies

NRI	National Research Institute
NRM	Natural Resources Management
NSC	National Seeds Corporation
NSP	National Seed Project
NSS	National Seed Service
NVRM	National Variety Release Mechanism
OFPEP	On-Farm Productivity Enhancement Program
OFSP	On-Farm Seed Project
ONAHA	Office National des Amenagements Hydro Agricoles
ONG	Organisations Non Gouvernementales
OPVs	Open-pollinated varieties
OUA	Organization for African Unity
PAAT	Produits Agroalimentaires Transformés
PACS	Primary Agricultural Credit Societies
PCN	Projet Cerealieer National (National Cereals Project)
PCU	Provincial Co-operative Union
PDASN	Projet de Développement de l'Activité Semencière au Niger
PIB	Produit Intérieur Brut (Gross Internal Product)
PLDB	Primary Land Development Bank
PNACS	Primary Non-Credit (Multi-Purpose) Activities Credit Societies
PPCL	Projet de Promotion de Céréales Locales (Project on Local Cereals)
PROCELOS	Projet de Promotion des Céréales Locales au Sahel
PSC	Private Seed Companies
PSI	Particle Size Index
PVO	Private Voluntary Organization
QDS	Quality Declared Seed

SNRA	Système National de Recherche Agronomique (National Agronomic Research System)
SO	Strategic Objectives
SPU	Seed Production Unit
SSCs	State Seeds Corporations
SSCI	Seed Control and Certification Institute
ST	Scheduled Tribes
STRC	Scientific and Technical Research Commission
SW	Svalof Weibull AB
TADD	Tangential Abrasive Dehulling Device
TCH	Topcross hybrids (male sterile × open-pollinated variety)
UN	United Nations
UNDP	United Nations Development Programme
USAID	United States Agency for International Development
WA	West Africa
WASHAT	West Africa Sorghum Hybrids Adaptation Trial
WCASRN	West and Central African Sorghum Research Network
WVI	World Vision International
ZAMSEED	Zambia Seed Company Limited
ZCF	Zambia Co-operative Federation Limited
ZIMCO	Zambia Mining and Industrial Corporation
ZSPA	Zambia Seed Producers Association

Conference Participants

PREVIOUS PAGE BLANK

Participants

Burkina Faso

Samsonna Biego
Director General
C. TRA. P.A. 06 BP 10100
Ouagadougou, 06, Burkina Faso

Sansan Da
Centre Regional de Recherche Agricole
01 B.P. 910
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Mamadou Diouf
PROCELOS-CILSS
03 B.P. 7049
Ouagadougou 03, Burkina Faso

Chad

Yagoua N. Djool
ITRA
B.P. 441
Ndjemena, Chad

Cote D'Ivoire

Francois Anoh
IDESSA
Box 121
Ferkessedougou, Cote D'Ivoire

Egypt

Osman El-Nagouly
ARC/FCRI
9 Gamaa Str.
Giza, Egypt

France

Genevieve Fliedel
CIRAD-CA
73 Rue J.F. Breton, B.P. 5035
Montpellier 34032, France

Germany

W.R. Lechner
Mittel STR 2 88477
Schwendi, Germany

Ghana

Harry Addor
World Vision International
P.O. Box 31 ER
PMB Accra-North, Ghana

I.D.K. Atokple
Savanna Agric. Res. Institute
P.O. Box 52
Tamale M.R., Ghana

Peter Dasaah
World Vision International
PBM Accra-North
Accra, Ghana

Andrew Kuyipwa
Ministry of Food and Agriculture
Box 14
Tamale, Ghana

India

B.R. Barwale
Mahyco Seed company Ldt.
19 Rajmahel 78 Veer Nariman Rd.
Mumbai 4000 020 India

Rakesh Chopra
Mahindra Hybrid Seed Company
A-10 Old Midc - Post Box 52
Jalna 431203, India

D.S. Murty
R&D, Mahyco
Kallakal, Medak (DT)
Medak, India 502334

PREVIOUS PAGE BLANK

Mohamadou Abdoulaye
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Sidi Aboubacar
DEP/MAG/El
B.P. 12091
Niamey, Niger

Elhadji Ada
Producteur S/C Onaha
B.P. 34
Konni Niger

Garbo Annou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Sanoussi Atta
B.P. 13723
Niamey, Niger

Souley Attahirou
Chef Service Agricole de Madaoua
B.P. 42
Madaoua, Niger

Elhadji Illa Baoua
INRAN/CERRA/TAHOUA
B.P. 78
Konni, Niger

Amadou Barmou
Producteur S/C OPVN
B.P. 12
Diffa, Niger

Ouendeba Botorou
ROCAFREMI
ICRISAT/Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Alain Bruneteau
Basse Vallee
B.P. 42
Madaoua, Niger

Paul Buckner
Direction de l'Agriculture
B.P. 323
Niamey, Niger

Souley Daouda
UAB
B.P. 11041
Niamey, Niger

Middah Darius
CARE International
Maradi Niger

Naroua Djibo
ONAHA
B.P. 10697
Niamey, Niger

Laouali Dogo
B.P. 120
Maradi, Niger

Amadou Douma
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

M. Fernandez
ILRI/ICRISAT Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Aissa Maiga Fofana
ONG WEYBI
B.P. 13211
Niamey, Niger

Adamou Habou
INRAN
B.P. 11
Diffa, Niger

Sidibe Hachimou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Salifou Mahaman
Producteur Semences
B.P. 12402
Niamey, Niger

Seyni Maiga
INRAN/CERRA/Kollo
BP. 60
Kollo, Niger

Sani Maman
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Illya Miko
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Mossi Mohamadou
INRAN/CERRA/Kollo
BP. 429
Niamey, Niger

Ismail Mouddour
AGRIMEX
B.P. 10091
Niamey, Niger

Siraji Moumouni
INRAN
B.P. 83
Tillaberry, Niger

Chetima Mai Moussa
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Manzo Moussa
INRAN
B.P. 78
Konni, Niger

Salou Moussa
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Moussa Moustapha
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Amadou Moustapha
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Mbaye Ndiaye
DFPV/AGRHYMET
BP. 12625
Niamey, Niger

Zakou Noma
SAA BOURZ S/C PBVT
B.P. 42
Madaoua, Niger

Abdoulaye Nomaou
PROCELOS
B.P. 12091
Niamey, Niger

Kondo Nouhou
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Moussa Oumarou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

R.K. Pandey
PNRA/INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Jean Jacques Schalbroek
ONAHA/Projet Semencier
B.P. 10192
Niamey, Niger

Alain Kasse Sekou
SNPA
B.P. 10423
Niamey, Niger

Participants

Burkina Faso

Samsonna Biego
Director General
C. TRA. P.A. 06 BP 10100
Ouagadougou, 06, Burkina Faso

Sansan Da
Centre Regional de Recherche Agricole
01 B.P. 910
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Mamadou Diouf
PROCELOS-CILSS
03 B.P. 7049
Ouagadougou 03, Burkina Faso

Chad

Yagoua N. Djool
ITRA
B.P. 441
Ndjemena, Chad

Cote D'Ivoire

Francois Anoh
IDESSA
Box 121
Ferkessedougou, Cote D'Ivoire

Egypt

Osman El-Nagouly
ARC/FCRI
9 Gamaa Str.
Giza, Egypt

France

Genevieve Fliedel
CIRAD-CA
73 Rue J.F. Breton, B.P. 5035
Montpellier 34032, France

Germany

W.R. Lechner
Mittel STR 2 88477
Schwendi, Germany

Ghana

Harry Addor
World Vision International
P.O. Box 31 ER
PMB Accra-North, Ghana

I.D.K. Atokple
Savanna Agric. Res. Institute
P.O. Box 52
Tamale M.R., Ghana

Peter Dasaah
World Vision International
PBM Accra-North
Accra, Ghana

Andrew Kuyipwa
Ministry of Food and Agriculture
Box 14
Tamale, Ghana

India

B.R. Barwale
Mahyco Seed company Ldt.
19 Rajmahel 78 Veer Nariman Rd.
Mumbai 4000 020 India

Rakesh Chopra
Mahindra Hybrid Seed Company
A-10 Old Midc - Post Box 52
Jalna 431203, India

D.S. Murty
R&D, Mahyco
Kallakal, Medak (DT)
Medak, India 502334

PREVIOUS PAGE BLANK

Kenya

A. Babatunde
ICRISAT/Kenya
P.O. Box 39063
Nairobi, Kenya

Joseph DeVries
Rockefeller Foundation
Box 47543
Nairobi, Kenya

Mali

Innoussa Akintayo
WCASRN/ROCARS
B.P. 320
Bamako, Mali

Berthe Aissata Bengaly
IER
CRRSA/Sotuba - B.P. 438
Bamako, Mali

Bourema Dembele
IER/CRRA/Sotuba
B.P. 438
Bamako, Mali

Dabere Dembele
World Vision International
B.P. 06 504
Bamako, Mali

Philippe Dembele
World Vision International
B.P. 26
Bamako, Mali

Siaka Dembele
IER
B.P. 258
Bamako, Mali

Niamoye Yaro Diarisso
IER/CRRA/Sotuba
B.P. 438
Bamako, Mali

Mamaoudou Diourte
IER/CRRA/Sotuba
B.P. 262 - Sotuba
Bamako, Mali

Ndjeunga Jupiter
ICRISAT
B.P. 320
Bamako, Mali

Seydou Keita
Service Semencier National
B.P. 167
Segou, Mali

Karamoko Sacko
Winrock/IER
B.P. 258
Bamako, Mali

Abdoul W. Toure
IER
Sotuba B.P. 438
Bamako, Mali

Aboubacar Toure
IER/CRRA Sotuba
B.P. 438
Bamako, Mali

Niger

Magagi Abdou
INRAN/CERRA
B.P. 240
Maradi, Niger

Mahaman Sani Abdou
INRAN
B.P. 204-Tahoua
Tahoua, Niger

Garba Abdoulaye
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Mohamadou Abdoulaye
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Sidi Aboubacar
DEP/MAG/El
B.P. 12091
Niamey, Niger

Elhadji Ada
Producteur S/C Onaha
B.P. 34
Konni Niger

Garbo Annou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Sanoussi Atta
B.P. 13723
Niamey, Niger

Souley Attahirou
Chef Service Agricole de Madaoua
B.P. 42
Madaoua, Niger

Elhadji Illa Baoua
INRAN/CERRA/TAHOUA
B.P. 78
Konni, Niger

Amadou Barmou
Producteur S/C OPVN
B.P. 12
Diffa, Niger

Ouendeba Botorou
ROCAFREMI
ICRISAT/Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Alain Bruneteau
Basse Vallee
B.P. 42
Madaoua, Niger

Paul Buckner
Direction de l'Agriculture
B.P. 323
Niamey, Niger

Souley Daouda
UAB
B.P. 11041
Niamey, Niger

Middah Darius
CARE International
Maradi Niger

Naroua Djibo
ONAHA
B.P. 10697
Niamey, Niger

Laouali Dogo
B.P. 120
Maradi, Niger

Amadou Douma
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

M. Fernandez
ILRI/ICRISAT Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Aissa Maiga Fofana
ONG WEYBI
B.P. 13211
Niamey, Niger

Adamou Habou
INRAN
B.P. 11
Diffa, Niger

Sidibe Hachimou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Boukary Hama
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Seyni Hamadou
INRAN/DECOR
B.P. 429
Niamey, Niger

Issa Harouna
INRAN/CERRA/Maradi
B.P. 240
Maradi, Niger

Kore Harouna
Universite de Niamey
B.P. 10960
Niamey, Niger

Mahamadou Ibrahim
INRAN
B.P. 204
Tahoua, Niger

Assoumane Idi
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Laouali Iro
INRAN
B.P. 60
Kollo, Niger

Oumarou Issa
B.P. 120 Djirataoua
Maradi, Niger

Mahaman Issaka
INRAN
B.P. 240
Maradi, Niger

Bickou Issoufou
DDEIA/CUN
B.P. 10262
Niamey, Niger

Gonda Jada
INRAN/CERRA/Maradi
B.P. 60
Kollo, Niger

Naino Jika
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 429
Niamey, Niger

Boureima Kanfideni
CLRV/INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Habou Kano
INRAN
B.P. 60
Kollo, Niger

Issoufou Kapran
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Issoufou Kollo
INRAN/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Boureima Korombe
ONAHA
B.P. 54
Konni, Niger

K. Anand Kumar
ICRISAT Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Sama Laouali
PASP
Niamey, Niger

Abba Diou Lawan
CDA de GAYI S/C/DDA
Zinder, Niger

Salifou Mahaman
Producteur Semences
B.P. 12402
Niamey, Niger

Seyni Maiga
INRAN/CERRA/Kollo
BP. 60
Kollo, Niger

Sani Maman
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Illya Miko
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Mossi Mohamadou
INRAN/CERRA/Kollo
BP. 429
Niamey, Niger

Ismail Mouddour
AGRIMEX
B.P. 10091
Niamey, Niger

Siraji Moumouni
INRAN
B.P. 83
Tillaberry, Niger

Chetima Mai Moussa
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Manzo Moussa
INRAN
B.P. 78
Konni, Niger

Salou Moussa
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Moussa Moustapha
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Amadou Moustapha
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Mbaye Ndiaye
DFPV/AGRHYMET
BP. 12625
Niamey, Niger

Zakou Noma
SAA BOURZ S/C PBVT
B.P. 42
Madaoua, Niger

Abdoulaye Nomaou
PROCELOS
B.P. 12091
Niamey, Niger

Kondo Nouhou
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Moussa Oumarou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

R.K. Pandey
PNRA/INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Jean Jacques Schalbroek
ONAHA/Projet Semencier
B.P. 10192
Niamey, Niger

Alain Kasse Sekou
SNPA
B.P. 10423
Niamey, Niger

Boureima Siaka
ICRISAT Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Seyni Sirifi
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Niamey, Niger

Abdoulaye Souley
INRAN/CERRA/Kollo
B.P. 60
Kollo, Niger

Maliki Tambari
ONAHA A.H.A.
B.P. 54
Konni, Niger

Aminou Tassiou
INRAN
B.P. 429
Niamey, Niger

Ousmane Youm
ICRISAT Sahelian Center
B.P. 12404
Niamey, Niger

Nigeria

S.C. Gupta
ICRISAT/WCA, IITA Office-SABO
PMB-3491
Kano, Nigeria

A. Joshua
Premier Seed Nigeria LTD
P.O. Box 1673
Zaria Kaduna State, Nigeria

Senegal

Alphonse Faye
Winrock International
B.P. 16278
Dakar, Senegal

Amadou Fofana
ISRA
CRZ B.P. 53
Kolda, Senegal

Ababacar Ndoye
ITA-Route des Peres Maristes
B.P. 2765
Dakar, Senegal

United States

Tahirou Abdoulaye
Purdue University
Agricultural Economics
West Lafayette, IN 47907

Adam Aboubacar
Purdue University
1160 Food Science Bldg.
W. Lafayette, IN 47907-1160

David Andrews
6501 Darlington Ct.
Lincoln, NE 68510

Pierre Antoine
Winrock International
38 Winrock Dr., Petit Jean Mountain
Morrilton, AR 72110-9370

John D. Axtell
Purdue University
Department of Agronomy - Lilly Bldg.
W. Lafayette, IN 47907

Lawrence Busch
Michigan State University
210 Berkey Hall
E. Lansing, MI 48824-1111

Thomas Crawford, Jr.
INTSORMIL - University of Nebraska
113 Biochemistry Hall
Lincoln, NE 68583-0748

David Drake
Purdue University
402 E. 2nd St., Box 361
Otterbein, IN 47970

Gebisa Ejeta
Purdue University
Department of Agronomy - Lilly Bldg.
W. Lafayette, IN 47907

Joan Frederick
INTSORMIL - University of Nebraska
113 Biochemistry Hall
Lincoln, NE 68583-0748

Richard Frederiksen
8248 Raintree Dr. NE
Albuquerque, NM 87122

Richard Hahn
1200 Sharingbrook
Manhattan, KS 66503

Bruce Hamaker
Purdue University
Dept. Of Food Science, Smith Hall
W. Lafayette, IN 47907

Leland House
547 Broadbranch Rd.
Bakersville, NC 28705

Katy Ibrahim
Purdue University
1168 Agric. Adm. Bldg. Room 26
W. Lafayette, IN 47907-1168

Nouri Maman
Dept. Of Agronomy and Horticulture
University of Nebraska
Lincoln, NE 68583-0915

Jerry Maranville
37345 Broadway Avenue
Matheson, CO 80830

A. Bruce Maunder
4511 Ninth St
Lubbock, TX 79416

John Mullenax
DCHA/PVC
RRB 7.06-071
Washington, D.C. 20523-2052

Gary C. Peterson
Texas A&M University
Rt. 3, Box 219
Lubbock, TX 79403-9803

Yves-Coffi Prudencio
World Bank - J Bldg.
Room 6-165, 1818 H St., N.W.
Washington, DC 20433

Darrell T. Rosenow
Texas A&M University
Rt. 3, Box 219
Lubbock, TX 79403-9803

John Swanson
USAID/G/EG/AFS/ST
RRB, Rm 2.11-006
Washington, D.C. 20523-2110

John M. Yohe
INTSORMIL/University of Nebr
113 Biochemistry Hall
Lincoln, NE 68583-0748

Zambia

Bhola Nath Verma
ZAMSEED
P.O. Box 35441
Lusaka, Zambia

Zimbabwe

Emmanuel S. Monyo
SADC/ICRISAT
Box 776
Bulawayo, Zimbabwe

Atelier [illegible] -af[illegible]cain sur les [illegible]

28 septembre–2 octobre, 1998
Niamey, Niger

Actes
de l'

Atelier ouest — africain sur les semences hybrides de sorgho et de mil

28 septembre - 2 octobre 1998
Palais des Congrès, Niamey, Niger

Parrains

INRAN
INTSORMIL
ICRISAT
ROCAFREMI
ROCARS
McKnight Foundation
Rockefeller Foundation
U.S. Agency for International Development
Winrock International

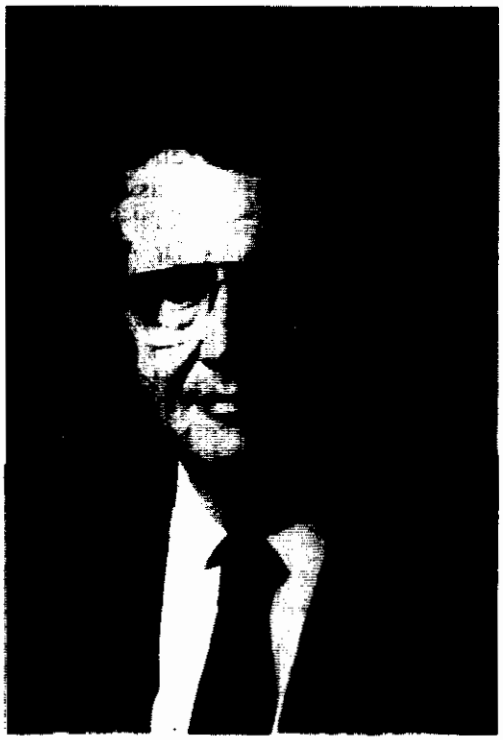
Avril 2002
Numéro de publication 02-02

28 C.

Workshop Organizational Committee

Dr. John D. Axtell, INTSORMIL, Purdue University, W. Lafayette, IN, Chair
Dr. Moussa Oumarou, INRAN, Niamey, Niger
Dr. Issoufou Kapran, INRAN, Niamey, Niger
Dr. Anand Kumar, ICRISAT, Niamey, Niger
Dr. Ouendeba Botorou, ROCAFREMI, Niamey, Niger
Dr. Gebisa Ejeta, INTSORMIL, Purdue University, W.Lafayette, IN
Dr. Lee House, INTSORMIL, Bakersville, North Carolina
Dr. Thomas Crawford, INTSORMIL, University of Nebraska, Lincoln, NE
Dr. Bruce Hamaker, INTSORMIL, Purdue University, W. Lafayette, IN
Dr. Inoussa Akintayo, ROCARS, Bamako, Mali

Cette publication a été rendue possible par le parainage de l'Agence Américaine pour le Développement International dans le cad re de la subvention No. LAG-G-00-96-90009-00. Les opinions exprimées sont celles desauteurs et ne reflètent pas forcément les vues de l'Agence Américaine pour le Développement International.



Dr John Axtell

Les présents comptes-rendus de l'atelier de travail sur les semences hybrides de sorgho et de mil en Afrique Occidentale sont dédiés à la mémoire du Dr John Axtell en l'honneur de son impressionnante contribution à l'INTSORMIL et à la recherche internationale sur le mil et le sorgho.

Dr John Axtell était un scientifique remarquable, membre de l'Académie Nationale des Sciences et l'un des fondateurs de l'INTSORMIL CRSP. Il est subitement décédé le 2 décembre 2000. Ses accomplissements sont impressionnants et sont la marque de son dévouement au développement et à la recherche à l'échelon international. C'est avec une grande fierté que nous, à l'INTSORMIL, nous publions cette liste des progrès réalisés dans l'amélioration du sorgho grain aux Etats-Unis et dans les pays en voie développement par le Dr John Axtell.

Dr Axtell et ses étudiants ont été les premiers a montré que les tannins avaient un effet négatif sur la disponibilité des protéines et par conséquent sur la valeur nutritive du sorgho. Cette découverte a entrainé une réorientation des programmes de sélection du sorgho à travers le monde en faveur de variétés à plus faibles teneurs en tannins. Ainsi toutes les variétés de sorgho sélectionnées et commercialisées pour la consommation humaine au cours des 10 –

15 dernières années appartiennent à la classe des faibles en tannins.

- La découverte de l'effet négatif des tannins sur la nutrition humaine a incité les scientifiques, à savoir biochimistes, généticiens et nutritionnistes à entreprendre des études approfondies des tannins et autres composés phénoliques dans le sorgho et les produits alimentaires dérivés.
- Dr. Axtell a ouvert la voie aux travaux de recherche qui ont abouti à l'identification de mutants naturels et induits de sorgho à haute teneur en lysine.
- Dr. Axtell et ses collègues ont effectué toute une série d'études qui démontrent clairement que les méthodes de préparation des aliments peuvent avoir un effet considérable sur la digestibilité des protéines de sorgho. Ils ont mis au point des techniques d'évaluation *in vitro* de la digestibilité des aliments à base de sorgho. Puis en appliquant ces techniques *in vitro*, ils ont montré que les protéines de diverses céréales se comportaient différemment à la cuisson et que la cuisson était responsable de la plus faible digestibilité du sorgho.
- Dr. Axtell a largement contribué au développement de germplasme à l'échelle mondiale. Les variétés et les populations de sorgho sélectionnées par Dr Axtell et ses collègues ont été libéralement distribuées aux divers programmes de recherche nationaux et aux centres de recherches agronomiques internationaux dans lesquels elles ont été incorporées et ont largement servi à la sélection de variétés et d'hybrides.
- Au cours de sa longue et productive carrière, Dr Axtell a formé de nombreux étudiants et par le biais de leurs recherches, son héritage s'étend sur l'ensemble des Etats-Unis et de nombreux pays étrangers.

Table desmatières

Préface, John Yohe 9

Lundi 28 septembre 1998

Première séance - Avantages offerts par les hybrides à l'agriculture de l'Afrique Occidentale - Remarques préliminaires

Modérateur - John D. Axtell, INTSORMIL/Purdue University

Discours de bienvenue - M. Oumarou 13

Discours d'ouverture - Omar Idi Engo 15

Remarques préliminaires - John D. Axtell 17

Ce que L'INRAN attend de l'atelier régional sur les semences hybrides de sorgho et mil - Moustapha Amadou 20

Pourquoi des hybrides? - A. Bruce Maunder 21

Rapport du rapporteur - Botorou Ouendeba 29

Deuxième séance - Expériences de production de semences hybrides dans les pays en voie de développement

Modérateur - Lee House, Conseiller, Production de semences

L'expérience de production de semences hybrides dans les pays en voie de développement - B.R. Barwale 33

L'Industrie des semences en Zambie — historique et expérience Bhola Nath Verma et Winter M. Chibasa 44

L'expérience de Winrock International en matière de multiplication des semences en Afrique Occidentale à travers: le projet de production de semence en exploitation (OFSP), 1987-1992 et le programme d'amélioration de la productivité des exploitations (OFPEP), 1992-1998 Alphonse Faye et Pierre Antoine 58

Rapport du rapporteur - S.C. Gupta 65

285

Troisiéme séance - Statut actuel de la production de semence

Modérateur - Darrell Rosenow, INSORMIL/Texas A&M University

Systèmes d'approvisionnement en semence de petit mil au Niger
Jupiter Ndjeunga et Aboubakar Sidi 69

Présentation de la recherche sur le sorgho hybride au Niger
Issoufou Kapran, Moussa Adamou, Gebisa Ejeta et John D. Axtell 88

Expérience de production de semence de NAD-1 dans le périmètre irrigué de Djirataoua, région de Maradi au Niger
Laouali Dogo et Oumarou Issa 94

Le sorgho hybride en Afrique Occidentale - D.S. Murty 98

Hétérosis et production de semence de sorgho hybride en Afrique Occidentale
Aboubacar Toure, H. Frederick W. Rattunde et Inoussa Akintayo 101

Rapport du rapporteur - D.S. Murty 112

Statut actuel du petit mil hybride en Afrique Occidentale
K. Anand Kumar, B. Ouendeba, S. Boureima, S.C. Gupta et S. Ouattara 113

Nouveaux systèmes de stérilité mâle cytoplasmique pour les hybrides de mil
D.J. Andrews, K.N. Rai et J.F. Rajewski 135

Création d'une industrie des semences : rôle du secteur privé
A. Bruce Maunder 139

Compte-rendu du rapporteur - Anand Kumar 148

Mardi 29 septembre 1998

Première séance - Les conditions de la réussite des projets consacrés aux hybrids

Modérateur - A. Kumar, ICRISAT/ISC

Production de semence hybride de qualité
Soumana Souley et Magagi Abdou 151

Gestion des champs pour la production de semence de sorgho
Seyni Sirifi, J.W. Maranville et R.K. Pandey 158

Conditionnement et commercialisation des semences - A. Bruce Maunder 169

286

Production de semences sur les aménagements hydro-agricoles
M. Naroua Djibo et M. Jean Jacques Schalbroek 177

Rentabilité au niveau des exploitations agricoles et évolution des marchés intrants — produits au Niger : perspective économique
Tahirou Abdoulaye et J.H. Sanders 188

Formation régionale à la production de semences
N.D. Yagoua et N.I. Jika 197

Formation pour une industrie des semences au Niger
I. Kapran, D.S. Murty et L.R. House 199

Rapport du rapporteur - I. Kapran 203

Deuxième séance - Commercialisation par des entreprises et des coopératives commerciales

Modérateur - Kore Harouna, Fac. Agro/AMD University, Niamey

Rôle des secteurs public et privé dans la production des semences
Ismael Mouddour 209

Problèmes du secteur semencier en Afrique Occidentale et propositions de solutions - A. Joshua 212

Rôle du gouvernement Nigérien dans le demarrage des entreprises de semences - Paul Buckner 223

Les banques de crédit et de prêt desservant les utilisateurs ruraux en inde
Kuldip R. Chopra et Rakesh Chopra 227

Mercredi 30 septembre 1998

Première séance - Emplois du sorgho et du mil

Modérateur - Bruce Hamaker, INTSORMIL

Tests d'évaluation de la qualité des grains de sorgho pour de bouillies épaisses traditionnelles en Afrique
G. Fliedel, C. Sambumukama, L. Songre, F. Matenncio 239

Expérience sénégalaise en matière d'implantation et de renforcement d'unités semi-industrielles de transformation du mil en zone urbaine - Ababacar Ndoye 254

Contribution à la valorisation des produits agroalimentaires locaux dans les pays sahéliens - Mamadou Diouf 257

Facteurs et recommandations pour la production de semence - Lee House 261

Compte-rendu du projet pilote sur l'utilisation du sorgho et du mil Rapporteurs I. Akintayo et J. Ndjeunga 269

Transformation du sorgho et du mil en produits à valeur ajoutée Adam Aboubacar et Bruce Hamaker 271

Débat - Alimentation humaine - Bruce Hamaker 276

Débat - Alimentation animale - Lee House 280

PREFACE

Le sorgho et le mil sont les deux céréales les plus importantes en Afrique Occidentale. Elles y représentent en effet 70 % de la production céréalière totale qui constitue la ration de base des peuples vivant dans cette région. Les progrès réalisés dans l'amélioration du sorgho et du mil sont par conséquent d'une importance vitale pour le bien-être des populations de l'Afrique Occidentale. L'atelier de travail sur la semence hybride de sorgho et de mil représente l'aboutissement de 10 années d'efforts de recherche et de développement par l'Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), le Programme international d'appui aux recherches concertées sur le sorgho et le mil (INTSORMIL - International Sorghum and Millet Collaborative Research Support Program) et l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT - International Crop Research Institute for the Semi-arid Tropics).

L'atelier a servi de forum pour la présentation de l'expérience acquise en matière de sélection, de mise sur le marché et de diffusion de NAD-1, le premier hybride commercial de sorgho au Niger. Cet hybride représente une étape importante de l'histoire agricole au Niger et peut-être de toute l'Afrique Occidentale. L'atelier a rassemblé des scientifiques spécialistes du sorgho venus de toute l'Afrique, des Etats-Unis, de l'Inde et de l'Europe. M. B.R. Barwale, récipiendaire du prix mondial de l'alimentation en 1998 et reconnu comme le fondateur de l'industrie des semences en Inde nous a fait l'honneur de participer à l'atelier et de raconter son expérience au cours d'un exposé intitulé « L'expérience de production de semences hybrides dans les pays en voie de développement ».

Les travaux de recherche qui ont été présentés et discutés pendant cet atelier établissent la valeur du modèle de recherches concertées pour les sciences agronomiques tandis que l'atelier consigne l'utilité de la collaboration entre les scientifiques des programmes nationaux, de l'INTSORMIL, de l'ICRISAT d'une part et les efforts de coordination des réseaux régionaux ROCAFREMI et ROCARS d'autre part pour la mise au point et la promotion des nouvelles technologies pour la production et l'utilisation du sorgho et du mil en Afrique Occidentale.

Plusieurs scientifiques ont contribué de manière significative à cette expérience. NAD-1 est le résultat de recherches en partenariat entre le Dr Issoufou Kapran (INRAN) et le Dr Gebisa Ejeta (INTSORMIL). Dr John Axtell, coordinateur de l'INTSORMIL/Niger a dirigé l'effort fondamental de mise en place d'une industrie des semences hybrides au Niger. Dr Issoufou Kapran et Dr Lee House (un conseiller auprès de l'INTSORMIL) se sont acharnés à faire de la production et de la distribution de la semence de sorgho hybride un fait pour les agriculteurs nigériens. Ils ont promu NAD-1 et démontré la faisabilité ainsi que la profitabilité de la production de semence hybride de sorgho au Niger.

La production de semence hybride nécessite un effort à plusieurs niveaux pour transformer l'entreprise publique de production de semence de variétés actuelle en des initiatives privées mieux adaptées à la production et la commercialisation de la semence hybride. Au Niger, on s'est efforcé de mettre en place une capacité et un savoir-faire locaux de production et de commercialisation de la semence hybride. Les petits exploitants ont été organisés et formés afin qu'ils deviennent des producteurs de semence compétents. Le secteur privé au Niger assume de plus en plus la responsabilité de la production et de la commercialisation des semences. Ce processus a été lent mais délibéré et il servira probablement d'exemple aux autres pays d'Afrique Occidentale.

Au nom de l'INRAN et l'INTSORMIL, je tiens à remercier l'ICRISAT, le ROCAFREMI, le ROCARS, la Fondation McKnight, la Fondation Rockefeller, l'Agence Américaine pour le Développement International et Winrock International pour leur co-parrainage de cet atelier et pour les indemnités de déplacement et de participation qu'ils ont accordées aux participants internationaux à cet atelier, ce qui a permis à cet atelier d'être une réussite totale. En tant que directeur des programmes de l'INTSORMIL, il m'est particulièrement agréable de constater que notre programme est associé à cette étape très importante de l'histoire du sorgho et du mil au Niger et en Afrique Occidentale.

John M. Yohe
Directeur des programmes
de l'INTSORMIL

Lundi 28 septembre 28 - Premièr seance

Avantages offerts par les hybrides à l'agriculture de l'Afrique Occidentale - Remarques préliminaires

Modérateur - John D. Axtell,
INTSORMIL/Purdue University

Discours de bienvenue

M. Oumarou
Directeur Général de l'INRAN

Monsieur le Ministre d'Etat,
Monsieur le Directeur du Programme INTSORMIL,
Monsieur le Représentant-résident de l'ICRISAT,
Honorables Invités,
Mesdames, Messieurs,

L'INRAN par ma voix adresse toutes ses félicitations aux organisateurs de l'atelier régional sur les semences hybrides de sorgho et de mil, et ses remerciements à tous les représentants du monde scientifique et du développement agricole qui ont accepté de sacrifier une partie de leur temps précieux pour répondre à notre invitation. A tous les participants, nous souhaitons une chaleureuse bienvenue à Niamey.

L'INRAN est un jeune institut de recherche agronomique, créé seulement en 1975.Dans le contexte de l'environnement sahélien, il a la très lourde responsabilité de travailler pour parvenir à l'autosuffisance alimentaire au Niger. Nous avons très vite accepté cette vérité fondamentale qu'est l'importance des semences améliorées pour significativement augmenter la production agricole. En concertée tant qu'institut, la recherche collaborative nous est apparue comme l'une des approches de travail les plus appropriées. Je vais donc reconnaître ici et remercier sincèrement le programme international de soutien à la recherche sur le sorgho et le mil (INTSORMIL) et l'institut international de recherche sur les cultures des tropiques semi-arides (ICRISAT), pour leur présence à nos côtés dès le départ et leur persistance à continuer avec nous le long mais productif chemin de la recherche agronomique.

C'est probablement dans le domaine du développement des variétés améliorées que des résultats notables ont été le plus souvent enregistrés, en particulier pour le mil/sorgho. Ainsi, le dernier catalogue variétal de l'INRAN décrit-il plus d' une quinzaine de variétés améliorées de ces deux cultures.

Beaucoup d'efforts et de financements ont été consentis par les états et les bailleurs de fonds internationaux afin d'assurer une bonne diffusion des semences en milieu rural. L'incidence de tant d'initiatives sur la production agricole totale reste pourtant faible dans nos états sahéliens. Cela est dû en grande partie à l'absence d'une filière viable de multiplication et distribution des semences. C'est à nous chercheurs que revient la responsabilité de remédier à cette situation. En effet, tant que des semences de bonne qualité ne sont pas produites en quantité suffisante pour couvrir les besoins nationaux de manière

significative, la valeur des variétés améliorées restera plutôt académique. A ce sujet notons que comme point de départ d'un secteur semences efficace, il faudrait que tous les intervenants, producteurs, consommateurs,vulgarisateurs, chercheurs et décideurs, s'accordent pour accepter que *semences et graines ne sont pas des termes synonymes.*

L'INRAN s'est engagé résolument dans la promotion, notamment à travers la formation, d'un système de multiplication des semences dont le premier critère est la qualité. Des infrastructures appropriées ont été mises en place pour assurer la production de semence améliorée de bonne qualité par des producteurs spécialisés. Ces investissements ont été d'autant plus valorisés que des variétés de sorgho et de mil hybride hautement productives et adaptées ont été mises au point par nos institutions grâce à votre précieuse collaboration. Parce que la productivité des hybrides contribue à résoudre le problème de la pénurie alimentaire et que leur production est une source plus sûre de profit pour les producturs, les hybrides peuvent aisément servir de moteur à l'installation d'un secteur semences viable au plan national. Ceci sera d'autant plus durable que des produits de consommation comme le couscous de mil et de sorgho, seront localement confectionnés et acceptés par les consommateurs locaux. Ce sont là les grandes lignes de l'approche dynamique que l'INRAN propose et qui rencontre déjà une bonne réception au près de la plupart de nos partenaires.

Nous espérons que tous les participants auront l'occasion d'échanger leurs points de vue et d'observer Pes résultats de nos recherches concertées Pors des visites en champ. Ces efforts devraient être appréciés à leur juste valeur, afin que la recherche agronomique retrouve sa place de moteur de développement, et que le soutien nécessaire à nos institutions parvienne au moment opportun.

Une fois de plus permettez-moi de vous souhaiter un agréable séjour parmi nous.

Merci

Discours d'ouverture

Son excellence, Omar Idi Engo
Ministre d'Etat
Ministre de l'Agriculture et de l'Élevage

Monsieur le Directeur du Programme INTSORMIL,
Monsieur le Directeur du Centre Sahélien de l'ICRISAT,
Monsieur le Directeur Général de l'INRAN,
Messieurs les Représentants des Organisations Internationales,
Messieurs les Représentants des Associations de Producteurs,
Honorables invités,
Chers participants,
Mesdames, Messieurs

Je voudrais tout d'abord m'acquitter d'un agréable devoir, celui de vous dire combien la présence parmi nous d'éminentes personnalités scientifiques, nous réjouit, et de souhaiter à tous, au nom du peuple et du gouvernement nigériens, la bienvenue au Niger.

C'est pour moi un réel plaisir de procéder à l'ouverture de l'atelier régional sur les semences hybrides de sorgho et de mil. Le peuple du Niger et son gouvernement sont sensibles à l'insigne honneur qui leur est fait, d'être les hôtes de cette réunion qui cadre parfaitement avec les objectifs primordiaux du gouvernement et du peuple nigériens à savoir la sécurité alimentaire.

Le mil et le sorgho constituent les deux principales céréales alimentaires du Niger, cultivées annuellement sur plus de sept millions d'hectares. Cependant, nous connaissons régulièrement des déficits de production occasionnés par l'emploi de variétés peu productives dans un environnement naturel de plus en plus hostile. Il y a donc là matière à réflexion, compte tenu des besoins alimentaires grandissants d'une population qui croît au taux annuel de 3 %.

Nous suivons de près et essayons au mieux de soutenir les travaux de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). Des efforts certains ont été faits et des résultats pratiques ont été obtenus dans les domaines de l'amélioration variétale et la production de semences. Ainsi, dans les conditions difficiles où le mil et le sorgho sont cultirés au Niger, les variétés hybrides sont plus performantes que les variétés à fécondation. Et nous sommes conscients que les varietés améliorées sont comme les engrais, p'eau et les produsts phytosanitaires, indispensables à l'amélioration de la productivité agricole.C'est avec fierté que nous enregistrons que ces résultats ont été obtenus au Niger. Je tiens à féliciter la longue collaboration entre l'INRAN, l'INTSORMIL et l'ICRISAT qui ont, tous trois contribué à cette réussite.

La modernisation de l'agriculture contribue grandement à la lutte contre la pauvreté. Elle est un élément fondamental du développement économique national. De par le monde, cette modernisation est fortement tributaire de la disponibilité des variétés améliorées et de l'existence d'une filière fiable de commercialisation des semences. Les éminents experts, chercheurs et producteurs réunis dans cette salle auront certainement à échanger leur savoir et leurs expériences afin de cerner les tenants et les aboutissants de la diffusion des semences hybrides de sorgho et de mil au Niger. Vous aurez notamment à explorer les aspects de la production, du conditionnement et de la commercialisation des semences hybrides, ainsi que la vaste gamme des utilisations humaines et animales d'une production agricole accrue. Il est en effet crucial que la transformation moderne des grains soit développée afin d'absorber les excédents de production et d'assurer la durabilité de toute la filière.

Je suis conscient que vous connaissez mieux que moi les problèmes que j'ai rapidement evoqués. Je sais que vous analyserez avec soin la vraie valeur de la technologie des hybrides et de la production de semences. Je ne doute pas non plus que vous mettrez à profit les journées de débats pour faire des propositions pertinentes, réalistes et adaptées au milieu agricole nigérien et aux aubres pays du Sahel.En souhaitant plein succès à vos travaux, je déclare ouvert l'atelier régional sur les semences hybrides de sorgho et de mil.

Remarques préliminaires

John D. Axtell

Monsieur le Ministre d'Etat à l'Agriculture et l'Elevage
Monsieur le Directeur Général de l'INRAN
Monsieur le Directeur du programme INTSORMIL
Monsieur le Directeur Général du Centre Sahélien ICRISAT
Chers invités
Mesdames, Messieurs,

Bienvenue au premier Atelier Africain Occidental sur les Semences Hybrides de Sorgho et de Mil. Cet atelier représente l'aboutissement de 18 années d'efforts par l'INRAN en collaboration avec de nombreux scientifiques de l'agriculture et de nombreuses organisations de recherche.

Je ne peux toutefois manquer de reconnaître le rôle très important joué par Dr Issoufou Kapran et ses collègues de l'INRAN et l'INTSORMIL. Leur vision audacieuse du futur du sorgho hybride au Niger, et la réponse enthousiaste des agriculteurs à travers tout le Niger à l'hybride NAD-1 lors des journées porte-ouverte, ont fortifié notre foi que nous pouvions et que nous devions résoudre les problèmes de la production de semence hybride au Niger. Nous avons la chance d'avoir des chercheurs des Indes, du Soudan, de la Zambie et du Nigeria présents à notre atelier qui nous feront part de leur expérience en matière d'hybrides plus tard ce matin.

La recherche qui nous sera présentée cette semaine représente un tribut énorme à l'intérêt du modèle de recherche concertée dans les sciences agronomiques. La recherche concertée entre des scientifiques de programmes nationaux, des chercheurs des universités américaines et de l'INTSORMIL et les efforts de recherche coordonnée représentés par les réseaux régionaux ROCAFREMI et ROCARS ont abouti à l'établissement de la première base solide pour le développement des hybrides de sorgho et de mil en Afrique Occidentale Sahélienne. Par ailleurs, un soutien financier important a été octroyé par la fondation McKnight au Dr Kapran et l'INRAN pendant les phases de recherche et de développement qui ont abouti à l'hybride NAD-1.

Nous sommes confiants que cette tête de pont que Dr Issoufou Kapran et Dr Lee House ont mise en place grâce à leur persévérance et leur dévouement se développera et s'étendra. C'est un bon début, mais c'est seulement le début de ce qui doit devenir un effort soutenu à travers toute la région. De nombreux défis doivent être relevés et de nombreux problèmes restent à résoudre. Mais nous sommes poussés par le fait que le sorgho et le mil constituent les denrées de base des populations pauvres habitant dans les régions tropicales semi-arides où les sécheresses détruisent fréquemment les autres productions végétales. Ces deux

céréales sont essentielles en Afrique Occidentale où elles constituent 70 % de la production céréalière totale.

En Afrique du Nord, elles constituent (8 – 91 %) de la nourriture de base totale pour plus de 216 millions de personnes. En Afrique Orientale, elles assurent 30 % de la production céréalière totale tandis qu'en Afrique du Sud et Centrale elles représentent 9 – 85 % de la nourriture de base totale de plus de 126 millions de personnes. En outre, ce sont deux cultures essentielles pour plus de 2,1 milliards de personnes en Asie, principalement en Chine et aux Indes.

Le sorgho et le mil sont donc les deux plus importantes productions céréalières cultivées pour se nourrir en conditions de culture sèche avec peu d'investissement par les habitants des régions semi-arides de l'Afrique et du sud de l'Asie. Au cours des 35 dernières années, la superficie plantée en sorgho a presque doublé en Afrique tandis que les rendements restaient en moyenne de 800 kg/ha. Le même phénomène s'observe pour tous les mils en Afrique, la superficie cultivée ayant augmenté de 50 % sans que les rendements de 620 kg ha^{-1} en moyenne et plus variables que pour le sorgho ne changent de façon substantielle. A l'inverse aux Indes pendant cette même période, la superficie cultivée en sorgho a diminué de 37 % tandis que les rendements ont augmenté de 80 % (désormais environ 880 kg ha^{-1}). De la même manière les superficies cultivées en mil ont diminué de 28 % et les rendements ont augmenté de 75 % (désormais $\pm$720 kg ha^{-1}; USDA, 1997). L'utilisation de variétés hybrides et une importance augmentation de la recherche génétique sont les causes principales de l'augmentation des rendements aux Indes. Nous sommes ravis de la présence de M. Barwale à notre atelier, il nous fera part de son expérience de pionnier de la production de semences hybrides aux Indes. M. Barwale est le fondateur et le directeur général de l'entreprise de semences Mahyco laquelle a contribué au déroulement de cette remarquable histoire aux Indes. M. Barwale a reçu le prix mondial de l'alimentation de 1998 pour son travail de pionnier du développement du secteur privé de la production de semences aux Indes.

Nous connaissons tous, les bénéfices que la vigueur hybride a apportés dans les autres régions du monde. Nous savons maintenant que l'Afrique Occidentale peut profiter de ces mêmes bénéfices. Mais nous savons aussi que l'augmentation bénéfique des rendements peut se traduire par des réductions sévères du prix de vente des céréales pour les agriculteurs producteurs. Les organisateurs de l'atelier ont accordé autant d'importance aux efforts de recherche et de développement portant sur l'utilisation de ces céréales, ce qui permettrait aux agriculteurs de profiter de l'augmentation de la productivité.

Les efforts de recherche et de développement dans le domaine de la technologie céréalière des grains de sorgho et de mil ont beaucoup de retard sur ceux accomplis pour les autres grandes céréales. La recherche sur l'utilisation de ces céréales doit augmenter si l'on veut pouvoir fournir des produits acceptables à valeur ajoutée à une population de plus en plus urbaine.

Quelques travaux de recherche encourageants sont en cours dans plusieurs laboratoires de l'Afrique Occidentale et nous devons faire tout notre possible pour que ces efforts soient soutenus et intensifiés. A mon avis, l'un des plus grands facteurs de dissuasion du financement de la recherche sur le sorgho et le mil est le manque de produits à base de sorgho et de mil pratiques et délicieux dans les villes où habitent tous les preneurs de décisions.

Il existe toute une série de questions dont il faut parler à savoir la recherche sur les hybrides, la formation à la production de semences et à la qualité des semences, le financement, la commercialisation et la distribution des semences, les lois et les règlements gouvernementaux relatifs aux semences. Nous avons la chance d'avoir ici présents des experts dans chacun de ces domaines pour mener nos discussions. Mais votre participation et votre expertise est nécessaire à la réussite de cet atelier. Nous avons accompli un début important mais il reste encore beaucoup à accomplir.

Par conséquent les objectifs de cet atelier comprennent tirer parti de l'avantage offert par l'augmentation des rendements des variétés hybrides de sorgho et de mil et relever le défi d'assurer l'approvisionnement des agriculteurs de l'Afrique Occidentale en semences hybrides de qualité dans des délais adéquats et à un prix raisonnable. L'expérience acquise à travers le monde démontre que la meilleure façon d'achever ces objectifs est par l'intermédiaire d'un secteur privé de production de semences sous réglementation gouvernementale appropriée. Les autres pays en voie de développement qui ont relevé et solutionné ces défis nous fournirons un guide. Comment modifier ce guide et l'adapter aux conditions de l'Afrique Occidentale ? Voilà notre défi.

Les vastes superficies cultivées en sorgho et mil en Afrique ont encore à profiter de l'emploi de l'hétérosis. Nous sommes convaincus que l'emploi de l'hétérosis ou vigueur hybride jouera un rôle majeur dans la prochaine révolution agricole : la révolution de la culture sèche résultant de l'augmentation des rendements des cultivars hybrides de sorgho et mil en Afrique Sahélienne. Démarrons aujourd'hui et ici cette révolution et laissons les historiens noter que cet atelier établit les bases pour une amélioration significative des conditions de vie des populations habitant dans les régions tropicales semi-arides du globe.

Purdue University, l'université d'où je suis originaire est aussi l'université d'origine d'un Américain très renommé, Neil Amstrong, le premier homme à marcher sur la lune. Au moment où il est sorti de sa capsule spatiale il a dit et je cite « Un petit pas pour un homme, une enjambée de géant pour l'humanité ». Faisons de cet atelier un petit pas en direction de grands progrès dans la libération des peuples du Sahel de la faim.

Introduction des Groupes de Travail

Ce que L'INRAN attend de l'atelier régional sur les semences hybrides de sorgho et mil

Dr Moustapha Amadou
Directeur Scientifique INRAN

L'INRAN est une institution très jeune qui a pour mission ultime d'apporter des solutions techniques aux problèmes de développement rural dans les domaines des productions végétales, animales et halieutiques, la gestion des ressources naturelles et les systèmes de production. Il s'agit d'une mission délicate, dans un contexte économique peu favorable et un milieu naturel très hostile, celui de la zone sahélienne. Néanmoins, grâce à une équipe de chercheurs dévoués, le soutien de l'état et celui de nombreux partenaires de la recherche, l'INRAN tente toujours de perfectionner sa contribution au développement de l'agriculture nigérienne. La production des semences hybrides de mil et de sorgho, leur conditionnement et leur commercialisation, qui font l'objet de cet atelier, représentent une composante clef de la production agricole.

Au Niger, il a été mis au point des variétés améliorées très performantes de mil et de sorgho (NAD-1) dont il s'agit de produire les semences d'une manière adéquate (quantité et qualité suffisante, respect des normes techniques) et ceci dans un contexte où il n'existe pas d'entreprise moderne de production de semence.

Nous disposons également d'un prototype de chaîne de production de couscous à base de mil et de sorgho (décorticage, production de la farine, roulage, cuisson et séchage) ; ce prototype mérite d'être vulgarisé pour que l'on puisse mieux transformer les excédents en grain de cultivars améliorés.

Nous voulons donc écouter les conseils et commentaires des experts présents I ci sur la manièr d'améliorer le secteur semences au Niger. A cette fin, deux groupes de travail, un sur la production des semences et l'autre sur la transformation, auront pour tâhe d'étudier et d' améliorer nos propositions. Chaque groupe deura sérfeusement examiner les documents proposés et les amender afin qu' ils puissent êtrie soumis à l'approbation de l'état et d'autres bailleurs de fonds.

Pourquoi des hybrides?

A. Bruce Maunder

Introduction

L'agriculture et l'amélioration des plantes ont évolué par paliers plutôt discontinus tout au long des 10.000 ans de la dépendance organisée des êtres humains vis-à-vis des productions végétales. En supposant que nous pouvons désormais en toute confiance considérer que nous vivons dans l'ère de la Révolution Scientifique telle que l'a décrite Plucknett (1991), qui couvrirait de 1950 à nos jours, nous sommes passés d'une agriculture manuelle à une agriculture dépendante de la traction animale, puis bien sûr au cours de ce siècle à une agriculture mécanisée. Dans le même temps, les plantes cultivées ont été améliorées d'abord par le biais de la sélection naturelle puis par la sélection exercée par les cultivateurs en faveur des caractéristiques les plus recherchées. Cette période de temps plutôt longue a seulement été interrompue par la découverte des Lois de l'hérédité de Mendel au début du 20ème siècle. Les améliorateurs des plantes ont alors élaboré les principes de base de l'amélioration des plantes moderne et expliqué le phénomène de l'hybridation qui tout récemment a été actualisé grâce à l'outil le plus nouveau de l'amélioration des plantes à savoir la biotechnologie.

La vigueur hybride s'est montrée de loin l'outil le plus productif et le plus rentable économiquement de la révolution scientifique au niveau agricole. Bien que le maïs reçoive le plus d'attention en matière d'hybrides, le sorgho, le mil, le tournesol, le riz et la luzerne ainsi que de nombreuses productions légumières, Maunder (1998), ont aussi largement bénéficié de l'hybridation. Shull en 1914 a proposé le terme « hétérosis » dont la meilleure description est la vigueur hybride. L'hétérosis résulte du croisement de deux plantes différentes (au sein d'une même espèce) produisant un hybride supérieur quant à la croissance, la taille, le rendement ou la vigueur totale. La valeur de l'hétérosis dépend de la facilité avec laquelle l'hybridation est réalisée et de la justification du coût modéré de la production de semences par l'accroissement des rendements ainsi que par l'amélioration d'autres caractéristiques agronomiques.

Avantages des hybrides

L'augmentation des rendements en grain est non seulement une manifestation universellement reconnue de la vigueur hybride mais représente aussi la réalisation la plus importante de l'amélioration des plantes en matière de productivité accrue. Dash (1983) lors de son discours d'introduction à l'atelier de travail sur les hybrides de sorgho en association avec l'introduction du premier hybride commercial pour l'Afrique sahélienne, Hageen Dura - 1, a mentionné une performance au champ de 158% par rapport à la variété locale sous irrigation et de 150% par rapport à la variété locale

cultivée sous pluie au Soudan. Ejeta (1983) au cours du même atelier de travail a cité les résultats de 27 essais de rendement sur 4 ans dans lesquels les hybrides ont produit 50% de plus que les variétés locales (populations) laissées en fécondation libre. Quinby (1963) a montré que RS 610, le premier hybride de sorgho à être largement cultivé aux Etats-Unis produisait un excédent en grain de 82 pour cent par rapport à la moyenne de ses deux parents mais ne produisait que 31 pour cent en plus de masse végétative (plante sans les grains).

Doggett (1967), basé en Ouganda, a évalué les hybrides de sorgho H x 57 et H x 58 au cours de 123 essais en Afrique orientale (Tableau 1) et a obtenu un accroissement moyen des rendements de 35,8%. Ont aussi été présentés des résultats en provenance du Zimbabwe, des Indes et des Etats-Unis, représentant 268 autres essais, qui montraient de la part des hybrides un accroissement des rendements variant entre 28,1% et 53,7%.

Tableau 1. Comparaison des rendements entre les hybride et les anciennes variétés cutivées. H. Doggett, 1967, Ouganda

Pays/Région	% d'augmentation du rendement pour l'hybride	Nombre d'essais
Afrique orientale	35,8	123
Zimbabwe	53,7	64
Indes	34,1	76
Etats-Unis	28,1	128

Nature, Vol. 216, N° 5117

Nider et al. (1995, non publié), en utilisant les chiffres du Ministère de l'Agriculture argentin de 1910 à 1994, ont trouvé un gain annuel pour les maïs hybrides de 57,9 kg/ha sur 44 ans par rapport à 9,0 kg/ha pour les variétés cultivées au cours des 41 ans précédents (Tableau 2, Fig. 1). Le sorgho et le tournesol présentent des gains annuels respectifs de 58,4 et 43,0 kg/ha alors que l'analyse des variétés cultivées antérieurement aux hybrides a révélé des diminutions annuelles des rendements de -7,5 et -0,4 kg/ha respectivement pour ces deux productions végétales (Fig. 2,3).

Tableau 2. Evolution des rendements des principales céréales et des principaux oléagineux en Argentine, 1910-1994.

Production	Années et type	kg/ha/an
Maïs	1910-50 variétés	9,00
	1951-94 hybrides	57,92
Sorgho	1954-65 variétés	-7,52
	1966-94 hybrides	58,43
Tournesol	1929-80 variétés	-0,36
	1981-94 hybrides	43,00

Données du Ministère de l'Agriculture argentin

Aux Etats-Unis, les augmentations de rendement obtenues dans les années 1990 par rapport aux moyennes de référence sur dix ans de 1930-1939 sont plus élevées pour les variétés hybrides de maïs et de sorgho que pour les variétés non hybrides de blé, de coton et de soja, soit cinq fois plus élevées pour les hybrides contre 2,6 fois plus élevées pour les variétés non hybrides. Quinby (1973) a posé l'hypothèse qu'une combinaison de vigueur hybride, d'irrigation et d'une meilleure fertilisation avait amené la production de sorgho grain américaine de 63,6 millions de quintaux à 203,6 millions de quintaux depuis l'avènement des variétés hybrides. Ainsi les hybrides non seulement accroissent initialement les rendements de 20 - 40% mais aussi

30

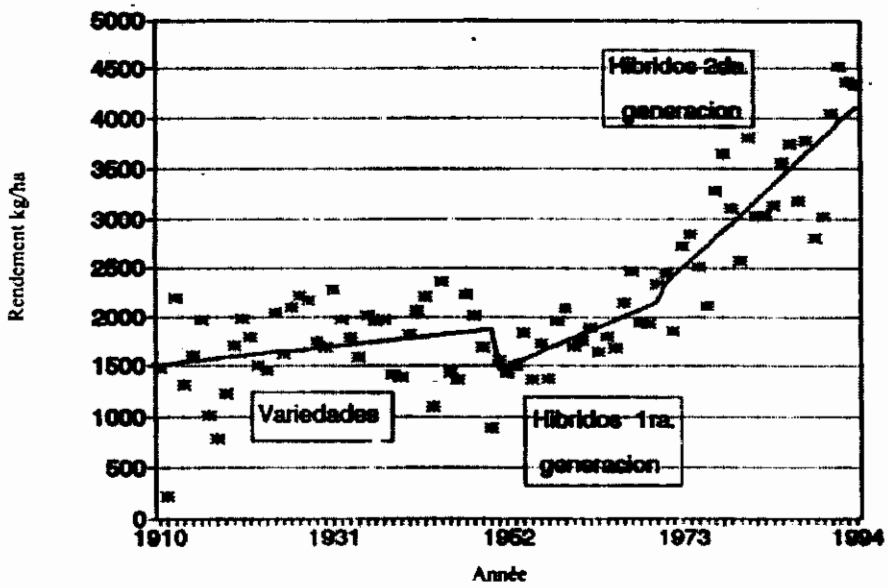


Figure 1. Rendement du maïs - Argentine, 1910-1994.

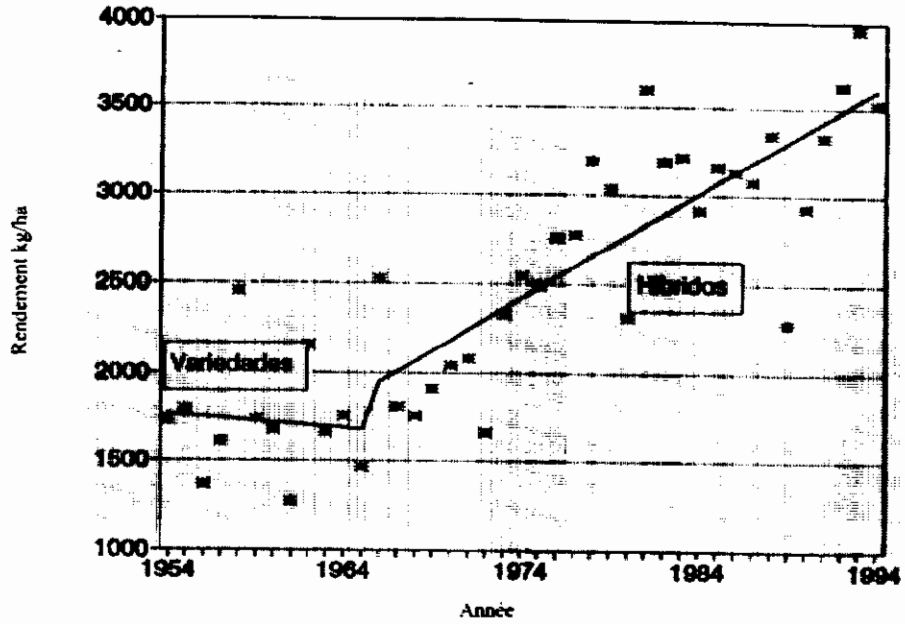


Figure 2. Rendement du sorgho - Argentine, 1910-1994.

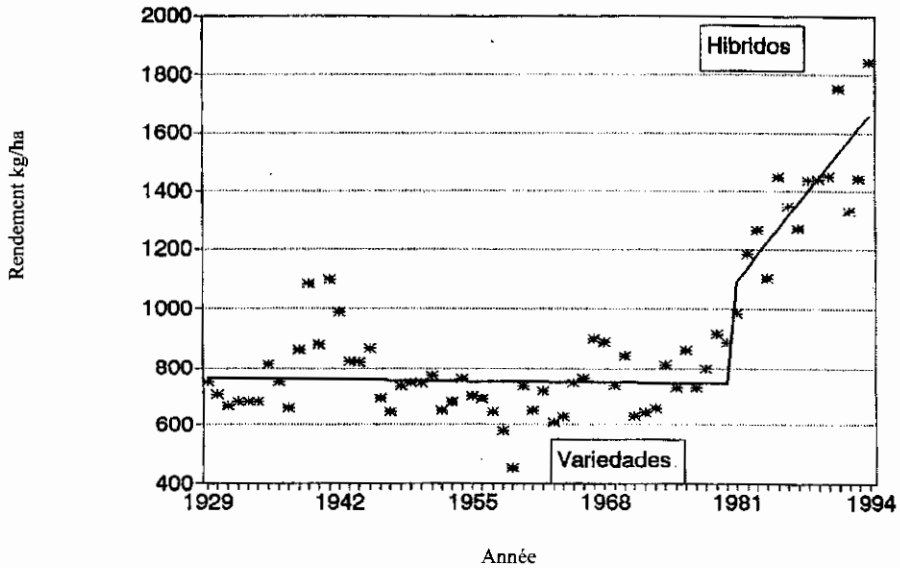


Figure 3. Rendement du tournesol - Argentine, 1929-1994.

amplifient ces accroissements une fois que la variété cultivée est hybride.

En dehors du nombre de grains par inflorescence, l'hétérosis présente d'autres bénéfices qui peuvent être tout aussi importants, par exemple la précocité. Des travaux sur le maïs (Duvick, communication personnelle) et le sorgho ont montré que des hybrides de parents présentant des maturités similaires fleurissaient dans un délai plus court égal à 93 – 94% du nombre moyen de jours nécessaires aux deux parents pour fleurir. Une étude par DEKALB Genetics sur 15 hybrides commerciaux et leurs parents a confirmé cet avantage et a par ailleurs mis en évidence un avantage de 22% de l'hybride par rapport au meilleur parent et de 35% de l'hybride par rapport à la moyenne du parent moyen. La précocité des hybrides est particulièrement avantageuse car elle permet de mieux rentabiliser l'eau utilisée, d'échapper aux insectes et d'éviter les extrêmes de températures.

Les hybrides donnent en général des jeunes plantules significativement plus vigoureuses, ce qui est un aspect important de la lutte contre les mauvaises herbes. Ils sont aussi souvent plus grands que le plus grand parent et tallent plus. Bien que le nombre de grains par épi, comme mentionné, soit le facteur le plus important de l'augmentation du rendement, la taille de l'épi et le poids de l'épi sont aussi plus favorables chez les hybrides (Quinby, 1973). De même, le pourcentage de battage plus élevé, le

système racinaire plus développé et souvent le poids du grain plus élevé sont des facteurs significatifs améliorant la performance. Doggett (1967) a suggéré que, les petits accroissements de la hauteur, de l'épaisseur de la tige, de la surface foliaire, de tout l'appareil végétatif, du nombre de talles pouvaient tous ensembles se traduire par une augmentation conséquente de la surface photosynthétique. Avec plus de boutons floraux par hectare que les variétés non hybrides, l'usine que représente la plante hybride pourrait toujours remplir les grains supplémentaires de ces fleurs, sous toute une gamme de conditions environnementales.

La tolérance à la sécheresse et aux extrêmes de température permet souvent aux hybrides d'être encore plus avantageux en conditions de stress. En raison de leur potentiel de rendement plus élevé, les hybrides représentent une forme plus efficace d'utilisation de l'eau. Des études par Castleberry et al. (1984) suggèrent que les hybrides de maïs modernes (hybride simple versus hybrides doubles ou hybrides 4-voies) non seulement produisent plus de grains que les anciens hybrides en conditions de faible disponibilité en eau mais ont aussi la capacité génétique d'accentuer cette différence positive de rendement en conditions favorables. Des observations similaires ont été faites pour les deux niveaux de fertilité, élevé et faible, les hybrides les plus récents se comportant mieux que les anciens indépendamment du niveau de fertilité. Ainsi, en ce qui concerne les conditions d'humidité et de fertilité, les hybrides de maïs continuent d'allier une stabilité accrue des rendements à un plus grand potentiel génétique.

Du point de vue de l'amélioration des plantes, les hybrides bénéficient de l'interaction non additive de gènes telle que la dominance et l'épistasie. En effet, il n'est pas nécessaire que les deux parents soient supérieurs pour permettre l'expression d'une superdominance. La meilleure capacité d'adaptation des hybrides a été clairement mise en évidence pour le maïs ors d'etudes de l'augmentation des rendements en grains à des densités plus élevées de plantes. Eastin (1983) a de plus ajouté que les plantes cultivées qui pouvaient être hybridées bénéficieraient plus rapidement d'une approche concertée physiologiste-généticien, si critique à l'amélioration de la tolérance au stress abiotique. Enfin les hybrides peuvent être améliorés suite à l'amélioration d'un seul des deux parents puisque la dominance souvent affecte des caractéristiques qualitatives ou héritées simplement telles que la taille, les caractéristiques nutritionnelles ou la résistance au stress biotique.

Explication de l'effet hybride

L'hétérosis résulte en une taille accrue et un nombre accru des éléments de la plante du fait d'un taux de division cellulaire et d'une activité cellulaire plus élevés, produisant un plus grand nombre de cellules. Quinby (1963) a trouvé que la division cellulaire plus rapide était la base des manifestations hétérotiques observées chez le sorgho et que les processus non touchés par le taux de division cellulaire avaient, par voie de conséquence peu d'effets sur la vigueur

hybride. Les facteurs améliorés plus par la sélection que par l'hétérosis comprennent le poids du grain qui est corrélé au nombre de jours de la floraison à la maturité physiologique, la taille des grains, la composition en protéines et leur pourcentage relatif, la position de l'épi sur le plant de maïs, la rétention de la couleur verte et la résistance biotique. Il est intéressant de noter que les caractères quantitatifs suivants, la masse végétative produite, le développement des grains et celui du système racinaire sont respectivement plus affectés par la vigueur hybride au cours de la première, de la seconde et de la troisième ou finale phase du cycle de vie. La réponse hétérotique semble correspondre à une augmentation de l'efficacité du métabolisme général de la plante hybride.

En général, les résultats prépondérants supportent l'hypothèse selon laquelle l'hétérosis chez le maïs (Hallauer et al., 1988) résulte de l'accumulation de loci avec des allèles présentant une dominance partielle ou complète. Selon le germplasme utilisé, la superdominance et l'interaction des allèles (épistasie) peuvent jouer un rôle significatif. Glenn Burton (1966) a suggéré que les améliorateurs de sorgho n'avaient pas commencé à utiliser tous les effets des gènes additifs avant de se lancer dans un programme de production d'hybrides qui leur permettait aussi d'utiliser la dominance.

Les sélectionneurs reconnaissent que tous les croisements intraspécifiques ne produisent pas le même degré de vigueur lorsqu'ils sont réalisés. J'ai eu l'occasion de développer, d'observer et de mettre sur le marché environ 150 hybrides commerciaux. Il est intéressant de noter toutefois que plus de 150.000 ont été évalués dans notre programme de sélection et que donc moins d'un pour 1000 parvient jusqu'à l'agriculteur. Par conséquent toutes les combinaisons ne présentent pas un niveau adéquat d'hétérosis ou il leur manque un autre caractère essentiel. L'améliorateur devient de plus en plus sélectif vis-à-vis d'un hybride utilisable à mesure que son programme de sélection évolue ou mature.

Acceptation des hybrides

Peut-être l'expérience américaine qui illustre l'acceptation relative des hybrides de maïs et de sorgho, aura une certaine valeur pour les régions se tournant vers la culture d'hybrides. Le délai pour les hybrides de maïs a été de 20 ans ou plus tandis que pour le sorgho, qui a bénéficié de l'expérience des agriculteurs avec le maïs, il a fallu seulement 4 ans pour que les hybrides soient pratiquement universellement acceptés (Figure 4). Russell (1991) souligne le fait que, bien qu'il ait fallu relativement longtemps pour que les hybrides de maïs soient acceptés à l'échelle nationale, en Iowa, la première région productrice de maïs aux Etats-Unis, l'adoption des variétés hybrides a eu lieu en fait relativement vite en quelques années comme pour le sorgho.

Un deuxième bénéfice de l'adoption des variétés hybrides, qui est essentiel, concerne l'implication du secteur privé. La valeur ajoutée et le coût supplémentaire de la semence hybride non seulement favorisent de meilleures pratiques de gestion mais permettent

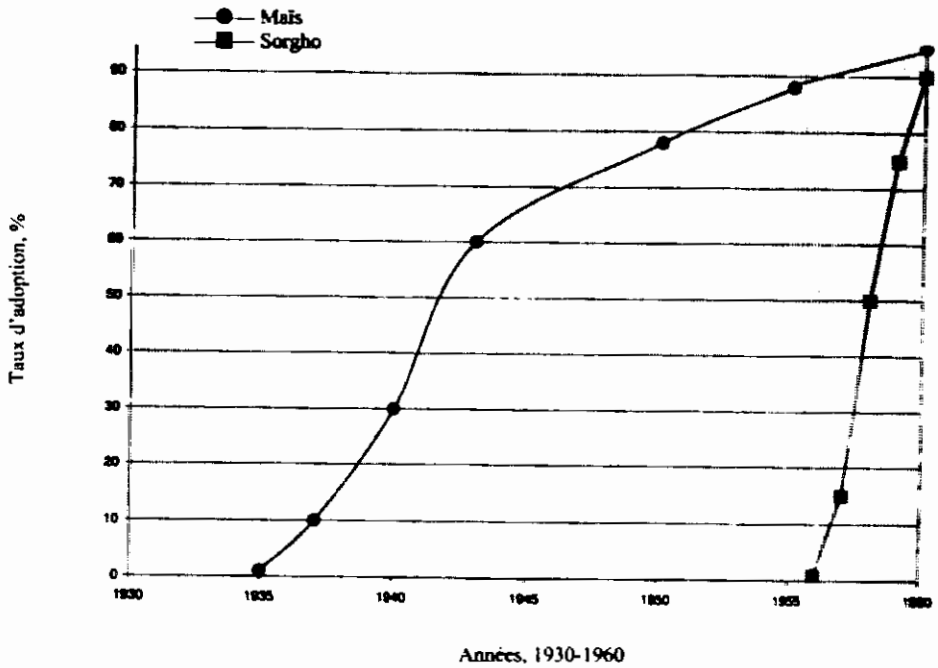


Figure 4. Pourcentage planté en maïs et sorgho hybrides aux Etats-Unis entre 1930-1960.

aussi l'intervention du secteur privé à tous les niveaux de la production de semence. La possibilité de réapprovisionnement annuel de la semence hybride ainsi que les droits de propriété motivent d'autant plus l'investissement privé. La compétition au sein du secteur privé (Maunder, 1998) aura pour conséquence (a) de mieux assurer un approvisionnement adéquat en semences, (b) d'améliorer la pureté des semences et d'assurer une germination adéquate des semences, et (c) d'augmenter l'investissement dans l'amélioration du produit ce qui est peut être moins important à court terme pour l'industrie des hybrides sous réserve que les programmes nationaux du pays concerné sont efficaces. L'Inde, peut être aussi bien que d'autres pays, est un exemple que les variétés hybrides associées à un investissement du secteur privé peuvent permettre d'assurer l'autonomie alimentaire du pays, la production étant passée de 50 millions de tonnes en 1950 à 200 millions de tonnes ces dernières années.

Il y a déjà longtemps en 1966, G.W. Burton suggérait que le siècle prochain verrait l'utilisation généralisée des hybrides F_1 pour toutes les espèces cultivées importantes à travers le monde. Le potentiel pour des rendements plus élevés, la plus grande productivité et la capacité remarquable des hybrides F_1 à supporter le stress en comparaison aux variétés pures et variétés populations offrent une possibilité réelle d'augmenter

la production de vivres et de fourrages. A mesure que la population mondiale augmente et que le niveau de vie s'améliore réclamant de plus en plus de protéines sous forme de viande dans le régime alimentaire, la suggestion de Burton apparaît de plus en plus prophétique à la lumière des nouvelles technologies agricoles. Les hybrides seront utilisés et acceptés par l'agriculture des pays en voie de développement si l'accès à des hybrides présentant une semence d'une grande pureté, une germination adéquate et les avantages de productivité escomptés devient facile.

Bibliographie

Burton, G. W. 1966. "Meeting human needs." pp. 391-408. *In* K.J. Frey (ed.) Plant Breeding. University Press, Ames, Iowa.

Castleberry, R. M., Crum C. W., et Krull C. F. 1984. "Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environments." Crop Science. 24: 33-36.

Dash, Y.A. 1983. "Inaugural address." *In* G. Ejeta (ed) Proc. Hybrid Sorghum Seed for Sudan Conf. INTSORMIL 1983: 3-4.

Doggett, H. 1967. "Yield increase for sorghum hybrids." Nature. 216: 798-99.

Eastin, J. D., Dickinson T. E., Krieg D. R., et Maunder A. B. 1983. "Crop physiology in dryland agriculture." pp 333-364. *In* H. E. Dregne et W. O. Willis (eds) Dryland Agriculture. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

Ejeta, G. 1983. "Current status of sorghum improvement research and development in the Sudan." *In* G. Ejeta (ed) Proc. Hybrid Sorghum Seed for Sudan Conf. INTSORMIL 1983: 17-18.

Hallauer, A. R., Russell W. A., et Lamkey K. R. 1988. Corn breeding. *In* "Corn and Corn improvement." *In* G. F. Sprague et J. W. Dudley (eds) 3ème Ed., pp 469-564. Am. Soc. Agron., Madison, WI.

Maunder, A. B. 1997. "Role of private sector." *In* D. Rosenow (ch) Proc. The International Conf. On Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. 1997: 605-612.

Maunder, A. B. 1998. "Logistics of seed production and commercialization." *In* J. Coors (ed) Heterosis in Crops. CIMMYT Pub. Mexico.

Plucknett, D. L. 1991. "Saving lives through agricultural research." Consultative Group on International Agricultural Research, Washington D.C. Issues in Agriculture #1.

Quinby, J. R. 1963. "Manifestations of hybrid vigor in sorghum." Crop Science. 3: 288-291.

Quinby, J. R. 1973. Sorghum Improvement and the Genetic of Growth. Texas A and M University Press, College Station, Texas.

Rapport du rapporteur

Botorou Ouendeba

Remarques préliminaires

Première journée - Première séance

Le Directeur Général de l'INRAN a adressé toutes ses félicitations aux organisateurs de l'Atelier. Il a souligné l'importance des semences améliorées et le besoin de continuer la recherche concertée entre l'INRAN, l'INTSORMIL et l'ICRISTAT.Il existe des résultats notoires dans le domaine des variétés améliorées: un catalogue de variétés améliorées est disponible au niveau de l'INRAN. Toutefois, un financement accru est nécessaire pour la recherche sur le mil et le sorgho ainsi que pour developper la production et la commercialisation des semences.

Mais il faudra aussi prendre conscience des deux points suivants:

- semences et graines sont deux (2) choses entièrement différentes;
- la nécessité d'avoir une Unité de Semences et aussi de poursuivre le développement des hybrides par les SNRA.

L'intervention du Directeur Général de l'INRAN a été suivie de celle du Ministre de l'Agriculture et de l'Elevage. Le Ministre a indiqué que la présence d'éminentes personnalités scientifiques constitue un réel plaisir pour le peuple du Niger et que l'importance du thème n'échappe à personne. La recherche de la sécurité alimentaire passe nécessairement par l'amélioration des cultures de mil et sorgho qui occupent plus de sept (7) millions d'hectares.Le Gouvernement du Niger soutient les efforts de l'INRAN dans le développe- ment des variétés et semences. La recherche concerteé a permis l'obtention d'hybrides de mil dt de sorgho très performants. La modernisation de l'agriculture est nécessaire pour lutter contre la pauvreté. Le développement de la filière semences s'avère indispensable pour complètement tiré parti des avantages offerts par les hybrides. Il now faut un secteur semences durable et le Niger est disposé à considérer et étudier toute proposition susceptible de stimuler ou de lancer l'utilisation des hybrides au Niger ou dans la sous-région.

Le Président de la Session a tout d'abord souhaité la bienvenue à tous les participants venant de plusieurs pays d'Afrique, d'Europe, d'Asie et des Etats Unis d'Amérique. Des progrès significatifs ont été réalisés au Niger dans le domaine de la sélection d'hybrides au co urs des dernières années; il faut soutenir cetter recherche pour que les agriculteurs de f'Afrique Occidentale puissent bénéficier de l'hétérosis. C' est la persévérance de Issoufou Kapran, John

Axtell et Lee House qui a rendu cet atelier possible.

Le mil et le sorgho sont les deux plus importantes céréales au Niger et dans la sous-région. Ils représentent presque 70 pour cent de la production totale de céréales en Afrique de l'Ouest. On observe une augmentation de 50 pour cent des superficies emblavées mais les rendements restent assez bas avec une moyenne de 600 kg/ha. Une tendance inverse a été observée en Inde et Dr Barwale donnera, au cours de sa présentation, des informations sur l'évolution de la production des hybrides.

Il faut souligner l'importance de la transformation du grain ainsi que celle de la production de semence. L'objectif de cettee réunion devrait être l'augmentation de la production de sorgho et de l'utilisation des hybrides.

Dr L. House est intervenu pour donner quelques éléments d'information sur le groupe de travail : "Production de Semences". Ce groupe aura pour mission de dresser :

- l'historique de la production de semences au Niger ;
- la situation actuelle de la production de semences ;
- les perspectives à venir compte Fenu de la disponibilité des hybrides.

A la fin de leurs travaux, les membres du groupe présenteront à l'atelier une proposition de stratégie en matière de production, distribution et commercialisation des semences hybrides.

Le second groupe de travail traitera les les aspects de la transformation et l'utilisation du mil et du sorgho. Ce groupe sera animé par Bruce Hamaker, Ababacar Ndoye, Moussa Oumarou et Adam Aboubacar.

Le thème "Pourquoi les Hybrides" a été présenté par Bruce Maunder. Il a très clairement indiqué les principaux avantages des hybrides qui sont : rendement, précocité, traits morphologiques désirables, bonne réaction à la sécheresse et à la fertilité, l'augmentation des rendements allant de 28 – 54%. Des exemples sur le sorgho, le mil et le maïs dans d'autres pays ont été donnés.

Lundi 28 september -Deuxième séance

Expériences de production de semences hybrides dans les pays en voie de développement

Modérateur - Lee House,
Conseiller, Production de semences

L'expérience de production de semences hybrides dans les pays en voie de développement

B.R. Barwale

Depuis quelques temps je réfléchis au message que je veux vous laisser, et j'ai décidé de vous raconter l'histoire de Barwale-Mahyco qui est étroitement liée à l'industrie des semences aux Indes.

J'ai démarré un programme de production de semences pour une variété d'okra sélectionnée par Dr Sardar Harbhajan Singhji, malheureusement maintenant disparu, de l'Indian Agricultural Research Institute, (Institut Indien de la Recherche Agronomique, Pusa Institute) à Delhi. Il s'agissait d'une variété révolutionnaire. Elle était résistante au virus de la mosaïque jaune, un pathogène qui réduit considérablement les rendements et la qualité. Cette variété unique a été très rapidement acceptée par les agriculteurs. J'ai ainsi appris le b, a, ba de la production de semences. Il faut produire les semences, les sécher, les nettoyer, les trier par gravité, les traiter, en vérifier la qualité, les emballer et les livrer aux agriculteurs directement ou par l'intermédiaire de distributeurs. Cette première entreprise m'a enseigné mes toutes premières leçons.

Quand j'ai finalement pris connaissance en 1963, de l'existence de la fondation Rockefeller, de l'Indian Council of Agricultural Research (ICAR – Conseil Indien de la Recherche Agronomique) et de All India Maize Coordinated Research Program (Programme de Recherche Coordonnée à toute l'Inde sur le maïs), j'étais un producteur de semences en herbe. Mon expérience m'a conféré une certaine crédibilité auprès de la fondation Rockefeller, à savoir que je pouvais être capable de fournir des semences de qualité pour d'autres cultures.

Lors d'un séminaire à Dahad, Gujarat, j'ai obtenu une lettre du représentant de la National Corporation (Corporation Nationale des Semences) m'octroyant 10 acres de semences de base de maïs. Je suis allé personnellement chercher la semence de base et l'ai ramenée à Jalna. En 1964, j'ai planté 5 acres de semence hybride sur ma ferme à Kharif et 2 acres sur la ferme de mon voisin.

La fondation Rockefeller était toujours présente, prête à apporter une assistance. Il m'a été fourni des instructions détaillées et une aide pour planter. Au moment de la première castration, M. D.S. Rana de la fondation Rockefeller est venu à Jalna et a formé nos équipes à la castration. Bien qu'il s'agisse d'une tâche simple, le moment de sa réalisation est très important.

Dr Wayne Freeman nous a rendu visite trois fois pendant le cycle de production. Il m'a toujours encouragé à travailler mieux. J'ai réussi à satisfaire aux normes et la récolte a été effectuée conformément aux instructions : les pieds mâles d'abord, puis après inspection du champ, les pieds femelles. Nous avons égrainé les épis et été stupéfaits du rendement total. Il

s'agissait d'un hybride double. Le parent femelle était un hybride simple avec un excellent rendement. Dr Freeman m'a expliqué en détails le traitement des semences et l'a planifié.

Un camion transportant un petit appareil de nettoyage M2B, un appareil de traitement des semences, des étiquettes de fermeture des sacs, du fil, des sceaux, des produits chimiques de traitement est arrivé quelques jours plus tard. Nous avons pris des dispositions pour installer l'appareil de nettoyage et celui de traitement en un endroit surélevé près de chez moi. Un ingénieur du nom de M. Dev est venu depuis Delhi chez moi pour aider à installer l'équipement et traiter les semences. Nous avons traité rapidement les semences. Mesdames, Messieurs, ce fut le meilleur rendement de semences traitées de maïs que j'ai obtenu de ma vie: 33 quintaux (132 bushels) de semence de maïs traitée par acre !

La semence était prête. Nous l'avons conservée dans un entrepôt et nous avons cherché des clients. Nous avons contacté plusieurs groupes et avons essayé de les convaincre de l'avantage à planter des semences hybrides de bonne qualité. Lors des réunions, les questions étaient nombreuses et la résistance à payer 3 – 4 fois le prix normal pour la semence hybride était forte.

Nous avions eu la bonne idée d'importer une certaine quantité de semence hybride de Gujarat avant de planter les plants pour la production de semence. Nous avons vendu cette semence hybride et aidé les gens à la planter pour produire un cultivar commercial. Des cultivars commerciaux étaient donc cultivés en un certain nombre d'endroits et des résultats très encourageants ont été obtenus. Ces démonstrations ont créé une certaine curiosité et un certain intérêt auprès des agriculteurs et des conseillers agricoles. Nous avons pris l'habitude de faire la fête si nous vendions un sac de semence par jour. Un sac contient 90 kg, soit suffisamment de semences pour planter 6 hectares pou un coût de 120 Rs à l'époque (soit 3 USD aujourd'hui).

Un après-midi, j'ai reçu un coup de téléphone d'un des responsables du district agricole voisin me demandant : « M. Barwale, avez-vous de la semence de maïs hybride ? »

« Oui monsieur »
« Combien ? »
« Nous devrions pouvoir satisfaire votre demande »
« J'en veut un camion plein »
« Oui monsieur nous devrions pouvoir vous fournir cette quantité »
« Je la veux demain »
« OK, sir. »

En deux heures, nous avions loué un camion et ordonné à notre représentant de livrer la semence le lendemain matin au responsable. Elle fut livrée ce fut confirmé. Quelle journée ce fut ! Une journée de but accompli et de célébration. Notre crédibilité en tant que producteurs de semence et d'agriculteurs d'avant garde était établie.

Le programme All India Sorghum Improvement (d'amélioration du sorgho pour toute l'Inde) de l'ICAR, avec le soutien de la fondation Rockefeller a

aussi développé de nouveaux hybrides de sorgho. Pendant cette même saison sèche, nous avons planté deux hybrides de sorgho (Jowar), CSH-1 et CSH-2 avec le contrôle local, en essais de démonstration. Les épis du contrôle local étaient gros et compacts et étaient très impressionnants. Par comparaison les épis des hybrides paraissaient peu impressionnants bien que les plantes montraient une croissance uniforme pour une excellente densité.

Nous avons récolté les hybrides en démonstration et tout le monde a été fort surpris de constater que les hybrides avaient des rendements beaucoup plus élevés que le contrôle. Plus tard j'ai eu un entretien avec Dr House à Delhi. Il m'a informé du fait que le premier hybride de sorgho CSH-I (Kafir 60 x IS84) serait probablement mis sur le marché lors de l'atelier suivant. En conséquence de quoi la fondation Rockefeller voulait voir une certaine quantité de semence produite cette même année afin de pouvoir faire des démonstrations l'année suivante.

Dr Wayne Freeman et Dr Lee House ont contribué à ce programme sorgho en aidant aux travaux en champs. La fondation Rockefeller a fourni de l'équipement, du personnel formé, des semences de base et du thimet (un insecticide systémique avec une odeur très désagréable). En fait, Dr Lee House a dû voyager avec cet insecticide de Pune à Jalna, soit 190 miles, et respirer cet insecticide pendant tout le trajet.

Quatre acres de production de semence hybride CSH-I ont été plantés. Nous ne savions pas comment les parents se comporteraient dans un environnement différent et une saison différente. C'est pourquoi, nous avons planté le parent mâle 3 fois à 4 jours d'intervalle avant (et après) la plantation du parent femelle pour assurer une plus longue période de production du pollen et ainsi garantir une bonne synchronisation.

Mesdames, Messieurs, je ne veux pas perdre votre temps précieux avec des détails inutiles. Mais je tiens toutefois à préciser que ce fut une réussite, nous avons obtenu 8 quintaux de semence hybride de sorgho par acre. Ainsi pour la première année uniquement, le pays disposait de 32 quintaux de semence du premier hybride de sorgho pour distribution à travers tout le pays.

Dr House, j'ai toujours la longue lettre que vous m'aviez écrite décrivant les risques que je prenais, la possibilité d'un échec complet, l'éventualité de ne pas pouvoir vendre la semence, mais m'assurant toute l'assistance possible pour faire de ce programme une réussite. Bien que ce fût risqué, nous nous sommes lancés. Les organismes de conseil agricole promouvaient dans certains états les hybrides de sorgho. Les variétés de sorgho hybride cultivées étaient d'une qualité inférieure à celle des meilleures variétés locales mais leur période de croissance était d'une durée plus courte et nous traversions alors des années de grande sécheresse. Alors que les variétés locales périclitaient et ne produisaient même pas d'épi, les variétés hybrides ont eu d'excellents rendements, attirant subitement l'attention de toute personne concernée par la production agricole.

Nous avons reçu une aide considérable de la part du premier ministre de

Maharashtra de l'époque, le maintenant défunt Shri Vasantroji Naik, qui a grandement promu la semence et l'idée. Ce même été nous avons produit le premier hybride de mil, un produit du programme All India Coordinated Millet Improvement (d'amélioration du mil coordonné à toute l'Inde) de l'ICAR. Nous étions alors des producteurs expérimentés. Nous étions formés à repérer un mâle fertile. Nous avions l'habitude de nous servir de plaque d'ardoise noire pour déterminer si une plante douteuse était un mâle fertile ou un mâle stérile. La pureté de la semence de base était un peu douteuse, mais les besoins étaient pressants et il fallait produire de la semence hybride de qualité ce qui a exigé, par exemple, des efforts supplémentaires pour éliminer toutes les plantes bâtardes parmi les parents avant qu'elles aient un effet négatif.

J'étais dorénavant encore plus convaincu et dévoué au programme : un programme de construction d'une nation, un programme de production agricole et un programme qui apporterait la prospérité et le respect aux communautés d'agriculteurs. J'ai réalisé que je ne pouvais pas tout seul parvenir à accomplir tous les objectifs car la tâche était énorme et nous avons commencé à sous-traiter la production de semence chez des petits agriculteurs modernes qui étaient prêts à suivre des instructions, disposaient de moyens d'irrigation suffisants et réagissaient bien à l'idée et aux instructions.

Nous avons nommé des assistants à la production, en général des diplômés agricoles ou étudiants des écoles d'agriculture et nous leur avons fourni des motocyclettes. Ces assistants rendaient visite régulièrement aux agriculteurs producteurs sur leurs motocyclettes et rendaient compte aux responsables de la production des progrès accomplis. De cette manière, nous étions au courant des difficultés rencontrées par les agriculteurs et nous pouvions les résoudre aussi vite que possible, sinon immédiatement.

Nous produisions la semence pendant la saison des moussons (juin – octobre) et avions à solutionner le problème de la moisissure des grains s'il se mettait à pleuvoir pendant la récolte ce qui en général affectait négativement la conservation, la germination et la viabilité des grains. C'est pourquoi nous avons commencé à considérer la production de semence en saison sèche. Après avoir étudié les autres régions de production, nous avons déplacé la production dans les jachères de riz de l'Andhra Pradesh. Entre temps nous avions résolu les problèmes de non uniformité des cultures, en purifiant les parents et en instituant un contrôle de qualité direct sur ce matériel au niveau des champs de production. Une fois que les agriculteurs ont compris qu'ils pouvaient faire un profit, nous n'avons rencontré aucune difficulté à transformer un village entier en un village de production de semences.

Voici l'histoire du début de Mahyco. Nous n'avons pas regardé en arrière. Nous avons continué à produire autant de semence que possible. Alors que nous tentions aussi d'établir un marché en vendant la semence sous notre marque, le gouvernement aidait à fournir la semence produite et les organismes de conseil agricole contribuaient à la distribuer.

Dans le même temps, la fondation Rockefeller a évalué notre besoin de disposer d'une usine de traitement équipée et dotée d'aire de stockage. L'ingénieur responsable du traitement nous a constamment aidé à mettre en place une usine de traitement.

Nous avons pris possession d'une parcelle de un acre dans la zone industrielle de la coopérative de Jalna et commencé la construction d'une petite usine de traitement (20 pied x 120 pied). L'USAID a fourni de l'équipement au gouvernement indien, qui l'a donné à la National Seed Corporation (NSC - Société Nationale des Semences) et à des producteurs privés de semence. Nous avons reçu notre part et mis en place une cbaîne de traitement alors que notre bâtiment n'était construit que jusqu'à la hauteur du linteau parce qu'il nous fallait traiter. Nous avons aussi loué un entrepôt dans un bâtiment proche de notre emplacement précédent. Dans notre usine de traitement, la superficie pour entreposer ne mesurait que 9000 pied carré ce qui était, nous l'avons vite compris, très petit.

Mesdames et Messieurs, dans une économie en voie de développement il existe au départ deux options : créer une large capacité et mettre longtemps à utiliser cette capacité à plein, ou créer une petite capacité et s'il y a plus de travail travailler des heures supplémentaires pour accomplir tout le travail. Nous avons choisi la seconde option et créé une petite capacité. Quoique nous utilisions toujours cette usine pour le traitement de la semence de base nous disposons maintenant d'équipement plus moderne.

Je pourrais donner plus de précisions et de détails en réponse aux questions que vous pourrez poser.

Heureusement pour nous, nous n'avons pas eu en général de semence invendue pendant les 3 – 4 premières années, mais par la suite nous avons eu de la semence résiduelle. En raison des mauvaises conditions de conservation, nous avons de temps à autre perdu de la semence du fait des insectes, des conditions variables d'humidité ou de la perte de viabilité/germination et nous avons dû jeter de larges quantités de semence. Ceci a sérieusement affecté notre compte profits et pertes.

J'ai déjà mentionné la National Seed Corporation (NSC - Société Nationale des Semences). NSC a été mise en place par le gouvernement indien avec pour objectif de fournir la semence de base et des services à l'industrie des semences. Elle a sérieusement démarré en 1963. Avant cette date, la production des semences de base et les services s'y rattachant étaient assurés par l'ICAR. La fondation Rockefeller est aussi devenue un élément du système assurant les services.

Il était crucial de mettre en place la NSC au début des années 60. Elle produisait les semences de base. Elle assurait aussi des services de certification volontaire et une assistance pour les producteurs de semences. Au cours de mes 35 ans d'expérience avec le secteur industriel des semences aux Indes, j'ai acquis la conviction que si la NSC a assuré une assistance importante à l'industrie des semences indienne, elle a aussi fait des erreurs qui auraient dû être

évitées. Je ferai plusieurs commentaires à ce sujet plus tard.

La loi concernant les semences a été passée au parlement en 1966. Par voie de conséquence la certification officielle des semences est devenue effective en 1968, et la NSC a été désignée comme l'organe officiel de certification des semences pour tout le pays. Si cette nomination a facilité les procédures de certification, elle a aussi engendré toute une bureaucratie qui a ralenti l'efficacité des opérations de production de semences. Quelques années plus tard malheureusement la NSC a évolué d'un organisme d'assistance au secteur des semences en un organisme de commercialisation des semences en concurrence avec l'industrie qu'elle essayait de promouvoir. La NSC a commencé à insister qu'un côté du sac de semence devait être identique à celui imprimé par la NSC de sorte à faire de la publicité pour la NSC. Ceci allait à l'encontre de la raison de la création de la NSC, à savoir d'assurer le rôle d'organisme des semences de base et de fournisseur de services. Dès qu'elle est devenue un organe de commercialisation, la NSC a modifié ses objectifs et est ainsi devenue partiale. Elle a aussi commencé à discriminer lors de la distribution des semences de base à l'encontre des producteurs n'en faisant pas partie. Elle a établi des priorités : 1) ses membres, 2) les entreprises de semence d'état, 3) les gouvernements des états, et 4) les producteurs de semence privés. Cette situation a créé des doutes chez les producteurs à l'égard de tout le programme et l'a retardé. Bien que de façon non intentionnelle, la NSC a commencé à déclarer qu'elle avait le monopole de la production des semences de base et les producteurs ont eu à faire face à des problèmes de qualité et de quantité au niveau des semences de base. Lorsque la situation est devenue très sérieuse, les gouvernements des états ont déclaré que la NSC n'avait pas le monopole et ont commencé à distribuer des semences issues de l'amélioration des plantes aux producteurs compétents qui avaient alors le droit de produire la semence de base eux-mêmes.

L'Inde est un grand pays comprenant plusieurs états. L'agriculture est une affaire d'état et les états n'étaient pas très heureux que la NSC serve d'organisme de certification. Aussi des sociétés ont été formées sous la direction des commissaires d'état à l'agriculture pour assurer la certification dans les différents états. La NSC a fait tout ce qu'elle a pu pour empêcher ces créations mais les états ont prévalu. Sauf pour quelques territoires de l'union, les états – pratiquement des société sous la direction des commissaires d'état à l'agriculture – sont devenus les organismes de certification. Plusieurs sources de semences de base se sont aussi créées. Il en a résulté une amélioration de la qualité et de la quantité des semences de base et le manque de semences de base n'a plus été une contrainte pour la plantation des champs de production de semences.

La NSC et la fondation Rockefeller ont assuré un remarquable service de formation des industriels des semences à la certification, le contrôle de qualité, l'analyse des semences, le traitement des semences, la maintenance des équipements et les essais de démonstration. L'USAID a aussi contribué à certaines de ces activités. Ce dont nous disposons

aujourd'hui est en partie le résultat de cette assistance. Je tiens à remercier à cet égard, la fondation Rockfeller, l'USAID, le gouvernement indien, l'Indian Council of Agricultural Research (Conseil Indien de la Recherche Agronomique) et les gouvernements des états pour leurs contributions directes ou indirectes à travers la NSC et les sociétés de semence d'état.

La certification des semences a créé des normes générales de qualité et une base pour une garantie indépendante de la qualité par le producteur. Il ne faut pas oublier une chose : la certification ne produit que des normes minimales. Aussi la qualité des semences varie d'un producteur à l'autre ; un certain nombre d'entre eux appliquent des normes plus strictes et plus élevées que celles requises par la procédure de certification. Ils donnent plus de poids à la qualité de la semence de base, à la formation des employés et à celle des producteurs de semence, et appliquent rigoureusement le système de contrôle de la qualité. Je me souviens du jour où Mahyco a dû rejeter une grande parcelle de production de maïs hybride sur l'exploitation de son directeur. Ce type de processus de prise de décision a augmenté la confiance dans la qualité de la semence produite par les organisations privées.

La loi indienne sur les semences telle qu'elle a été introduite et approuvée au parlement est une loi idéale. Elle rend obligatoire l'étiquetage véridique des variétés mentionnées mais non la certification qui reste volontaire. Ainsi les producteurs qui étaient capables d'établir leur réputation petit à petit ne se sont pas souciés de certifier leur semence. Ils ont pu de cette façon éviter les délais dans le processus de certification dus aux obstacles bureaucratiques, ce qui leur a permis de disposer de semence à temps pour répondre aux besoins des agriculteurs.

Les subventions ont toujours été un sujet de grande controverse dans nos esprits. Dans le programme indien, les subventions ont été attribuées à plusieurs catégories de variétés de semences améliorées ou hybrides. Si au début elles ont aidé à promouvoir le programme, une fois en place il n'y a plus eu moyen de les arrêter. Les personnes concernées deviennent de plus en plus cupides et chaque élu régional considère absolument nécessaire sur le plan politique d'obtenir le maximum de subventions pour sa région. Les subventions sont aussi à l'origine d'une discrimination entre la NSC, les sociétés de semence d'état et les producteurs privés de semence. Dans la plupart des cas, les producteurs privés n'ont pas pu bénéficier des subventions. Si la subvention était fournie par le gouvernement de l'état, les sociétés de semence d'état étaient les premiers bénéficiaires. Si la subvention provenait du gouvernement central, la NSC était le premier bénéficiaire. C'est pourquoi elles constituaient des primes pour la NSC et les sociétés de semence d'état. Les producteurs privés devaient commercialiser leurs semences sur la base de leur réputation et de la qualité de leur produits. Je suis heureux de vous annoncer que les agriculteurs préféraient toujours les semences produites par un producteur privé ayant une bonne réputation en matière de qualité.

En disséminant l'information et en effectuant des démonstrations de comparaison (pratiques de culture locales

et semences améliorées vs. pratiques améliorées et semences améliorées), les organismes gouvernementaux de conseil agricole ont bien fait comprendre aux agriculteurs l'importance de la qualité des semences et des pratiques agronomiques améliorées. Il en a résulté une demande forte.

J'ai toujours pensé que l'agriculteur indien (et je suis sûr l'agriculteur africain) était un entrepreneur sage, honnête et travaillant dur. J'ai le sentiment qu'il a toujours recherché non pas les subventions mais le profit qu'il pouvait tirer de ses cultures. Il est certain qu'il a besoin d'aide sous forme de crédit (s'il n'a pas d'argent disponible) pour acheter les intrants agricoles tels que la semence, les engrais et les insecticides.

Je ne dispose pas ici d'une présentation des 15 - 20 premières années de Mahyco ; je possède toutefois une présentation graphique sur 14 années de 1983 à 1997 de Mahyco ce qui devrait vous donner une idée de comment l'entreprise privée s'est comportée dans l'environnement indien.

J'ai eu la très grande chance de visiter les Etats-Unis en 1965 et à nouveau en 1966 : la premier fois dans le contexte du programme Farm Leaders'Exchange (d'échange de chefs d'exploitation agricoles) et la seconde fois en tant que membre de l'équipe Seed Review (Semence) appointée par le gouvernement indien. Cette équipe a été mise en place dans le but de faire des recommandations quant aux politiques de base concernant les semences. Les recommandations de ce comité sont devenues un document clé pour plusieurs des décades à venir. L'appartenance à ce comité m'a donné l'occasion de visiter diverses entreprises productrices de semences, divers laboratoires de recherche et institutions de recherche et diverses universités en Suède, en Hollande, en Angleterre, aux Etats-Unis, au Japon et aux Philippines. Ainsi, dès ses premières années, en contact constant avec l'Indian Agricultural Research Institute (Institut Indien de Recherche Agronomique) par mon intermédiaire, Mahyco a dû établir son propre programme de recherche aussi rapidement que possible. En 1966, juste deux ans après la mise en place de Mahyco, nous avons entrepris notre premier programme de recherche. Nous avons embauché un titulaire d'un doctorat (Ph.D.), avec l'aide de la fondation Rockefeller et nous avons commencé à rassembler des germplasmes de maïs et de sorgho en provenance de toutes les régions du globe. Nous avons rapidement embauché des scientifiques supplémentaires et avons ajouté le mil à notre liste de recherche. Nous investissions notre argent et augmentions notre capital en réinvestissant les profits, ce qui ne fut pas apprécié par tous nos partenaires/actionnaires. Nous avons traversé des temps difficiles mais nous avons persévéré.

Avec l'apparition des hybrides de coton, nous avons rajouté la production de semence de coton hybride à notre programme. Dès que nous avons pris connaissance de l'existence de la stérilité mâle génique, nous avons acquis le germplasme et mis en place un programme de production de semence de coton hybride basé sur la stérilité mâle génique et plus tard sur le système de stérilité mâle cytoplasmique (CMS) et de restauration.

Le programme d'amélioration publique était très complet et très bien financé avec l'aide de la fondation Rockefeller et de plusieurs autres organisations. Pendant un long moment nous n'avons rien produit qui provienne de nos programmes de recherche. Je me souviens que nous avons identifié quelques bons hybrides de sorgho. Ils étaient vraiment bons, avec un bon rendement, une bonne qualité des grains et donnaient de bons résultats dans nos essais. Malheureusement au moment de la commercialisation nous avons réalisé que parce que le sorgho a des glumes noires, il n'est pas accepté par le marché et – par conséquent – par l'agriculteur. Ce fut un gros contretemps, mais nous avons continué à travailler et avons obtenus de bons produits de nos recherches, lesquels ont totalement transformé le scénario des profits de notre entreprise. Nous avons aussi pu assurer une gestion saine de notre entreprise. Les coûts étaient absolument maîtrisés, les dépenses dans les limites des revenus et les emprunts minimum.

Puisque nous parlons de banque, nous avons réussi à convaincre nos banquiers de nous financer ainsi que nos producteurs. Il ne s'agissait pas d'une grosse entreprise et tout allait de façon satisfaisante – puisque nous avions réussi à gagner la confiance de nos banquiers. Mais un jour, nos banquiers ont dû arrêter de nous faire des avances parce que la Reserve Bank of India (banque de l'Inde) ne faisait pas la différence entre les grains semences et les grains alimentaires. Nos banquiers ont été accusés de faire des avances pour des grains alimentaires ce qui était interdit par le gouvernement indien du fait de la pénurie alimentaire. Il nous a fallu presque six mois pour obtenir l'annulation de l'ordre. La Reserve Bank of India (banque de l'Inde) a eu la bienveillance de reconnaître que la semence différait du grain alimentaire et a autorisé les avances faites aux entreprises de semence sur la base de leurs stocks de semence. Les producteurs qui empruntaient recevaient des avances prioritaires. Ils ont commencé à recevoir un traitement préférentiel.

J'ai toujours été convaincu de la véracité du fameux si on veut on peut. Il est nécessaire d'avoir la volonté et le besoin pour pouvoir trouver une solution. Vous êtes le début de la solution au problème. Tandis que vous m'écoutez je veux vous faire comprendre que pendant toutes ces années (au moins les 25 premières années) j'avais constamment l'impression d'avoir une épée de Damoclès suspendue au dessus de ma tête et je ne savais pas quand elle s'abattrait. En dépit de cela, avec beaucoup d'optimisme, l'industrie indienne des semences a progressé.

Quand je réfléchis au passé, je souhaite donner le conseil suivant aux pays qui maintenant essaient de mettre en place une industrie des semences : ne suspendez pas une épée de Damoclès au dessus de la tête des entrepreneurs privés. Ils doivent se sentir suffisamment en sécurité pour pouvoir consacrer toute leur énergie à leur entreprise et à travers elle au service de l'agriculture de leur pays, au lieu de gaspiller leur énergie et leur temps précieux à résoudre des problèmes qui ralentissent le développement du programme. Ainsi, nous avons besoin de règlement protégeant toutes les actions de l'industriel des semences tant qu'il a travaillé honnêtement. Même s'il s'est

trompé, il doit être protégé – à moins qu'il ne l'ai fait avec des intentions malhonnêtes. Il faut lui faire autant confiance qu'à un gestionnaire, un scientifique ou un fonctionnaire.

Ce que j'essaie de souligner est que pour démarrer et réussir il faut disposer d'entrepreneurs de valeur et dévoués. Une bonne compréhension et un bon appui de la part des administrations gouvernementales et une bonne volonté politique seront nécessaires pour assurer le succès même s'il prend une forme différente de celle souhaitée.

Le programme de semences dans notre état a joui du parrainage constant de notre Premier Ministre. Il ne nous a jamais laissé tomber. Nous disposions aussi d'un bon soutien administratif et entretenions de bonnes relations avec le gouvernement central au niveau du ministère de l'agriculture. Nous recevions un bon appui de la part de la fondation Rockefeller qui a toujours apporté des solutions constructives aux gouvernements et aux entreprises. Notre superbe équipe à Delhi comprenait notre Ministre de l'Alimentation et de l'Agriculture de l'époque, Bharat Ratna Shri C. Subramaniam, le Secrétaire à l'Agriculture, le défunt M. B. Sivaraman et le Professeur M.S. Swaminathan, Directeur de l'IARI et plus tard Directeur Général de l'ICAR.

La fortune de l'industrie des semences aux Indes a grandement varié au cours des trois dernières décades et demi. S'il m'est demandé les raisons de ces variations, je citerai la politique des gouvernement, l'indécision et le manque d'objectifs clairs. Il est certain que plusieurs facteurs interviennent toujours dans la réussite/ l'échec d'une entreprise/ industrie: une bonne planification, une bonne gestion financière, un bon personnel, de bons moyens de commercialisation et la gestion globale. Plusieurs entreprises de semences ont fait faillite à la fin des années 70 et 80 du fait des politiques gouvernementales et/ou d'une mauvaise gestion. Je crois qu'il aurait été possible d'avoir une croissance plus importante du secteur industriel des semences indien si les objectifs avaient été plus clairs et la volonté plus forte.

Tout pays en voie de développement recherche toujours des moyens de gagner des marchés étrangers puisqu'il a toujours besoin de monnaie étrangère. Au fur et à mesure de ses progrès et en raison de l'importance croissante accordée aux exportations, l'industrie indienne des semences a tenté de pénétrer les marchés internationaux. Elle a d'abord essayé d'obtenir des contrats de production, puis plus tard elle a tenté de collaborer avec les grosses entreprises étrangères. Suite à la mise en place et à l'extension des programmes de recherche et de développement, ces entreprises ont tenté de commercialiser leurs produits dans des régions du globe ayant la même écologie. D'un niveau d'exportation nul dans les années 50, l'Inde est maintenant passée à un niveau moyen exportant des semences produites sous contrat et des semences dérivées de la recherche par les entreprises de semences indiennes. Certaines entreprises internationales essaient aussi d'exporter des semences vers l'Afrique et les pays du sud-est asiatique.

Il sera toujours possible de produire et d'exporter des semences en particulier si elles exigent beaucoup de main d'œuvre puisque la production de telles semences revient très cher dans les pays développés. En outre les entreprises de semences sont d'accord pour faire part de leur savoir et former le personnel technique et les producteurs à la production de semences. Ceci permet une formation sur le tas dans les pays en voie de développement.

Le scénario se déroulant actuellement en Inde s'est beaucoup transformé par rapport à la situation des années 80 et précédentes. Le gouvernement indien a promulgué un changement de politique selon lequel les entreprises de semences étrangères/multinationales étaient invitées à s'établir en Inde et tirer profit de leur expertise. Au cours des cinq dernières années en particulier, nous pouvons constater l'effet positif de ce changement de politique. Même si initialement ces entreprises ne possédaient pas de produits adaptés aux conditions indiennes, elles se sont graduellement reconverties et opposent maintenant une forte concurrence à l'industrie des semences indienne. Celle-ci aura du mal à faire face à la concurrence à moins qu'elle ne réagisse et devienne très agressive au plan de la recherche et de la commercialisation.

Au cours des 10 dernières années, la situation scientifique s'est aussi modifiée avec l'apparition de nouvelles techniques (à savoir la biotechnologie : les techniques au niveau moléculaire et cellulaire basées sur l'ADN). De nouveaux produits issus de cette nouvelle technologie apparaissent: produits qui offrent aux agriculteurs le bénéfice de la résistance aux insectes, aux champignons, aux virus, etc. Un autre scénario observé au niveau de l'industrie des semences est que cette industrie dans les pays développés est en passe de devenir plus concentrée. Un certain nombre d'entreprises chimiques/pharmaceutiques se sont lancées dans la production de semence au cours des 25 dernières années et surtout au cours des 10 – 12 dernières années. Quatre ou cinq entreprises sont devenues les chefs de file de la biotechnologie et ont acquis des intérêts dans la production industrielle de semences comme un véhicule de distribution des nouvelles découvertes.

Par conséquent la situation est aujourd'hui très différente de celle que Mahyco ou moi-même avons connue à nos débuts. Vous devez tous bien réaliser cela. Toutefois les composants élémentaires du succès d'une entreprise restent les mêmes. Une bonne technologie, un bon travail, une bonne gestion et une volonté de servir en sont les principaux.

Mesdames et Messieurs, je pense que j'ai assez parlé de Barwale, Mahyco, et de l'industrie indienne des semences. Je serais toutefois heureux de répondre à vos questions si vous pensez qu'elles apporteront des éclaircissements.

Merci de m'avoir invité.

L'Industrie des semences en Zambie – historique et expérience

Bhola Nath Verma et Winter M. Chibasa

Les événements historiques et politiques en Afrique du Sud y compris la Zambie ont entraîné la naissance de deux secteurs agricoles distincts. L'un regroupe les grands exploitants agricoles, la plupart européens d'origine, qui possèdent de larges superficies comprises entre 100 et 20.000 hectares dans la région agro-écologique la plus productive du pays soit sur des sols le plus souvent bons et fertiles.

L'infrastructure nécessaire à la production agricole, à savoir réseaux routiers et ferroviaires, électricité, irrigation, et les autres services tels que le crédit et les marchés y compris l'approvisionnement en semences sont mieux développés dans la région dominée par ces grandes exploitations agricoles. Ces agriculteurs de rente appliquent les techniques agricoles améliorées à savoir l'application d'engrais, de produits chimiques et autres intrants. Certaines de ces exploitations peuvent posséder des milliers d'hectares équipés d'un système d'irrigation à pivot central et peuvent disposer de leurs propres avions à des fins agricoles.

La majorité des exploitations agricoles (75 %) constituent l'autre secteur, à savoir celui des petites exploitations agricoles traditionnelles inférieures à 10 hectares avec peu de ressources. La famille assure la main d'œuvre sur ces exploitations. Ces exploitants ne disposent pour la plupart d'aucun équipement agricole et au mieux possèdent une houe de conception locale. Leur accès au crédit agricole, aux moyens de transport, aux structures de commercialisation et aux intrants y compris la semence, les engrais et les produits chimiques est très limité. Suite à l'indépendance, le gouvernement dans l'Afrique du Sud a tenté d'améliorer les conditions de travail pour ce groupe mais ceci s'est avéré difficile.

Le nombre d'exploitants agricoles de rente a tendance à varier de pays à pays. Au moment de l'indépendance du Zimbabwe en 1980, il y en avait environ 5.000. En 1996, leur nombre avait diminué à 4.000 (Eicher et Kupfuma, 1997). La Zambie qui était alors considérée comme étant essentiellement un producteur de cuivre comptait seulement une centaine d'agriculteurs de rente en 1964 au moment de l'indépendance. Ce nombre en 1997 avait cru jusqu'à 740 dont 20 représentent des corporations.

D'après les estimations actuelles en Zambie, il existe environ 603.400 ménages agricoles dont 459.000 correspondent à de petites exploitations agricoles de subsistance (moins de 10 ha), 119.200 à des exploitations de rente débutantes (entre 10 et 20 ha) et 25.200 à des exploitations de rente de taille moyenne (entre 20 et 60 ha).

Les deux dernières classes constituent ensemble ce qui est maintenant nommé le secteur intermédiaire, lequel gagne en importance.

322

Le maïs dans l'agriculture de l'Afrique du Sud

Le maïs blanc a été introduit, encouragé et cultivé par les colons européens en Afrique du Sud en raison de la facilité de son conditionnement en denrées alimentaires pour nourrir les populations locales employées dans les mines et/ou pour l'exportation vers l'Europe pour l'industrie de l'amidon. Mais en moins de deux générations, il est devenu l'aliment favori des populations indigènes.

Après l'indépendance, le gouvernement riche des profits du secteur minier a mis en place des politiques de promotion de la production comme de la consommation du maïs en offrant des subventions pour les intrants (semence, engrais et crédit) et la commercialisation du grain. Ces politiques ont fait du maïs non seulement la nourriture nationale mais aussi la culture de rente principale remplaçant toutes les autres cultures y compris dans les régions ne convenant pas à sa culture. En conséquence au Malawi par exemple, le maïs occupe 90 % des superficies cultivées (Smale et Heisey, 1997). En Zambie, à un certain moment il couvrait 70 % de la superficie cultivée totale.

En Zambie, le maïs a été favorisé par le gouvernement. Jusqu'à la fin des années 70, c'était la seule production agricole qui était achetée par le NAMBoard (National Agricultural Marketing Board - Conseil national de commercialisation agricole), la seule agence de commercialisation de produits agricoles et de distribution des intrants sur la base d'un prix panterritorial.

Les agriculteurs de rente de l'Afrique du Sud constituaient une importante force politique et économique avant l'indépendance. Ils ont poussé le gouvernement de l'époque à construire et maintenir un des meilleurs réseaux routiers nationaux d'Afrique, principalement situé dans les régions qu'ils habitaient. Ils ont formé plusieurs groupes/associations puissants dont l'Association du Maïs Semence du Zimbabwe, fondée en 1940 et l'Association des Semences du Zimbabwe, fondée en 1955.

Les agriculteurs ont aussi persuadé le gouvernement du Zimbabwe de mettre en place un réseau de stations de recherche agronomique. L'expansion de ce réseau a augmenté dans la région après la création de la Fédération de Rhodésie et Nyasaland en 1953. Cette Fédération englobait la Zambie (alors la Rhodésie septentrionale), le Zimbabwe (alors la Rhodésie méridionale) et le Malawi (alors appelé Nyasaland).

Un travail de sélection du maïs de pointe était en cours dès 1932 au Zimbabwe. Les sélectionneurs étaient Harry Arnold et Allan Rattray, tous deux maintenant décédés. En 1949, ils ont mis sur le marché SR1, le premier maïs hybride. Cet hybride représentait 20 % de la superficie totale cultivée en maïs par les agriculteurs de rente la première année de sa mise sur le marché. Mais la vraie révolution provenant de leur travail a été la mise sur le marché de SR52 en 1960.

SR52 est cité comme étant le premier hybride simple de maïs mis sur le marché dans le monde. Il s'agit d'un hybride à grain blanc de long durée avec un

potentiel de haut rendement – convenant parfaitement aux agriculteurs de rente dont les exploitations sont dans des régions agricoles à grand potentiel. L'hybride est devenu la variété cultivée la plus renommée de la région et il l'est encore 37 ans après sa mise sur le marché.

La mise sur le marché de SR52 a fourni les bases politiques, institutionnelles et techniques de la première « révolution verte » par les agriculteurs blancs du Zimbabwe en 1960. Elle commençait cinq ans plus tard en Asie. SR52 donnait un rendement en grain de 46 % supérieur à la meilleure variété à fécondation libre de l'époque, Southern Cross.

Dans les huit années qui ont suivi sa mise sur le marché, la superficie plantée en cet hybride est passée à plus de 75 % de la superficie totale cultivée en maïs par les agriculteurs de rente du Zimbabwe (Eicher et Kupfuma, 1997). La Fédération régionale a promu son expansion dans les pays voisins.

A mesure que la culture sèche des agriculteurs de rente, le tabac, rencontrait de plus en plus de problèmes, plus de maïs hybrides (essentiellement des hybrides 3 voies) étaient développés pour convenir aux sols sableux. Il se trouve que de tels hybrides de courte durée satisfont aussi aux besoins des petits agriculteurs et conviennent aux régions sujettes à la sécheresse.

Cette évolution représente un exemple excellent de retombée technologique bénéfique des agriculteurs de rente avec plein de ressources vers les petits agriculteurs pauvres en ressources. Par la suite, surtout après l'indépendance, lorsque le gouvernement a décidé de faire profiter les petits agriculteurs et les habitants urbains des bénéfices de cette technologie, l'adoption des hybrides de maïs s'est généralisée à toute la région. La part des petits agriculteurs à la production totale de maïs et à la superficie totale cultivée en maïs s'est accrue énormément (65 % en Zambie et 70 % en Zimbabwe). La production de maïs en Zambie a quadruplé entre le début des années 60 et la fin des années 80.

Développement de l'industrie des semences

Les progrès technologiques réalisés pour le maïs et la constitution d'associations puissantes d'agriculteurs de rente au Zimbabwe a entraîné le développement d'une industrie des semences. Au début les agriculteurs ont formé une coopérative appelée Seed Co-op. Seed Co-op s'est ensuite transformée en une entreprise nationalisée, Seed Co. Le Zimbabwe dispose aujourd'hui d'une autre entreprise pour l'exportation, Certseed International. Récemment, Seed Co. a formé des partenariats avec des géants tels que DeKalb Genetics Corporation des Etats-Unis.

Jusqu'à la formation de la Fédération, la Zambie dépendait du Zimbabwe pour la satisfaction de ses besoins en semence. Après la dissolution de la Fédération en 1963, la Zambie a dû démarrer sa propre industrie. Depuis son établissement, l'industrie des semences en Zambie a subi des transformations radicales qui sont regroupées en trois périodes distinctes à savoir : avant l'établissement de Zambia Seed Company (ZAMSEED) ; la domina-

tion de ZAMSEED ; et la libéralisation après 1991.

L'Industrie avant l'établissement de ZAMSEED

Après la dissolution de la Fédération, la Zambie dont seulement trois agriculteurs de rente avaient une certaine expérience en production de semence, a reçu huit livres de semence des lignées parentales de SR52. Le gouvernement a formé un Comité Consultatif des Semences au sein du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche (MAFF) et a mis en place une Unité de Service des Semences au sein de sa Branche Recherche. L'unité a reçu la responsabilité de la certification et du contrôle des semences et de la production de la semence de base. Les agriculteurs de rente dont certains avaient un savoir en matière de production de semence ont formé la ZSPA (Association de Producteurs de Semence de Zambie). ZSPA a produit des semences certifiées sous le contrôle de l'Unité de Service des Semences mais n'a pas eu accès aux lignées parentales de SR52 jusque en 1978 en raison de relations tendues avec le gouvernement au moment de l'indépendance. NAMBoard (Conseil National de Commercialisation Agricole), créé par le gouvernement était le seul acheteur et le seul vendeur autorisé de la semence.

A cette même époque, un désaccord existait entre les sélectionneurs de maïs du pays. Il en a résulté des incohérences au niveau des objectifs et priorités du programme de sélection. Un mauvais entretien des souches de lignées parentales de SR52 a entraîné une altération de la version zambienne de l'hybride SR52 avec un rendement de 15 – 20 % inférieur à celui de l'hybride original du Zimbabwe. A la fin des années 70, plusieurs donneurs (Sida, USAID et FAO) étaient impliqués dans divers aspects de la recherche sur le maïs en Zambie.

Domination de ZAMSEED

Zambia Seed Company Limited (ZAMSEED) a été fondée en mars 1974 dans le cadre de, à l'époque, la Société de développement rural (RDC) mais est restée quasiment inactive jusque en 1981.

ZAMSEED sous sa forme actuelle est devenue opérationnelle en janvier 1981 suite à une décision du gouvernement de Zambie de promouvoir une industrie des semences zambienne à travers le Ministère de l'Agriculture et de l'Aménagement Hydrolique (MAWD). L'entreprise a reçu le droit exclusif de produire, conditionner et distribuer toutes les semences. En échange, elle recevrait – gratuitement – les semences issues de sélection de la part du gouvernement.

Les actionnaires de l'entreprise étaient le gouvernement (40 %) à travers RDC/ZIMCO et maintenant le Ministère des Finances et du Développement Economique (MFED) ; l'Association des Producteurs de Semence de Zambie (ZSPA, 20 %) ; Zambia Co-operative Federation Limited (ZCF, 20 %) ; Svalof Weibull AB, (SW 10 %) ; et Swedfund International AB (10 %). SW est la plus grande société de semences en Suède tandis que Swedfund International, qui appartient au Sida est une institution suédoise qui encourage les entreprises suédoises à investir dans les pays en voie

de développement en apportant un capital risque.

SW et Swedfund ont été invités à être des actionnaires de l'entreprise dans le but de fournir le savoir-faire technique et d'assurer l'accès aux marchés internationaux des semences et aux technologies de pointe. Dans le cadre de la coopération pour le développement entre les gouvernements de Zambie et de Suède et par l'intermédiaire d'un contrat d'assistance technique avec le MAFF, Svalof a fourni à l'entreprise un service d'assistance technique.

Le secrétaire permanent du MAFF était aussi le président du Conseil d'administration de ZAMSEED. En accord avec les conditions économiques et politiques, le prix des semences (en particulier de la semence de maïs) était contrôlé par le gouvernement bien que l'entreprise ait été autorisée à fixer son propre prix afin d'assurer un certain pourcentage de profit.

La production, le conditionnement et la distribution constituaient les principales responsabilités de ZAMSEED. ZAMSEED a acheté une exploitation agricole de 1.200 hectares pour la production de semence. Les semences certifiées étaient produites sous contrat par des gros exploitants agricoles qui devaient être membres de ZSPA (150 – 200 producteurs).

La plupart des producteurs de semence se trouve dans les régions productrices de maïs de Zambie. Ceci a facilité la production de semence de maïs mais les autres cultures telles le sorgho et le mil ont souffert du manque d'intérêt et de savoir-faire de la part des agriculteurs. Plus tard, ZAMSEED a commencé à utiliser de petits agriculteurs pour la production de semence de quelques cultures autofécondées.

L'étendue géographique du pays et sa mauvaise infrastructure ont posé un gros problème à ZAMSEED en matière de distribution de la semence. C'est pourquoi ZAMSEED joue essentiellement un rôle de grossiste, en faisant exception de son magasin de vente au détail situé au siège social.

Au cours de la période antérieure à 1991, ZAMSEED a essayé divers types de marché du fait essentiellement de la préexistence d'intermédiaires et de leur aptitude à servir de détaillants aussi bien pour la semence que pour les autres intrants agricoles. Ces essais peuvent être résumés comme suit :

1981 à 1989: la semence était commercialisée par l'intermédiaire des Provincial Co-operative Unions (CPU – Association de Coopératives Provinciales) qui étaient quasiment des agences gouvernementales responsables de l'approvisionnement en intrants agricoles des agriculteurs. Des problèmes de non paiement des dettes ainsi que d'autres incompétences ont empêché ces intermédiaires de durer.

1990 à 1994: afin d'essayer d'améliorer la discipline financière et le taux de remboursement des prêts par les agriculteurs, le gouvernement s'est tourné vers la CUSA (Credit Union and Saving Association), la banque LIMA et le ZCF/FS pour qu'ils assument le rôle auparavant assuré par les PCU. Mais

l'expérience a montré que ces institutions avaient les mêmes défauts que les PCU, ce qui a forcé le gouvernement à regarder ailleurs.

1995 à 1996: le gouvernement s'est tourné vers Cavmont et SGS Zambia Ltd. avec l'espoir que puisqu'il s'agissait d'institutions financières de bon standing ayant une réputation internationale pour leur pouvoir d'inspection de la qualité, ces institutions pourraient enfin solutionner le problème du remboursement des dettes et de la responsabilité. Ce ne fut pas le cas, et les mêmes problèmes ont refait surface forçant l'abandon de cet accord. Des milliards de Kwacha restent non remboursés.

Les ventes de ZAMSEED sont présentées dans le Tableau 1. Il faut toutefois noter que le volume des ventes ne représente pas nécessairement les marchés potentiels. La plupart des grandes cultures autres que le maïs n'ont pas été bien servies. Au cours des périodes racontées ci-dessus, le profil des ventes de semence de maïs révèle :

- Un taux assez stable des ventes jusque en 1986/87 ;
- Une augmentation significative au cours des trois années suivantes de 1987/88 à 1990/91;
- Une réduction en 1991/92 et un déclin de 1992/93 à 1997/98.

Les raisons pour le profil des ventes précédent sont les suivantes:

- Un financement et un crédit assez facilement disponible au cours des années 80 assuré par le gouvernement de l'époque ;
- Une nouvelle orientation au début des années 1990 vers une économie moins dirigiste plus basée sur les marchés avec l'abandon des subventions agricoles; et
- Concurrence de la part d'autres entreprises suite à la libéralisation.

Entre 1981 et 1990, ZAMSEED a eu le quasi monopole de l'industrie des semences. Elle a fourni de la semence aux PCU qui passaient des commandes de vrac en fonction de leurs propres estimations. Les PCU n'avaient aucune

Tableau 1. Ventes de semence (en tonnes) réalisées par ZAMSEED pour les différentes cultures.

Année	Maïs	Soja	Blé	Sorgho	Tournesol	Arachide	Haricots	Mil	Riz	Niébé	Graminées fourragères	Pommes de terre	Légumes	Fleurs	Paprika
1981-82	8.655	224	132	0	412	0,3	16,1	0	0,0	0	0,0	0	0	÷	÷
1982-83	8.250	315	63	15	211	44,0	26,0	0	0,0	0	0,0	÷	0	÷	÷
1983-84	6.200	333	179	23	158	0,7	57,0	0	0,0	0	0,0	0	÷	÷	÷
1984-85	6.890	749	686	71	192	12,4	16,0	0	8,0	0	0,0	1.152	0	÷	÷
1985-86	7.203	991	267	42	48	12,2	16,0	0	12,5	0	0,0	1.354	0	÷	÷
1986-87	8.864	1.048	282	68	63	8,9	40,0	0	8,6	0	0,0	1.561	0	÷	÷
1987-88	10.404	1.030	690	159	111	1,3	57,0	0	28,0	0	0,0	1.757	÷	÷	÷
1988-89	13.604	1.959	1.300	139	167	5,5	64,0	0	32,0	0	0,0	1.889	0	0	0
1989-90	13.343	2.587	1.212	40	80	7,8	71,0	0	2,5	0	0,0	1.409	31,5	÷	÷
1990-91	7.189	2.474	952	22	66	8,	18,0	0	19,2	0	0,0	1.271	39,7	÷	÷
1991-92	9.993	1.575	1.031	30	68	8,6	0,0	0	5,2	0	2,7	1.620	33,3	÷	÷
1992-93	8.896	1.222	628	91	144	18,6	49,0	0	4,4	0	12,1	1.111	32,3	÷	÷
1993-94	8.411	1.020	771	681	66	25,3	0,6	12	0,1	0	13,5	897	36,6	÷	÷
1994-95	2.942	1.124	244	534	37	28,5	51,0	16	0,0	3	0,0	976	27,2	3.799	0
1995-96	4.702	635	382	880	178	320,7	33,0	100	0,0	234	0,0	325	25,7	÷	÷
1996-97	4.201	299	207	350	60	62,7	2,0	2	0,0	64	3,5	190	27,3	0,043	÷
1997-98	2.985	76	198	178	83	92,1	1,0	6	0,0	62	1,5	79	33,6	0,036	4,05

327

difficulté à payer puisqu'elles étaient financièrement soutenues par le gouvernement en raison de leur rôle dans la commercialisation des cultures. Les PCU ont seulement promu la semence de maïs conformément aux politiques de l'époque.

Les semences de cultures autres que le maïs, telles que le blé, le tournesol, le soja, l'arachide, le niébé, le riz, le sorgho et le mil n'étaient pas disponibles pour la majorité des agriculteurs. La plupart des petits exploitants utilisaient de la semence prélevée sur la récolte et conservée sur l'exploitation pour planter leurs cultures traditionnelles. Néanmoins à la fin des années 80, la Zambie était autosuffisante en matière de semence de maïs. ZAMSEED faisait du profit et était capable de payer des dividendes à ses actionnaires, une certain portion du profit étant réinvesti dans l'entreprise pour la consolider. La situation est restée bonne jusque en 1993/94.

L'Unité de Service des Semences dans la Branche Recherche a été actualisée et a reçu un statut d'institution indépendante (Institut de la Certification et du Contrôle des Semences - SCCI) grâce à l'aide financière et technique de Sida. Le SCCI était responsable de la certification et du contrôle de la qualité des semences. Il servait aussi de secrétariat au Comité d'Inscription des Variétés. Sida, étant un donneur général supportant la recherche en amélioration des plantes, le SCCI et ZAMSEED, a ainsi établi des liens étroits entre les composants fondamentaux de l'industrie des semences.

La recherche sur le mais en ZAMBIE

La Branche Recherche du MAFF assure l'amélioration des plantes en Zambie. Le maïs a été le point focal de la recherche pour l'industrie des semences bien qu'une recherche sur les semences d'autres cultures (c'est-à-dire blé, soja et tournesol) se soit aussi poursuivie pendant longtemps grâce au soutien d'autres donneurs. Les graminées fourragères, les légumineuses, les légumes, les racines et les tubercules et le sorgho/mil ont été ajoutés plus tard dans le support du Sida.

Le sélectionneur de maïs financé par Sida a reconstitué SR52 après avoir purifié ses vieux parents. L'hybride reconstitué a été mis sur le marché en Zambie sous le nom MM752 en 1984. Neuf autres hybrides et deux variétés en fécondation libre ont aussi été mis sur le marché entre 1984 et 1992. L'objectif principal était le développement d'hybrides précoces trois voies ou doubles mieux adaptés à la culture à petite échelle. Les rendements en grain des hybrides trois voies ou doubles sont aussi plus élevés, d'où un approvisionnement en semence plus abondant et moins cher pour les agriculteurs.

Les nouveaux hybrides de maïs sont devenus extrêmement populaires auprès des agriculteurs y compris les petits exploitants agricoles. Un taux d'adoption de 70 % a été indiqué pour ces petits exploitants. Les politiques gouvernementales de soutien au maïs qui comprennent l'accès à la semence, aux engrais, le crédit, les services de conseil agricole, la commercialisation et la fixation du prix, soit toutes les activités fortement subventionnées par le gouver-

nement, ont favorisé le taux d'adoption élevé.

Une enquête effectuée en 1992 dans la région de production du maïs a montré que 88 % des petits exploitants ayant adopté les hybrides zambiens ont utilisé des engrais au moins une fois pendant la saison de production. De plus, les taux d'application d'engrais utilisés pour le maïs étaient les second plus élevés d'Afrique à la fin des années 80. Les prix des engrais étaient aussi subventionnés ce qui les a réduits de 30 – 60 % pendant les années 70 et le début des années 80. Par ailleurs, 64 % des petits exploitants ont vendu leur maïs, 42 % ont reçu du crédit pour leur maïs tandis que 47 % ont reçu la visite d'un conseiller agricole (Howard et Mungoma, 1997). Toutefois en 1988, la dépense gouvernementale pour le soutien du maïs s'élevait à environ 17 % du budget total du gouvernement. Un tel degré de support n'était évidemment pas durable.

L'amélioration du sorgho et du mil

Le sorgho et le mil ont été complètement négligés en Zambie jusque en 1980. La chute des prix du cuivre au milieu des années 70 et la détérioration de l'économie nationale qui en a résulté et que les sécheresses répétées qui ont suivi ont encore aggravée, ont forcé le gouvernement et le public à trouver des remplacements au maïs. En 1981, le gouvernement a pour la première fois annoncé un prix officiel à la production pour le sorgho. En 1983-84, avec le soutien financier du Sida, il a recherché l'aide de l'ICRISAT pour son programme d'amélioration du sorgho et du mil.

A partir de 1987, le programme a mis sur le marché une série de variétés de sorgho à rendement élevé. La Figure 1 donne le rendement en grain moyen « sur la station expérimentale » des anciens et des nouveaux cultivars de sorgho disponibles en Zambie. Les nouveaux cultivars mis sur le marché sont Kuyuma, une variété à grain blanc tolérante à la sécheresse communément adoptée ; Sima, une variété à rendement élevé et double emploi ; WSH 287, MMSH 1324 et MMSH 1257, des hybrides à grains blancs, avec un potentiel élevé et de maturités diverses ; MMSH 375 et MMSH 413, des hybrides à grains ocre, à rendement élevé et avec des bonnes qualités pour la brasserie ; FSH 22, un hybride fourrager ; et WP 13 et ZSV 12, deux variétés partiellement photo- sensibles présentant une bonne tolérance aux sols acides dans les zones de forte pluviométrie.

Dans le cas du petit mil, les nouvelles variétés mises sur le marché sont Kaufela, Lubasi et Sepo, et Lima et Nyika pour le mil rouge (Eleusine cultivée).

En dépit de progrès certains dans le développement variétal, l'équipe de recherche a rencontré un certain scepticisme surtout de la part des équipes de Planification de la recherche sur l'adaptation (ARPT) dominées par les sociologues qui sont responsables des vérifications en exploitations et du transfert de la technologie aux agriculteurs. Leur scepticisme était essentiellement basé sur leur conviction que les petits exploitants agriculteurs démunis en ressources qui étaient les principaux producteurs de sorgho et de mil n'avaient pas la capacité d'investir

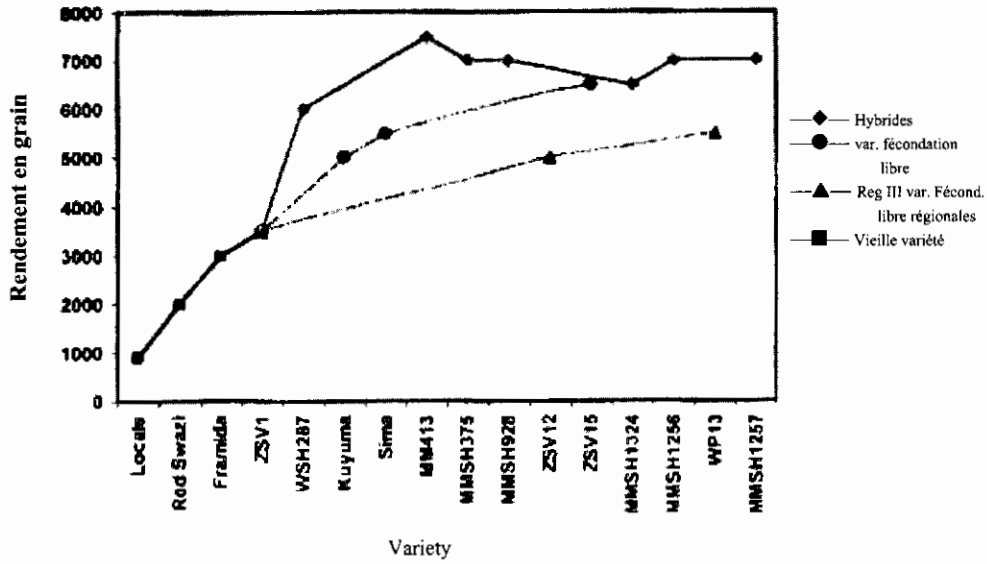


Figure 1. Développement de variété de sorgho

dans la semence et les autres intrants nécessaires aux cultivars améliorés.

Des expériences ARPT mal réalisées ont donné des résultats contradictoires indiquant que les cultivars améliorés dans les conditions de culture sur exploitation donnaient des rendements inférieurs aux variétés traditionnelles. Quelques équipes ont même été jusqu'à déclarer que les agriculteurs ne considéraient pas les variétés améliorées comme étant du sorgho en raison de la phénologie différente.

Afin de contourner le problème, l'équipe de recherche a proposé de tenir une série de réunions avant semis directement avec les agriculteurs dans un district stratégiquement choisi. Les graines des nouveaux cultivars ont été vendues aux agriculteurs au prix du marché. Un système absolument non orthodoxe impliquant les écoles primaires en zones rurales a bien rendu service pour cet exercice. L'équipe a aussi effectué une série de démonstrations « en exploitation » et a invité le personnel concerné qui comprenait les preneurs de décisions, les ARPT et les agriculteurs.

Le résultat de ces 2-3 années de campagne de promotion agressive est très encourageant. Les nouveaux cultivars commencent à devenir populaires auprès des agriculteurs. Les groupements d'agriculteurs ont attiré l'attention des preneurs de décisions et des ONG (organisations non gouvernementales) locales travaillant dans la région, qui ont ainsi décidé de tirer parti de cette occasion et ont inclus la promotion des variétés de

sorgho et de mil dans leur programme. ZAMSEED qui hésitait à s'engager dans la production de semence de sorgho/mil de peur de manque de demande a commencé à recevoir des commandes de semence.

Face à la popularité croissante des cultivars améliorés dans la région, l'équipe de recherche a décidé d'exploiter les sécheresses de 1992 et 1994 en se lançant dans la production à grande échelle et en hors saison de semence de sorgho et de mil en tant qu'activité remédiant à la sécheresse dans le pays. Elle a aussi aidé, guidé et formé les producteurs de semences et les responsables de la production essentiellement dans le domaine de la production de semence hybride.

Aujourd'hui le sorgho est considéré comme une alternative viable du maïs par le programme de diversification des cultures et de nombreuses ONG à travers le pays participent à sa promotion et à la production de sa semence. La production limitée de semence et le manque de marché pour les surplus de grain restent encore des contraintes importantes limitant l'adoption généralisée du sorgho.

Kuyuma est particulièrement populaire dans la région de SADC en raison de la qualité de son grain et de son adaptation générale. De même, les hybrides à rendement élevé et grain ocre (MMSH 413 et MMSH 375) sont très demandés par la brasserie et souvent la demande dépasse la production. Malheureusement, le nouveau gouvernement a totalement abandonné la commercialisation du grain aux mains du secteur privé et il faudra un certain temps à ce dernier pour se mettre en place dans les régions écartées.

Munyinda (1998) a résumé les réalisations des différents programmes d'amélioration des plantes en Zambie. Quoique les gains en rendement obtenus étaient parmi les meilleurs pour le sorgho (Fig. 2) et au moins aussi bons que pour le maïs (Fig. 3), les taux d'adoption sont de très loin inférieurs à ceux du maïs. Le taux moyen d'adoption pour le sorgho était de 37 % contre 70 % pour le maïs. La politique de soutien et le support organisationnel dont a joui le maïs expliquent cette différence.

Libéralisation de l'industrie des semences

La détérioration de l'économie a forcé le gouvernement de Zambie à mettre en place des réformes économiques à partir de la fin des années 80. Ces réformes (arrêt des subventions, libéralisation et privatisation, dérégulation du contrôle de l'état, etc.) se sont accélérées après le changement de gouvernement en 1991. En 1993, le nouveau gouvernement MMD a arrêté sa participation directe à l'approvisionnement en intrants et a annulé toutes les subventions pour toutes les cultures et tous les engrais. ZAMSEED est aussi devenue privée dans le cadre du programme de privatisation même s'il ne s'agissait pas à proprement parler d'une entreprise paraétatisée.

Le processus précédent a au moins temporairement déstabilisé le secteur des semences reflétant la situation économique de la nation entière. Des institutions financières et de crédit cruciales (ZCF/FS, banque LIMA et CUSA) qui

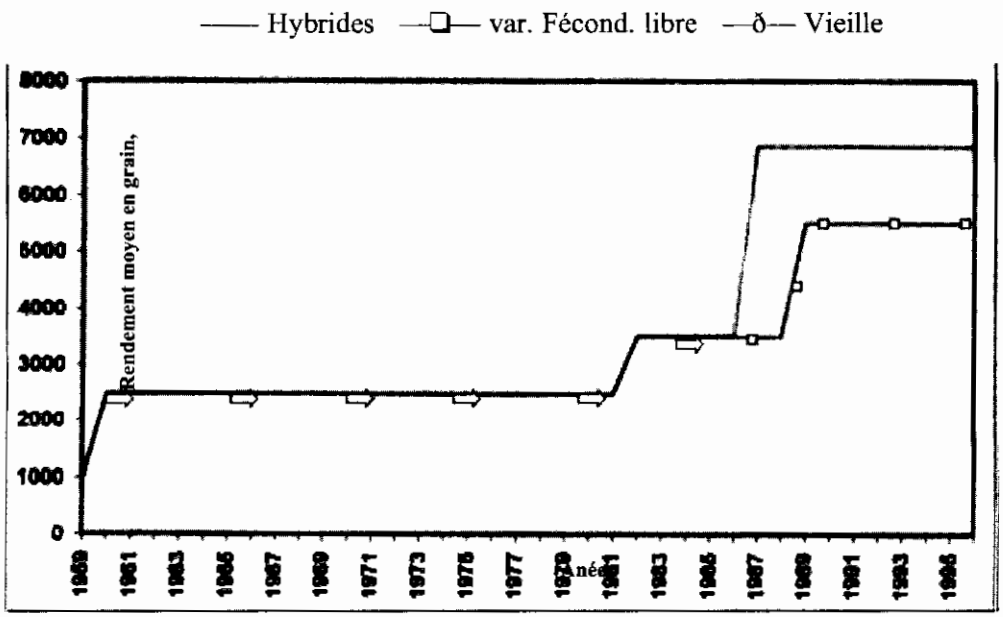


Figure 2. Amélioration du sorgho

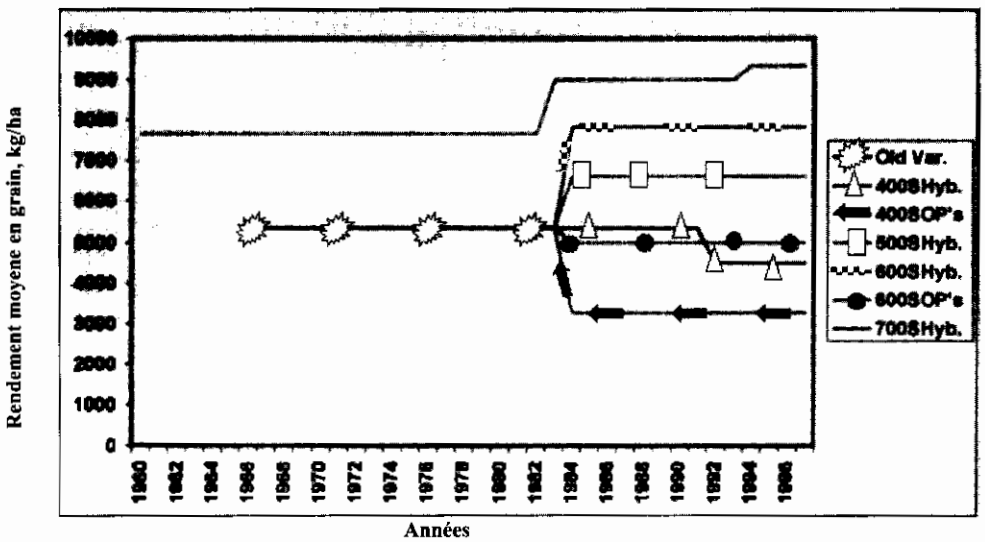


Figure 3. Amélioration du maïs

Old var. = Vieille variété Hyb.= Hybrides OP's = Var. Fecond. Libre

servaient l'agriculture ont fermé. La fermeture de ces institutions a entraîné non seulement d'énormes pertes financières pour ZAMSEED mais aussi la perte de services de commercialisation des semences.

La politique de libéralisation a attiré plusieurs sociétés multinationales et entreprises privées de semence sur le marché zambien. Parmi celles-ci, on compte PANNAR, Cargill Seed Co., Pioneer Hi-bred International, Carnia, l'Institut de Recherche sur le Maïs (MRI) et Bio-seed Genetics. Plusieurs de ces entreprises ont fermé au bout d'une année ou deux. Le marché zambien leur est peut-être apparu trop petit et trop difficile après des tentatives de vente de variétés introduites peut-être inadaptées.

A l'exception du MRI, une entreprise locale travaillant en coopération avec l'Institut de recherche sur le maïs en Yougoslavie, aucune autre entreprise n'a investi dans la recherche locale. Aujourd'hui il paraît peu probable que beaucoup investissent. L'entrée illimitée de variétés de maïs insuffisamment testées est considérée par beaucoup comme responsable de l'introduction et de la dissémination d'une nouvelle maladie très dévastatrice, la cercosporiose dans le pays. Beaucoup des hybrides existants sont sensibles à la cercosporiose et sont retirés du marché. Cette maladie nécessite désormais de nouveaux investissements dans la recherche afin de développer des variétés résistantes.

L'arrivée de nouvelles entreprise sur le marché a toutefois accru l'éventail de choix offert aux agriculteurs pour acheter des semences. Ceci a mis ZAMSEED qui se reposait sur ses lauriers sur ses gardes et sous pression à mesure que sa part du marché de la semence de maïs diminuait. Mais la concurrence n'est pas à elle seule responsable de cette diminution. La superficie cultivée en maïs ainsi que l'emploi de semence fraîchement produite ont fortement baissé du fait de la réduction du support gouvernemental au maïs. Aujourd'hui les agriculteurs de Zambie ne jouissent ni d'approvisionnement garanti en semence, engrais et crédit et ni de marché assuré pour leur maïs. En 1995 la superficie totale cultivée en Zambie avait diminué de plus de 15 % de la superficie moyenne sur 1985-1990 du fait de la réduction du support gouvernemental et les ventes de ZAMSEED ont baissé depuis un pic de 13.600 millions de tonnes en 1989-1990 à 3-4000 millions de tonnes ces dernières années (tableau 1).

ZAMSEED a répondu à ces changements en diversifiant sa base de production et en réorganisant sa stratégie de commercialisation (par ex., en recrutant ses propres agents et en installant des magasins pour l'entreprise). Elle a aussi offert des prix avantageux à ses distributeurs et a promu ses semences grâce à des démonstrations et des publicités. La situation reste toutefois difficile.

ZAMSEED pourrait se consolider si elle pouvait rapidement étendre ses activités aux cultures autres que le maïs dont les superficies plantées sont en augmentation et pour lesquelles la concurrence de la part des autres entreprises est quasi nulle. Heureusement la Zambie est très en avance sur la plupart de ses voisins

en matière de recherche sur les semences. Les possibilités d'exportation semblent prometteuses à condition que ZAMSEED puisse conserver le contrôle, la propriété et accès au germplame amélioré par le gouvernement.

L'accord attribuant la propriété des variétés sélectionnées par le gouvernement à ZAMSEED est en cours de dispute. Il semblerait que ZAMSEED ait à démarrer son propre programme de recherche et de développement. Mais après les pertes financières qu'elle a subies du fait de la fermeture de la banque LIMA, de CUSA et de ZCF/FS, elle ne dispose pas du capital nécessaire au démarrage de son propre programme de R&D.

Il a été proposé de réorganiser les actions de ZAMSEED, le gouvernement acceptant de réduire ses actions de 40 % à 37,5 % et ZCF et ZSPA de 20 % à 5 % chacun tandis que les actions de Svalof Weibull et Swedfund augmenteraient à 27,5 % et 25,5 % respectivement.

La production de semence est aussi en train d'être décentralisée. Il y a eu une multiplication des ONG impliquées dans la distribution de semence et la production de semence de cultures autofécondées au niveau des villages. Ces mêmes ONG sont maintenant encouragées à produire des semences de qualité déclarée pour améliorer l'approvisionnement en semence non hybride et autre que de maïs au niveau de la communauté locale. Le rôle des ONG dans la production de semences par les petits exploitants consiste à mettre en place un secteur des semences parallèle afin de compléter le secteur officiel.

Conclusions

L'industrie zambienne représente un exemple d'industrie des semences jeune et dans un petit (en termes de marché agricole et des semences local) pays en voie de développement où 60 % de la population vit de l'agriculture (et 75 % de cette population sont des petits agriculteurs pauvres en ressources) et où l'infrastructure est déficitaire. L'industrie a subi des transformations radicales depuis son établissement – en réponse aux transformations politiques et économiques survenues dans le pays – et cela continue.

L'industrie a eu une réussite mitigée : la recherche a produit d'excellents résultats. Les volumes de production de semence ont en général augmenté, et en particulier ceux du maïs, là où le pays est parvenu à l'autosuffisance et la qualité de la semence a été excellente. Il existe quelques points faibles comme les faibles volumes de semence des cultures non de rente et le retard quasi généralisé des livraisons. Les services de conseil agricole pour les cultures autres que le maïs ne sont pas adéquats et les agriculteurs dans les régions isolées ne reçoivent pas les variétés de semence appropriées ou les cultures de leur choix (Cromwell, 1960). Des personnes se sont aussi plaintes que ZAMSEED a été incapable de payer des droits sur les variétés à la Branche Recherche.

L'expérience zambienne en matière de développement du secteur maïs montre clairement que les politiques et l'environnement structurel couronnant le développement technologique ont des effets profonds sur la croissance de

l'industrie des semences et de l'agriculture dans leur ensemble. Les politiques déterminent aussi qui bénéficie de ces progrès technologiques.

La politique libérale du gouvernement après l'indépendance accordant des grosses subventions qui ne pouvaient durer et son rôle direct dans le crédit, l'approvisionnement en intrants pour le maïs, sa commercialisation et sa consommation ont entraîné un développement déséquilibré, non durable qui a éliminé la majorité des autres cultures.

Les revirements soudains des politiques gouvernementales abandonnant les fortes subventions et annulant tous les services gouvernementaux menacent les gains acquis, engendrent l'incertitude et le manque de confiance, gênent les investissements du secteur privé et entraînent des difficultés pour l'industrie des semences.

On espère toutefois qu'à long terme naîtra une agriculture durable et équilibrée dans laquelle les cultures de rente domineront dans les zones les plus développées du pays tandis que les cultures traditionnelles les mieux adaptées à chaque zone agro-écologique prédomineront dans le secteur agricole vivrier pauvre en ressources et que l'industrie des semences répondra à tous ces besoins de façon adéquate.

Bibliographie

Cromwell, E. 1996. Governments, Farmers and Seeds in a Changing Africa. CAB International, Overseas Development Institute.

Eicher, C. L. et B. Kufuma. 1997. Zimbabwe's Emerging Maize Revolution. In Africa's Emerging Maize Revolution (ed.) Derek Byerlee and Carl K. Eicher., Lynne Rienner Publishers, Boulder, London., pp. 25-44.

Howard, J. A. 1994. The economic Impact of Improved Maize Varieties in Zambia. Ph. D. thesis, Michigan State University, Dept. of Agricultural Economics. East Lansing. Michigan.

Howard, J. A. et C. Mungoma. 1977. Zambia's Stop and Go Maize revolution. In Africa's Emerging Maize Revolution (ed.) Derek Byerlee and Carl K. Eicher., Lynne Rienner Publishers, Boulder, London., pp. 45- 62.

Muniynda, K. 1998. Agricultural Research in Zambia – A Historical Perspective. In print.

Smale, M. et P. W. Heisey. 1977. Maize Technology and Productivity in Malawi. In Africa's Emerging Maize Revolution (ed.) Derek Byerlee and Carl K Eicher., Lynne Rienner Publishers, Boulder, London., pp. 63-81.

336

L'expérience de Winrock International en matière de multiplication des semences en Afrique Occidentale à travers: le projet de production de semence en exploitation (OFSP), 1987-1992 et le programme d'amélioration de la productivité des exploitations (OFPEP), 1992-1998

Alphonse Faye et Pierre Antoine

Introduction

La production de semence au Sénégal a traditionnellement intéressé l'arachide, la principale culture de rente. Les autres cultures n'ont reçu qu'une attention et un financement limités. La nouvelle politique agricole issue du récent programme de rétablissement économique se traduit par une réduction des subventions gouvernementales au secteur des semences. Il est prévu que la Direction de la production et du contrôle des semences (DPCS) se retire de la production et se cantonne au contrôle de la qualité. Bien que la privatisation de la commercialisation des intrants agricoles y compris les semences soit encouragée, il reste à démontrer que le secteur privé pourra remplacer le système public de fourniture des intrants agricoles. Dans l'intervalle, les agriculteurs deviennent de plus en plus responsables de la production de leur propres semences.

Une des principales faiblesses du système d'approvisionnement en semences pour les cultures vivrières est le coût élevé de la distribution et de la commercialisation des semences au niveau local. Une autre concerne les essais limités réalisés avec les variétés améliorées en conditions normales de culture chez l'exploitant en vue de déterminer la compatibilité avec les systèmes de production utilisés par l'exploitant et d'identifier des pratiques culturales appropriées.

Des méthodes inadéquates de sélection et de conservation des semences diminuent les bénéfices potentiels offerts par les variétés améliorées, gênent l'introduction de cultures non traditionnelles et réduisent la gamme des cultures plantées. Compte tenu des pressions grandissantes sur les productions alimentaires et du besoin de générer un revenu, de tels problèmes ne peuvent être ignorés.

Winrock International, à travers son projet de production de semence en exploitation (On-Farm Seed project, OFSP) et son programme d'amélioration de la productivité en exploitation (On-Farm Productivity Enhancement Program, OFPEP), s'est attaqué au problème de satisfaire les besoins en semence des agriculteurs en améliorant leurs pratiques de sélection, de production et de conservation des semences. La justification de ces programmes repose sur des estimations par l'université d'état du Mississippi (MSU), une institution de renommée mondiale en matière de semences, à savoir que plus de 90 % des cultures dans les pays en voie de développement sont issues de semences sélectionnées et conservées par les agriculteurs. Cette situation est encore prépondérante malgré 30 ans d'efforts consacrés aux programmes

336

nationaux de production de semence et d'investissements de l'industrie dans la production de semence et les programmes d'approvisionnement. Le développement du secteur industriel a été important et l'assistance fournie n'a pas été gâchée mais les institutions nationales de semences doivent encore trouver les moyens d'améliorer l'efficacité des systèmes traditionnels de production et de distribution des semences et de convaincre les agriculteurs d'inclure les semences améliorées dans leurs systèmes traditionnels de production et d'échange des semences.

L'identification réussie (des variétés) et la production de variétés de semence appropriées nécessitent clairement des efforts importants de recherche et de développement. Mais les agriculteurs peuvent eux-mêmes multiplier plusieurs variétés de semence une fois qu'ils disposent du matériel de base. En fait la production de semence peut consister en une petite entreprise rurale à des fins de génération de revenus.

Développement et soutien des programmes

Les programmes de Winrock ont aidé les programmes concernant les semences des organisations non gouvernementales (ONG) et du Peace Corps américain au Sénégal et en Gambie au moyen d'une approche adaptant l'assistance technique aux besoins exprimés par les petits agriculteurs. Le soutien apporté aux programmes de semence peut venir de sources diverses.

En Gambie, Winrock International a collaboré, souvent sur la base d'un partage des coûts, avec de nombreuses ONG ayant établi des activités de production de semence. Le programme a reçu une aide technique de l'unité de technologie des semences à Sapu et lui a fourni des données au champ. L'USAID/Banjul a aussi soutenu la recherche sur les semences dans sa stratégie de développement pour la Gambie.

Le gouvernement sénégalais soutient activement les efforts de recherche et de production de semence. Winrock International a prêté assistance aux programmes nationaux de recherche et de production en identifiant d'abord des pratiques agricoles améliorées et les variétés associées et en formant ensuite les conseillers agricoles des ONG et du Peace Corps américain mettant en place des activités d'amélioration des semences au niveau des villages. Winrock International a aussi grandement contribué à la conception du programme riz du Peace Corps et à celle des programmes agricoles de World Vision International et de Christian Children Fund.

L'aide apportée par Winrock International aux ONG et au Peace Corps américain a consisté à améliorer leurs activités déjà existantes en apportant formation et assistance technique. Le projet a aussi lancé la mise en place de liens fonctionnels entre les groupes locaux et régionaux, les institutions nationales de recherche agronomique (telles que l'ISRA au Sénégal et l'unité de technologie des semences en Gambie) et les consortiums ou programmes internationaux tels que les programmes d'appui à la recherche concertée (Collaborative Research Support Programs - CRSP) y compris INSORMIL.

La philosophie du programme semence de Winrock International

La philosophie de Winrock International a deux composantes principales: (1) la collaboration, du fait que toutes les activités de diffusion sont assurées par

l'intermédiaire d'institutions de coopération, essentiellement les ONG, les organisations communautaires de base (OCB) et au Sénégal, le Peace Corps américain, et (2) la participation, du fait que les techniques traditionnelles de production de semence et les problèmes sont étudiés avec les agriculteurs avant que toute activité ne soit entreprise. L'objectif à long terme du programme semences de Winrock International comprend la modélisation de système(s) de production de semence en exploitation agricole de façon que le ou les modèles puissent servir ou être adaptés à d'autres domaines. Cette philosophie peut être analysée suivant différents angles :

Reproductibilité

En raison de la diversité des intérêts poursuivis par les ONG, le programme semence de Winrock International adapte ses services de façon à subvenir aux besoins de chaque organisation. Ceci s'est avéré un moyen valide d'aider le personnel de terrain des ONG dans le domaine des semences. Cette politique devrait être réutilisée à condition que la formation et l'assistance technique aient la souplesse nécessaire pour adapter chaque service au besoin unique de chaque ONG. Le programme semence de Winrock International met en place des programmes de formation de base, pouvant être modifiés pour convenir aux besoins d'une audience particulière et portant sur la production de semence et la culture du riz. Dans certains cas, le programme semence de Winrock International assure une assistance technique portant sur la production et la culture des plantes plutôt que la production de semence, à la demande d'une ONG/partenaire.

Innovation et direction

La plupart des programmes semence dans les pays en voie de développement recherche l'exploitant agricole ouvert sur le marché pour en faire un bénéficiaire de leur technologie et par conséquent les gros exploitants sont les bénéficiaires principaux. L'approche de Winrock est de faire des petits exploitants la cible principale de son programme semence. Le programme intéresse la base, le personnel de terrain des ONG et les volontaires travaillant au niveau du village assurant la liaison entre Winrock et les exploitants chefs de file. Grâce à sa philosophie de participation, Winrock encourage l'établissement d'exploitants dans chaque village ou OCB.

Implications politiques

Un facteur critique de tout projet est qu'il soit conforme à la politique nationale du pays dans lequel il prend place. L'activité semence de Winrock a satisfait à cette condition de conformité aussi bien au Sénégal qu'en Gambie. Au Sénégal, la politique agricole tend à réduire le rôle du gouvernement dans l'approvisionnement des intrants agricoles et à promouvoir le développement du secteur privé dans l'industrie agricole. Le programme semence de Winrock apporte un complément à cette politique sous la forme de modèles de systèmes de production de semence en exploitation issus de la promotion de la production de semence au niveau du village comme en témoignent Christophersen et al. (1998) lorsqu'ils relatent l'adoption de semences améliorées de mil comme l'une des conséquences les plus intéressantes de la manière dont Winrock aide les villageois à répondre à la présence de l'USAID/Sénégal dans leur région et

qu'il donne forme charnelle aux synergies entre la gestion améliorée des ressources naturelles (NRM) et les nouveaux objectifs stratégiques (SO) de décentralisation et de privatisation.

Des essais de semences à la multiplication des semences en exploitation

Contrairement à la majorité des programmes de production de semence dans les pays en voie de développement qui s'intéressent uniquement au développement de programmes de semences nationaux, le programme Winrock s'attache essentiellement à l'introduction de semences de variétés améliorées par le biais d'essais de démonstration et de journées portes ouvertes afin d'améliorer la formation assurée d'agriculteur à agriculteur et l'apport d'aide technique concernant la multiplication des semences et la technologie des semences.

Dans la plupart des cas, comme l'illustre la section suivante, cette philosophie de collaboration va au delà de la simple relation avec les seules ONG et comprend les OCB créées par les agriculteurs et parrainées par les ONG. Ceci permet à Winrock de parvenir à un des buts principaux du programme à savoir : « certaines communautés assureront le système local de production et de distribution des semences soit par l'intermédiaire de coopératives soit par l'intermédiaire de personnes individuelles fondatrices d'entreprises privées ».

Une étude de Winrock réalisée en 1993 par D. Heinen dans le nord du Sénégal en collaboration avec World Vision, confirme la mise en place d'un système de commercialisation des semences de mil et de niébé produites par quelques exploitants. L'étude a montré que la vente des semences prenait place effectivement à différents niveaux : entre les agriculteurs du même village, entre villages et sur les marchés hebdomadaires.

Toutefois, World Vision n'a pas enregistré les quantités produites par la multiplication et a simplement compté les quantités qu'il a achetées, préparées sur son centre, puis vendues comme semences certifiées. Ceci signifie qu'une certaine part de la semence produite, mais non enregistrée, a été vendue sur les marchés et dans les villages sous des emballages divers. Ces emballages de fortune pose la question de savoir comment un tel produit peut être perçu comme étant de qualité par comparaison à ce qui est vendu habituellement sur le marché.

La réponse à cette question se trouve dans l'effet que les démonstrations de variétés améliorées ont eu sur les exploitants du village et des villages voisins. La publicité de bouche à oreille et la reconnaissance des compétences des « conseillers de brousse » (agriculteurs chefs de file) ont généré des ventes accrues. Dans certains cas, les « conseillers » de brousse réalisent des tests de germination dans de petites bassines en métal chez eux et les montrent aux acheteurs potentiels. Les enquêtes ont montré que les ventes dans le village et les villages voisins ont lieu avec les acheteurs venant directement chez le conseiller de brousse pour acheter, payer et emporter, parfois avec des commandes des autres agriculteurs du même village.

Bénéficiaires du projet

Winrock International a assuré une formation, une assistance technique ainsi que d'autres services auprès des ONG et du Peace Corps américain, permettant ainsi à leurs personnels de mettre en place

plus efficacement leurs propres programmes de développement agricole au Sénégal et en Gambie. Les bénéficiaires du programme sont donc les ONG et les petits exploitants agricoles.

Petits exploitants agricoles

Les programmes ont de manière directe ou indirecte par le biais de la multiplication des semences, les démonstrations en champ et les programmes de formation profité aux personnes. Il a été estimé que plus de 100.000 petits exploitants ont bénéficié entre 1988 et 1998. Au moins deux tiers de ces bénéficiaires étaient des femmes, compte tenu de l'importance accordée au riz par ces programmes, une céréale principalement cultivée par les femmes dans le sud du Sénégal et en Gambie.

Au nombre des ONG bénéficiaires les plus en vue, on compte :

Save the Children Federation (SCF), La Gambie

SCF possède un programme diversifié recouvrant la santé, la production de vivres et l'éducation dans la division de la Rive Nord (North Bank) de la Gambie. Environ 30 % des ressources de SCF sont consacrées aux activités agricoles et ont pour objet d'aider 10.000 agricultrices dans 24 villages à accroître la production de vivres grâce au maraîchage, l'introduction de nouvelles variétés de riz et la multiplication de semences. Le projet OFSP de Winrock International aide SCF depuis 1988 en : (1) formant des agriculteurs à la production de semence, aux manipulations après-récolte et à la culture du riz ; (2) assurant une assistance technique en matière de riziculture ; et (3) aidant la planification des activités de multiplication et de démonstration des semences. La composante riz de SCF concernait au départ 25 cultivateurs sous contrat de production de semence de riz dans 10 villages. In 1991, on comptait 117 cultivateurs sous contrat dans 20 villages produisant de la semence sur 21 hectares.

Freedom from Hunger Campaign (FFHC), La Gambie

FFHC travaille avec des agricultrices pratiquant la culture du riz dans 32 villages des divisions de Lower River, North Bank et Mac Carthy Island de la Gambie. FFHC concentre ses efforts sur l'introduction de nouvelles technologies rizicoles dans les marais littoraux et les zones de basses terres sous pluie, encourageant la récolte inondée, contrôlant l'intrusion d'eau salée et renforçant les institutions villageoises. L'aide de Winrock à FFHC a inclus la formation du personnel de terrain à la culture du riz, des visites en champ pour surveiller la multiplication des semences et les parcelles de démonstration et l'essai d'un prototype de semoir de riz.

World Vision International, Sénégal (WVI)

WVI possède un programme intégré portant sur l'eau, l'agriculture et la santé dans les régions de Louga et Thiès et servant plus de 320 villages pour une population totale de 150.000. Ces régions septentrionales du Sénégal desservies par WVI sont devenues de plus en plus marginales pour l'agriculture en raison du déclin de la pluviométrie (250-300 mm par an), de la déforestation généralisée et du déclin de la fertilité des sols. Winrock International, à travers ses programmes OFSP et OFPEP, a organisé plusieurs sessions de formation pour le personnel du WVI et les agriculteurs. Vingt-cinq membres du personnel du WVI ont

initialement été formés par OFSP. Quarante conseillers de brousse chargés des démonstrations et de la multiplication des semences auprès des agriculteurs ont aussi été formés. WVI a assuré la multiplication de semences de mil et de niébé par l'intermédiaire de 60 conseillers de brousse répartis dans 57 villages.

Christian Children's Fund (CCF), Sénégal

La collaboration entre Winrock International et CCF intègre des efforts visant à améliorer l'accès des agriculteurs aux semences de qualité et des activités visant à améliorer la fertilité des sols et la gestion des exploitations. Cette collaboration repose sur l'existence de six organisations de base communautaire financées par un système de parrainage des enfants. Les OCB jouent un rôle important dans l'adoption et la diffusion des technologies présentées par OFPEP et représentent un maillon réel dans la formation des agriculteurs, la mise en place de parcelles de démonstration et le suivi des activités concernant les semences en affectant les membres les plus dynamiques et les plus compétents aux postes à mi-temps de conseillers agricoles pour Winrock.

L'expérience a montré au Sénégal qu'un accès facile aux semences est un facteur crucial de l'accroissement de l'utilisation des semences améliorées parce que une fois que les agriculteurs sont convaincus que les variétés améliorées sont nettement meilleures que leurs variétés traditionnelles l'adoption de ces variétés reste dépendante de la disponibilité en semences au niveau local. Seul un système décentralisé de production et de commercialisation des semences peut efficacement assurer l'approvisionnement en semences des agriculteurs répartis dans les 41 villages composant les six OCB. Au travers des OCB, Winrock International a formé six conseillers agricoles spécialistes des semences et 73 producteurs de semences. A la suite de cette formation et de visites en champ, le personnel de chaque OCB suit la production de semence de mil et en assure la commercialisation.

Conclusions

La mise en place des activités semence de Winrock International dépend de la collaboration avec des organisations ayant des activités semence en cours ou planifiées et un nombre adéquat de représentants sur le terrain. Au travers de ces programmes en collaboration, Winrock International a facilité le développement d'un modèle de production de semence en exploitation qui profite à tous les partis impliqués :

- Les agriculteurs ont plus facilement accès aux semences de variétés améliorées qui sont produites localement ;
- Les ONG bénéficient d'un programme semence qui assure des services utiles aux agriculteurs ;
- Les nouvelles technologies des institutions de recherche (par exemple ISRA) sont offertes aux agriculteurs et ceux-ci donnent leurs réactions. Celles-ci sont très utiles pour le développement des technologies futures.

En outre il aurait été difficile de développer ces activités sans la formation, l'assistance technique et le rôle de facilitateur assurés par Winrock International. Les gestionnaires des ONG ont de nombreux rôles à assurer lors de la mise en place d'activités de recherche à savoir, la gestion du personnel et du budget, le

support logistique et les liaisons avec leurs quartiers généraux. Les aspects techniques et la formation nécessaire pour leurs programmes sont souvent difficiles à gérer en raison des contraintes de temps et du manque d'expertise technique interne. Winrock International a la capacité de fournir des services dans le domaine spécifique de la technologie des semences, qui peuvent s'avérer utiles aux programmes agricoles des ONG, en améliorant leur efficacité et par voie de conséquence en profitant aux agriculteurs.

Une autre conclusion de ce programme est qu'il est possible de trouver dans la plupart des communautés agricoles du Sénégal et de Gambie des petits exploitants capables de produire des semences de qualité des diverses plantes cultivées. Avec des encouragements appropriés et des conditions de commercialisation adéquates ces agriculteurs peuvent devenir des producteurs de semences sous contrat et constituer la première étape vers le développement d'un secteur privé de production de semence.

Bibliographie

Bragantini, Claudio et Schillinger, William F. 1992, Final Evaluation of the On-Farm Seed Project, Senegal and The Gambia, Winrock International, September 1992

Christopherseb, K., Hadji, A., Rand, B., et Winterbottom, R. USAID/Senegal NRM Limited Impact Assessment, February 1998

Winrock International Institute for Agricultural Development On-Farm Seed Project: 1990 Annual Report

Winrock International Institute for Agricultural Development On-Farm Productivity Enhancement Program, 1993 Annual Report

Heinen, Daniele, 1993. Seed Marketing Survey within the World Vision. International Program Area, On-Farm Productivity Enhancement Program in Senegal, Winrock International

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leur profonde reconnaissance à Dr Moses Onim et M. Niels Hanssens pour leurs suggestions et commentaires constructifs.

Rapport du Rapporteur

S.C. Gupta

La production de semence hybride dans les pays en voie de développement

Première journée – Deuxième séance

Toutes les présentations ont été très claires et par conséquent il n'y a eu aucune question concernant les quatre présentations faites pendant cette session. Les paragraphes suivants récapitulent les principaux points développés :

B.R. Barwale a raconté l'épopée de MAHYCO Hybrid Seeds aux Indes. Il a commencé à produire la première semence hybride de maïs en 1964 avec le soutien de L.R. House et la fondation Rockefeller. En 1965, le premier hybride de sorgho, CSH1, a été lancé sur le marché indien et MAHYCO a produit 3,2 tonnes de semence sur 1,6 hectares. Pour la production de semence de sorgho hybride, MAHYCO a dû faire face au problème de la moisissure du grain et pour y remédier a commencé à produire la semence pendant la saison sèche. Pendant les 3 – 4 premières années il n'y a pas eu de semence invendue. MAHYCO a installé une usine de conditionnement de la semence avec l'aide de l'USAID et plus tard a ouvert un magasin. Initialement la semence de prébase était exclusivement produite par la Société Nationale des semences (National Seed Corporation - NSC), mais le monopole lui a plus tard été retiré. Les semences sélectionnées ont été données aux organisations compétentes afin qu'elles produisent la semence de base. Celle-ci était certifiée par les sociétés semencières de l'état. Pour l'industrie des semences, les points essentiels sont les réglementations concernant les semences, l'usine de conditionnement des semences et l'entreposage, un étiquetage véridique et la certification. Les agriculteurs, toujours à la recherche du profit final, achètent des semences de bonne qualité. Les subventions appliquées aux semences ne sont pas nécessaires même si initialement elles aident le programme de production de semences.

Gebisa Ejeta a présenté l'histoire de Hageen Dura-1 (mis sur le marché en 1983 au Soudan) qui est à l'origine de l'industrie des semences au Soudan. Le sorgho est cultivé sur 5 millions d'hectares au Soudan soit partout où il est possible de faire pousser une culture. Les différents systèmes agricoles nous ont été présentés ainsi que l'organisation de l'industrie des semences et les hauts et les bas de la production de la semence de Hageen Dura. Le développement de l'industrie des semences est durable mais lent. Il a été souligné que les petits agriculteurs pauvres des pays en voie de développement n'achèteront de semence

que s'ils peuvent en tirer un profit. Une industrie des semences durable est possible seulement avec le soutien du gouvernement et d'une politique gouvernementale favorable. Une prise de conscience du public est vitale à la réussite de l'industrie des semences.

Bola Nath Verma a relaté l'histoire et l'acquis de l'industrie zambienne des semences. La Zambie offre un exemple d'une industrie jeune dans un pays en voie de développement avec une mauvaise infrastructure et un marché local réduit. L'industrie a subi des transformations radicales en réponse à l'évolution des conditions politiques et économiques du pays. Initialement, ZAMSEED ne s'intéressait pas à la production de semence de sorgho puisque son rôle consistait principalement à multiplier la semence de maïs. Récemment, des possibilités d'exportation de la semence de sorgho ont été reconnues. Les politiciens requièrent en général une éducation et/ou des pressions pour céder au changement. De nombreuses entreprises de semence se sont récemment implantées en Zambie.

Pierre Antoine a décrit le programme de production de semence de Winrock International qui a débuté en 1987 au Sénégal et en Gambie. L'objet n'était pas de créer une industrie des semences mais d'aider les agriculteurs à produire de la semence. Le projet reçoit un soutien de l'USAID, l'IFAD, Cargill, etc. Le projet ne s'intéresse pas pour le moment à la production de semence hybride. Alphonse Faye a expliqué que le secteur privé est responsable de la production de semence tandis que le gouvernement est responsable du contrôle de la qualité des semences.

L.R. House a remarqué que la contribution de chacun – que ce soit le gouvernement, les agriculteurs, les producteurs de semences ou les chercheurs – est nécessaire pour la réussite d'un programme de semence.

Lundi 28 septembre - Troisiéme séance

Statut actuel de la production de semence

Modérateur - Darrell Rosenow,
INSORMIL/Texas A&M University

Systèmes d'approvisionnement en semence de petit mil au Niger

Jupiter Ndjeunga et Aboubakar Sidi

Résumé

Cette présentation examine la structure et la performance des systèmes officiel et parallèle d'approvisionnement en semence de petit mil au Niger. Des donateurs ont investi plus de 45 millions de dollars américains dans des projets de production de semence au Niger au cours des deux dernières décennies. Ces investissements se sont dans une très large mesure soldés par des échecs. Les systèmes publics d'approvisionnement en semence fonctionnent systématiquement à perte alors que les agriculteurs se plaignent de la mauvaise qualité des semences ou du manque d'accès aux semences. Les systèmes parallèles de production de semence à l'échelle du village fonctionnent eux, par contre, très bien. En règle générale, la plupart des agriculteurs prélèvent leur semence de petit mil sur leur propre récolte ou l'obtiennent auprès de leurs voisins ou sur les marchés de village. La qualité de la semence est élevée et toute une gamme de variétés est encore proposée. Les systèmes semenciers villageois constituent un moyen plus économique et plus efficace d'approvisionner les agriculteurs en semence. A l'avenir, les investissements consacrés au développement des systèmes d'approvisionnement en semence devraient viser l'amélioration de la capacité des systèmes villageois à conserver puis distribuer les stocks de semence mis en réserve pour les années de sécheresse. Les producteurs de semence les plus compétents du village devraient être encouragés à devenir des entrepreneurs chargés de la multiplication et de la distribution des nouvelles variétés améliorées de petit mil.

Introduction

Au cours des 20 dernières années, des organisations donatrices[1] nationales et internationales ont investi plus de 45 millions de dollars américains dans des projets de multiplication et de distribution de semence au Niger. A travers une série de projets de recherche, de conseil agricole et de développement rural intégré, les ONG se sont fortement engagées dans le développement et la distribution de variétés et la fourniture de semence aux utilisateurs. Ces projets ont pour la plupart échoué. Les unités de production de semence (SPU) ont rencontré de nombreuses difficultés en raison essentiellement de l'étendue énorme du projet qui a rendu insoutenables les activités de production et de distribution des semences (Mazuccato et Ly, 1993). Les stations de recherche n'ont pas été capables de fournir aux SPU les quantités de semences de prébase nécessaires pour en assurer la multiplication et moins de

[1] Les organisations donatrices comprennent l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID), le Fonds Européen de Développement (FED); l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI), la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (IBRD) et le gouvernement du Niger.

30% des semences améliorées produites pour le petit mil ont été effectivement vendues. Les agriculteurs, les ONG et les directeurs des projets de développement rural intégré se sont tous plaints du manque d'accès à la semence ainsi que des livraisons trop tardives et de la mauvaise qualité des semences fournies par le système public. Des faibles réserves en semences de prébase, la mauvaise qualité de la semence, une évaluation incorrecte de la demande et des systèmes de distribution inadéquats constituent les principaux obstacles à la multiplication et la distribution des semences au Niger (Ndjeunga, 1997). La combinaison de tous ces obstacles rend l'adoption des variétés améliorées quasi-impossible (moins de 1% des superficies cultivées) et par conséquent la rentabilité des investissements dans la recherche et la multiplication des semences est très faible.

Pendant et après la période d'engagement dans les projets semenciers (1976-1992), le secteur privé a montré peu ou pas d'intérêt dans la multiplication et la distribution des semences, en particulier des semences des cultures vivrières telles que le petit mil qui ont un taux de multiplication élevé et par conséquent un marché potentiel probablement limité. La mauvaise performance du secteur public et le peu d'intérêt commercial montré par le secteur privé dans la multiplication et la distribution de la semence du petit mil ont suscité la recherche d'autres systèmes d'approvisionnement en semence. Les marchés de village représentent un de ces autres systèmes. Les agriculteurs prélèvent encore la majorité de la semence dont ils ont besoin sur leur récolte ou en échangent avec des voisins ou des parents ou l'achètent sur les marchés locaux de village.

Un travail de recherche récent dans des pays moins développés souligne l'efficacité des systèmes semenciers locaux de village pour fournir la semence et résoudre les pénuries de semence à bas coût. En 1990, une enquête conduite auprès des ménages ruraux de petits exploitants agricoles du Malawi révélait que 68 pour cent de ces petits agriculteurs utilisaient leur propre grain comme source principale de semence de maïs ; les voisins et les parents servaient de source secondaire de semence dans 44 pour cent des cas tandis qu'un nombre très faible (4 pour cent) utilisaient le marché local comme source secondaire de semence. Une petite fraction des agriculteurs interrogés manquait systématiquement de semence (Cromwell, 1996). Dans le sud du Zimbabwe, en dépit d'un marché des semences relativement bien développé, environ 64 et 44 pour cent des agriculteurs interrogés au cours d'une enquête auprès des ménages ruraux en 1995/96 prélèvent leur semence de petit mil et de sorgho sur les récoltes précédentes. Respectivement 30 et 32 % obtiennent leur semence de petit mil et de sorgho auprès de leurs voisins, parents ou amis. Les pénuries en semence sont résolues dans le cadre des échanges villageois et la plupart des échanges sont gratuits (Rohrbach, 1997).

Cet article compare la performance des systèmes officiel et parallèle d'approvisionnement en semence de petit mil et pose la question de savoir si les systèmes parallèles d'approvisionnement en semence peuvent assurer la

disponibilité de la semence de petit mil au Niger. Les résultats peuvent être appliqués aux autres pays des régions tropicales semi-arides de l'Afrique Occidentale et Centrale où les conditions sont similaires (Tchad et Burkina Faso).

Historique du développement du secteur officiel de la semence de petit mil au Niger

Au Niger, les systèmes officiels d'approvisionnement en semence de petit mil sont le produit d'une mise en place en deux phases accompagnée de modifications structurales et institutionnelles. La multiplication et la distribution des semences de céréales ont commencé en 1976 avec le projet Niger Cereal Research (NCR - Recherche Céréalière au Niger) financé par l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID). Les objectifs principaux du NCR consistaient essentiellement à augmenter la capacité de l'infrastructure semencière de façon à pouvoir fournir chaque année la quantité de semence requise pour ensemencer un tiers des superficies cultivées. Le projet a été mis en place en deux phases. La première a principalement consisté à mettre en place les infrastructures humaines et physiques nécessaires à la multiplication et la distribution des semences tandis que la seconde phase a servi à appuyer la recherche agronomique et la production agricole. Simultanément le projet a tenté de redonner de l'essor au secteur de l'approvisionnement en intrants, et plus particulièrement en engrais par le biais des coopératives. Au cours de cette phase, six unités de production de semence (SPU) ont été construites et équipées de laboratoires ainsi que de larges unités de stockage et de conditionnement des semences. De plus, quatre techniciens spécialistes des semences et 14 autres techniciens ont été formés aux inspections en champs et aux tests de laboratoire.

Le développement variétal et la production de semences de prébase ont été entrepris par l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). La production de la semence de base était assurée par la SPU à Lossa. Cette semence de base était regroupée en larges lots de semences inscrites par les SPU et la multiplication des semences certifiées était réalisée sous contrat par les agriculteurs sous la surveillance des unités de production et de contrôle de la qualité des SPU. Le contrôle de la qualité de la semence pour les semences de prébase et la semence de base, c'est-à-dire les inspections en champ et les tests après récolte, était assuré par la SPU de Lossa tandis que pour les semences inscrites et certifiées, le contrôle était la responsabilité des inspecteurs et des techniciens des laboratoires de semence des SPU conformément au règlement de l'Association internationale d'essais de semence (International Seed Testing Association - ISTA) tel que spécifié dans l'Acte de Certification des Semences de 1976. Les semences améliorées étaient distribuées et vendues aux agriculteurs par les coopératives, les ONG, les SPU, la direction régionale de l'agriculture et les projets de développement. Les prix étaient fixés par le gouvernement pour toutes les catégories de semence. A la fin du projet en 1989, en dépit d'investissements massifs dans les activités de multiplication et de distribu-

tion des semences, les unités de production de semence fonctionnaient systématiquement à perte et ne pouvaient pas par conséquent durer.

Pendant cette phase, les unités de production de semence ont rencontré de nombreuses difficultés dues essentiellement à l'immense portée du projet qui les a rendus insoutenables à long terme. Les unités de production de semence se sont plaintes des livraisons tardives et insuffisantes de la semence de base et des semences de prébase par l'INRAN et la SPU de Lossa. Les agriculteurs avaient peu accès à la semence de nombreuses variétés améliorées mises sur le marché. En fait, des 17 variétés améliorées commercialisées, seulement trois étaient effectivement multipliées et distribuées (tableaux I et II). Le projet n'a jamais atteint son objectif de fourniture de la semence nécessaire pour emblaver un tiers des superficies totales cultivées en petit mil. En moyenne au cours de cinq dernières années du NCR, seulement environ 10 % de la production semencière cible a été effectivement produite (tableau III). En raison du nombre très restreint de points de vente et des problèmes de transport liés à la dispersion des agriculteurs dans des régions isolées d'accès difficile, la semence certifiée est restée peu accessible aux agriculteurs et a souvent été livrée en retard. Du fait d'une estimation erronée de la demande, moins de 30 % de la production de semence a été effectivement vendue (Tassiou, 1996). Compte tenu de l'immense portée du projet, la main d'œuvre disponible s'est avérée insuffisante pour pouvoir effectuer correctement toutes les inspections en champs et tous les tests après récolte. En conséquence, seulement un petit nombre des agriculteurs sous contrat a été suivi et un grand nombre des agriculteurs sous contrat n'a pas respecté les distances d'isolement nécessaires au maintien de la pureté. De plus, les semences achetées par les SPU auprès des agriculteurs sous contrat n'ont pas été correctement inspectées. Le résultat a été des semences de mauvaise qualité et de nombreux agriculteurs, ONG et projets de développement rural se sont plaints des faibles taux de germination et de la mauvaise viabilité des semences.

Le prix de la semence était fixé par le gouvernement sans trop se préoccuper du prix des grains sur les marchés locaux de village et du coût de production de la dite semence. Entre 1985 et 1988, le coût moyen de la production de semence de mil certifiée par une SPU était estimé à 1.720 cfa/kg alors qu'elle était vendue aux agriculteurs 100 cfa/kg soit moins

Tableau I. Production de semence certifiée de petit mil (tonnes) par les SPU par variété entre 1985 et 1989.

	Année					
Variété	1985	1986	1987	1988	1989	Moyenne
HKP	576	569	76	632	0	370,6
CIVT	2885	1354	334	731	226	1106
Ba-angourie	0	0	2	10	5	3,4
P3kollo	50	436	26	273	0	157
Total	3511	2359	438	1646	231	1637

Tableau II. Liste des variétés sélectionnées et mises sur le marché au Niger

Variétés de petit mil	Zone agro-écologique (précipitations en mm)	Cycle de croissance (jrs jusqu'à maturité)	Rendement moyen potentiel (tonnes ha^{-1})	Année de sélection
1. HKP	350-500	80-90	2,0	1975
2. HKP_3	280-350	70-75	1,5	1983
3. P_3KOLLO	500-600	90-95	2,5	1962-1977
4. CIVT	450-600	80-90	2,5	1977
5. ¾ HK	450-600	70-75	2,0	1975
6. MORO-P1	200-300	90-95	1,8	1985
7. GR-P1	450-600	70-75	2,5	1985
8. ANK-P1	300-350	70-75	1,0	1985
9. HKB-Tift	<300	70-75	2,0	1982
10. H-80-10-GR	300-400	80-85	2,3	1980
11. T-18-L	>250	85-95	2,0	1982
12 ITMV 8304	300-400	80-85	2,5	1983
13. ITMV 8002	300-400	80-85	2,5	1980
14. ITMV 8001	400-500	80-85	2,5	1980
15. SOUNA III	>600	Intermédiaire	2,0	1982
16. ZATIB	300-600	Intermédiaire	1,5	1981
17. HKB-P1	>300	Intermédiaire	2,0	-

Source: INRAN (1994). Catalogue Nigérien des Variétés de Céréales et de Légumineuses. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Edition. 1994.

Tableau III. Superficie plantée en petit mil (ha), production de semence totale (tonnes) par variété et unité de production de semence et la proportion de la semence totale produite par rapport à la semence totale plantée (%) au Niger, 1991-1995.

	Année				
Variété	1991	1992	1993	1994	1995
HKP	27,9	20,2	21,0	166,8	55,5
CIVT	199,7	22,2	25,4	95,2	23,9
ZATIB	0	0	0	1,4	2,2
P3kollo	0	0	7,5	6,1	5,6
Semence améliorée totale (tonnes)	227,6	42,4	53,9	269,5	87,2
Superficie plantée (000 ha)	4.386	4.939	3.860	4.935	5.229
Estimation de la semence totale plantée (tonnes)[1]	14.620	16.463	12.867	16.450	17.430
Rapport de la semence améliorée à la semence totale plantée ( )	1,56	0,26	0,42	1,64	0,50-

[1]Ceci suppose un taux de semis de 10 kg/ha tel qu'il est réellement pratiqué par les agriculteurs et un taux de renouvellement de 3 ans comme suggéré par la division des semences au Niger.

que le prix moyen du grain de 130 cfa/kg sur les marchés locaux (Rachmeler, 1991). Ainsi donc, les prix des semences étaient énormément subventionnés par le projet et à la fin de celui-ci en 1989, en raison de l'absence de financement extérieur, la SPU a pratiquement cessé d'exister.

En 1989, le gouvernement du Niger et les organisations donatrices ont réévalué les stratégies de multiplication et de dis-

tribution des semences et ont lancé un nouveau projet : le Projet de Développement de l'Activité Semencière au Niger (PDASN) financé par l'USAID avec pour objectif final de tirer les leçons de l'échec des projets semenciers précédents à savoir : 1) mauvaise planification de la production de semences, 2) mauvais contrôle de la qualité des semences, 3) estimation erronée de la demande, 4) distribution et promotion, et finalement 5) l'absence d'un plan viable de stockage de semences de sécurité. Malheureusement, ce projet n'a jamais vraiment démarré et en 1992 il a été abandonné. Encore une fois le gouvernement a réévalué ses stratégies en décentralisant toutes les activités de multiplication et de distribution des semences au niveau régional. Les régions avaient désormais la responsabilité de fixer les prix, de planifier la production de semences et d'en assurer la distribution.

La phase actuelle, la troisième, a commencé en 1992 avec la création des centres régionaux des semences. Le capital de départ pour ces centres provenait de la vente des stocks de semences et d'engrais laissés par PDASN. La gestion de ces ressources monétaires revenait à un comité régional des semences composé du Préfet, du directeur régional de l'agriculture et de représentants des autres institutions engagées dans l'approvisionnement en semences. Il existe à l'heure actuelle trois systèmes de multiplication et distribution des semences : production des semences dans les parcelles gouvernementales sans participation des agriculteurs, production sous contrat par les agriculteurs ou une combinaison des deux systèmes précédents. L'unité de production de semence de base de Lossa et la SPU de Guéchémé continuent à produire des semences dans les parcelles gouvernementales sans faire appel aux agriculteurs. Les SPU de Kourougoussao et Doukou-Doukou passent des contrats avec les agriculteurs pour assurer la multiplication des semences tandis que la SPU de Magaria engage les agriculteurs sous contrat pour la multiplication de la semence commerciale mais continue à produire la semence inscrite dans les parcelles gouvernementales. Alors que les autres SPU fonctionnent encore avec de grosses pertes, celle de Kourougoussao a enregistré relativement peu de pertes en 1996 et pourrait devenir rentable si la dépréciation à long terme de l'actif n'était pas prise en compte (tableau IV). La grande réduction des pertes à Kourougoussao a été attribuée au fait que les agriculteurs étaient entièrement responsables de la multiplication des

Tableau IV. Rentabilité des unités de production de semence au Niger en 1996.

Unités de production de semence	Profit ou pertes (cfa)	Coût moyen de la production de semence[1] (cfa kg[1])
SPU de Lossa	(515.250)	1633
SPU de Magaria	(905.475)	1151
SPU Kourougoussao	(385.362)	305
SPU de Guéchémé	(2.356.675)	880
SPU de Doukou-Doukou	n.a.	n.a.
SPU of Hamdallaye	Non fonctionnelle	Non fonctionnelle

[1] Ces coûts comprennent la dépréciation des équipements lourds tels que les bâtiments. Les chiffres entre parenthèses sont négatifs et représentent des pertes.

semences et assumaient la totalité des risques de la multiplication et de la distribution des semences puisque la semence était achetée par les gérants de la SPU en fonction de la demande par les personnes privées, les agriculteurs et les projets de développement rural. La qualité de la semence est rarement vérifiée et la semence est rarement conditionnée en raison du manque de personnel et de financement. La semence est distribuée essentiellement à l'échelle régionale ou dans les centres de multiplication des semences pour un coût par conséquent limité. Enfin les prix sont établis en tenant compte du prix du grain et du coût de la production. La SPU de Kourougoussao fonctionne toutefois comme un négociant. Son rôle pourrait tout aussi bien être assuré par les agriculteurs réussissant le mieux ou des groupes d'agriculteurs qui seraient formés à la multiplication et la distribution de semences et aidés.

Il existe à l'heure actuelle de nombreux centres de multiplication et de distribution des semences. Ils ont été mis en place par les ONG, les projets de développement rural et les communautés locales. A l'inverse, le secteur privé a lui pris peu d'essor. On compte environ cinq producteurs privés de semence. Ces personnes sont toutefois peu intéressées à la production de semence de variétés qui comme le petit mil et le sorgho ont un fort taux de multiplication ou n'ont pas de marché bien établi. Le secteur privé s'intéresse essentiellement à la production de semences pour les cultures à faible taux de multiplication telles que le niébé et l'arachide ou pour les cultures à fort taux de multiplication qui comme les oignons et les autres productions maraîchères disposent d'un vaste marché pour le produit final. Il a aussi manifesté un intérêt pour la production de semences hybrides qui est potentiellement plus profitable puisque la semence doit être achetée tous les ans. Le secteur privé nigérien s'intéresse actuellement de plus en plus à la semence de sorgho hybride NAD-1.

L'intérêt commercial médiocre des cultures à fécondation libre telles que le petit mil oblige à rechercher d'autres sources d'approvisionnement en semence. A l'heure actuelle, moins de 1% des surfaces cultivées en petit mil sont ensemencées avec des variétés améliorées. De nombreux agriculteurs prélèvent encore leur semence sur la récolte précédente ou échangent des semences avec leurs voisins ou parents ou l'achètent sur les marchés locaux de village. Afin d'analyser et de comparer le système officiel et le système parallèle d'approvisionnement en semences, une enquête portant sur les instituions et leurs membres a été effectuée.

Méthodologie et sources de données

Deux jeux de données ont été rassemblés, l'un au niveau des institutions et l'autre au niveau des ménages ruraux afin de comparer l'efficacité relative des systèmes officiel et parallèle de multiplication et de distribution de la semence de petit mil du point de vue du développement et du maintien des variétés, de la multiplication de la semence, du maintien d'une qualité élevée de la semence, du stockage et de la distribution de la semence et enfin de la fourniture de la semence à un coût relativement peu élevé.

352

Le premier jeu de données a été obtenu en septembre-octobre 1996 à partir d'une enquête officieuse de toutes les institutions et de tous leurs membres engagés dans la multiplication et la distribution de la semence de petit mil. Ceux-ci comptaient : quatre sélectionneurs de petit mil, cinq directeurs des centres de multiplication des semences, cinq directeurs régionaux de l'agriculture, le chef de la division semence, deux ONG à savoir Care International et CARITAS, un producteur privé de semence, le président d'un large syndicat de coopératives (UNCA) et le directeur de l'agriculture. Le second jeu de données provenait d'une enquête portant sur 302 ménages ruraux réalisée en juin-juillet 1997 en vue d'évaluer les modes de fonctionnement des systèmes parallèles d'approvisionnement en semence, les origines de la semence des agriculteurs, l'amplitude des échanges de semence, le type des échanges de semence et l'importance des stocks de semences en 1996 et 1997. L'année 1995 fut relativement bonne au plan de la pluviométrie et en comparaison à 1996. Ceci a permis de comparer le comportement des ménages ruraux en année de bonne et de mauvaise pluviométrie en terme d'achats de semences.

Une méthode d'échantillonnage aléatoire stratifié basé sur les zones agro-écologiques et l'accès aux routes principales a servi à sélectionner les villages. Le paramètre définissant la zone agro-écologique était la longueur de la saison de croissance (LGP) à savoir 75 jours ce qui correspond en gros à 400 mm de précipitations annuelles. Les villages situés dans un rayon de 5 km autour des routes principales ont été considérés comme accessibles tandis que tous les autres étaient estimés ne pas l'être. Dans chaque strate, au moins 12 villages ont été sélectionnés sur la base de la taille de leur population. Au sein de chaque village de 3 à 10 ménages ruraux ont été choisis conformément au nombre de villageois. Au total, 302 ménages ruraux ont été sélectionnés dont 20 % étaient situés en zones plus sujettes à la sécheresse et dont environ la moitié se trouvait dans des zones difficilement accessibles.

Statut actuel des systèmes officiel et parallèle d'approvisionnement en semence de petit mil au Niger

La performance des institutions semencières officielle et parallèle a été étudiée en fonction de leur efficacité à assurer les services de base à savoir : développement variétal et mise sur le marché, production de semence, contrôle de la qualité des semences, stockage et distribution de la semence. La rentabilité économique totale a été analysée à la lumière des marges (prix de vente unitaire moins le coût de production de l'unité).

Développement variétal et mise sur le marché

Les variétés de petit mil sélectionnées et mises sur le marché par les institutions de semence devraient convenir aux zones agro-écologiques et correspondre aux souhaits des agriculteurs. La mesure dans laquelle ceci est vérifié détermine la demande potentielle en semence par les agriculteurs et par conséquent fixe les objectifs de production de semence par les unités de production. Dans cette optique, nous analysons maintenant l'adaptation aux zones agro-écologiques

des variétés de petit mil sélectionnées par les instituts de recherche internationaux et nationaux ainsi que leur conformité aux souhaits des agriculteurs.

Depuis 1975, les instituts nationaux et internationaux de recherche au Niger ont relativement bien réussi à sélectionner et mettre sur le marché des variétés adaptées à une large gamme de conditions agro-écologiques (tableau II). Plus de 17 variétés de petit mil ont été produites et mises sur le marché.[2] Le travail de sélection portait essentiellement sur l'obtention de variétés, à partir du germplasme local, qui soient précoces, à haut rendement, résistantes aux maladies et autres ennemis et adaptées à une large gamme de conditions agro-écologiques. Plus de 50% des variétés obtenues et commercialisées sont aujourd'hui cultivées dans des zones dont la pluviométrie moyenne varie entre 200 et 350 mm, le reste pouvant être cultivé dans des zones plus arrosées recevant plus de 400 mm de pluie annuelle. Environ un tiers des variétés commercialisées sont précoces (moins de 75 jours pour parvenir à maturité) ; environ 50 pour cent sont intermédiaires au plan de la maturité (80-85 jours pour parvenir à maturité) et la différence correspond aux variétés tardives. Plus de 60 % des variétés mises sur le marché sont issues de la purification de cultivars locaux grâce à des tests de sélection en S-1 ayant pour objectifs : la résistance aux maladies et aux ennemis, un rendement élevé et la précocité. Cinq variétés locales forment la population de base pour le travail de sélection à savoir : Hainikire, Moro, Guerguera, Ankoutess et Zanfaroua. Ainsi, toute la série de variétés améliorées (HKP, HKP3, 3-4 HK, HKB-Tift, HKP-P 1) dérive par purification de la variété population locale Hainikire.

Globalement les systèmes officiels de semence fournissent une large gamme de variétés adaptées à toutes les zones agro-écologiques. Mais ils sont déficients en ce qui concerne la promotion des variétés de petit mil. Seulement quelques-unes des variétés mises sur le marché sont réellement multipliées et distribuées. De 1991 à 1995, seulement 4 variétés, HKP, CIVT, P3Kollo et ZATIB, ont été multipliées par les unités de production de semence. Et pour ces quatre variétés, les chiffres de production sur cette même période indiquent que CIVT représentait environ 54 % de la semence produite et HKP 43 % (tableau V). Au cours des 15 dernières années, le système officiel d'approvisionnement en semences s'est montré déficient sur le plan de la mise sur le marché des nouvelles variétés. Aucune variété n'a été mise sur le marché bien qu'il y ait un grand nombre de variétés prometteuses au stade précédant la mise sur le marché.[3]

Pendant des siècles, les agriculteurs ont cherché à préserver des vieilles variétés ou certains ensembles de caractères spécifiques. Les résultats des enquêtes ont aussi révélé que des grosses panicules, longues et tassées et des gros grains constituaient les deux critères principaux de sélection de la semence par

[2] Les variétés mises sur kle marché sont: HKP, HKP, P, Kollo, CIVT, 3-4 HK, MORO-P1, GR-P1, ANK-P1, HKB-Tift, H-89-10-GR, T 18-L, ITMV 8001, ITMV 8002, ITMV 8304, SOUNA 3, ZATIB, HKB-P1.

[3] Les variétés au stade précédant la mise sur les marché sont: ICMV 89305, ICMV 92222, ICMV 94 206, MTDO 92, MTTY 92

256

Tableau V. Proportion de semence plantée provenant des autres marchés par zone agroécologique et accessibilité à la route au Niger, 1996-1997.

	Zone agroécologique, accessibilité à la route et année							
	LPG < à 75 jours				LPG > à 75 jours			
	Accès difficile		Accès facile		Accès difficile		Accès facile	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Nombre d'observations	27		30		124		130	
Sources de la semence								
Réserves personnelles	99,7	81,7	97,4	83,2	92,8	87,0	90,8	77,3
Amis, voisins, parents	0,3	2,4	1,3	1,0	2,6	5,9	2,7	10,2
Marchés villageois	0,0	15,9	1,3	3,2	4,4	6,7	5,7	12,3
ONG, Projets, SPU et CR	0,0	0,0	0,0	12,6	0,1	0,4	0,9	0,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

les agriculteurs. Environ 90 pour cent des ménages ruraux interrogés sélectionnent les bonnes panicules immédiatement après la récolte tandis que seulement 7 pour cent basent la sélection de leur semence sur les caractères des plantes. Les résultats des enquêtes indiquent aussi que collectivement les agriculteurs cultivent 33 variétés dont 3 sont des variétés améliorées (CIVT, P3KOLLO, HKP). Il existe un grand nombre de variétés disponibles au sein de chaque département et de chaque zone agro-écologique. En moyenne 15 et 17 variétés de petit mil sont cultivées respectivement dans chaque département et dans chaque zone agro-écologique. C'est pourquoi, il existe un large éventail de variétés disponibles au niveau local.

Globalement le système officiel contribue peu à la satisfaction de la demande en semence de variétés et à la promotion des variétés mises sur le marché. De nombreux agriculteurs cultivent encore leurs variétés locales. Le peu d'intérêt porté aux variétés améliorées actuelles peut s'expliquer par les avantages relativement limités qu'elles apportent et ce manque d'intérêt peut lui expliquer en partie l'échec du système officiel d'approvisionnement en semence. Mazzucato et Ly (1993) affirment que « la majorité de la semence multipliée correspondait à des variétés locales purifiées. Parce que ces variétés ne sont pas des hybrides, il est très facile pour les agriculteurs de maintenir les caractères améliorés en sélectionnant et en conservant de la semence chaque année ». Il faut que les systèmes semenciers officiels fassent des efforts de commercialisation et de promotion des variétés actuelles de petit mil. L'emploi systématique de variétés améliorées facilite le maintien de ce germplasme par les agriculteurs eux-mêmes.

La production de semence de petit mil par les secteurs officiel et parallèle des semences

L'importance relative de la quantité de semence produite par chaque secteur est mesurée comme le rapport de la semence produite à la quantité totale de semence plantée par les agriculteurs au Niger. En dépit de gros investissements dans la multiplication et la distribution de semence, la part du secteur officiel des semences représentait de façon systématique une fraction négligeable de la quantité totale

355

de semence plantée. Ainsi entre 1991 et 1995, moins de 1 % de la semence totale plantée était fourni par le secteur officiel (tableau III). Ces résultats sont en accord avec ceux de l'enquête auprès des ménages ruraux indiquant qu'environ 1 pour cent de la semence totale plantée en 1997 provenait du secteur officiel des semences (tableau V).

Les agriculteurs prélèvent la plus grande part de leur semence sur leurs propres stocks. Les résultats des enquêtes révèlent qu'environ 83 % de la semence totale plantée en 1997 provenaient des stocks personnels des agriculteurs, 7% provenaient de parents, amis ou voisins, 9% étaient achetés sur les marchés locaux de village et que seulement 1% était fourni par les projets de développement rural intégré, les ONG, les unités de production de semence et les stations de recherche (tableau VI). Les agriculteurs préfèrent utiliser leurs propres réserves de grains comme semence. Tant que les conditions climatiques sont favorables, les agriculteurs prélèveront la totalité de la semence dont ils ont besoin sur leurs propres réserves. Ainsi en 1996, qui s'est avérée une année relativement bonne, en moyenne 93 % de la semence totale plantée provenaient des stocks des agriculteurs (tableau VI). Ce comportement est général, il ne dépend ni de la zone agro-écologique ni de l'accessibilité du village.

Globalement, les systèmes parallèles d'approvisionnement en semences des villages fournissent la plus grande part de la semence totale plantée par les ménages ruraux indépendamment de la zone agro-écologique et de l'accessibilité à la route principale. A l'inverse, le secteur officiel contribue de façon négligeable à l'approvisionnement en semence. Les améliorations futures de la production de semence devraient viser les systèmes locaux d'approvisionnement en semence.

Qualité de la Semence de Petit Mil Produite par le Secteur Officiel des Semences ou prélevée sur les stocks des agriculteurs

Une semence de haute qualité d'après la définition du secteur officiel au Niger satisfait aux normes de l'Association internationale d'essais de semence (Inter-

Tableau VI. Classification des niveaux de stocks de semence de petit mil des ménages ruraux en fonction de la zone agro-écologique et de l'accessibilité à la route au Niger (1996-1997).

	Zone agroécologique, accessibilité à la route et année							
	LPG < à 75 jours				LPG> à 75 jours			
	Accès difficile		Accès facile		Accès difficile		Accès facile	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Nbre d'observations	27		30		124		115	
Pourcentage de semence en réserve								
Moins de 25	0,0	3,7	6,7	6,7	7,7	14,5	5,2	14,8
Entre 25 et 50	0,0	7,4	0,0	0,0	0,8	3,2	2,6	0,9
Entre 50 et 75	0,0	11,1	0,0	3,3	2,4	3,2	2,6	7,0
Entre 75 et 99	3,7	3,7	0,0	6,7	4,0	8,1	2,6	5,2
Plus de 100	96,3	74,1	93,3	83,3	83,9	71,0	87,0	72,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

national Seed Testing Association - ISTA), à savoir : un pourcentage élevé de germination (97-98 %), une faible teneur en eau (12 %) et un haut niveau de pureté physique (98 %). De plus, la pureté génétique doit être environ de 98 % d'après les inspections au champ. Dans le secteur parallèle, les caractères observables du grain tels que la teneur en matériaux inertes, l'uniformité de la couleur, l'uniformité et la grande taille du grain, sa forme, sa texture et les faibles dégâts dus aux insectes/maladies sont les principaux critères de qualité retenus par les agriculteurs. Les agriculteurs n'ont pas souligné le bon taux de germination comme l'un des principaux critères de qualité de la semence, peut-être parce qu'ils rencontrent peu de problèmes de germination. Bien qu'il puisse s'agir d'une norme importante dans le secteur parallèle, personne ne la considère comme un problème. Les critères de qualité reconnus par les agriculteurs sont différents de ceux que les sélectionneurs appliquent. Les agriculteurs ne se préoccupent pas nécessairement des caractères génétiques de pureté et de germination que le secteur officiel souligne.

Pendant la période d'existence des projets semenciers (1975-1993), la qualité des semences était faible. De nombreuses plaintes relatives à la mauvaise qualité des semences ont été portées par les ONG, les directeurs des projets de développement rural et les agriculteurs. « Le personnel qualifié a effectué peu de visites en vue d'inspecter les conditions de production de la semence. Souvent les agriculteurs n'ont pas respecté les distances d'isolement vis-à-vis des autres champs nécessaires au maintien de la pureté du grain produit pour la semence » (Couvillon, 1985). A la fin du projet, la totalité du personnel de contrôle de qualité est parti des unités de production de semence, faute de crédit et d'encouragement. C'est pourquoi pendant les cinq dernières années, aucun contrôle de la qualité n'a été assuré par la SPU. Le résultat est que les ONG, les projets de développement rural et les agriculteurs qui ont acheté de la semence certifiée se sont plaints du pauvre taux de germination et qu'ils hésitent maintenant à acheter de la semence auprès des organisations publiques de semence. Même à Lossa, où la semence de base est produite, le taux de germination est faible, de 70 pour cent en moyenne, bien en dessous des normes de l'ISTA. Les systèmes officiels de semence sont incapables de satisfaire aux normes établies per l'ISTA et il est peu probable qu'ils pourront jamais contribuer de façon significative à la qualité des semences compte tenu des perpétuelles limites budgétaires.

Par contre, les systèmes semenciers villageois offrent aux utilisateurs des semences de haute qualité satisfaisant à leurs normes. Les tests de laboratoire indiquent que, conformément à leurs propres normes, les réserves de semence des agriculteurs présentent des taux de germination et des teneurs en eau acceptables et que l'incidence des maladies fongiques transmises par la semence est faible. Ces résultats s'appliquent aux stocks de semence de petit mil des agriculteurs. Des tests individuels de la viabilité de la semence de petit mil des agriculteurs ont donné des taux de germination compris entre 71 et 98 % avec un taux moyen de 88 %. Cinquante des lots de semence présentaient plus de 87,5 pour cent de germination. Ce taux de germina-

tion ne variait pas en fonction de la zone agro-écologique et de l'accessibilité mais des différences dans la teneur en eau des semences ont été observées suivant la zone agro-écologique. La teneur en eau variait entre 7 et 17 % pour une moyenne de 9 %. Seulement 10 pour cent des lots de semence contenaient plus de 12 % d'eau. Ces taux étaient plus élevés dans les zones à climat relativement plus humide (LGP supérieure à 75 jours) mais restaient à un niveau acceptable de sorte que la germination n'était pas affectée. Ces résultats peuvent expliquer pourquoi les agriculteurs ne perçoivent pas la germination comme un problème : pour eux elle n'est pas un problème majeur. De plus, au taux actuel élevé de 10 kg de semence à l'hectare appliqué en moyenne par les agriculteurs, il est peu probable qu'ils aient à faire face à des problèmes de germination (Ndjeunga, 1998).

Stockage de la semence de petit mil

En raison du caractère périssable des semences en tant qu'organismes vivants et du caractère saisonnier de la production et de l'utilisation des semences, le stockage de la semence a un rôle très important. Le stockage de la semence est entrepris pour plusieurs raisons et prend plusieurs formes dont le stockage à long terme de la semence améliorée et des autres catégories de semence, le maintien des variétés et la constitution de réserves de sécurité surtout utiles en période de sécheresse. Un stockage dans de mauvaises conditions est souvent associé à une mauvaise qualité de la semence. La présente section analyse l'efficacité relative des systèmes semenciers en termes de stockage des semences et de capacité à maintenir et gérer des réserves de semences à des fins de sécurité.

Les unités publiques officielles de production de semence sont toutes équipées d'installations de stockage de grande taille. Un examen de ces installations a révélé qu'elles étaient mal ventilées, ce qui exposait les semences à toute une série de maladies et d'ennemis potentiels. Cette ventilation inadéquate explique quant à elle la mauvaise qualité des semences signalée par les agriculteurs, les ONG et les directeurs des projets de développement rural. Pour leur part, les agriculteurs conservent leur grain dans des greniers bien ventilés. La semence de petit mil est souvent stockée sous la forme de panicules isolées ou en vrac et rarement sous forme de grains et reste toujours hors de portée immédiate des gens, étant souvent placée sur le niveau inférieur du grenier. Ces greniers sont séparés des habitations afin d'éviter les risques d'incendies. D'autres techniques de stockage telles que celles utilisant de la cendre, des écorces d'arbres ou des feuilles n'ont pas été rencontrées. La durée moyenne du stockage est de 7 mois ce qui correspond à l'intervalle de temps séparant la récolte des semis suivants. On a rencontré quelques rares agriculteurs qui stockaient leur semence pendant plus d'un an. Le grand risque associé à l'utilisation de semences obtenues à l'extérieur (non prélevées sur ses propres stocks), suite à des échanges avec des amis ou des parents ou des achats sur les marchés villageois, incite fortement les agriculteurs à stocker leur propre semence. Manquer de conserver des stocks de semence traduit l'incapacité de l'agriculteur à maintenir et gérer ses stocks de semence. C'est pourquoi des

investissements sous forme de formation des agriculteurs à mieux conserver leur semence peuvent s'avérer nécessaires (Ndjeunga, 1998).

Réserves de sécurité de semence de petit mil

En 1996 et 1997, les estimations nationales chiffraient à 20 % et 39 % les villages qui manquaient de grains céréaliers. Les villages souffrant d'une pénurie de grains céréaliers sont considérés comme manquer *de facto* de semence pour les semis. Il n'existe pas d'estimation réelle des pénuries en semence, il s'agit plutôt de déductions dérivées de la pénurie de céréales. Pour le gouvernement, un village qui manque de grains céréaliers manque automatiquement de semence céréalière. Les manques en grain de petit mil ont été estimés respectivement à 6.000 et 12.000 tonnes en 1996 et 1997, 60 % de ces valeurs chiffrées représentant la pénurie en semence (MAG/EL, 1998a). Ces chiffres sont largement surestimés compte tenu des besoins potentiels actuels en semence de petit mil d'environ 17.000 tonnes. Il est probable que le grain fourni aux agriculteurs par les programmes de secours en cas de sécheresse est simplement consommé en tant que tel.

En opposition totale, les résultats de l'enquête indiquent que très peu de villages manquaient complètement de semence. Dans l'enquête, seulement un village Garbey Gommande a déclaré manquer complètement de semence en raison des très mauvais rendements. En 1997, les résultats de l'enquête indiquent que 27 pour cent des ménages ruraux possédaient des stocks de semence inférieurs à leurs besoins en semence (tableau VI). Paradoxalement, une forte proportion des ménages ruraux manquant de semence se trouvait dans des environnements favorables. Les agriculteurs dans les zones défavorables ont tendance à conserver des semences en réserve même en quantités très limitées de peur de perdre du germplasme adapté à leurs conditions difficiles. Les résultats de l'enquête indiquent que respectivement 3 % des ménages ruraux en zones sujettes à la sécheresse et 12 % dans les zones plus favorables n'ont conservé aucun stock de semence. Aucune différence significative n'a été observée au niveau de la mise en réserve de semence par les ménages ruraux en fonction de la zone agro-écologique et de l'accessibilité. Les pénuries de semence ont été adéquatement résolues grâce aux échanges entre amis, parents ou aux achats sur les marchés locaux de village. Il ne semble pas qu'il y ait de problème majeur de résolution des pénuries de semence par le système parallèle. Toutefois, il peut s'avérer nécessaire d'investir dans la formation des agriculteurs aux meilleures méthodes de stockage et de sélection des semences.

Distribution de la semence de petit mil

La distribution des semences est un processus à aspects multiples incluant les déplacements et la manipulation physiques de la semence ainsi que l'échange réel de semence contre de l'argent entre les producteurs, les commerçants et les agriculteurs. Elle nécessite plusieurs fonctions différentes qui sont toutefois étroitement liées à savoir : les opérations physiques de logistique (manutention,

transport), la recherche de marchés, les activités de promotion, les opérations de vente et d'achat associées à la vente en gros et au détail et leurs fonctions apparentées de financement et d'acceptation du risque. La distribution de semence peut s'avérer très onéreuse dans les environnements où les agriculteurs sont dispersés et habitent des régions difficiles d'accès. Les unités de production de semence au Niger ont rencontré de nombreuses difficultés au niveau de la distribution à des agriculteurs essentiellement dispersés dans les régions d'accès difficile. Moins de 30% de la semence totale produite a été effectivement plantée.

A l'inverse, le système villageois d'approvisionnement local en semence de petit mil assure de façon efficace la fourniture de la semence aux utilisateurs. Les résultats de l'enquête montrent qu'environ 41 pour cent des agriculteurs interrogés fournissent de la semence aux autres agriculteurs tandis que 19 pour cent en acquièrent et que 40 pour cent ne sont ni fournisseurs ni acquéreurs de semence. Aucune relation n'a été observée entre les fournisseurs/acquéreurs de semence et les zones agro-écologiques ou l'accessibilité. En moyenne un producteur de semence produit 2.194 kg de grain pour des besoins de 1.420 kg par les acquéreurs de semence (Ndjeunga, 1998). Ces agriculteurs devraient être recherchés et aidés en vue d'assurer la distribution de la semence.

Les échanges de semence sur les marchés villageois sont souples et consistent essentiellement en des échanges contre de l'argent, un peu de troc et quelques dons gratuits indépendamment de la zone agro-écologique ou de l'accessibilité. En 1997, 50 pour cent des graines étaient échangés dans la communauté rurale contre de l'argent tandis que 30 pour cent des échanges représentaient des dons gratuits et que le reste des échanges consistait en du troc. Des résultats similaires ont été observés en 1996. Les échanges contre de l'argent sont plus courants dans les communautés de grande taille. En raison du manque de communication entre les ménages habitant les grandes régions densément peuplées, les agriculteurs peuvent ne pas être au courant des réserves de semence possédées par les uns et les autres. Ce problème est beaucoup plus léger dans les communautés de plus petite taille composées d'agriculteurs liés par des relations familiales qui se rencontrent fréquemment et qui partagent les risques. Les dons prennent place dans les environnements favorables où plus d'agriculteurs possèdent de larges stocks de semence. Les résultats de l'enquête révèlent que 97 pour cent des dons de semence se produisent dans les environnements plus favorables. Le troc est moins commun. Le niveau des obligations réciproques qui accompagnent ce type d'échange nécessite une étude plus approfondie. Les résultats préliminaires suggèrent que les agriculteurs souvent échangent de la semence de différentes variétés.

La quantité moyenne de semence échangée dépend du type de l'échange et de la zone agro-écologique. Les échanges contre de l'argent intéressent en moyenne 28 kg contre 7 kg pour les dons et 8 kg pour le troc. Dans les environnements défavorables, les résultats des enquêtes de 1997 et 1996 révèlent qu'il n'y a eu aucun échange sous forme de don ou de troc. Les

agriculteurs parcourent en moyenne 11 km pour s'approvisionner en semence. Les distances parcourues pour les échanges sous forme de troc et de don ont été estimées respectivement à 0,625 km et 0 km.

La chaîne semencière pour le petit mil tourne autour du grain puisque de nombreux agriculteurs achètent du grain de haute qualité sur les marchés villageois pour l'utiliser comme semence. L'échange de semence entre agriculteurs reste toutefois la principale chaîne de distribution suivie par les échanges entre agriculteurs et négociants en grain. En raison de l'offre insuffisante représentée par la production nationale, l'importation de grain à partir de pays voisins tels que le Nigeria et le Mali via le Burkina Fasso est très active. En général, le grain passe par quatre réseaux de distribution centrés sur Niamey, Maradi et Zinder. De gros fournisseurs nigérians offrent du grain à Maradi qui alors complète la production nationale et approvisionne Tahoua, Arlit et Niamey. Ces gros fournisseurs nigérians offrent leur grain aussi à Zinder qui approvisionne alors en grain Agadez, Tanout et Diffa. Du grain de petit mil est aussi directement fourni à Niamey par le Mali et le Nigeria. Le grain importé est uniquement utilisé pour l'alimentation. Les agriculteurs affirment que ce grain est de mauvaise qualité et pas bien adapté aux conditions environnementales de leur région agro-écologique. C'est pourquoi le grain acheté en tant que semence est un produit national. Il correspond à des variétés bien connues. Les négociants en grain de Niamey différencient le grain importé du grain national. Il existe souvent une marge de 10 cfa par kg entre le grain produit dans le pays et le grain importé. Les agriculteurs comme les négociants en grain pourraient servir de distributeurs de semence.

Prix de la semence et coût de la production de la semence de petit mil

La détermination du prix de la semence est un élément important de la commercialisation de cette semence qui avec le coût de production de la semence détermine la durabilité des activités de multiplication et distribution de la semence. Pour que la multiplication et la distribution de la semence soient soutenables, il faut que le prix moyen de vente soit plus élevé que le coût moyen de production. La détermination du prix dépend du type du produit. Pour les variétés ou les variétés populations, le prix de la semence ne peut pas être plus élevé que le prix du grain puisque celui-ci constitue un parfait remplacement de la semence. Dans cette étude, la marge bénéficiaire en excès du coût de production servira de critère d'estimation de l'efficacité financière des systèmes semenciers. La comparaison du prix de la semence par rapport au prix du grain servira aussi à évaluer la demande potentielle en semence par les agriculteurs.

Pendant et après la période d'activité des projets semenciers, les unités de production de semence ont fonctionné avec des pertes sévères si l'on tient compte de la dépréciation des ressources à long terme reçues par le projet de Recherche Céréalière au Niger (tableau III). Entre 1985 et 1988, le coût moyen de la production de semence certifiée de variétés améliorées de petit mil par une SPU était estimé à 1.720 cfa/kg, alors que la

semence était vendue aux agriculteurs au prix de 100 cfa/kg soit moins que le prix moyen du grain de 130 cfa/kg sur les marchés locaux (Rachmeler, 1991). En 1996, le coût moyen de la production de semence variait d'après les estimations entre 305 cfa/kg à Kourougoussao et 1.633 cfa/kg in Lossa. Ainsi donc, la semence était fortement subventionnée quant à son prix de vente qui variait entre 130 cfa/ha à Magaria et 250 cfa/ha à Lossa. Afin de pouvoir durer financièrement, les unités de production de semence doivent pouvoir vendre la semence à un prix de 6 à 8 fois le prix moyen du grain suivant la SPU (tableau VII). Avec les prix de vente précédents, les marges bénéficiaires (prix de vente moins le coût moyen de la production) par rapport au coût de production par kg de semence vendu par les unités de production de semence sont toutes négatives et comprises entre -0.49 et -0.90. Ceci signifie que pour chaque dollar investi dans la production de semence, les unités de production de semence encourent en moyenne des pertes comprises entre 50 et 90 centimes. Par conséquent ce système ne peut pas durer. Mais si la dépréciation sur les ressources à long terme reçues du projet NCR n'est pas prise en compte, en supposant que les systèmes de multiplication de semence actuels n'ont pas besoin de cette lourde infrastructure, les SPU pourraient s'avérer profitables, les profits étant estimés à 14 cfa/kg. Ces profits sont réalisés parce que les agriculteurs sont entièrement responsables de la production de semence et en assument tous les risques ainsi que ceux de la distribution. Les unités de production de semence ne sont que de simples négociants en semence qui achètent la semence en fonction de la demande déclarée par les ONG, les projets de développement rural et les agriculteurs. Les unités de multiplication de semence n'effectuent aucun contrôle de la qualité et n'encourent pas de dépenses importantes de transport puisque la semence est fournie aux centres de production de semence ou aux services régionaux de l'agriculture. Ces exemples témoignent que les agriculteurs pourraient avec l'encadrement adéquat assurer eux-mêmes la production de la semence. Le rôle actuel d'intermédiaire joué par les SPU pourrait également être assuré par les agriculteurs les plus profitables ou groupes d'agriculteurs qui seraient encadrés et chargés de la multiplication et de la distribution des semences.

Rôles corrects des secteurs semenciers officiel et parallèle

Les systèmes officiels d'approvisionnement en semence de petit mil ne sont pas des sources fiables d'approvisionnement en semence ; ils offrent peu

Tableau VII. Prix de la semence et du grain de petit mil pour les unités de production de semence au Niger en 1996

Prix (cfa/kg)[1]	Lossa[2]	Kourougoussao	Guéchémé	Magaria
Semence	250	150	175	130
Grain	157	97	131	151
Marges	93[59%]	53[52%]	44[34%]	-21[-14%]

[1] prix nominal du grain à la consommation à la période des semis sur le marché voisin le plus proche (moyenne sur juin & juillet)
[2] production de la semence de base et de la semence certifiée par les autres centres
Source : unités de production de semence et SIM OPVN (1998)

362

d'accès aux variétés améliorées et ont des coûts de fonctionnement très élevés. C'est pourquoi il est peu probable qu'ils s'avèrent un jour financièrement et économiquement soutenables. Les systèmes officiels assurent aussi bien que les systèmes locaux de village le développement et le maintien des variétés, offrent les variétés à un prix comparable à celui des variétés locales mais sont déficients par rapport aux systèmes locaux pour toutes les autres activités (tableau VIII). A l'opposé, les systèmes semenciers locaux de village fonctionnent relativement bien au Niger. Ils assurent de façon satisfaisante la fourniture de la semence aux utilisateurs, le maintien et la diffusion des variétés, la distribution de la semence à un coût relativement faible et le maintien de niveaux acceptables de viabilité, pureté et de santé pour les semences. Il n'y a donc aucune raison de penser que le problème de la qualité de la semence de petit mil est structurel. Dans l'ensemble, les systèmes semenciers officiels ne contribuent que peu aux systèmes semenciers globaux. Mais le système parallèle est lui aussi incapable de répondre aux besoins imprévus en semence. Des moyens de satisfaire à ces besoins imprévus devraient être développés dans le cadre des systèmes locaux d'approvisionnement en semence des villages.

Les systèmes locaux villageois présentent un certain nombre d'atouts qui peuvent être utilisés pour résoudre les besoins imprévus en semence. Un grand nombre de variétés facilement accessibles aux agriculteurs sont disponibles à faible coût. La qualité de la semence stockée par les agriculteurs est acceptable. Les systèmes semenciers locaux de village sont dotés de producteurs de semence potentiels à savoir les gros exploitants agricoles qui pourraient être encouragés et encadrés de façon à assurer la multiplication de semence à petite échelle. Même si cette activité n'est pas économique profitable pour eux, elle leur confère un certain statut social. Une large part des investissements dans les systèmes semenciers devraient viser le développement des systèmes locaux d'approvisionnement en semence des villages.

Cette situation pourrait changer si toutes les nouvelles variétés ou les hybrides qui ont des rendements

Tableau VIII. Evaluation de la performance actuelle des fonctions assurées par le secteur officiel et le secteur parallèle de l'approvisionnement en semence de petit mil au Niger.

	Secteur semencier	
Fonctions	Officiel	Parallèle
Développement/sélection variétale	bonne	faible
Conservation des variétés	bonne	modérée
Transfert/diffusion des variétés	faible	bonne
Quantité de semence fournie	faible	bonne
Qualité de la semence (taux de germination)	modérée	modérée
Stockage de la semence	faible	modérée
Promotion/distribution de la semence	faible	bonne
Stocks de semence de sécurité	faible	modérée
Coût de la production de semence	faible	bonne

significativement plus élevés que les variétés courantes ou locales devenaient disponibles sur le marché. Alors le rôle des systèmes semenciers officiels pourrait être limité à celui de fournisseur de la semence de prébase aux agriculteurs compétents, groupes d'agriculteurs ou coopératives afin qu'ils produisent les autres types de semence (de base, inscrite, certifiée) et à faciliter les interactions entre les agriculteurs, les instituts de recherche, les projets de développement rural et les ONG. Ceci nécessitera des investissements supplémentaires sous forme de formation des agriculteurs compétents et groupes d'agriculteurs aux techniques de production de semence, par l'intermédiaire des ONG ou des organisations locales bien établies.

Bibliographie

Couvillon, W.C. (1985). Etude économique du programme de multiplication des semences au Niger: Consultancy Report. Niamey, Niger: United States Agency for International Development Department.

Cromwell, E. (1996). Governments, Farmers and Seeds in a Changing Africa. Overseas Development Institute. CAN International, Wallingford. Oxon OX 10 8DE UK.

INRAN (1994). Catalogue Nigérien des Variétés de Céréales et de Légumineuses. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Edition, 1994.

Mazzucato, V. and S. Ly. (1993). An economic Analysis of Research and Technology transfer of Millet, Sorghum and Cowpeas in Niger". Discussion Paper No 93-06 ISNAR.

Ndjeunga, J. (1997). Constraints to variety release, seed multiplication and distribution of sorghum, pearl millet and groundnut in Western and Central Africa. Pages 34–46 *in* Alternatives strategies for smallholder and seed supply proceedings of an International Conference on Options for Strengthening national and Regional Seed Systems in Africa and West Asia, 10-14 Mar 1997, Harare, Zimbabwe (Rohrbach, D.D., Bishaw, Z., and van Gastel, A.J.G., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Ndjeunga, J. (1998). Local village seed systems and pearl millet seed quality in Niger. Unpublished Report. ICRISAT Niamey.

Rachmeler, D. (1991). Les semences au Niger: une nouvelle orientation politique. Unpublished Report. Republic of Niger.

Rohrbach, *et al.* (eds) (1997). Alternative strategies for smallholder and seed supply. Proceedings of an International Conference on Options for Strengthening National and Regional Seed Systems in Africa and West Asia, 10-14 Mar 1997, Harare, Zimbabwe (Rohrbach, D.D., Bishaw, Z., and van Gastel, A.J.G., eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

SIM OPVN (1998). Annuaire des Prix des Céréales au Niger. Système d' Information sur les Marchés Céréaliers. Office des Produits Vivriers du Niger. République du Niger. Avec la Collaboration du Projet Diaper III CILSS.

Tassiou, A (1996). Contribution à l'Atelier de réflexion sur la Problématique Semencière. ROCAFREMI WCAMRN.

366

Présentation de la recherche sur le sorgho hybride au Niger

Issoufou Kapran, Moussa Adamou, Gebisa Ejeta et John D. Axtell,

Introduction

Le sorgho est après le mil la seconde plus importante production vivrière au Niger. Il est cultivé dans les régions agricoles de culture sous pluie recevant environ 400-800 mm de précipitation par an. La superficie annuelle emblavée en sorgho est passée de moins de 500.000 hectares en 1961 à deux millions d'hectares en 1996. Mais dans le même temps le rendement annuel moyen a lui décliné passant de 0,6 t/ha en 1961 à 0,2 t/ha en 1996 (FAO/SMIAR, 1997). Dans un pays où seulement 12% des terres conviennent à la culture sous pluie, la mise en culture de terres marginales avec une fertilité décroissante et l'emploi généralisé de cultivars locaux à faible rendement sont les causes majeures de cette faible productivité agricole.

Il est généralement reconnu qu'une augmentation des rendements constitue le meilleur moyen de satisfaire l'accroissement de la demande pour les denrées alimentaires dans les pays en voie de développement (Pinstrup–Andersen et Pandya–Lorch, 1995). Les hybrides exploitent le phénomène d'hétérosis en donnant des rendements plus élevés que les variétés en fécondation libre, même en conditions de stress. L'adoption des hybrides serait aussi favorable à l'environnement puisque une productivité élevée et stable pourrait limiter l'utilisation, née du désespoir, des terres marginales (Kapran et al, 1995).

L'Institut de Recherches Agricoles Tropicales et des cultures vivrières (IRAT), un organisme de recherche français, a initié l'amélioration des plantes au Niger. A l'heure actuelle, la responsabilité de la recherche agronomique au Niger incombe à l'Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN) créé en 1975. L'INRAN a pour mandat global de contribuer à l'autosuffisance alimentaire nationale en assurant l'amélioration génétique de plantes telles que le sorgho et le mil. Les objectifs de la sélection du sorgho comprennent le développement et la mise sur le marché de génotypes à rendements élevés et stables, résistants aux stress biotiques et abiotiques et présentant une bonne qualité alimentaire. Au cours des années 1980, les sélectionneurs de sorgho de l'INRAN en collaboration avec le Programme International sur le Sorgho et le Mil (INTSORMIL) ont ajouté les essais d'hybrides à leur programme de sélection de cultivars améliorés. L'utilisation de l'hétérosis a paru coïncider avec le mandat de l'INRAN. La recherche sur les hybrides de sorgho au Niger a progressé et est en passe de perdre son statut d'activité expérimentale et de devenir une affaire commerciale privée. L'objet de ce document est de présenter les progrès réalisés en matière de sélection de sorgho

hybride au Niger, y compris le travail initial de l'IRAT, l'évaluation des hybrides expérimentaux par l'INRAN et les efforts réalisés par l'INRAN pour promouvoir la production et la commercialisation de semence hybride dans le secteur privé. L'expérience a montré dans d'autres pays que les hybrides avaient le potentiel de moderniser le secteur agricole d'un pays.

Amélioration du sorgho par l'IRAT

Pendant les années 50 et 60, l'accent a été mis sur la sélection et/ou l'introduction de variétés en fécondation libre. Initialement, des variétés populations locales ont été rassemblées et évaluées sur plusieurs stations de recherche. Après un programme de sélection massale, quelques-unes des variétés populations locales les mieux adaptées, y compris BDF, JanJaré et Bagoba ont été remises à la disposition des agriculteurs. Quelques-unes des variétés populations locales ont aussi été croisées avec des types exotiques dans un programme de sélection généalogique qui a résulté dans la production de variétés améliorées telles que L30 (137-62 × JanJaré) mise sur le marché en 1974. Bien que les hybrides commerciaux de sorgho aient été introduits, mis en essais et trouvés supérieurs aux variétés en fécondation libre par l'IRAT, ils ont été rejetés du fait de problèmes de qualité du grain et qu'ils étaient perçus comme dépendant excessivement des intrants (Chantereau et Adamou, 1977).

Evaluation des hybrides expérimentaux de sorgho par l'INRAN/INTSORMIL

Avec la mise en place de la collaboration entre l'INRAN et l'INTSORMIL, le programme d'amélioration du sorgho au Niger a eu accès au germplasme et aux acquis des autres régions du globe. Les hybrides de sorgho ont été produits à partir de croisements entre des pollinisateurs adaptés (lignées R) et des parents femelles (lignées A) d'origines diverses fournis essentiellement par le programme sorgho de INTSORMIL/ Purdue University. L'objectif était d'évaluer la supériorité des cultivars hybrides de sorgho dans les conditions de culture marginales prévalant à travers une grande part du Niger (Kapran et al. 1997).

Approche

A partir de 1983, des hybrides expérimentaux de sorgho ont été mis en essais sur plusieurs stations de recherche de l'INRAN. Les essais sont devenus beaucoup plus systématiques dans le cadre de deux projets de recherche de thèse de Master (M.S.) supervisés par INTSORMIL (Kapran, 1988 ; Tyler, 1988). Les hybrides sélectionnés sont graduellement passés des essais d'observations aux essais de rendement en champ sur plusieurs sites du Niger. Les meilleurs hybrides ont aussi été évalués dans l'essai ouest africain d'adaptation des hybrides de sorgho (WASHAT). Le croisement simple entre TX623A et MR732, nommé plus tard NAD-1, est apparu comme le plus prometteur d'après l'ensemble de toutes les données rassemblées au cours des

Tableau 1. Rendements des hybrides de sorgho sur les stations expérimentales au Niger.

Année	Hybrides en essai (nombre)	Rendement en grain: Moyenne de l'essai t ha^{-1}	Meilleur hybride t ha^{-1}	Variété locale t ha^{-1}
1984	22	2,3	5,6	–
1985	17	–	4,0	–
1986	149	2,5	2,7	1,1
1987	147	2,6	5,5	3,2
1988	81	1,9	4,9	2,7
1989	67	2,8	6,5	3,8
1990	49	2,4	5,0	3,0
1991	78	1,8	2,0	1,0
1992	88	1,9	4,6	–

Source: Rapports annuels de la sélection du sorgho à l'INRAN, 1984-92.

années sur les stations de recherche et en exploitation.

Résultats

Le tableau 1 résume les analyses annuelles de données publiées par les sélectionneurs de sorgho de l'INRAN. Les rendements des hybrides expérimentaux avoisinent en moyenne 2 tonnes/ha. Les meilleurs hybrides ont produit jusqu'à 6,5 tonnes/ha tandis que les meilleures variétés témoins n'ont jamais produit plus de 3,8 tonnes/ha. Ces résultats confirment ceux de deux thèses de Master effectuées à l'Université de Purdue et ont établi la fiabilité de la recherche sur le sorgho hybride au Niger. Kapran (1988) a rapporté des valeurs d'hétérosis de 45 % en culture irriguée et de 66 % en culture sous pluie au Niger. Dans ces mêmes essais, les hybrides ont aussi surpassé le rendement des témoins locaux de 61 % sous irrigation et de 49 % en culture sous pluie. Tyler (1988) a observé que les hybrides dont les parents étaient respectivement classés comme exotiques, intermédiaires ou locaux avaient en moyenne des rendements de 127 %, 83 % et 66 % plus élevés que leurs parents respectifs. Ainsi, les résultats de ces deux thèses initiales et ceux des essais nationaux ultérieurs réalisés dans le cadre de la collaboration entre l'INRAN et l'INTSORMIL, ont indépendamment démontré la valeur agronomique de l'hétérosis pour l'agriculture au Niger.

NAD-1, un hybride de maturité moyenne et à graines blanches présentant une bonne tolérance à la sécheresse de milieu de saison est apparu aux sélectionneurs comme aux agriculteurs comme le meilleur cultivar. Dans les essais nationaux, son rendement moyen était de 3,1 tonnes/ha entre 1986 et 1992. Dans l'essai WASHAT de 1989 comptant 20 cultivars testés sur 9 sites répartis en Afrique Occidentale et Centrale, il s'est classé troisième pour le rendement en grain (ICRISAT/WASIP, 1989). Les premières estimations du rendement potentiel de NAD-1 en exploitation agricole ont été obtenues à partir de 1993 (tableau 2). Les moyennes varient entre 1,7 tonnes/ha et 3,3 tonnes/ha. En dépit de la sécheresse sévère, l'hybride s'est avéré supérieur à Mota Maradi (MM), une variété locale précoce largement cultivée. Les essais en exploitation

Tableau 2. Rendement de l'hybride NAD-1 en exploitation agricole au Niger.

Année Activité	Rendement en grain Variété locale t ha^{-1}	NAD-1 t ha^{-1}	% supériorité de NAD-1 sur variété locale t ha^{-1}
1993 démonstrations	–	2,4	–
1994 démonstrations	–	3,3	–
1995 essai en exploitation	1,0	1,6	60
1996 essai en exploitation (INRAN)	0,7	1,7	143
1996 essai en exploitation (ROCARS)	1,0	1,8	80
1997 essai en exploitationl	1,6	3,1	87

Source: Rapports annuels de la sélection du sorgho à l'INRAN,1993-97 , ROCARS 1997

agricole mis en place par le réseau sorgho régional (ROCARS) ont aussi montré que le rendement de NAD-1 était supérieur de 80 % à la moyenne des contrôles des exploitants. Ce type de performance en champ a engendré un profond intérêt de la part des exploitants agricoles pour NAD-1 au fil des années et a posé le problème de la production fiable de semence hybride afin de satisfaire la demande rapidement croissante.

Vers la commercialisation de la semence de sorgho hybride par le secteur privé

Production de semence expérimentale

A partir de 1989, la semence de NAD-1 a été produite régulièrement en champs isolés sur les stations de recherche de l'INRAN afin d'évaluer la faisabilité de la production commerciale de semence hybride au Niger. Les meilleurs sites et autres effets de l'environnement ainsi que l'importance de la gestion des champs sur la production de semence hybride de NAD–1 ont été soigneusement évalués. Au nombre des facteurs les plus cruciaux, on compte la disponibilité en eau d'irrigation pour une production de semence plus fiable, des sols hautement fertiles pour contrebalancer l'hétérogénéité pédologique fréquemment rencontrée et dans le cas de NAD–1, la nécessité d'échelonner les dates de semis en raison des dates de maturité différentes des lignées parentales. Il a été estimé qu'avec une bonne gestion jusqu'à 1,5 tonnes/ha de semence de NAD–1 pouvait être produite. Il a été démontré de manière répétée que la production de semence hybride est possible au Niger.

Initiation de la production de semence hybride dans le secteur privé

L'expérience acquise par les autres pays montre que le secteur privé est plus à même d'assurer la production d'une quantité adéquate de semence de qualité que le secteur public (L.R. House, 1995 ; communication personnelle). Disposer d'un hybride qui plaît aux agriculteurs et dont la semence peut être produite de façon fiable sont des éléments clés de la commercialisation des semences. En 1995, l'INRAN et l'INTSORMIL ont entrepris de faciliter de manière décisive la production et la commercialisation de semence de NAD-1 par les membres intéressés du secteur privé.

365

Puisqu'il n'existait aucune entreprise de semence locale intéressée dans le marché de la semence de céréales hybrides, il fut décidé de vendre la semence au prix moyen de huit fois le prix du grain soit 800 CFA. Vendre la semence et assurer un bénéfice encouragent la production privée tandis que les subventions gouvernementales visant à assurer la disponibilité en semence créent une situation dans laquelle le secteur privé n'est pas concurrentiel.

L'INRAN continue de collaborer avec l'INTSORMIL en termes de formation et d'assistance technique des nouveaux producteurs de semence. A mesure que ceux-ci deviendront confiants, l'INRAN abandonnera progressivement la production de semence commerciale. Les producteurs de semence novices seront encouragés à limiter leurs champs à 0,5 ha au plus en contrepartie de semence parentale de bonne qualité, de conseils de gestion des champs, de stockage de semence, etc. Un guide de la production de semence a été mis au point et utilisé en 1997 et 1998 afin de fournir une formation pratique aux producteurs de semence et à leurs techniciens. Ce guide fera l'objet d'une autre présentation au cours de cet atelier.

Le tableau 3 montre que la production de semence hybride a été modestement accrue et que les producteurs privés augmentent progressivement leur rôle dans la production. Quoique celle-ci reste très en deçà des besoins (tableau 3), la preuve a été faite de la possibilité d'une activité commerciale semencière. Sur la base d'un taux de semis de 10 kg/ha, le secteur privé aura à produire les 2.000 tonnes de semence qui seront nécessaires même si seulement 10 % des surfaces cultivées en sorgho sont emblavées en semence hybride. Ceci est d'autant plus vrai que le secteur public ne dispose que d'au plus 1.000 ha de bonnes terres pour la production de toutes les semences hybrides confondues.

Tableau 3. Production de semence de NAD-1 par le secteur public (INRAN) et privé au Niger et estimations des besoins totaux.

Année	Producteur	Quantité (kg) par producteur	Total (kg)
1995	INRAN	_700	700
	Privé	-rien	
1996	INRAN	_1,400	1.400
	Privé	négligeable	
1997	INRAN	_2.813	7.101
	Privé	4.288	
1998	INRAN	8.000	26.000
	Privé	19.000	
I.Superficie totale en sorgho en 1996 (hectares) 2.000.000	II. Semence totale nécessaire pour I. (kg) 20.000.000	III. Semence nécessaire pour 10% de la superficie en sorgho (kg) 2.000.000	IV. Superficie requise pour la production de semence pour III (Hectars)[1] 1333

1 Avec l'hypothèse d'un taux de semis de 10 kg/ha pour II; un rendement en semence de 1500 kg/ha pour IV.

Source: Sélection du sorgho à l'INRAN/INTSORMI, rapports de conseil 1998.

Conclusions et perspectives

La recherche sur les hybrides de sorgho au Niger a montré de façon définitive la supériorité agronomique des hybrides par rapport aux variétés en fécondation libre. En se fondant sur l'exemple de l'hybride NAD-1, l'INRAN et l'INTSORMIL collaborent désormais afin de faire de la production et de la commercialisation de la semence hybride une activité viable du secteur privé. Au cours des deux dernières années, des quantités plus larges que jamais de semence hybride ont été produites et facilement vendues au Niger. Ce phénomène devrait s'accélérer puisque d'une part les agriculteurs désirent acheter la semence, d'autre part le gouvernement souhaite se retirer de la production de semence et que les personnes privées sont intéressées par les investissements dans la production de semence.

Des point importants restent cependant à résoudre, y compris le besoin de capital pour aider les producteurs de semence à démarrer, le besoin d'équipement agricole pour améliorer la production et le conditionnement des semences et la nécessité d'adapter des techniques de commercialisation. En dernier mais pas par ordre d'importance, le contrôle de la qualité des semences doit être assuré d'une façon planifiée par le biais d'une législation sur les semences et d'un programme de certification des semences. Nous estimons cependant que pour le moment, le point le plus important est que la production parvienne à un niveau de croisière suffisant de sorte que les agriculteurs et les producteurs de semence profitent des progrès technologiques tels que NAD-1.

Bibliographie

Chantereau, J., et M. Adamou. 1977. Principaux résultats et orientation sur sorgho au Niger. Agronomie Tropicale xxx-3:299-303 FAO SMIAR. 1997. FAO, Rome, Italie

Kapran, I., M. Adamou, M. Abdou, S. Souley, N. Kondo, J.D. Axtell, G. Ejeta, et T. Tyler. 1997. Expression of heterosis and prospects for marketing of sorghum hybrids in Niger. Poster presented at the International Symposium on the Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. August 17-22, 1997. CIMMYT, Mexico D.F., Mexico

Kapran, I., J.D. Axtell, et G. Ejeta. 1995. Sorghum hybrids: a viable technology for sustaining Sahelian agriculture. Workshop on Technology Development and Transfer to improve Natural Resource Management in West Africa. Niamey, Niger, 18-22 September 1995

Kapran, I. 1988. Evaluation of the agronomic performance and food quality characteristics of experimental sorghum hybrids in Niger, West Africa. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana

Pinstrup-Andersen P. et R. Pandya-Lorch. 1995. The future food and agricultural situation in developing countries and the role of research and training. Twenty-first J. C. Snyder Memorial lecture in Agricultural Economics, Purdue University, Feb. 6, 1995

Tyler, T. A. 1988. Heterotic pattern and combining ability for agronomic and food grain quality traits in Exotic × Exotic, Exotic × Intermediate and Exotic × Local sorghum hybrids in Niger. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana

Expérience de production de semence de NAD-1 dans le périmètre irrigué de Djirataoua, région de Maradi au Niger

Laouali Dogo et Oumarou Issa

Généralités

Nous commençons par une brève description du périmètre irrigué de Djirataoua (IP). L'aménagement se situe à une dizaine de kilomètres au sud de Maradi et à environ 700 km à l'est de Niamey. Il a été réalisé dans la partie centrale fertile de la plaine du Goulbi Maradi sous financement du projet antérieur de Développement Rural du Maradi (1982). Cet aménagement couvre une superficie nette irrigable de 512 ha sur les 7300 ha initialement marqués pour le développement. L'eau est pompée électriquement à partir de puits profonds de 10 à 35 m de profondeur. Quarante des 43 puits initiaux sont encore utilisés. L'eau est amenée aux parcelles grâce à des canaux en ciment. Les sols sont sableux, plats et faciles à drainer. Une digue argileuse longue de 2400 m protège le périmètre irrigué des crues du fleuve. L'objectif primordial du périmètre irrigué est d'aider les communautés rurales à parvenir à l'autosuffisance alimentaire grâce à l'intensification des cultures. On estime que 876 chefs de familles possèdent une parcelle dans ce périmètre c'est-à-dire que plus de 10.000 personnes en vivent. La superficie exploitée par agriculteur est en moyenne de 0,32 ha. Le périmètre est exploité toute l'année avec deux campagnes principales. Pendant la saison des pluies (de mai à septembre), on cultive le sorgho (50 %), le mil (2 %), le maïs (0,5 %), le piment (15 %), la tomate (5%), le coton (25%) et autres cultures (2%). Pendant la saison sèche (novembre à mars), on cultive le blé (68 %), les oignons (15 %), les poivrons et les piments (15 %), la tomate (3 %) et autres cultures (2 %). Le profit monétaire net que tirent les producteurs des seules cultures de rente (coton, oignon, piment, tomate, blé et les autres cultures) sur cet aménagement est estimé à 200 millions CFA.

Les cultures vivrières telles que le sorgho, donnent des rendements moyens de 2,55 t/ha pour les cultivars locaux, 3,1 t/ha pour les variétés améliorées et 4,7 t/ha pour NAD-1 (cultivé sur des parcelles à part entière depuis 1997).

Expérience de production de semence de NAD-1 à Djirataoua

Intervention INRAN/INTSORMIL: en 1995, après plusieurs démonstrations du cultivar NAD-1 sur le périmètre, l'INRAN et l'INTSORMIL ont lancé une nouvelle stratégie de transfert de technologie : la production de semence hybride par les agriculteurs eux-mêmes. Ces agriculteurs avaient sous contrat la responsabilité de produire de la semence pour l'INRAN pendant les deux campagnes de culture. Les agriculteurs recevaient en échange d'un soutien financier une assistance de la part du personnel de l'INRAN pour produire, moissonner, battre et mettre en sac la semence de

NAD-1 pour l'INRAN. Les agriculteurs conservaient toutefois le grain produit sur le parent mâle. Ce marché a été conclu en collaboration avec la direction de la coopérative. Le résultat le plus important de cette activité de production de semence est son échec pendant la saison sèche du fait d'attaques de chenilles et sa bonne réussite pendant la saison des pluies du fait essentiellement de la compétence des agriculteurs du périmètre irrigué de Djirataoua.

Projet semencier de l'ONAHA: il s'agit d'un projet dont l'objet est d'apporter une assistance technique et financière aux producteurs des périmètres irrigués. Ce projet financé par la coopération belge, dépend de l'ONAHA, l'agence gouvernementale qui gère les périmètres irrigués au Niger. Son objectif est d'augmenter le rendement des plus importantes cultures pratiquées sur les aménagements grâce à l'emploi de semences sélectionnées produites par les agriculteurs eux-mêmes. Des démonstrations de comparaison de rendement portant sur plusieurs cultivars améliorés dont NAD-1 ont été mises en place, tandis que deux agriculteurs étaient sélectionnés pour produire la semence. Après une journée porte ouverte très réussie, la semence de NAD-1 a été achetée par le projet pour être vendue aux autres agriculteurs.

Formation: en 1997, le projet semencier de l'ONAHA entrait en rapport avec l'INRAN/INTSORMIL afin d'organiser une session de formation sur les techniques de production de semence hybride. En 1998, une deuxième séance de formation était organisée par l'INRAN à laquelle ont été conviés les techniciens et les producteurs. Ces deux sessions de formation ont offert une expérience pratique de la gestion de la production de semence et du contrôle de la qualité au champ et pendant le stockage.

Choix des agriculteurs pour la production de semence: la direction de la coopérative, le personnel de l'ONAHA et les chefs de projets se sont réunis afin d'établir les critères de choix : les agriculteurs devaient avoir une expérience antérieure dans la production de semence et être prêts à apprendre et à travailler en équipe avec d'autres agriculteurs. Ils devaient avoir pour voisins des gens disponibles, bien organisés et ouverts aux nouveautés. Le premier agriculteur sélectionné fut M. Oumarou Issa ; il jouissait d'une certaine formation officielle, d'une certaine expérience dans la production de semence de blé et avait travaillé pour l'exploitation pilote. De plus, ses voisins étaient pour la plupart jeunes et dynamiques.

La production à proprement parler de semence de NAD-1: le champ choisi se trouvait au milieu des parcelles composant le « bloc » ; il était doté de sols homogènes, aplanis pour faciliter l'irrigation. Le champ a été nettoyé et a reçu des épandages de fumier (1,75 t/ha) et d'engrais NPK (156 kg/ha de 15-15-15). Le billonnage a été pratiqué après la première pluie ou la première irrigation. Les semis ont été échelonnés afin d'assurer une bonne synchronisation de la floraison des deux parents ; le parent femelle a été planté 7 à 8 jours plus tard que le parent mâle, celui-ci étant aussi planté suivant 5 rangs de bordure. Le semis a été réalisé en poquets, un démariage ramenant le nombre de plantes

par poquet pour le parent mâle à trois ; en raison d'une mauvaise levée, il a fallu transplanter le parent femelle, en démariant à 2 plantes les poquets et en transplantant la troisième plante. L'irrigation a été pratiquée selon les besoins. Le premier apport d'urée a été fait au stade jeune plantule, le second au stade montaison. Les plantes repiquées ont reçu d'autres apports d'urée parce qu'après un contrôle des ébauches florales les scientifiques de l'INRAN se sont aperçus que ces plantes étaient en retard dans leur développement. Les autres pratiques appliquées comprenaient secouer les épis de sorgho pour améliorer la dispersion du pollen, l'épuration des hors types dans les rangs mâles et des plantes mâle fertiles dans les rangs de parent femelle ainsi que le traitement contre la cécidomyie du sorgho avec CYPERCAL. A maturité, le mâle parent a été récolté en premier et les épis sortis du champ. Malheureusement, une pluie tardive s'est abattue sur les épis femelles avant leur récolte. Tous les épis récoltés ont été séchés au soleil pendant 5 jours avant d'être battus.

Considérations techniques: il était techniquement très important d'isoler les champs de production de semence des autres champs de sorgho. Tous les champs voisins ont donc été plantés avec le parent mâle de NAD-1. Ce parent mâle, MR732 est reconnu et accepté par tous les agriculteurs voisins comme une bonne variété de sorgho grain de bouche. Tous les conseils techniques en matière d'écartement, de démariage, d'apports d'engrais, d'épuration des hors types, de nettoyage et de stockage de la semence ont été suivis. Les rendements en semence préconisés par INRAN et INTSORMIL variaient entre 1,7 et 2,0 t/ha en conditions optimales de culture. Nos agriculteurs ont obtenu un rendement moyen de 2,4 t/ha. La production de semence a été financée par la direction de la coopérative, le projet semencier de l'ONAHA et les agriculteurs eux-mêmes. L'argent a servi à acheter les semences parentales auprès de l'INRAN, à préparer les sols, aux engrais, aux traitements et à la récolte, au conditionnement et au stockage de la semence. La coopérative a assuré toutes les opérations de conditionnement de la semence afin d'en garantir l'uniformité et la qualité. Les agriculteurs ont fait un profit de 350 Fcfa par kilo de semence hybride sur la base du prix du sorgho grain en 1997 après remboursement de leur investissement et compensation de leur travail. La coopérative a décidé de vendre toute la semence conditionnée au prix de 650 Fcfa par kilo de semence à tous ses membres. Au total, la coopérative a acheté 859 kilos de semence aux agriculteurs pour un coût de 304.150 Fcfa et après nettoyage a revendu 834 kilos de semence aux agriculteurs pour une recette de 542.100 Fcfa.

Perspectives d'avenir

Les résultats positifs de cette activité de production de semence comprennent les profits réalisés par les agriculteurs producteurs de cette semence ainsi que ceux de la communauté locale. Les deux producteurs ont réalisé un bénéfice monétaire net de 184.000 Fcfa et récolté 1,15 tonnes de grain sur le parent mâle pour la consommation alimentaire familiale ; de plus, ils ont obtenu une prime en paille puisqu'il est estimé que les deux lignées parentales auraient

produit environ 1,25 tonnes de paille. Les agriculteurs voisins se sont montrés très intéressés par l'apprentissage de nouvelles techniques et la réalisation d'un profit de sorte que chacune des quatre coopératives souhaiterait désormais avoir son propre « bloc » pour la production de semence. On peut donc conclure qu'il s'agit là d'un exemple réussi de transfert de technologie, puisqu'une bonne quantité de semence d'hybride NAD-1 a été effectivement produite par les agriculteurs sans problème majeur. Les principalement difficultés qui en majorité n'avaient pas été anticipées concernent la mauvaise levée du parent femelle, sa sensibilité à de nombreux ennemis d'où la nécessité de plusieurs traitements, les pluies tardives sur les grains mûrs non récoltés et des capacités limitées de séchage et de stockage.

On estime que l'allocation de terres à la production de semence hybride devrait passer de 0,8 ha actuellement à 2,56 ha voire à une superficie plus élevée compte tenu de l'accroissement de la demande pour la semence. Nous pouvons donc conclure que ce projet devrait être continué puisqu'il s'est avéré positif, que les producteurs le veulent, que le désir pour le transfert de technologie est présent et qu'un appui financier et technique est disponible. Compte tenu des possibilités d'irrigation et de la motivation humaine, il reste aux coopératives de Djirataoua à améliorer leurs équipements de séchage et de stockage des semences et à la recherche à résoudre le problème de la pigmentation rougeâtre du grain de NAD-1. Pour terminer, nous tenons à remercier infiniment toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à atteindre nos objectifs, notamment le projet semencier de l'ONAHA pour son appui technique et financier et l'INRAN/INTSORMIL pour son appui technique.

Le sorgho hybride en Afrique Occidentale

D.S.Murty

La culture de cultivars hybrides en Afrique Occidentale a commencé il y a environ dix avec le maïs. La recherche sur le sorgho hybride a démarré au début des années soixante-dix et aujourd'hui des hybrides de sorgho sont officiellement lancés sur les marchés au Nigeria et au Niger. Mais la production et la distribution à grande échelle de semence hybride est très à la traîne. Alors que l'infrastructure dans des pays comme le Nigeria est importante et pourrait satisfaire les besoins d'un secteur industriel des semences public/privé, elle est quasiment inexistante dans la plupart des pays francophones. Dans ce contexte, le présent atelier sur la production de semences hybrides de mil et de sorgho est pertinent et tombe à point nommé. La présentation suivante récapitule brièvement les progrès réalisés en matière de recherche, de production et de culture du sorgho hybride en Afrique Occidentale ainsi que les problèmes rencontrés.

Des recherches préliminaires au Nigeria ont montré que les rendements des hybrides de sorgho expérimentaux surpassaient de 40 % celui des variétés de contrôles (Andrews, 1975). Subséquemment quelques hybrides produits à partir de parents photosensibles ont été lancés par l'Institut de Recherches Agricoles (IAR), mais ils ne sont pas parvenus à la phase de production (Obilana, 1981). Au Sénégal, des hybrides précoces obtenus à partir de parents femelles américains ont produit des rendements > 6 t/ha sous irrigation et de 4,5 t/ha en culture sous pluie (Chantereau, 1983). Au Niger, Kapran (1988) et Tyler (1988) ont obtenu des résultats très encourageants avec des hybrides de sorgho sur tous les emplacements. La poursuite des efforts au Niger avec un hybride très prometteur, NAD-I (Tx 623A × MR 732), s'est traduite par son lancement réussi auprès des agriculteurs.

D'autres programmes nationaux en Afrique Occidentale, à savoir au Burkina Faso, Cameroun, en Côte d'Ivoire et au Mali ont manifesté un certain intérêt dans les hybrides de sorgho mais n'ont pu poursuivre dans cette voie faute de données scientifiques suffisantes et d'expérience. L'adéquation des hybrides à l'agriculture vivrière dans les systèmes de culture traditionnels de l'Afrique Occidentale a aussi été débattue. Le manque d'infrastructure organisée de production de semence, qu'elle soit publique ou privée, était et reste encore un facteur dissuasif majeur de tout essai avec des hybrides. En 1986 le Réseau Ouest et Centre Africain de Recherche sur le Sorgho (ROCARS) a autorisé l'ICRISAT à entreprendre la sélection d'hybrides de sorgho en coopération avec les programmes nationaux.

Dans les essais ouest-africains d'adaptation des hybrides de sorgho (WASHAT) réalisés entre 1986 -1995, sur 6 à 13 emplacements par an, le rendement des hybrides en tête de

classement était de 3,6 t/ha par comparaison à 2,6 t/ha pour les variétés précoces de contrôle. Chacune de ces années, les variétés locales qui en général étaient tardives présentaient les plus faibles rendements. Le rendement en grain des meilleurs hybrides en essais individuels atteignait 6 t/ha certaines années. Les régressions des données de tous les emplacements par année montrent que les hybrides sélectionnés maintiennent leur supériorité en rendement dans tous les environnements (conditions de haut et bas rendement) et toutes les années. Les paramètres de stabilité des hybrides pour le rendement en grain étaient en général égaux à 1 ou parfois >1, indiquant que les hybrides répondaient positivement à une amélioration des environnements de production.

La recherche agronomique à l'ICRISAT à Kano au Nigeria, a montré qu'un hybride précoce était supérieur à toutes les races locales pour le rendement en grain quelle que soit la date de semis. La supériorité des rendements en grain des hybrides a aussi été observée à diverses densités de plantation et niveaux de fertilisation azotée. L'indice de récolte était d'environ 0,40 pour les hybrides, < 0,20 pour le contrôle local et 0,34 pour la variété précoce (Murty et Tabo, 1997). Les hybrides ont aussi montré un ratio équivalent-terre favorable (LER) par comparaison aux variétés précoces et aux contrôles locaux dans les essais de culture en association avec l'arachide, le niébé, le soja et le pois d'Argole. Les hybrides tels que ICSH 89002 NG (ICSA 38 × ICSV 247) et ICSH 89009 NG (ICSA 39 × MR 906) ont été mis en essais chez l'exploitant dans les états du Kano et du Jigawa dans le nord du Nigeria en 1991 et 1992 et le rendement en grain moyen de 21 de ces essais dans ces deux états variait de 1,24 à 1,35 t/ha pour les hybrides et était de 1,07 t/ha pour la variété contrôle des agriculteurs.

Deux hybrides précoces de l'Institut de Recherches Agricoles (IAR) et deux de l'ICRISAT (ICSH 89002 NG et ICSH 89009 NG) ont passé des essais multisites de l'IAR et du projet national de recherche concertée sur le Sorgho (Nationally Coordinated Sorghum Research Project - NCSRP) du Nigeria. Ils ont été retenus pour l'inscription en 1994 et le comité national pour la nomination, l'inscription et le lancement de variétés cultivées et races animales les a officiellement mis sur le marché pour les agriculteurs en 1997. Dans l'intervalle, L'ICRISAT a fourni les semences des parents mâles et femelles de ses hybrides au Service National des Semences (NSS) dès 1990-1991. Les semences parentales ont aussi été fournies à Premier Seeds Co (anciennement Agricultural Seeds Co et plus tard Pioneer Hi-Bred Seed Nigeria Ltd.) et à Birma Agricultural Seeds ainsi qu'à d'autres organisation intéressées publiques ou privées. Une aide à la production de semence AxR a été apportée par l'ICRISAT à Premier Seeds Co, Birma Agricultural Seeds et le NSS. Premier Seeds Co continue à produire et à commercialiser des semences de ICSH 89002 NG sur une petite échelle (1 à 10 t/ha) depuis 1993. Durant chacune des années 1990-1992, l'ICRISAT à Kano a donné des programmes de formation à la production de semence pour les personnels des organisations publiques ou privées impliquées dans la production de semence.

Au Burkina Faso, les scientifiques de l'I.N.E.R.A (Institut National d'Etudes et de Recherche Agricoles) ont effectué des essais de sorgho hybride sur la station de recherche de Farako Bâ sur plusieurs années. Ils ont présenté l'hybrid ICSH 89002 NG aux agriculteurs sur leurs propres champs dans les villages voisins. En coopération avec l'ICRISAT, Mali, la semence hybride a été produite sous irrigation pendant les étés de 1996 et 1997 et cette semence a servi aux essais de démonstration dans tout le pays. L'INERA s'efforce à l'heure actuelle d'encourager la mise en place d'une industrie des semences.

Au Mali, la CMDT (la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles) s'est intéressée à promouvoir les cultivars de sorgho dans les systèmes de culture du coton. Suite à quelques essais encourageants en exploitation de ICSH 89002 NG dans la région de San, la CMDT a entrepris la production de semence hybride sur ces propres exploitations (pendant la saison des pluies) à Sougoula en coopération avec l'ICRISAT, Mali, depuis 1997. Les semences servent actuellement aux essais en exploitation dans toutes les zones productrices de coton du Mali.

La mise en place d'une industrie des semences dans la région, qu'elle soit publique ou privée, permettra de donner accès aux agriculteurs aux hybrides de sorgho et aux autres cultivars améliorés. Dans les régions où l'irrigation est impossible ou non viable économiquement, la production de la semence hybride de sorgho peut être faite en toute sécurité à partir de semis en juillet (dans les zones soudaniennes). Dans certaines zones de l'Afrique Occidentale, *Eurystylus oldi* pourrait causer des problèmes de qualité des semences et des grains dans les parcelles de production des hybrides de sorgho et nécessiter des méthodes de lutte intégrée pour un contrôle effectif, sans danger et économique. L'Ergot *(Sphacelia sorghi)* a aussi été remarqué sur des lignées mâle-stériles fleurissant en conditions de basses températures. Des problèmes mineurs associés aux hybrides pourraient éventuellement être résolus en sélectionnant des parents d'hybrides à partir de croisements entre variétés locales et exotiques.

Bibliographie

Andrews, D.S., 1975. Sorghum grain hybrids in Nigeria. Expl.Agric. 11:119-127.

Chantereau, J., 1983. Sélection d'hybrides de sorgho pour le centre-nord et le nord du Sénégal. L'Agronomie Tropicale 38 (4) 295-302.

Kapran, I., 1988. Evaluation of the agronomic performance and food quality characteristics of experimental sorghum hybrids in Niger, West Africa. M.S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Murty, D.S., et R.Tabo, 1997. Potential of sorghum hybrids in West and Central Africa. Pages 211-214 In Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho *ICRISAT-CIRAD, 17*-20 Mar. 1997, Bamako, Mali. Collection Colloques, Montpellier, CIRAD-CA, 315p

Obilana, A.T., 1981. Sorghum hybrids for Nigeria, 5th NAFPP National Sorghum/Millet/Wheat Workshop. ABU, Zaria, Nigeria.

Tyler, T.A., 1988. Heterotic pattern and combining ability for agronomic and food grain quality traits in exotic × exotic, exotic × intermediate and exotic × local sorghum hybrids in Niger. M.S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana

Hétérosis et production de semence de sorgho hybride en Afrique Occidentale

Aboubacar Toure, H. Frederick W. Rattunde et Inoussa Akintayo

Les variétés populations locales de sorgho de l'Afrique occidentale sont bien adaptées aux méthodes de culture traditionnelles. Mais elles ne répondent que faiblement à l'accroissement des apports d'intrants et ont par conséquent un rendement potentiel en grain relativement peu élevé. Les avantages offerts par les hybrides de sorgho ont été signalés pour la première fois par Conner et Karper en 1927. Les possibilités de production commerciale de semence hybride de sorgho sont débattues depuis la découverte de la stérilité mâle génétique dans le sorgho herbacé en 1929, qui a été introduite dans le sorgho grain.

La supériorité des rendements en grain des hybrides par comparaison aux cultivars locaux a été démontrée dans le monde entier. De nombreuses études ont établi qu'en conditions de stress les rendements des hybrides et des variétés locales diminuent mais en général, la différence, mesurée en pour cent, entre les conditions de stress et les conditions favorables de culture est plus grande pour les hybrides. En comparant la performance des hybrides, des variétés améliorées et des cultivars locaux, House et al. (1996) ont estimé la supériorité des hybrides sur les variétés améliorées entre 15 et 66 % et entre 7 et 131 % vis-à-vis des cultivars locaux.

L'agriculture sous pluie dépend d'une pluviométrie imprévisible et peu fiable qui peut causer des pertes de rendements voire une destruction complète des cultures. On estime que si les meilleurs hybrides sont identifiés dans les conditions locales de culture ils devraient pouvoir augmenter et stabiliser les rendements obtenus dans ces mêmes conditions. Les hybrides F_1 de sorgho qui se caractérisent par une vigueur hybride précoce, un taux de croissance accélérée et une capacité à mieux tirer parti des faibles ressources en eau peuvent produire des rendements plus élevés que les variétés pures en conditions de stress.

Une étude des hybrides de sorgho au Kenya a montré que l'hétérosis pouvait accroître la productivité dans des conditions de sécheresse modérée à sévère de même que dans des conditions hydriques plus favorables (Haussmann et al., 1998). Les hybrides présentaient des rendements supérieurs de 12 % à ceux des deux variétés locales sur l'ensemble des huit environnements testés.

Les avantages offerts par l'hétérosis chez le sorgho cultivé en Afrique centrale et occidentale (WCA) pourraient avoir contribué indirectement à la sélection de sorgho de type guinéen avec des taux relativement élevés de fécondation croisée. Une étude effectuée au Burkina Faso a évalué à 20 % le taux moyen de fécondation croisée chez les variétés guinéennes traditionnelles (Ollitrault et al., 1997). Par conséquent, l'objectif pour

373

les hybrides F_1 est de surpasser la performance des variétés populations locales guinéennes qui présentent une hétérozygotie nettement plus élevée que les variétés fortement homozygotes. Les variétés guinéennes représentent plus de 70 % du sorgho cultivé dans la région.

La viabilité économique des hybrides F_1 de sorgho dans la région WCA dépendra de :

1) La valeur économique des hybrides F_1 (rente ou vivre)

- Importance de la supériorité du rendement en grain par rapport aux variétés locales,
- Qualité du grain pour la meunerie, la conservation,
- Désirabilité du grain pour les préparations culinaires,
- Valeur de la paille comme fourrage et pour d'autres usages.

2) Coût de la semence hybride par comparaison aux revenus financiers.

3) Stabilité adéquate de la production d'hybrides F_1 :

- Résistance aux insectes destructeurs tels que punaise de la panicule,
- Résistance aux maladies telles que pourriture charbonneuse, moisissure du grain,
- Capacité à contrôler la date de maturité (au moyen de la sensibilité à la photopériode ou de dates de semis contrôlées.)

4) Production et distribution adéquates de semence de bonne qualité.

Le développement et l'emploi des hybrides se sont en général avérés lents dans les pays en voie de développement. Ceci est particulièrement vrai pour l'Afrique centrale et occidentale. Mais il existe une certaine expertise en matière de sorgho hybrides en Afrique occidentale qui peut servir de base aux nouveaux efforts de développement.

Les débuts de l'amélioration du sorgho en Afrique Occidentale

En 1921 une station expérimentale a été établie à Bambey (Sénégal) afin d'effectuer des travaux de recherche sur l'arachide en utilisant la ferme fondée en 1913. Les premiers travaux de recherche sur le mil et le sorgho ont débuté en 1931. En 1938, Bambey est devenu le haut siège de la recherche agronomique au Soudan français pour l'ensemble de la région sahélo-soudanaise de l'Afrique occidentale, du Sénégal au Niger en incluant les pays côtiers de la Guinée au Bénin.

En 1950, le gouvernement français de l'Afrique occidentale a mis en place le Centre de Recherche Agronomique de Bambey (C.R.A.). En 1960, ce centre a été transféré à la République du Sénégal.

Avant 1951 et jusqu'en 1960 le Centre de Recherche Agronomique de Bambey représentait la seule institution ayant pour mandat d'améliorer le sorgho pour la plupart des pays d'Afrique occidentale. Les principaux objectifs du programme d'amélioration du sorgho consistaient à améliorer les cultivars locaux grâce à la sélection massale.

Au cours des années 1960, après l'indépendance, la plupart des pays d'Afrique occidentale ont établi leurs propres Instituts Nationaux de Recherche Agronomique (NAR). En plus de l'amélioration des cultivars locaux, les NAR ont initié leurs propres programmes de sélection au moyen de l'hybridation, de l'introduction de germplasmes exotiques et de l'étude de la vigueur hybride.

Les hybrides à base de germplasme ouest-africain local

A la fin des années 70 il a été tenté de croiser chacun des 800 cultivars représentant les diverses races de sorgho composant la Collection Malienne de sorgho (Guinée, Durra, Caudatum) avec la lignée à cytoplasme mâle stérile Tx623A. L'objet de ces croisements était de déterminer l'aptitude générale à la combinaison des variétés populations maliennes avec la lignée mâle stérile disponible à l'époque.

Les effets de l'hétérosis étaient évidents à tous les stades de développement des plantes hybrides. La vigueur et la tolérance à la sécheresse des plantules hybrides étaient nettement supérieures à celles des parents maliens (Touré, 1980). En général la croissance des plantes hybrides était beaucoup plus rapide et abondante que celle des parents. Les hybrides F_1 ont montré une tolérance à la sécheresse à tous les stades pré-floraux de développement.

La forme de la panicule était intermédiaire entre celle des deux parents. Le parent femelle, un Caudatum-Zerazera, possède une longue panicule verticale avec de nombreuses ramifications courtes porteuses des graines. L'hybridation de panicule des types Keninké et Kendé avec une panicule du type Caudatum-Zerazera a produit des panicules verticales demi-ouvertes avec le même nombre de ramifications que le parent guinéen mais avec un nombre accru de graines sur chaque ramification. Les panicules denses des types Gadiaba (Durra) et Hegari (Caudatum) ont donné en combinaison ave le parent Tx623A, des hybrides à panicule longue et dense (Touré, 1980).

L'évaluation des cultivars portait sur les réactions de maintien/restauration de

Tableau 1. Comportement restaurateur (R) ou mainteneur (B) vis-à-vis du cytoplasme A_1 des races de sorgho maliennes.

	Races						
	Guinéenne Kende	Guinéenne Keninke	Durra Gadiaba	Keninke Gadiaba	Durra Membranaceum (Niofionto)	Caudatum Feterita	Total
Total Cultivars	138	436	151	29	14	-	[illegible]
Hybrides F_1	52	116	34	16	5	4	[illegible]
Lignées B	19	41	16	8	2	0	86
Lignées R	33	75	18	8	3	4	141

la fertilité sur le cytoplasme A_1. La fréquence des lignées restauratrices de la fertilité observée chez les différentes races de sorgho maliennes est présentée dans le tableau 1. La distribution des lignées mainteneuses ne suivait pas une répartition géographique évidente (Touré et Scheuring, 1982).

En 1982, un programme de rétrocroisement mis en place à Sotuba a permis de convertir les lignées B maliennes locales en lignées A. En 1985, un total de 22 plantes femelles issues de 6 parents mâles (utilisés pour le rétrocroisement) différents ont été retenues après 5 générations de rétrocroisement. Leur descendance devrait posséder 97 % des gènes du parent mâle malien sur le cytoplasme mâle stérile de Tx623A. Malheureusement ces lignées A maliennes ont été perdues entre 1986 et 1990 lorsque les travaux de recherche sur les hybrides ont été arrêtés.

Des effets importants et positifs de l'hétérosis ont été notés pour le rendement en grain par panicule et les composantes du rendement de la panicule à savoir le nombre de grains et le poids du grain (tableau 2). Mais il n'existe aucune possibilité d'exploitation directe des hybrides F_1 entre Tx623A et les variétés maliennes. La forme en dos de tortue du grain (typique de tous les Caudatum) prédominait dans toutes les combinaisons hybrides avec les races maliennes. Cette forme du grain le rend plus difficile à décortiquer que le grain du type malien Keninké lequel est ovale, arrondi et

Table 2. Hétérosis pour le poids du grain, le nombre de grain par panicule et le poids de 1000 grains chez les hybrides Tx623A*CSM hybrids.

	Poids du grain		Grain par panicule		1000 grains Poidsde		Race du parent mâle
Génotype	Moyenne (g)	% hétérosis	Nombre	% hétérosis	Moyenne (g)	% hétérosis	
CSM 277	67,5	143	3386	93	19,9	25	Keninke
A623*CSM277	142,5	115	5636	93	25,3	11	Keninke
CSM 400	30,0	261	1466	191	20,5	18	Keninke
A623*CSM400	86,3	127	3777	73	22,8	22	Keninke
CSM 432	15,0	17	768	34	19,5	8	Keninke
A623*CSM432	117,5	148	4972	150	23,6	9	Kende
CSM 433	22,5	245	833	153	27,0	45	Kende
A623*CSM433	82,5	14	2848	6	29,0	10	Kende
CSM 440	113,3	58	5841	96	19,4	7	Gadiaba
A623*CSM440	120,5	28	5569	33	21,6	27	Gadiaba
CSM 396	11,7	142	868	97	13,4	7	Gadiaba
A623*CSM396	76,7		4143		18,5		
CSM 427	16,7		1214		13,7		
A623*CSM427	115,0		4618		24,9		
CSM 134	28,3		1997		14,2		
A623*134	45,0		2354		19,1		
CSM 40	148,3		4091		36,2		
A623*CSM40	156,7		5934		26,4		
CSM 46	90,0		2654		33,9		
A623*CSM46	117,5		3394		34,6		
CSM 59	43,3		1065		40,6		
A623*CSM59	113,3		3462		32,7		
B623	50,0		2442		20,5		

symétrique. La sous-enveloppe du grain des hybrides F_1 contient un tannin très astringent qui rend ce grain pratiquement inutilisable en tant qu'aliment. Les hybrides F_1 dérivés des croisements avec les parents mâles du type Gadiaba ne présentaient pas de sous-enveloppe et étaient tous de superbes plantes. Mais leur croissance était tellement abondante qu'ils étaient anormalement sensibles à la sécheresse post-floraison et à la pourriture charbonneuse due à *Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid.*

La sélection d'hybrides acceptables à partir de germplasme local peut être accomplie de diverses manières. Les caractères contrôlés par un nombre relativement restreint de gènes tels que la sous-enveloppe du grain et l'épaisseur du péricarpe ne demandent qu'un seul cycle de sélection à partir des variétés locales et des lignées mâle-stériles disponibles du moment. Les caractères à hérédité plus complexe et l'amélioration simultanée de plusieurs caractères nécessitent plusieurs cycles de sélection. Les méthodes d'amélioration des populations sont une bonne option. La stérilisation et le raccourcissement des lignées mainteneuses maliennes ouvriraient la porte à toute une gamme de possibilités nouvelles de développement d'hybrides pour la région.

Les recherches actuelles sur les hybrides issus de germplasme local

La caractérisation des croisements avec un testeur commun guinéen ou partiellement guinéen a été initiée conjointement par l'IER et l'ICRISAT en 1998. Deux mâle-stériles (SP 47562A et SP 52161A) provenant du travail de recherche sur la moisissure du grain par l'ICRISAT aux Indes ont été utilisés. Quatre variétés guinéennes et quatre variétés partiellement guinéennes (issues de Bimbiri Soumalé/S-34) ont servi de pollinisateurs. D'autres croisements de lignées guinéennes et partiellement guinéennes sur Malisor 84-7 A (avec cytoplasme A_2) comme testeur commun seront initiés cette année.

Le développement de lignées A guinéennes est en cours à Farako, Burkina Faso (Da Sansan, communication personnelle), une lignée étant à un stade avancé de stérilisation. Une étude de l'aptitude générale à la combinaison avec la race guinéenne a été entreprise par le CIRAD/I.N.E.R.A. au Burkina Faso : elle pourrait fournir des renseignements utiles.

Hybrides introduits (hybrides Caudatum)

Mali

De 1979 à 1989, de nombreux hybrides F_1 expérimentaux et établis, issus de divers programmes de sélection (ICRISAT, USA) ont été testés au Mali. Ces hybrides représentaient un dosage délicat entre les parents femelles courants indiens (296A, 2219A, 2077A, A1296, A378) et le parent femelle texan Tx623A et constituaient un échantillonnage représentatif des meilleurs parents mâles issus du programme national indien de recherche et des programmes de l'ICRISAT d'amélioration des populations et de sélection pour la résistance à la moisissure du grain. Ces hybrides ont été plantés en essais dans différents environnements à des fins d'observation.

Au cours des années 1979 et 1980, les hybrides de l'ICRISAT/Inde dérivés des parents femelles 296A, 2219A et 2077A ont été mis en essai sur divers sites du Mali. La croissance des plantes et la tolérance à la sécheresse se sont avérées excellentes sur tous les sites. Toutes les plantes hybrides ont produit une panicule normale et ont présenté un taux normal de nouaison sur tous les sites. Les poids du grain ont été déterminés et des tests alimentaires ont été réalisés afin de déterminer la qualité des propriétés alimentaires. Les hybrides présentaient tous la même qualité alimentaire. En général, les hybrides dérivés du parent femelle 2219A se sont avérés les meilleurs. Ils étaient les plus précoces et dotés de petites panicules cylindriques. Les hybrides dérivés de 296A et 2077A étaient trapus, relativement tardifs et dotés d'une large panicule en forme de lance porteuse de gros grains.

Au total, 59 hybrides ainsi que leur parent mâle ont été plantés en essais d'observation en 1980 au Mali (Sotuba, Cinzana, Babougou et Baramandougou). Les hybrides de Tx632A ont très bien poussé dans les quatre lieux. A la floraison, trois hybrides ont été fortement infectés par la maladie de la suie. Pendant la période de remplissage du grain, 15 des hybrides ont été infectés par la pourriture charbonneuse et ont versé. Le poids moyen du grain était 52,6 g pour les parents mâles, 69 g pour le parent femelle Tx623A et 92,4 g pour les hybrides F1.

L'essai d'adaptation des hybrides de sorgho ouest-africain (West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial - WASHAT) de l'ICRISAT a été entrepris au milieu des années 1980 en plusieurs endroits du Mali. En 1987, 21 hybrides ont été comparés à Naga white, Hageen dura, Framida et Malisor 84-3 pour le rendement en grain et le caractère général d'adaptation. Les hybrides en général ont donné de bons rendements en grain. Le rendement en grain de ICSH 232 était le double de celui de la variété locale Malisor 84-3 qui servait de contrôle et cet hybride présentait une résistance aux maladies foliaires (tableau 3). L'évaluation de 19 hybrides en 1988 à Cinzana et Samanko a mis en évidence des différences significatives par rapport à la variété locale de contrôle. Les hybrides ICSH-88042, ICSH-330, ICSH-507 et ICSH-88038 ont produit plus de 3000 kg/ha aux deux endroits (tableau 4). Dix-huit hybrides ont été évalués quant à leur niveau d'adaptation à Sotuba en 1989. Les rendements en grain étaient en général bons. La plupart des hybrides avaient des rendements en grain plus élevés que ceux du contrôle Malisor 84-7 (tableau 5).

Nigeria

De 1968 à 1970 des essais ont été effectués au Nigeria (Samaru) afin d'étudier la densité de plantation et les niveaux de la fertilisation azotée. Trois densités (35.880, 73.810 et 155.000 plantes par ha), trois niveaux de fertilisation azotée (53, 132, 211 kg N par ha) et quatre génotypes (trois variétés et un hybride) ont été inclus dans l'étude. En 1968, aucune réponse significative aux amendements azotés n'a été observée. Pour tous les génotypes sauf la variété 2123, les densités plus élevées se sont avérées meilleures que la plus basse. Les hybrides ont donné des rendements significativement plus élevés que les

Tableau 3. Essai ouest-africain d'adaptation des hybrides de sorgho (West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial) - WASHAT, Sotuba, 1987.

Hybrides	Rendement en grain (Kg/ha)	50% Floraison (jours)	Hauteur de la plante (cm)
ICSH 232	6244	52	223
ICSH 526	5777	56	248
ICSH 647	5730	54	155
ICSH 336	5728	52	183
ICSH 644	5409	57	232
ICSH 233	5196	52	233
ICSH 646	5128	57	225
ICSH 643	4929	52	232
ICSH 569	4925	52	233
ICSH 479	4925	53	228
ICSH 648	4713	53	208
ICSH 229	4693	51	230
ICSH 401	4567	50	227
ICSH 230	4473	52	225
ICSH 231	4340	51	245
ICSH 109	4280	53	228
ICSH 507	4249	53	228
ICSH 641	4216	58	192
ICSH 645	4077	54	253
ICSH 331	3958	55	212
ICSH 642	3788	50	240
Naga White	5253	51	248
Hageen durra	4091	50	187
Framida	4063	56	285
Malisor 84-3	3353	54	265
Moyenne	4724	53	227
CV (%)	19	2	12

variétés mais à la plus faible densité ils se sont avérés supérieurs seulement aux deux variétés 2141 et 5921. L'accroissement du rendement chez les hybrides était le résultat de panicules plus lourdes plutôt que d'un plus grand nombre de panicules. Le poids du grain a peu varié ou seulement légèrement diminué à mesure que la densité de plantation augmentait (Andrews, 1977).

Un comité d'action d'un projet de sorgho hybride a stimulé l'intérêt porté au sorgho hybride au Nigeria avant 1980 (Obilana, 1982). Cinq hybrides de sorgho ont été mis sur le marché en 1985 et de la semence améliorée a été fournie au Service National des Semences et à l'entreprise privée AGSEED. La production de semence s'est ralentie et s'est finalement arrêtée. Seule la variété SK 5912 utilisée à des fins de maltage lors de la fabrication de la bière basse était jugée intéressante.

Burkina Faso

En 1986, environ 454 hybrides préliminaires ont été mis en tests d'observation avec leurs parents à Farako-Bâ. Les hybrides dérivés de croisements avec des parents résistants aux maladies sélectionnés en 1985, ne présentaient en général aucun symptôme

Tableau 4. Essai ouest-africain d'adaptation des hybrides de sorgho (West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial) - WASHAT, Cinzana, Samanko, 1988.

Hybrides	Rendement en grain (kg/ha)			50% Floraison (jours)	Hauteur de la plantt (cm)	Note de dégât par la punaise de la panicule*
	CZ	SK	Moyenne			
ICSH 88042	3060	3690	3379	72	190	8,5
ICSH 330	3000	3630	3315	70	195	8,5
ICSH 507	3160	3443	3302	69	200	7,5
ICSH 88038	3380	3195	3288	70	205	8,5
ICSH 88040	2750	3608	3179	72	195	7,5
ICSH 88045	2410	3698	3054	70	190	7
ICSH 643	2320	3698	3009	77	205	8
ICSH 88039	2960	2738	2849	71	200	8
ICSH 369	2760	2738	2749	73	200	8
ICSH 336	2430	3008	2719	70	150	8
ICSH 230	2650	2738	2694	70	190	8,5
ICSH 232	2160	3218	2689	68	190	7,5
ICSH 88043	2160	3113	2637	73	185	7
ICSH 88041	2000	3233	2617	71	205	8
ICSH 88044	2340	2798	2569	72	195	8,5
ICSH 111	2500	2318	2409	66	220	6,5
ICSH 231	2530	2190	2360	66	215	8,5
ICSH 780	2240	2460	2350	66	200	8,5
ICSH 527	1920	1568	1744	70	200	8,5
Var. locale(contrôle)	2140	938	1539	74	390	3
Moyenne	2550	2910	2723	71	206	7,7
CV (%)	23	14				

CZ: Cinzana SK: Samanko

* note d'évaluation des dégâts causés par la punaise de la panicule échelle de 1 à 10 avec 6 = moyen ; 7 à 10 = sensible.

Table 5. Essai ouest-africain d'adaptation des hybrides de sorgho (West African Sorghum Hybrids Adaptation Trial) - WASHAT, Sotuba, 1989.

Hybrides	Rendement en grain (kg/ha)	50% Floraison (jours)	Note de résistance aux intempéries*
Tx623Ax MR732	3700	66	4
ICSH 479	3500	68	5
ICSH 89003	3500	69	5
ICSH 507	3400	69	5
ICSH 89002 NG	3400	67	5
ICSH 88038	3350	69	5
ICSH 780	3300	62	4
ICSH 642	3290	62	4
ICSH 330	3180	69	5
ICSH 88039	2900	68	4
Tx631A x SUC36	2730	68	5
ICSH 109	2680	67	5
ICSH 88042	2500	70	5
ICSH 111	2430	66	4
ICSH 89001 NG	2300	63	4
ICSH 646	1820	72	5
ICSH 230	3600	64	5
89004 NG	3550	69	4
Malisor 84-7	1500	66	2
Mean	2190	66	

* Note de résistance aux intempéries, échelle de 1 à 5 avec 1 = résistant ; 5 = sensible.

de maladies foliaires et aucun signe de verse. Les parents femelles ICSA 1, ICSA 2, ICSA 11, ICSA 26, ICSA 38 et ICSA 40 qui ont été introduits par le centre ICRISAT combinaient de bons niveaux de résistance aux maladies foliaires à un rendement en grain élevé.

Niger

Les hybrides ont été introduits au Niger au cours des années 1960, mais ils ont été abandonnés en raison de problèmes de qualité du grain et du sentiment que les hybrides nécessitent de hauts niveaux d'intrants. En 1986, les travaux de recherche sur les hybrides ont repris dans le cadre du programme conjoint INTSORMIL-INRAN. Kapran (1988) a mentionné la mise en essai de 90 hybrides sur plusieurs sites au Niger. Les hybrides se sont avérés supérieurs aux variétés locales de 61 % en culture irriguée et de 49 % en culture sous pluie. Le gain en rendement par rapport aux parents (hétérosis) atteignait 45 % sous irrigation et était même plus élevé en culture sous pluie (66 %).

Recherche récente sur les hybrides de sorgho dérivés de parents du type Caudatum

De 1996 à 1998, l'hybride ICSH 89002 (ICSA 38 × ICSV 247) a été mis en essai en exploitation dans la région du Mali (Bla, Fana) recevant 600 – 900 mm de pluie. Les agriculteurs ont montré un grand intérêt dans cet hybride en raison de sa précocité, des qualités fourragères de la paille et de la qualité satisfaisante de son grain pour la préparation du Tô. La sensibilité d'ICSH 89002 à la punaise de la panicule était le plus sérieux défaut de cet hybride. La ferme de production de semence du CMDT a réussi la production de semence ICSH 89002 quoique le taux de germination de cette semence nécessite encore une amélioration.

Au Niger, Tx623A × MR732 s'est avéré un hybride avec un rendement élevé et une bonne qualité alimentaire et il a été mis sur le marché sous le nom de NAD-1 en 1992. Le rendement moyen en exploitation était de 3000 kg/ha. L'INRAN est actuellement en train de développer la production et la commercialisation de la semence de NAD-1. Un projet de formation d'entrepreneurs privés a été démarré afin d'assurer une transition sans problème de la production de semence hybride de l'INRAN à ces entrepreneurs privés. L'INRAN est aussi en train d'augmenter sa capacité à saturer la demande existante pour la semence NAD-1.

Limites des premiers hybrides de sorgho en WCA

Des 17 pays d'Afrique centrale et occidentale producteurs de sorgho, seuls le Nigeria et le Niger ont officiellement

Tableau 6. Superficie (ha) cultivée en sorgho et pourcentage ensemencé en hybrides pour des pays spécifiques.

Pays	Sorgho	% de sorgho hybride
Inde	12.800	40
Australie	1.000	100
Nigeria	4.000	1
Niger	1.000	0
Soudan	6234	6
Mexique	1.650	100
Argentine	674	100
U.S.	4.940	100

Source: Bruce Maunder, 1996.

mis sur le marché des hybrides de sorgho (Murty, 1996, communication personnelle). Mais la superficie totale ensemencée en hybrides ne dépasse toutefois pas 1000 hectares (tableau 6).

Les premières évaluations des hybrides ne portaient que sur un nombre limité d'hybrides fortement apparentés et trop souvent des génotypes mâle-stériles inadaptés servaient de parents femelles à ces hybrides. Les parents mâles étaient fréquemment des lignées issues des programmes de développement variétal qui n'avaient pas été sélectionnées spécifiquement pour servir de parents aux hybrides.

Les obstacles à l'adoption des premiers hybrides comprenaient : verse, maladies foliaires, dégâts importants dus à la punaise de la panicule, moisissure du grain, striga et qualité du grain. Dans les régions où les rendements étaient élevés, la verse annulait très souvent les gains en rendements offerts par les hybrides. Dans les régions où la verse n'était pas trop importante, les punaises de la panicule et la moisissure ont empêché l'utilisation des hybrides. On ne sait pas quel impact les hybrides de sorgho auraient sur les maladies et les insectes si les hybrides étaient cultivés sur de grandes superficies.

La sensibilité à la photopériode de la plupart des variétés locales leur procure un avantage par rapport aux hybrides qui sont insensibles à la photopériode car cette sensibilité assure la floraison à la fin de la saison des pluies et donc le mûrissement du grain pendant la saison sèche (Touré et al., 1996). Les variétés guinéennes sont capables de produire des grains vitreux en conditions de sécheresse post-pollinisation alors que dans les mêmes conditions, le germplasme d'origine exotique n'assure pas un remplissage adéquat du grain. Les variétés locales guinéennes donnent de meilleurs rendements en grain décortiqué que les hybrides exotiques précoces et elles présentent également une bonne qualité du grain ainsi qu'une résistance aux insectes et de bonnes propriétés pour le stockage.

Le réseau ouest et centrafricain de recherche sur le sorgho (West and Central Africa Sorghum Research Network - WCASRN)

Le plan stratégique récemment mis en place par le WCASRN établit le cadre des activités du réseau pour les cinq années à venir. Les hybrides peuvent contribuer de façon significative à satisfaire les objectifs d'amélioration de la production et de la productivité du sorgho. Des activités de sélection en collaboration sont envisagées en vue d'obtenir de nouveaux hybrides et de nouvelles variétés améliorées. Les activités visant à accroître la participation des personnes intéressées peuvent s'attacher à plusieurs des problèmes importants des sorghos hybrides tels que l'identification des caractères agronomiques/qualitatifs requis pour que ces sorghos soient acceptés et que leur production soit économiquement viable et ceux de la production et de la distribution de la semence.

Le deuxième objectif stratégique du réseau s'intéresse à l'amélioration des possibilités de commercialisation et à la consolidation de la demande pour le

sorgho. Le développement de nouveaux produits à base de sorgho, de nouvelles utilisations du sorgho et les équipements de conditionnement considérés par cet objectif seront d'une importance primordiale pour les hybrides de sorgho. Une demande plus forte pour le sorgho assurera un environnement favorable aux hybrides à rendement élevé. Les exigences en qualité des futurs hybrides seront déterminées par les utilisations désirées.

Conclusion

Tirer parti de l'hétérosis est une des meilleures stratégies disponibles pour l'amélioration du sorgho. L'obtention d'hybrides de sorgho dont le rendement serait considérablement supérieur à celui des variétés traditionnelles et qui posséderaient une résistance adéquate aux insectes et aux maladies et une qualité du grain adéquate pour le conditionnement et la préparation de plats cuisinés pourrait avoir un impact majeur sur la région WCA. Ces hybrides susciteraient énormément d'enthousiasme chez les agriculteurs et d'intérêt chez les producteurs de semence et les responsables gouvernementaux.

La production de semence de sorgho amélioré et sa distribution aux agriculteurs sont des nécessités dans la plupart des pays de l'Afrique occidentale. L'infrastructure existante pour la production de semence ne convient pas bien à la semence d'hybrides F_1. La réussite de la production d'hybrides dépendra donc de la mise en place d'une telle infrastructure.

Bibliographie

Andrews, D.J. 1977. Plant density and grain yield of Nigerian sorghums. Samaru Research Bulletin 279. Institute for Agricultural Research, Samaru Ahmadu Bello University PMB 1044 Zaria, Nigeria. Pp 55-60.

Haussmann, B.I.G., A.B. Obilana, A. Blum, P.O. Ayiecho, W. Schipprack and H.H. Geiger. 1998. Hybrid performance of sorghum and its relationship to morphological and physiological traits under variable drought stress in Kenya. Plant Breeding 117:223-229.

House L.R., B.N. Verma, G. Ejeta, B.S. Rana, I. Kapran, A.B. Obilana, B.V.S. Reddy. Developing Countries Breeding and Potential of Hybrid Sorghum. In Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. September 23-27, 1996-Lubbock, Texas, USA.

Kapran, I. 1988. Evaluation of the Agronomic Performance and Food Quality Characteristics of Experimental Sorghum Hybrids in Niger, West Africa. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Obilana, A.B. 1982. A report of the action committee on hybrid sorghum project for the technical sub-committee of the national sorghum project for committee on green revolution, Mar. 1982. Federal Dept. of Agricultural, Lagos, Nigeria.

Ollitrault, P., J.L. Noyer, J. Chantereau, and J.C. Glaszmann. 1997. Structure génétique et dynamique des variétés traditionnelles de sorgho au Burkina Faso. In : Gestion des Ressources Génétiques des plantes en Afrique des Savanes. Actes du colloque, Bamako, Mali 24-28 February, 1997. pp 231-240.

Touré, A., F.R. Miller, and D.T. Rosenow. 1996. Heterosis and combining ability for grain yield and yield components in guinea sorghums. African Crop Science Journal, vol. 4 No. 4, pp. 383-391.

Touré, A. 1980. Etude de l'effet d'hétérosis chez le sorgho au Mali. Mémoire de fin d'études. Cycle Ingénieur d'Agriculture. Institut Polytechnique Rural de Katibougou, Mali.

Touré, A.B. and J.F. Scheuring. 1982. Présence des gènes mainteneurs d'androstérilité cytoplasmique parmi les variétés locales de sorgho au Mali. Agronomie tropicale Tome XXXVII.

Rapport du Rapporteur

D.S. Murty

Statut actuel de la production de semence de sorgho hybride

Première journée – Troisième séance

Des présentations ont été faites par B. Sidi, J. Ndeunga, I. Kapran, L. Dogo et O. Issa, D.S. Murty, A. Toure et A. Joshua.

Résumé de la discussion

Les hybrides de sorgho actuellement produits sont essentiellement destinés à la consommation humaine par l'agriculteur mais ils pourraient aussi bien être utilisés comme fourrage que comme aliment. Le personnel de l'INRAN a expliqué que la graine de NAD-1 convient à la fabrication de tô et de couscous acceptables. Mais parfois, en particulier lorsque le grain prend la pluie juste avant la récolte, la farine est d'une couleur rouge et peu appétissante. L'identification d'hybrides de sorgho avec une qualité du grain et nutritionnelle plus élevée n'est qu'une affaire de temps. A Farako Bâ, les scientifiques de l'I.N.E.R.A./Burkina Faso ont sélectionné des caractères nouveaux qui doivent maintenant être testés en essai. Les plantes de couleur ocre donnent des produits alimentaires avec le moins de décoloration et par conséquent les plantes de types guinéens de couleur ocre auront de meilleures applications. Dans la région de SADC, des parents femelles et mâles de couleur ocre et précoces ont été sélectionnés et sont prêts à être évalués pour la culture en zones sahéliennes. Il a été suggéré que les parents femelles photosensibles sélectionnés à l'IAR, Nigeria, pendant les années soixante-dix soient aussi évalués quant à leurs applications possibles. En Egypte, la graine de sorgho hybride entre dans la composition du pain (80 % blé, 20 % sorgho) afin de minimiser les coûts d'importation du blé. La question d'une concurrence possible entre le sorgho et le maïs dans les zones humides du Ghana a été posée. Il a été discuté de ce qui constituerait un prix équitable de la semence hybride de sorgho par comparaison au prix du grain. La semence hybride aux Indes est actuellement vendue à 10 fois le prix du grain.

Statut actuel du petit mil hybride en Afrique Occidentale

K. Anand Kumar, B. Ouendeba, S. Boureima, S.C. Gupta et S. Ouattara

Résumé

La découverte de la stérilité mâle cytoplasmique (CMS) chez le petit mil (Pennisetum glaucum) et la sélection et mise sur le marché du parent femelle Tift 23A au début des années soixante ont rendu possible la production d'hybrides simples (SCH, mâle stérile × lignée inbred restauratrice) aux Indes et ont contribué aux augmentations spectaculaires des rendements en grain. Le mâle stérile Tift 23A ne convient pas aux conditions de l'Afrique Occidentale. Des recherches préliminaires sur des croisements variété x variété et lignée inbred × variété ont montré que l'augmentation du rendement potentiel pouvait être obtenue sans utiliser la CMS. De tels hybrides n'ont toutefois jamais été utilisés en production.

En 1986, des travaux de recherche exploratoire ont été entrepris sur les hybrides de petit mil au Centre Sahélien d'ICRISAT. Les efforts ont initialement été consacrés au développement d'hybrides lignée inbred × variété (IVH) parce que les lignées adaptées mâle-stériles n'étaient pas disponibles. Les IVH permettent d'utiliser des lignées inbred, normales « comme parents femelles » et par conséquent d'éviter le long processus de développement de parents femelles. Des évaluations approfondies des IVH ont montré qu'ils étaient deux jours plus précoces que les variétés à fécondation libre (OPV), qu'ils offraient un plus grand éventail de hauteur de plantes et de longueur de l'épi, qu'ils produisaient plus de talles et qu'ils présentaient une augmentation du rendement d'environ 10 %. Bien qu'il y ait des exceptions, les OPV à rendements plus élevés avaient tendance à produire des IVH à rendement plus élevés. Une étude sur 12 environnements différents correspondant à divers niveaux de disponibilité en eau, de nutriments et de densité de plantes à l'hectare a montré que les hybrides IVH se comportaient de la même manière et donnaient des rendements en grain élevés dans tous les environnements étudiés.

Par conséquent la sélection variétale contribue aussi à la sélection d'hybrides. Des études sur la proportion de grain hybride produit montrent que la présence jusqu'à 20 % de grain autofécondé (inbred) a peu d'effet sur le rendement en grain.

L'évaluation de mâle-stériles établis aux Indes et aux Etats-Unis d'Amérique a mis en évidence la nécessité de sélectionner des parents femelles CMS sur place en Afrique Occidentale. Une

Approuvé comme compte-rendu 1367 de la présentation de l'ICRISAT.

première série de 18 lignées mâle-stériles et de lignées mainteneuses a été développée et a servi à la sélection et à l'évaluation d'hybrides simples SCH et d'hybrides top cross (TCH). Une seconde série de mâle-stériles est maintenant en cours de développement.

Une étude utilisant les hybrides top cross dérivés du croisement de cinq populations locales avec quatre lignées mâle-stériles a montré que les hybrides top cross donnaient des rendements en grain plus élevés et étaient plus stables que les populations locales elles-mêmes, et qu'ils offraient donc la possibilité de combiner l'adaptation locale au rendement élevé. Le rendement en semence de TCH obtenu en parcelle de production de semence indique qu'il est possible de récolter 0,31 t ha^{-1} de semence hybride et 1,1 t ha^{-1} de la variété mâle (pollinisateur) avec une proportion femelle:mâle de 1:2. Une estimation rapide et grossières undique que les profits seraient compris entre 650 et 850 dollars par ha si une proportion plus optimale de 4:2 était utilisée.

Les critères de sélection de IVH et TCH sont donnés sur la base de l'expérience acquise jusqu'à maintenant. Les résultats obtenus ont encouragé la mise en place d'un programme ICRISAT-ROCAFREMI régional d'essais d'hybrides de petit mil. Afin de tirer complètement parti du potentiel en rendement des hybrides, un certain nombre d'améliorations générales de la fertilité des sols sont nécessaires. Les problèmes d'infrastructure affectant la production de semence et les problèmes associés aux marchés garantis de grain et à la diversification des utilisations finales doivent tous être résolus pour permettre aux hybrides d'être profitablement produits par les petits exploitants.

Introduction

La découverte de la stérilité mâle cytoplasmique (CMS) chez le petit mil (*Pennisetum glaucum*) et la sélection et mise sur le marché du parent femelle mâle-stérile (CMS) Tift 23A au début des années soixante ont rendu possible la production d'hybrides simples (SCH, mâle-stérile x lignée inbred restauratrice) aux Indes et ont contribué aux augmentations spectaculaires des rendements en grain. Bien que Tift 23A ait été mis à la disposition des programmes de sélection en Afrique Occidentale à la même époque, les hybrides de petit mil n'ont pas fait l'objet d'essais approfondis. Le mâle-stérile Tift 23A ne convient pas aux conditions de l'Afrique occidentale pour les raisons suivantes : précocité de la floraison, sensibilité au mildiou, absence de vigueur initiale se traduisant par une mauvaise levée et de mauvaises densités de plantes à l'hectare et des retours à la fertilité. C'est pourquoi peu de ressources étaient consacrées à la sélection de SCH et seulement des travaux de recherche exploratoire s'intéressaient aux hybrides inter-variétaux et top cross (TCH, mâle-stérile × variété à fécondation libre). Les principales conclusions concernant le développement d'hybrides en Afrique (ICRISAT 1987) ont été présentées au cours du dernier atelier de travail international sur le petit mil en 1986 à Hyderabad aux Indes. Les besoins suivants ont été établis : (i) initier du travail de recherche préliminaire sur les hybrides de petit mil en Afrique Occidentale, (ii) étudier le comportement des hybrides et des

variétés vis-à-vis des maladies, et (iii) rassembler des données sur le comportment des hybrides en conditions de stress hydrique. Sur la base de ces conclusions, des recherches exploratoires sur le développement d'hybrides de petit mil ont été entreprises au centre Sahélien d'ICRISAT au milieu des années 80. Ainsi une large part de la recherche sur les parents femelles et le développement d'hybrides de petit mil en Afrique Occidentale a été effectuée à l'ICRISAT-Niger (Centre Sahélien d'ICRISAT) tandis qu'une recherche préparatoire en collaboration avec l'INTSORMIL se poursuivait au Mali et au Sénégal. L'expérience acquise et les progrès réalisés jusqu'à présent font l'objet de cette présentation.

Types d'hybrides possibles en petit mil

Parce que le petit mil a un système reproductif protogyne, cinq types d'hybrides sont possibles (tableau 1) dont les plus populaires sont l'hybride simple (SCH, parent femelle mâle-stérile (A) × parent mâle restaurateur fixé (R)) et l'hybride top cross (TCH, mâle-stérile (A) × variété à fécondation libre (OPV)).

Au milieu des années 80, comme on ne disposait pas de lignées mâle-stériles adaptées pour développer et tester les SCH et TCH en Afrique Occidentale, la majorité de la recherche au Centre Sahélien d'ICRISAT était consacrée aux hybrides lignée inbred × variété (IVH). Dans ces hybrides, une lignée inbred mâle-fertile est utilisée comme parent femelle puisque la protogynie du petit mil

Tableau 1. Types d'hybrides possibles chez le petit mil.

Désignation	Issus de croisement
Hybride inbred × variété (IVH) ou Pro-hybrides	Inbred fertile × variété à fécondation libre. En utilisant la protogynie pour faciliter la pollinisation entre les parents. Gènes de restauration de la fertilité mâle CMS non nécessaires dans la variété
Hybride simple (SCH)	CMS × lignée restauratrice de la fertilité.* La restauration de la fertilité des hybrides F_1 est cruciale.
Hybride top cross (TCH)	Parent femelle CMS x variété restauratrice de la fertilité à fécondation libre. La restauration de la fertilité mâle dans les hybrides F_1 est cruciale. Le parent mâle peut être une variété population locale ou une variété améliorée.
Hybrides trois-voies (TWH)	Parent femelle $CMSF_1$ (A×B) × inbred restauratrice de la fertilité. Le parent femelle est un hybride F_1 hétérozygote entre une lignée A et une lignée B mainteneuse génétiquement différente. Peut être utilisé pour éviter l'emploi d'un parent femelle à faible productivité.
Hybride variété × variété	Variété à fécondation libre x variété à fécondation libre. Variétés à fécondation libre, améliorées ou cultivars locaux des agriculteurs. Faible reproductibilité.

*hybrides SCH issus de deux lignées mâle-fertiles ne sont pas faisables du fait de problèmes de synchronisation.

312

offre une période de un à plusieurs jours avant l'anthèse pendant laquelle seules les parties femelles de l'inflorescence sont fertiles - la plante étant fonctionnellement mâle-stérile - et que par conséquent si seul du pollen d'un parent mâle choisi est présent pendant cette période, ne seront produits que des grains hybrides. Les IVH peuvent être rapidement sélectionnés parce que : (i) les possibilités d'utiliser des lignées inbred nouvelles pour parent femelle sont plus grandes, (ii) si la stérilité mâle cytoplasmique n'est pas utilisée, l'hybride F_1 est toujours complètement mâle-fertile et il n'est donc pas nécessaire que le parent mâle soit un restaurateur de CMS, (iii) la multiplication d'une lignée inbred est relativement plus facile que celle d'une lignée A (A×B), (iv) le processus de recherche de lignées mainteneuses parfaites est fastidieux et les rétrocroisements servant à la production des lignées mâle-stériles ne sont plus requis, et que (v) les problèmes de synchronisation sont moins fréquents du fait de la prolongation de la période de floraison de la variété pollinisatrice (il est préférable que le pollinisateur ait libéré 1/3 du pollen avant le début de la protogynie du parent femelle).

Historique

Entre 1967 et 1975 les Chercheurs de l'IRAT en Afrique Occidentale ont étudié les niveaux d'hétérosis qu'il était possible d'obtenir à partir de croisements inter-variétaux (entre variétés populations d'Afrique Occidentale) et d'hybrides top cross. Ces derniers dérivaient de lignées avec une bonne aptitude générale à la combinaison provenant du croisement, au moyen de la protogynie, d'une population avec une autre variété à fécondation libre, et comprenaient des hybrides entre des lignées naines et des parents mâles de haute taille dont la semence produite naturellement était à 95 % hybride (Lambert 1982). Les hybrides inter-variétaux présentaient des rendements jusqu'à 59 % supérieurs à celui du meilleur cultivar local. Bien que ces hybrides n'aient pas été utilisés en production, leurs résultats demeurent très importants puisqu'ils démontrent les gains potentiels en rendement qu'il est possible d'obtenir sans utiliser CMS. même en restant dans les limites de la diversité génétique adaptée à l'Afrique Occidentale.

Le programme de recherche du début des années 80 à l'Institut de la Recherche Agronomique, Samaru, Nigeria a montré que les lignées mâle-stériles disponibles à l'époque (5141 A, 5054 A sélectionnées en Inde comme des variants de Tift 23 A résistants au mildiou) et les hybrides développés à partir de ces lignées étaient très sensibles au mildiou (Nwasike, 1987). L'ICRISAT, en collaboration avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), a débuté un programme d'amélioration du petit mil au Sénégal en 1977 sous financement du PNUD. En 1982 ce programme de collaboration évaluait huit hybrides lignée inbred × variété (IVH) à Bambey. Un seul hybride IVH, IBMI 8108 × Souna III, a donné un rendement en grain significativement supérieur au témoin Souna III. Un second hybride IBMI 8108 × IBV 8401 a attiré l'attention et a été conservé pour les essais ultérieurs. Un essai de 28 hybrides SCH (issus de croisements entre quatre mâle-stériles provenant des Indes et quatre lignées

inbred développées à Bambey) a été effectué à Bambey pendant la saison des pluies de 1983. L'hybride 81 A × IBMI 8108 a donné le rendement en grain le plus élevé (de 46 % supérieur au témoin Souna III qui a produit 1,3 t ha^{-1}) et était suivi par 81 A × IBMI 8207, 111 A × PS 90-2 et 111 A × IBMI 8108. Tous les hybrides étaient significa- tivement moins sensibles au mildiou que Souna III, mais plus sensibles au charbon du grain. Tous les hybrides étaient plus courts et avaient des épis plus courts que Souna III. Deux lignées mâle-stériles (111A et 81A) et deux testeurs (IBMI 8108 et IBMI 8206) présentaient la meilleure aptitude générale à la combinaison en terme de rendement en grain.

En 1984, un essai de 24 hybrides a été effectué à Nioro et Bambey. L'essai était composé de deux hybrides inbred × variété, sept hybrides simples (choisis en fonction d'un essai pour le rendement en 1983) et 15 hybrides sélectionnés en 1983 dans une pépiniére de germplasme. Selon la moyenne sur deux sites, huit hybrides ont donné des rendements en grain significativement plus élevés 43 - 62 % que la variété adaptée Souna III (tableau 2). L'hybride avec le meilleur rendement était ICMH 8407 et il était suivi par ICMH 8413, ICMH 8411 et ICMH 8403. En général, les hybrides ont produit plus d'épis mais des épis plus courts que Souna III. Jusqu'à récemment le facteur limitant la production d'hybrides demeure le manque de lignées mâle-stériles adaptées. Nos observations indiquent que la fréquence des gènes mainteneurs A_1 est faible dans le matériel d'Afrique Occidentale. Bien que deux mâle-stériles 81A et 111A aient été retenus, peu de travail de production et de mise en essai d'hybrides a suivi du fait de la fin du programme de collaboration ICRISAT-ISRA en 1985. Des études ultérieures (Ouendeba et al., 1996) ont aussi suggéré l'emploi d'hybrides de petit mil pour augmenter la production de grain et de fourrage.

Tableau 2. Performance moyenne sur deux sites (Nioro et Bambey, Sénégal) d'hybrides simples de petit mil pour six caractères, programme de collaboration ICRISAT-ISRA, saison des pluies 1984

Hybride	Pédigree	Rendement en grain (t ha^{-1})	Nbre de jours pour 50% de floraison	Hauteur des plantes (cm)	Longueur de l'epi (cm)	Mildiou (%)	Charbon (%)
ICMH 8403**	111 A x IBMI 8108	2,3	53	208	47	11	15
ICMH 8407	111 A x F4 195	2,6	52	214	42	5	29
ICMH 8411	111 A x IBMI 8108-58-3	2,4	52	210	49	11	16
ICMH 8412**	81 A x IBMI 8206	2,3	49	217	35	4	21
ICMH 8413**	81 A x IBMI 8207	2,4	52	217	36	5	20
ICMH 8414**	81 A x IBMI 8108	2,3	51	152	36	10	23
Contrôle	Variété Souna III	1,6	61	264	62	12	13
	Moyenne	**1,9**	**55**	**196**	**44**	**9**	**18**
	Ecart-type ±	**0,16**	**0,6**	**5,7**	**1,3**	**1,8**	**3,9**

**, deuxième année de test, sélectionné à partir de l'essai de 1983.

Sélection des parents femelles

Lorsque le programme d'amélioration du petit mil a été entrepris au Centre Sahélien d'lCRISAT en 1983-84, une petite partie du temps était consacrée à l'exploration des possibilités de développement d'hybrides. En 1984, 92 hybrides expérimentaux ont été produits en utilisant 81 A (ICMA 1) comme testeur et évalués pendant la saison des pluies. Pendant la saison agricole de 1984, une forte sécheresse a sévi. La pluviométrie totale n'a été que de 260 mm, soit la plus faible pluviométrie enregistrée au cours des 78 années précédentes et en août la pluviométrie n'a été que de 56 mm (contre 204 mm en moyenne). Dans certaines régions du Niger occidental, la variété population locale (Haini-Kiréi, 110 jours pour arriver à la maturité) n'a produit aucun grain. Mais les hybrides se sont très bien comportés ; ils étaient précoces (85-90 jours pour arriver à la maturité) et ils ont produit deux fois plus de grain que les variétés locales ou améliorées (90-110 jours, 0,7 t ha^{-1}). En raison de l'extrême sécheresse tous les croisements étaient dépourvus de mildiou. Mais entre 1983 et 1987, il est apparu que le mâle-stérile 81 A, quoique résistant aux Indes, était extrêmement sensible au mildiou en Afrique Occidentale (présent à 95-100 % sur 81 A et 81 B).

L'évaluation de 21 paires de mâle-stérile et de mainteneur en 1987 (y compris des lignées mâle-stériles contenant le cytoplasme *Pennisetum violaceum* provenant de l'ORSTOM, Niger et Tifton, GA, U.S.) a montré qu'elles étaient *toutes* sensibles au mildiou. Des travaux de sélection au sein des lignées B et A établies indiquent que la sensibilité au mildiou reste un problème majeur. Par conséquent il faut sélectionner les parents femelles sur place en Afrique Occidentale en se servant des lignées inbred adaptées.

Nos premières tentatives d'incorporation du cytoplasme mâle-stérile dans les patrimoines génétiques adaptés de (Ex Bornu × Togo), Souna (ex Mali) n'étaient pas encourageantes. L'incidence du mildiou sur les paires plante × plante atteignait jusqu'à 70 % et la stérilité n'était pas stable. Le mâle-stérile ICMA 90111 produit de l'ICRISAT aux Indes était dépourvu de mildiou. En plus, nous avons sélectionné quatre mâle-stériles ICMA 90111, DSA 134, PMC 23 et [18 A (ITMV 8001 × INMV 8220)] directement dans la pépinière de mildiou. Celles-ci ont servi au développement de la *première série* de lignées mâle-stériles ainsi qu'à la sélection et à l'évaluation des hybrides SCH et TCH afin de déterminer le type d'hybride convenant à l'Afrique de l'Ouest. Actuellement, 18 paires de mâle-stérile et mainteneur dérivés de ces quatre patrimoines génétiques sont disponibles. Elles présentent une grande variation au niveau de plusieurs caractères y compris le nombre de jours pour fleurir, la hauteur des plantes et les caractéristiques des épis. Ces mâle-stériles ont été sélectionnés à Sadoré à partir de la pépinière pour le mildiou de manière à assurer la résistance au mildiou mais il faut faire les mettre en essais approfondis dans toute la région afin de déterminer la stabilité de cette résistance.

Les lignées mâle-stériles de la seconde série en cours de développement sont is-

sues : (a) du croisement *vr* W × Sadoré local où *vr* W est une souche génétique de université du l'Nebraska (UNL), Lincoln, (b) du croisement 81 BHT × (ARD 125× 90PV 6×13) où 81BHT a été developpé par l'Institut d'Economie Rurale du Mali et est issu du croisement 81B × Tiotandé et ARD 125 est une lignée du Togo et 90PV 6 × 13 est une lignée inbred de la UNL, Lincoln ; (c) du croisement (Togo-2 × [INMG-3 × IP 8056] ; où Togo-2 (Iniadi) est une race locale précoce et INMG-3 est un pool génétique développé par ICRISAT-INRAN et IP 8056 est un germplasme nain de la collection mondiale. Le quatrième rétrocroisement vient d'être achevé et 55 paires CMS ont été sélectionnées pour être évaluées quant à la résistance au mildiou et la stabilité de la stérilité.

Toutes les lignées mâle-stériles de la première et de la seconde série possède le cytoplasme A_1. Ce cytoplasme paraît avoir des problèmes en matière d'expression complète de la stérilité mâle et de restauration complète de la fertilité mâle. On sait que les lignées A_1 mâle-stériles peuvent redevenir productrices de pollen à un taux, quoique faible, suffisant pour nécessiter une épuration soigneuse des parcelles de production de semence de lignées A et de semence hybride. Le cytoplasme A_4 commence tout juste à être utilisé (Hanna, 1989) et 20 paires A/B ont été dérivées de souches génétiques apparentées. Ce cytoplasme ne semble pas posséder de modificateurs des gènes de stérilité et présente une expression de la stérilité et de la fertilité mâles moins sujette aux effets de l'environnement, ce qui simplifie le développement des lignées mâle-stériles. Les anthères stériles ont un aspect différent des anthères stériles A_1 du point de vue de leur taille, de leur flétrissement et de leur translucidité mais elles se distinguent facilement des anthères fertiles.

Au Nigeria le développement de mâle-stériles a été entrepris en 1996 avec l'introduction de populations A_4 et B dérivées du Germplasme Composite Nigérien d_2 (NCd_2BC_3 – sur cytoplasme A_4) développé aux Indes par ICRISAT. Pendant la contre saison de 1997, ces populations A_4 et B ont été mises en culture à Dadin-Kowa, et 86 croisements plante à plante ont été réalisés. La stérilité mâle et la résistance au mildiou de ces 86 paires NCd_2BC_4 ont été évaluées à Bagauda pendant la saison agricole de 1997. Toutes les plantes A_4 étaient mâle-stériles. Cinquante et une paire A/B résistante au mildiou ont été sélectionnées et 129 croisements A/B plante à plante ont été produits. Les graines issues de ces RC_5 ont été semées à Kadawa et Dadin-Kowa pendant la contre saison de 1998. Soixante-quinze lignées A ont été croisées par leurs lignées B correspondantes. Il est prévu de retenir 20 paires distinctes morphologiquement après évaluation de ces 75 paires A/B (RC_6) à Bagauda et Maiduguri pendant l'actuelle saison des pluies pour les caractères de résistance au mildiou, de stabilité de la stérilité et d'uniformité. Des études sur les caractéristiques d'aptitude à la combinaison de ces lignées ont été entreprises.

Hybrides Inbred × Variété

En 1985, afin d'éviter l'utilisation de lignées mâle-stériles, un programme de recherche sur les IVH a été entrepris et

celui sur les TCH a été continué. La population naine 3/4HK-B78 a été utilisée au lieu d'une lignée inbred mâle-fertile comme parent femelle. Les premières évaluations des 24 croisements expérimentaux montrent que les hybrides TCH et IVH ont des rendements similaires (une moyenne de 1,9 t ha^{-1}) surpassant de 23 % ceux de la variété rémoin (CIVT) et requièrent un nombre similaire de jours pour fleurir à 50 % (une moyenne de 56 jours). Le mildiou était présent sur 25 % des TCH avec le mâle-stérile 81 A tandis que seulement 7 % des IVH étaient infectés.

Entre 1988-1994, plus de 350 IVH ont été développés (en croisant, grâce à la protogynie, des inbreds mâle-fertiles comme femelles avec 24 variétés améliorées à fécondation libre OPV comme mâles) et ont été testés dans 30 essais sur trois sites. Par comparaison aux OPV, les IVH étaient en général précoces de deux jours, montraient une plus grande diversité dans la hauteur des plantes et la longueur des épis, produisaient plus d'épis et de talles et donnaient une augmentation de rendement d'environ 10 % (tableau 3). Les rendements en grain variaient entre 0,2 et 2,4 t ha^{-1} pour les IVH et entre 0,2 et 1,7 t ha^{-1} pour les OPV. Au cours des six années d'essais, sauf en

Tableau 3. Comparaison des valeurs moyennes pour neuf caractères agronomiques pour des hybrides de petit mil l inbred x variété et pour les variétés à fécondation libre, ICRISAT, Sadoré et station de l'INRAN, Bengou, Niger, IER, Cinzana, Mali, saisons des pluies 1988-1994.

Caractère	Valeur moyenne[1] pour		Observation(s)
	IVH	OPV	
Temps pour fleurir (d)	59^B	61^A	IVH plus précoce de deux jours.
Hauteur des plantes (cm)	214^B	223^A	Variant de 150 à 270 cm pour les IVH et de 165 à 250 cm pour les OPV.
Longueur de l'épi (cm)	41^B	45^A	Variant de 25 à 65 cm pour les IVH et de 20 à 60 cm pour les OPV.
Nbre de talles par plante	4^A	3^B	33 % de talles en plus pour les IVH.
Nbre d'épis par parcelle	60^A	48^B	25 % d'épis en plus pour les IVH.
Battage (%)	65^A	66^A	Pas de différence.
Nbre d'épis avortés par parcelle (%)	21^A	11^B	Plus d'épis avortés chez les IVH.
Mildiou (%)	7^B	9^A	78 % des IVH présentaient <10 % de mildiou.
Rendement en grain (t ha^{-1})	$1{,}30^A$	$1{,}17^B$	Pour les IVH gain en rendement individuel atteignant 202 % par rapport à l'OPV correspondante (=100%)

[1]. Les moyennes suivies par la même lettre dans chaque rang ne sont pas significativement différentes au seuil 0,05 de probabilité.

397

1993, les IVH ont surpassé les OPV en rendement. L'augmentation du rendement pour les IVH était de 18 % en 1988, 23% en 1989, 13% en 1990, 20 % en 1992, -5% en 1993 et 14% en 1994. Plus de IVH ont été mis en essai en 1993 qu'aucune autre année, ce qui a pu entraîner l'inclusion de matériel médiocre à rendement plus faible et ainsi diminuer la moyenne totale. Selon les années, les IVH individuels ont présenté une augmentation du rendement comprise entre 22 % et 102 % par rapport à leur variété parentale respective. Ces augmentations du rendement sont supérieures à celles mentionnées par Bono et Leclerq (1963) au Sénégal. Ils indiquent que les hybrides inbred variété population locale produisaient 47 % de plus que leurs parents tandis que les hybrides issus de croisements sur lignées mâle-stériles présentaient des rendements supérieurs par 59 %. Les rendements en grain des IVH correspondaient aussi à une augmentation de 20 – 25% par rapport aux variétés de rémoins. Les meilleures OPV qui ont donné les meilleurs IVH comprennent IBMV 8001, DGP1, ICMV IS 86330 et ICMV IS 90311. Une corrélation positive

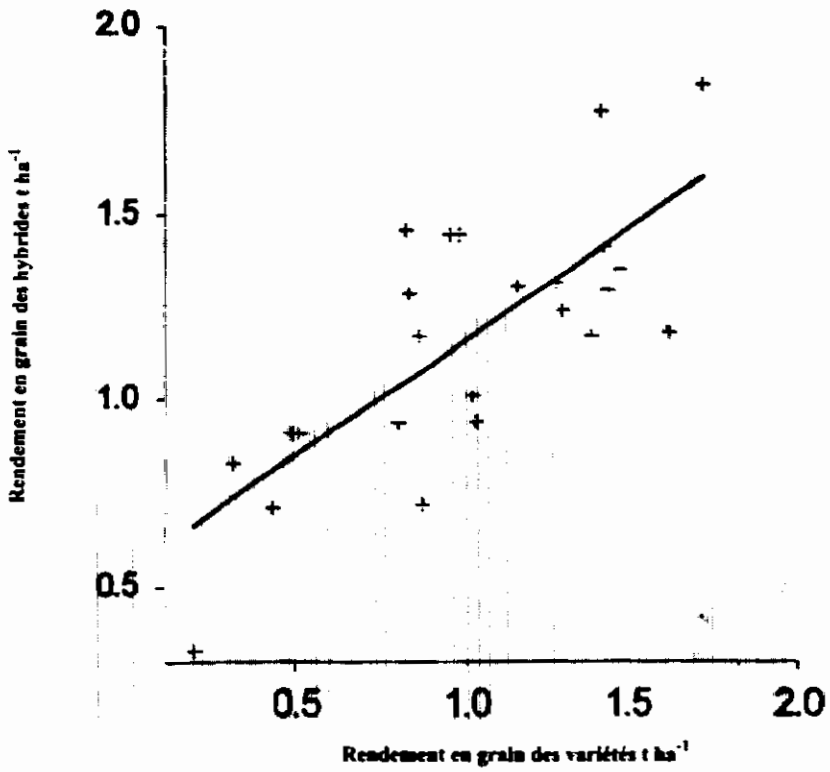


Figure 1. **Relation entre le rendement en grain des hybrides de petit mil inbred × variété et celui des variétés mâles correspondantes en essais effectués pendant la saison des pluies entre 1988-1994, ICRISAT, Niger.**

significative a été observée entre le rendement moyen en grain des OPV et celui de leurs IVH (Figure 1, r = 0,75**). C'est pourquoi les OPV ayant les rendements les plus élevés ont tendance à produire des IVH avec les plus hauts rendements en grain quoique l'augmentation du rendement due à l'hétérosis puisse être plus faible. Dans plusieurs des essais une forte corrélation négative a été observée d'une part entre le nombre de jours pour parvenir à 50 % de la floraison et le rendement en grain hybride et d'autre part entre le nombre de jours pour parvenir à 50 % de la floraison et le nombre d'épis sans grain en particulier dans le cas d'hybrides précoces dérivés d'OPV tardives. Les épis sans grain sont le résultat de déprédations par le scarabée et *Dysdercus volkeri*. Il est clair qu'en sélectionnant des hybrides semi-tardifs à tardifs (environ 100 jours) ces pertes dues aux insectes peuvent être largement évitées. Sur la base de cette information, on a entrepris la mise en essais d'hybrides développés à partir de variétés populations locales en choisissant les mieux adaptées aux stress de l'environnement de destination.

Proportion de semence IVH produite en isolement

La proportion respective de plantes hybrides et de plantes inbred dans les lots de semence issus de parcelles de multiplication d'IVH en isolement a été comparée à celle observée dans les lots de semence provenant de parcelles de multiplication par croisements manuels délibérés afin d'évaluer la faisabilité de la multiplication à grande échelle de semence d'IVH. Deux IVH dont le parent femelle inbred et l'hybride ont des caractères nettement différents et peuvent être facilement identifiés ont été employés pour cette comparaison. Seulement les semences de l'inbred fertile (utilisée comme femelle) ont été récoltées. Pour le premier hybride (458 × GB 8735), la fréquence des plantes hybrides était de 92 % (8 % de plantes inbred) dans le lot de semence multipliée en isolement et 78 % dans le lot issu de croisements délibérés. Pour le second hybride (410 × GRP1), le lot de semence multiplié en isolement comportait 78 % de plantes hybrides tandis que celui dérivé des croisements délibérés comptait 82 % de plantes hybrides. Par conséquent, les croisements délibérés n'ont pas été effectués au moment de la réceptivité optimale des stigmates ou de la viabilité optimale du pollen puisqu'ils n'ont pas produit 100 % de semence hybride. Les rendements en semence de ces deux types de multiplication n'étaient pas significativement différent pour l'un comme pour l'autre hybride. Ces résultats sont encourageants ; ils prouvent que la présence de près de 20 % de grain inbred a peu d'effet sur le rendement en grain, probablement parce que les plantes de la lignée inbred sont plus petites et ne peuvent pas vraiment concurrencer les plantes hybrides plus hautes et vigoureuses. Ils corroborent les travaux antérieurs de Andrews et al. (1993) qui indiquaient aussi que 20 % d'autofécondation avait peu d'effet sur la performance de l'hybride. De plus, ils établissent l'exploitation de la protogynie du petit mil comme un moyen de produire des hybrides. La multiplication des IVH à grande échelle est possible (la variété pollinisatrice fleurissant au moins 5 – 7 jours avant le parent inbred), ce qui offre un plus grand choix de parents et permet un développement plus rapide des

hybrides que les systèmes utilisant la CMS. Huit IVH de ce type sont actuellement en essais avancés. Ils conviennent particulièrement bien aux programmes de sélection d'Afrique Occidentale où les propriétés des variétés populations locales et des variétés améliorées peuvent être facilement et directement intégrées en les utilisant comme parent pollinisateur dans des hybrides adaptés.

Performance des hybrides ivh en conditions de stress hydrique

En 1995, 50 hybrides et OPV ont été testés suivant un dispositif factoriel à deux répétitions comportant trois niveaux d'humidité (200, 300, 600 mm d'apport en eau d'irrigation), deux densités (10,000 et 62,000 plantes ha^{-1}) et deux niveaux d'engrais (500 kg FYM ha^{-1} ou 10 t de FYM) plus 200 kg de superphosphate simple ha^{-1}. La taille des parcelles était de 16 m^2. Seulement les résultats liés à la performance des IVH (10), leurs parents pollinisateurs respectifs (6) et les

Tableau 4. Rendements en grain moyens des hybrides top cross de petit mil, des parents mâles et des témoins sur 12 environnements d'essai, pépinière de sélection à la sécheresse, ICRISAT-Niger, Sadoré, Eté 1995.

Génotype	Désignation	Rendement en grain (kg ha^{-1})	Gain (%) par rapport au rendement du parent mâle	b (stabilité)	S^2DI
Hybrides					
10	1347-52 X CIVT	1062	108	1,08	-404
20	1591 X PV SSZ 926	975	94	0,88	-322
9	1317-28 X P3KOLLO	951	111	0,93	-389
6	1411-18 X SOSAT-C88	1136	115	1,09	209
7	1317-28 X SOSAT-C88	1186	119	1,06	-109
11	1317-28 X GB 8735	1165	116	1,16	323
12	1353 X GB 8735	1168	116	0,90	492
13	1419 X GB 8735	1255	125	1,19	372
16	1529-38 X PV SSZ 925	1118	109	0,92	792
17	1583-86 X PV SSZ 925	1069	104	1,05	-187
Moyenne des hybrides		**1109**	-	**1,10**	**28**
Parents mâles					
2	SOSAT-C88	996	100	1,12	-316
3	CIVT	987	100	1,01	-164
5	GB 8735	1005	100	1,08	-258
8	P3KOLLO	859	100	0,91	-60
14	PV SSZ 925	1027	100	1,12	-256
19	PV SSZ 926	1041	100	1,08	207
Moyenne des parents mâles		**986**	-	**1,12**	**-81**
Témoin					
1	Sadoré local	536	-	0,68	-313
4	HKP	863	-	0,76	-246
Moyenne des témoins		**699**	-	**0,78**	**45**
	moyenne totale	1022	-	-	-
	cv(%)	35	-	-	-
	PPDS (0,05)	202	-	-	-

¥ Carrés des moyennes égalent 102 fois les valeurs des colonnes.

deux témoins (HKP et Sadoré local) sont donnés ici.

Le tableau 4 résume les rendements en grain totaux des IVHs, de leurs parents pollinisateurs respectifs et des témoins. Le rendement en grain moyen sur les douze environnements était de 1,10 t ha^{-1} pour les IVH, 0,98 t ha^{-1} pour les parents pollinisateurs et 0,70 t ha^{-1} pour les deux témoins. Quel que soit l'environnement, les IVH ont produit jusqu'à 28 % de grain en plus que le contrôle HKP et de –6 % à 25 % en plus que leurs parents pollinisateurs. L'analyse de la stabilité montre (tableau 4 et Figure 2) que les IVH donnent des rendements stables et plus élevés dans tous les environnements testés (b = 1,10) et répondaient aux environnements favorables d'une

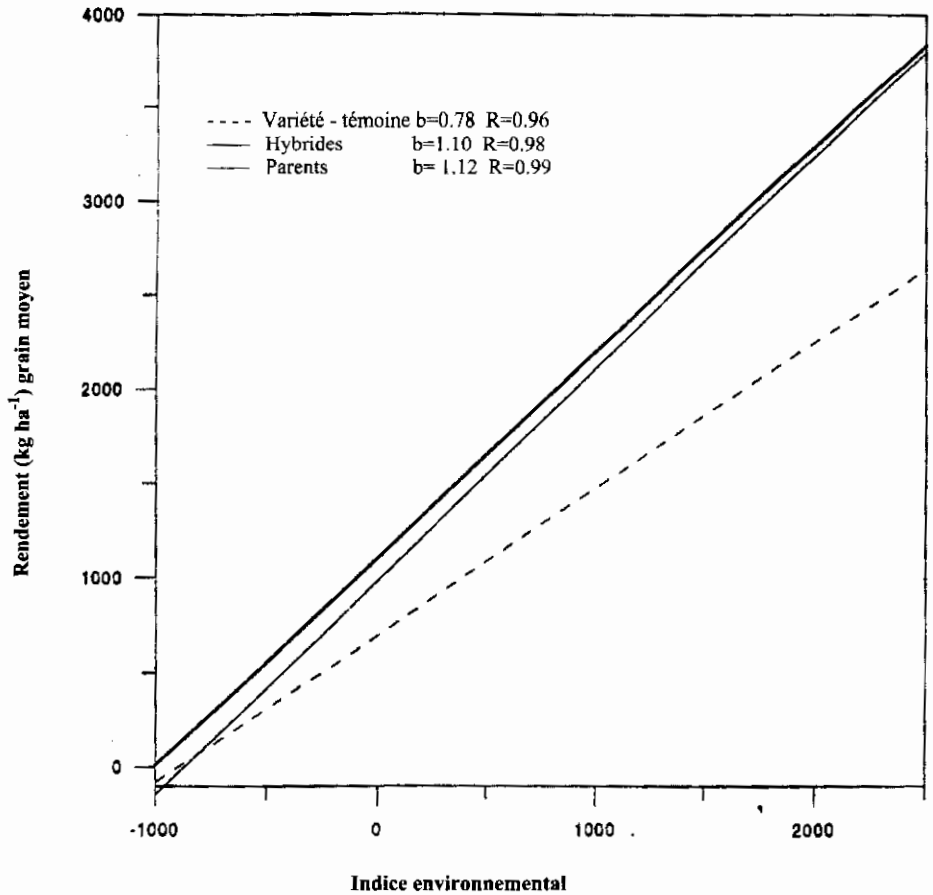


Figure 2 **Régression entre le rendement en grain moyen et l'indice environnemental pour les hybrides de petit mil inbred × variété, les variétés mâles correspondantes et les témoins en pépinières de sélection de résistance à la sécheresse, ICRISAT, Sadoré, Niger, Eté, 1995.**

401

manière similaire aux variétés utilisées comme pollinisateurs qui se comportaient aussi de façon stable.

Hybrides Top Cross

Jusqu'à présent en excluant les hybrides trop précoces par rapport à l'OPV parentale mâle, les résultats ont montré que les OPV avec les rendements les plus élevés avaient tendance à produire les IVH avec les rendements en grain les plus élevés. Sur la base de cette information, on a entrepris la mise en essais d'hybrides développés à partir de variétés populations locales adaptées aux stress de l'environnement de destination.

Les variétés populations locales développées au cours des siècles de sélection environnementale naturelle et humaine délibérée ont accumulé des niveaux élevés de résistance génétique ou de tolérance aussi bien aux stress physiques prévalants (c'est-à-dire, sécheresse, teneur faible en nutriments, pH des sols défavorables et températures élevées des couches superficielles du sol à la germination) qu'aux nombreux stress biologiques (c'est-à-dire ennemis des cultures, maladies et mauvaises herbes). Le temps nécessaire pour parvenir à la maturité rapporté à la durée totale de la saison agricole dans le lieu considéré est souvent un facteur critique permettant de maximiser les autres caractères d'adaptation. Ces caractéristiques développées localement confèrent une bonne stabilité à la production. Toutefois les variétés locales sont spécialisées et adaptées spécifiquement à leur région éco-géographique particulière. L'utilisation des variétés locales comme parents des hybrides garantit une bonne adaptation et les hybrides top cross TCH (ou IVH) résultants exploiteront la réponse de ces variétés locales aux conditions environnementales améliorées. Les variétés populations locales ne présentent pas en elles-mêmes assez de diversité génétique pour le rendement et la résistance aux maladies pour permettre une sélection de variétés à rendements élevés à partir de leur seul pool génétique. Quoique plusieurs variétés aient été dérivées des variétés populations locales et recommandées pour la production, elles ne donnent pas des rendements en grain significativement plus élevés que la population originale. Mais elles possèdent des caractères que les agriculteurs préfèrent à savoir une précocité modérée et des *shibras* (plantes au type sauvage) moins fréquents. Grâce à la disponibilité récente en lignées mâle-stériles il est maintenant possible de combiner à la vigueur hybride l'adaptation des variétés populations locales au déficit hydrique constant et à la faible fertilité des sols et d'améliorer ainsi les rendements potentiels. Les hybrides TCH (or IVH) semblent offrir le moyen le plus rapide et le plus efficace d'incorporer les tolérances aux stress simultanément aux augmentations de rendements potentiels et à une meilleure exploitation des ressources limitées ou d'une meilleure gestion (Bidinger et al., 1994).

Nous avons évalué 20 TCH obtenus des croisements avec quatre mâle-stériles et cinq populations locales du Niger. En plus, nous avons fait les croisements avec ces quatre mâle-stériles et 8 variétés améliorées. Ceux-ci ainsi que leurs parent mâles (variétés populations),d'autres TCH dérivés d'une variété témoin et ce

témoin ont été mis en essai pendant deux ans sur quatre sites différents (tableau 5).

Les TCH dérivés des variétés populations locales Bazagome, Guerguera, Dan

Tableau 5. Valeurs moyennes pour quatre caractères de 20 hybrides top cross, leurs parents mâles et le témoin sur quatre environnements d'essai, ICRISAT-Niger, saisons des pluies, 1996 et 1997.

Code	Description	Jrs pour 50% floraison	Mildiou (% sqr)	Tallage (#)	Rend[1] grain (t ha^{-1})
Hybrides de variétés locales					
7	680 × Bazagome	62	3	5	1,03
8	698 × Bazagome	66	2	3	1,12
9	712 × Bazagome	66	2	3	1,16
1	726 × Bazagome	60	4	4	1,21
11	680 × Guerguera	62	2	4	1.03
12	698 × Guerguera	67	2	3	1,08
13	742 × Guerguera	67	2	2	1,01
14	726 × Guerguera	59	3	4	1,24
15	680 × Moro	58	1	5	1,05
16	698 × Moro	62	1	4	1,33
17	712 × Moro	63	0	3	1,21
18	726 × Moro	57	3	6	1,35
19	680 × Dan Tchama	59	1	6	1,31
20	698 × Dan Tchama	63	2	3	1,14
21	712 × Dan Tchama	65	1	3	1,32
22	726 × Dan Tchama	58	3	5	1,35
23	680 × Boudouma	56	1	5	0,73
24	698 × Boudouma	5*	3	4	1,19
25	712 × Boudouma	60	2	4	1,15
26	726 × Boudouma	55	3	7	1,08
Variétés locales					
1	Bazagome	72	5	2	0,55
2	Guerguera	73	5	2	0,51
3	Moro	63	1	3	0,79
4	Dan Tchama	68	2	3	0,82
5	Boudouma	58	3	4	0,68
Hybrides du témoin					
27	680 × CIVT	59	1	4	0,55
28	698 × CIVT	63	3	3	0,45
29	712 × CIVT	65	1	3	0,50
30	726 × CIVT	58	2	5	0,30
Témoins					
6	CIVT	60	2	3	1,02
	Moyenne totale	62	2	4	1,10
	CV (%)	4	50	25	26
	PPDS (0,05)	2	1	1	0,20
Type d'hybride					
Hybrides de variétés locales		61b[1]	2b	4a	1,16a
Hybrides de variétés améliorée		61b	2b	4a	1,33b
Parents mâles					
Variétés		67a	3a	3b	0,67c
Variétés locales		60b	2b	3b	1,02d
Mâle-stériles					
680A		59b	2cb	5a	1,05b
698A		63a	2b	3b	1,20a
712A		64a	1c	3b	1,23a
726A		58c	3a	5a	1,26a

[1]Les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil 0,05 de probabilité

403

Tchama, fleurissaient 7 à 8 jours plus tôt que ces variétés populations tandis que les TCH issus de la variété population locale Moro fleurissaient seulement trois jours avant cette variété. Les TCH issus du témoin présentaient le même temps pour parvenir à la floraison que ce témoin (61 jours). En ce qui concerne le mildiou, des 20 TCH dérivés des variétés populations locales, 13 avaient un taux d'incidence du mildiou plus faible que celui des parents, trois présentaient un taux d'incidence supérieur à celui de la variété parentale et quatre avaient des taux d'incidence égaux à celui des parents. Globalement, les mâle-stériles 712 A et 680 A ont produit des TCH qui présentaient moins de mildiou. Les TCH issus du mâle stérile 726 A étaient les plus sensibles au mildiou. En moyenne les TCH ont produit 50 % de talles en plus par rapport aux parents, la plus grande augmentation du nombre de talles étant observée chez les hybrides TCH dérivés de Bazagome (87 %) et la plus faible augmentation étant observée chez les hybr- ides TCH dérivés de Boudouma (25 %). Il faut néanmoins remarquer que Boudouma est elle-même une variété locale présentant un grand nombre de talles.

Le rendement moyen en grain était de 0,67 t ha^{-1} pour les variétés populations locales et de 1,16 t ha^{-1} pour les hybrides dérivés de ces populations locales, soit une augmentation moyenne de 73 % par rapport au parent mâle. L'augmentation par rapport aux variétés populations locales ayant servi de parent mâle variait de 53 % (TCH de Boudouma) à 113 % (TCH avec Guerguera). Le rendement moyen en grain du témoine CIVT était de 1,02 t ha^{-1}, celui de ses hybrides TCH variait de 1,15 t ha^{-1} à 1,35 t ha^{-1}, soit une moyenne de 1,32 t ha^{-1} et une augmentation moyenne du rendement de 30 %. Le TCH avec le rendement le plus élevé (726 A × Dan Tchama) a produit 35 % de grain de plus que le témoin CIVT (tableau 5). L'analyse de la stabilité a montré (Figure 3) que les TCH dérivés de variétés populations locales donnaient de meilleurs rendements dans chacun des quatre environnements testés et étaient plus stables que les variétés populations elles-mêmes.

Multiplication de la semence d'hybrides top cross

Comme mentionné auparavant, l'évaluation des TCH a porté sur un jeu de TCH issus du croisement de mâle-stériles par des variétés à fécondation libre. Parmi ces hybrides, quatre, à savoir ICMH 9801 (680 A × Dant Tchama), ICMH 9802 (712 A × CIVT), ICMH 9803 (698 A × ICMV IS 89305) et ICMH 9804 (712 A × ICMV IS 90309) ont été retenus pour la multiplication de semence en isolement. A notre connaissance, c'est la première fois que la multiplication d'hybrides CMS de petit mil était entreprise en Afrique Occidentale. Trois parcelles de multiplication de semence hybride de 492 m^2 (soit environ 0,05 ha) ont été plantées suivant 20 billons de 40 m espacés de 0,75 m avec un écartement entre poquets de 0,80 m (41 poquets) le long de chaque billon. En faisant exception des trois premiers et des trois derniers rangs plantés en parent mâle, deux rangs de parent femelle mâle-stérile alternaient avec deux rangs de parent mâle. Pour garantir une production suffisante de pollen, les quatre premiers et les cinq derniers poquets de chaque rang étaient aussi plantés en parent mâle.

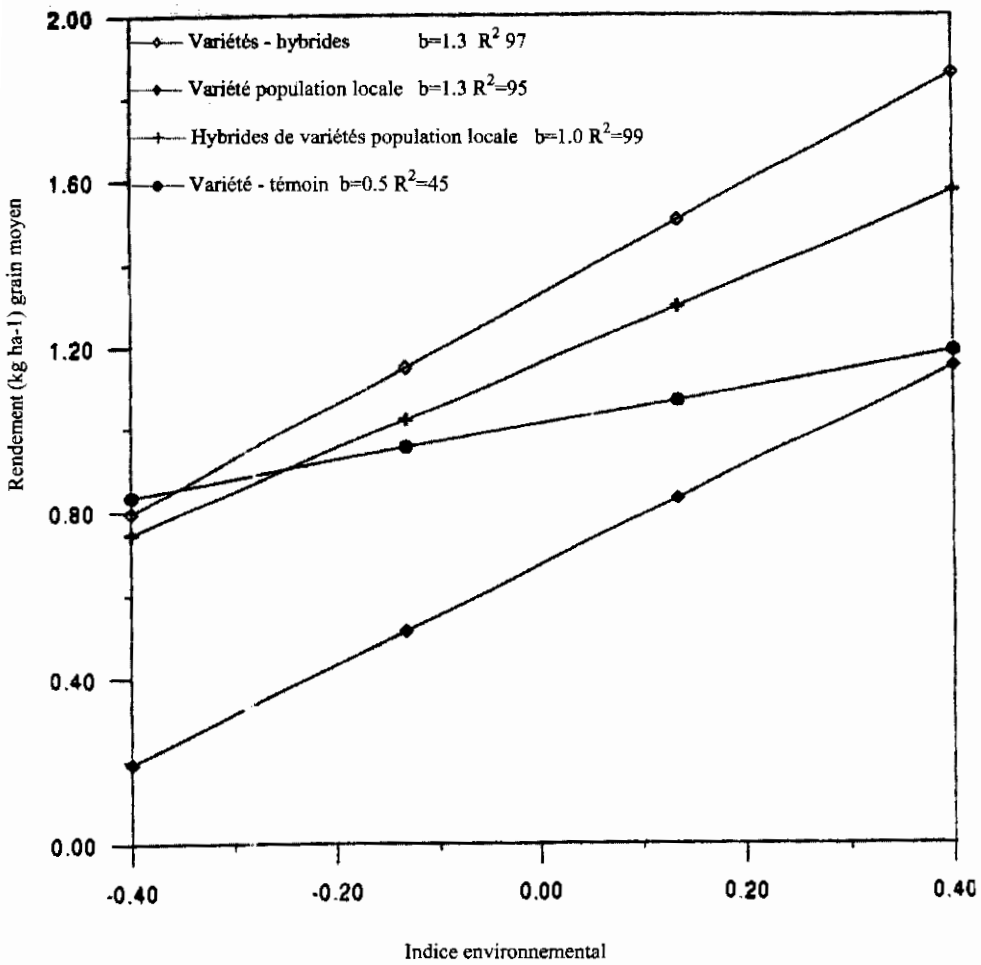


Figure 3 **Régression entre le rendement en grain des hybrides top cross de petit mil, des parents mâles correspondants et de la variété témoin et l'indice environnemental, ICRISAT, Sadoré, Niger, 1996-97.**

Le tableau 6 récapitule les données obtenues sur deux des parcelles de multiplication. Dans les trois parcelles de multiplication des hybrides, la synchronisation de la floraison du parent femelle mâle-stérile et des parents mâles était optimale, les parents mâles fleurissant 7-10 jours avant la lignée mâle-stérile. Dans tous les cas, les parents mâles ont fleuri en 50-55 jours. Les talles étaient asynchrones (le nombre moyen de talles par plante était de 3,7 pour la lignée femelle et respectivement 3,8 et 5,5 pour les parents mâles ICMV IS 90309 et CIVT) aussi bien chez le parent mâle que la lignée femelle, avec un délai de 10 – 20 jours entre l'apparition des stigmates sur

405

Tableau 6. Récapitulatif des données observées sur deux parcelles de production de semence hybride de petit mil, ICRISAT-Sadoré, Niger, Janvier-mai 1998.

Caractère mesuré	Lignée mâle stérile dans la parcelle de TCH de	
	ICMH 9802	ICMH 9804
Mâle-stérile	712 A	712A
Variété pollinisatrice	CIVT	ICMV IS 90309
Male-stérile		
Nombre de poquets plantés	240	240
Nombre de poquet germant	236	239
Nombre de plantes ne fleurissant pas	10	3
Nombre de plantes réelles	216	224
Hauteur des plantes (cm)	113 ± 11,2	117 ± 9,5
Nombre moyen de talles (par plante)	3.8 ± 0,9	3.8 ± 1,16
Longueur moyenne de l'épi (cm)	45 ± 5,2	44 ± 4,0
Circonférence moyenne de l'épi (cm)	7,3 ± 0,6	7,6 ± 0,59
Exsertion moyenne (cm)	0,9 ± 3,9	1,6 ± 3,13
Fréquence des plantes fertiles (%)	4,4 (10)	5,0 (12)
Variété pollinisatrice		
Nombre de poquets plantés	540	520
Nombre de poquets germant	524	515
Nombre de plantes ne fleurissant pas	29	4
Nombre de plantes réelles	485	511
Hauteur des plantes (cm)	184 ± 11,5	180 ± 16,7
Nombre moyen de talles (par plante)	3,8 ± 1,47	5,5 ± 1,70
Longueur moyenne de l'épi (cm)	56 ± 5,3	47 ± 6,0
Circonférence moyenne de l'épi	7,6 ± 0,67	8,1 ± 0,81
Exsertion moyenne	-8,8 ± 4,7	-4,0 ± 6,8
Fréquence de shibra (%)	2,03	0
Rapport plantes femelles à mâles	**1,0:2,2**	**1,0:2,3**

le talle principal et leur apparition sur les talles secondaires. Le nombre de talles par plante (Figure 4) a assuré une production suffisante de pollen pour tous les épis femelles. La fréquence des plantes fertiles dans les rangs de la lignée femelle était élevée (5 %) ; ces plantes fertiles ont été éliminées tout de suite après l'anthèse. Il n'a pas été possible de déterminer pour le moment si ces plantes fertiles étaient le résultat d'un mélange mécanique (un échantillon de ce même lot de semences sera mis en culture afin de confirmer cette fréquence) ou de l'effet des températures élevées. En avril, les températures ambiantes maximales étaient très élevées avec une température maximale moyenne de 42,7 °C. A titre de comparaison, la température maximale moyenne enregistrée à Sadoré au cours des 15 dernières années (1983-1997) était de 41,4 °C. Les températures maximales ont enregistré 43 °C pendant 24 jours en avril 1998 alors que la moyenne pour avril est de 5 jours à 43 °C pour les 15 dernières années. Ces très hautes températures ont pu contribuer au retour à la fertilité mâle.

A partir des rendements en grain obtenus pour ces parcelles en isolation, les rendements des hybrides et des parents mâles ont été estimés pour plusieurs proportions de rangs femelles à mâles (tableau 7). Une proportion de rangs femelles à mâles de 1:2 avait été choisie pour garantir la réussite de la production de semence. Avec ce dispositif, un rendement en semence hybride de 0,31 t ha^{-1} et un rendement de 1,1t ha^{-1} pour le parent mâle, soit un rendement total de

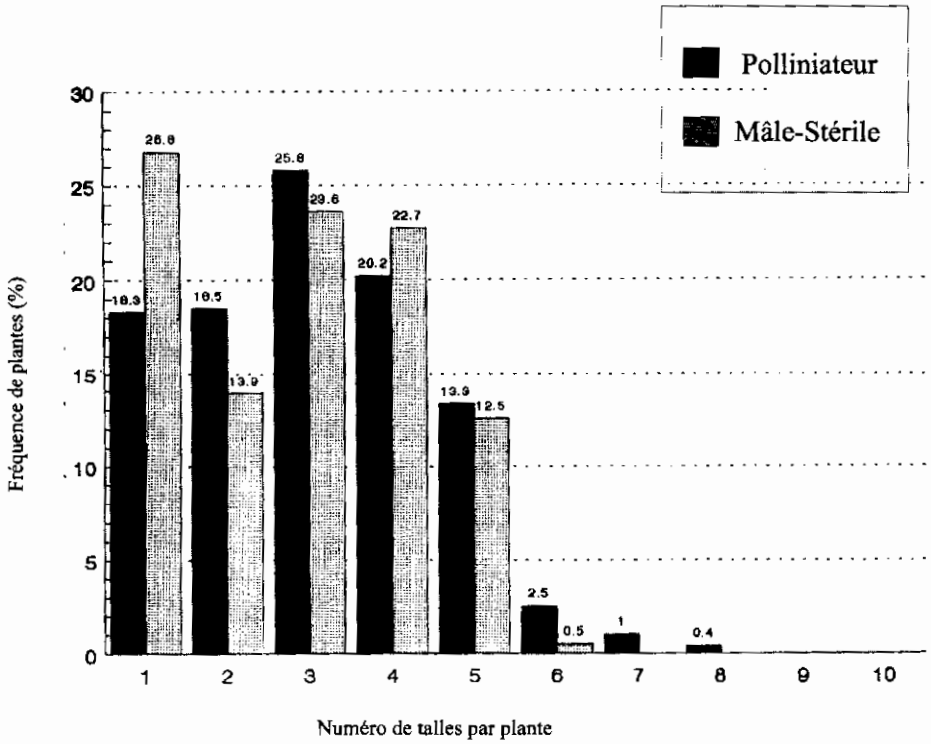


Figure 4 **Nombre de talles par plante du parent mâle stérile 712 A et du parent mâle CIVT dans une parcelle de production de semence hybride, ICRISAT, Sadoré Niger, Eté 1998.**

Tableau 7. Estimations des rendements en grain d'hybrides de petit mil et des parents mâles en parcelles de production de semence TCH.[1]

Proportion		Billons		Plantes/ha		Rendement en Semence estimé (t ha^{-1})		Rendement total (t ha^{-1}	% de rendement en semence	
Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Hybride	Mâle		Hybride	Mâle
2	1	88	44	11 100	4 400	0.31	1.10	1.40	22	78
2	2	66	66	9 900	6 600	0.47	0.90	1.36	34	66
2	4	44	88	7 700	8 800	0.62	0.70	1.32	47	53
2	8	26	106	5 900	10 600	0.75	0.54	1.28	58	42

107

1,40 t ha^{-1} ont été obtenus. Dans le cas d'une proportion de rangs femelles à mâles de 4:2 (qui apparaît optimum) le rendement en semence hybride est estimé à 620 kg ha^{-1} et celui du parent mâle à 700 kg ha^{-1}. Des calculs grossiers indiquent qu'un hectare de production de semence hybride peut rapporter de 650 à 850 dollars (avec par hypothèse, 200 cfa pour un kg de grain, 800 cfa pour un kg de semence hybride et 400 cfa pour la semence de la variété parentale à fécondation libre). Il faut remarquer que la production de TCH permet de faire deux récoltes de semence – celle de l'hybride et celle de la variété parentale mâle – à partir d'un même champ. Les producteurs de semence peuvent vendre la semence du parent mâle qui en général sera de meilleure qualité. Ceci garantit une valeur ajoutée au produit des rangs mâles.

Critères pour les lignées parentales

Les critères pour le développement de lignées parentales adaptées à la production de semence hybride et d'hybrides de valeur, décrits ci-après sont issus de l'expérience acquise jusqu'à présent (Andrews et al. 1997). Des études de phénologie des parents élitaires femelles et mâles ont été entreprises afin d'obtenir des informations complémentaires.

Parents femelles. Les parents femelles doivent posséder un haut niveau de résistance au mildiou, présenter une stérilité mâle parfaite et stable, avoir un rendement élevé et présenter un nombre de talles modéré à élevé. Il est important qu'ils présentent aussi une bonne insertion en saillie (exsertion) de l'épi, une bonne nouaison, des grains de bonne taille et des plantules vigoureuses en plus des caractéristiques fortement corrélées à la performance de l'hybride telles que la taille des plantes, la maturité et les résistances aux maladies et aux ennemis.

Parents mâles. En plus d'une excellente aptitude à la combinaison avec le parent femelle, les parents mâles doivent complètement restaurer la fertilité mâle et doivent libérer du pollen en abondance et tôt. Un tallage élevé, afin d'étaler la libération du pollen, est préférable. Les parents mâles doivent avoir une bonne synchronisation, suffisamment précoce pour que le pollen soit libéré avant que les stigmates du parent femelle deviennent réceptifs et suffisamment prolongée pour que la libération du pollen continue pendant toute la durée de la floraison du parent femelle afin d'assurer une bonne production de semence dans les parcelles de multiplication.

Critères de qualité du grain

Les critères de qualité du grain sont déterminés par les utilisateurs finaux. Le petit mil est cultivé en Afrique Occidentale à des fins alimentaires essentiellement et seulement occasionnellement à des fins de brasserie. Ces critères de qualité du grain ne sont pas bien définis pour le petit mil (Andrews et Kumar, 1992). En général le grain rond gris à blanc jaunâtre est bien accepté quoique dans certaines zones de l'Afrique centrale et Occidentale des grains légèrement bruns ou blanc crémeux sont en général préférés. Actuellement ni le marché des denrées alimentaires ni le marché des aliments pour bétail n'incitent à demander une meilleure qualité

nutritionnelle. C'est pourquoi, il y a pour le moment peu de raisons de prêter attention à la sélection pour la qualité nutritionnelle dans les programmes d'amélioration des hybrides de petit mil.

Perspectives d'avenir

Besoins en TCH et IVH. Aussi bien les IVH que les TCH sont réalisables pour le petit mil et présentent des avantages réels pour leur utilisation en Afrique en termes de durabilité de la résistance aux maladies et de l'adaptation, deux caractéristiques qui sont difficiles à obtenir chez les SCH. Grâce aux IVH, la sensibilité à l'ergot a été réduite puisque la CMS n'est pas incluse. Pour les TCH issus des variétés populations locales, il faut suffisamment de semence sélectionnée pour assurer la répétition de la performance de l'hybride. Les hybrides doivent être sélectionnés de façon à être bien adaptés aux durées actuelles des saisons de croissance aussi bien pour maximiser la disponibilité des ressources environnementales nécessaires à la croissance que pour minimiser les infestations et l'incidence des maladies et des ennemis. Les hybrides doivent avoir des densités de plantation similaires à celles des variétés populations locales. Le coût de la semence ne devrait pas être trop élevé. Contrairement au sorgho qui est cultivé dans des zones à pluviométrie plus sûre, le petit mil a besoin souvent d'être replanté (jusqu'à 3 – 4 fois). Il faudra étudier la production de semence dans des zones sélectionnées pendant la saison des pluies afin de réduire les coûts de la production estivale (c'est-à-dire, irrigation, dégâts d'oiseaux, etc.). Les autres facteurs nécessitant une attention sont : 1) production de semence hybride dans des environnements où la réussite de la culture est relativement sûre, 2) développement de parents femelles productifs, et 3) évaluations des hybrides non seulement pour leur rendement en grain mais aussi leur rendement en vert. Il faut aussi évaluer les distances optimales nécessaires pour les isolements et les effets de la présence de plantes productrices de pollen au sein des parents femelles dans les parcelles de production d'hybrides.

Leçons tirées de l'expérience indienne. Aux Indes, l'adoption des hybrides de petit mil (estimés couvrir maintenant 45 % des 10,5 millions d'hectares cultivés) a entraîné une augmentation spectaculaire de la production et de la productivité. Elle a encouragé le développement d'un large secteur privé (estimé couvrir jusqu'à 55 % de la semence totale produite) et la mise à disposition de semence de qualité auprès des agriculteurs. L'aspect négatif de cette adoption est lié à la sensibilité des hybrides simples au mildiou encore accentuée par la culture répétée sur de larges superficies du même hybride simple génétiquement uniforme. Il apparaît maintenant clairement que le risque représenté par la sensibilité au mildiou peut être fortement réduit grâce à la sélection d'une résistance durable et l'adoption de stratégies de sélection appropriées telles que le développement de IVH et TCH qui exploitent les caractéristiques de stabilité et durabilité des variétés parentales mâles adaptées génétiquement variées.

Essai régional des hybrides de petit mil. Encouragés par les résultats obtenus jusqu'à présent (avec IVH, TCH, et par la disponibilité des lignées mâle-stériles

adaptées) les participants au projet P 7 (développement de variété et multiplication de semence avec participation des agriculteurs) du Réseau Ouest et Centre Africain de Recherche sur le Mil en Afrique Occidentale et Centrale (ROCAFREMI) ont décidé de mettre un place pendant la saison des pluies de 1998 un essai régional des hybrides de petit mil sous collaboration ICRISAT-ROCAFREMI. L'ICRISAT et le ROCAFREMI ont entrepris un tel essai avec dix TCH (neuf TCH avec des variétés à fécondation libre améliorées et un avec une variété population locale), les huit parents mâles correspondants et deux témoins à répéter sur onze sites dans sept pays. Quelques-uns de ces TCH ont aussi été retenus pour des démonstrations en exploitation agricole au Niger en collaboration avec l'INRAN. On espère obtenir à la fin de cette année une information concernant le niveau d'adaptation générale et le rendement en grain potentiel de ces hybrides top cross. De toute évidence de bons résultats déclencheront toute une gamme d'activités de développement y compris des cours de formation à la production de semence hybride.

Conclusion

Le rendement potentiel est important à tous les niveaux de production mais peut-être encore plus en conditions défavorables où les ressources limitées doivent être utilisées plus efficacement. L'amélioration du rendement du petit mil en est encore à un stade relativement peu avancé en Afrique Occidentale. Des gains de rendement de l'ordre de 20 – 25 % du fait du passage des variétés aux hybrides n'ont pas encore été réalisés au niveau des agriculteurs, ce qui prendra probablement au moins 4 – 7 ans. Les hybrides ont un rendement potentiel plus élevé même sous conditions de productivité modérée et ils utilisent les ressources plus efficacement. Des essais d'hybrides adaptés ont montré que cette augmentation du rendement est à la disposition des agriculteurs d'Afrique Occidentale.

Il est important de reconnaître que la composante hybride ou variété est seulement un des facteurs de l'ensemble complet des mesures agronomiques, institutionnelles et sociales nécessaires au maintien d'une meilleure production. Dans toutes les régions de culture du petit mil au Sahel, il est essentiel de compléter l'amélioration génétique par une amélioration générale de l'alimentation de la plante. De telles améliorations de la fertilité des sols sont vitales pour conserver et améliorer la base des ressources de la production agricole à l'avenir. Les problèmes d'infrastructure relatifs à la production de semence, ceux de garantie des marchés de grain alimentaire et de diversification des utilisations finales comptent au nombre des nombreux points nécessitant une attention afin de pouvoir assurer une utilisation profitable des hybrides ou même des OPV par les petits exploitants.

Bibliographie

Andrews, D.J., B. Kiula et J.F. Rajewski. 1993. The use of protogyny to make hybrids in pearl millet. P. 208-210 in: J. Janick and J. Simon (eds.) New Crops. John Wiley and sons. New York.

Andrews, D.J. et K.A. Kumar. 1992. Pearl millet for food, feed and forage. Advances in Agronomy 48: 89-139.

Andrews, D.J., G. Ejeta, M. Gilbert., P. Goswami, K. Anand Kumar, A.B Maunder, K. Porter, K.N. Rai, J.F. Rajewski, V.S. Belum Reddy, W.

Stegmeier, et B.S. Talukdar. 1997. Breeding hybrid parents. Pages 173-187. In Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet, Lubbock, Texas, USA, 22-27 September 1996. Lincoln, Nebraska, USA. Collaborative Research support Program on Sorghum and Pearl Millet (INTSORMIL Publication No. 97-5).

Bidinger, F.R., E. Weltzien, R.V. Mahalakshmi, S.D. Singh, et K.P. Rao. 1994. Evaluation of landrace top cross hybrids of pearl millet for arid zone environments. Euphytica 76: 215-226.

Bono, M., et P. Leclerq. 1963. Méthodes d'amélioration variétale des mils et sorghos utilisés au CRA (Centre de Recherche Agronomique), Bambey. Agronomie Tropicale 18: 33-52.

Hanna, W.W. 1989. Characteristics and stability of a new nuclear-cytoplasmic male-sterile source in pearl millet. Crop Science 29:1457-1459.

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1987. Proceedings of the International Pearl Millet workshop, 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India:ICRISAT.

Lambert, C. 1982. IRAT et l'amélioration de mil. Agronomie Tropicale 38:78-88.

Ndoye, A.T. et S.C. Gupta. 1987. Research on pearl millet hybrids in Senegal. Page 285 In ICRISAT(International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics).1987. Proceedings of the International Pearl Millet workshop, 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India:ICRISAT.

Nwasike, C.C. 1987. Pearl millet male-steriles and hybrids in Nigeria, Page 284 In ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics).1987. Proceedings of the International Pearl Millet workshop, 7-11 April 1986, ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India:ICRISAT.

Ouendeba, B., W.W. Hanna, G. Ejeta, W.E. Nyquist, et J.B. Santini. 1996. Forage yield and digestibility of African pearl millet landraces in diallel with missing cross. Crop Science 36:1517-1520.

Nouveaux systèmes de stérilité mâle cytoplasmique pour les hybrides de mil

D. J. Andrews, K. N. Rai et J. F. Rajewski

Les systèmes de stérilité mâle cytoplasmique-nucléaire (CMS) sont en général considérés comme « utiles » parce qu'ils diminuent la « vulnérabilité ». Mais ils sont à notre avis beaucoup plus intéressants pour d'autres raisons. Nos recherches ces dernières années à l'INTSORMIL et l'ICRISAT ont commencé à étudier ces systèmes et bien qu'elles portent sur les systèmes CMS du mil, il faut s'attendre à ce que des situations similaires se rencontrent chez d'autres plantes de grande culture dont la production commerciale de semence hybride repose sur un système CMS.

Les systèmes CMS peuvent présenter un certain nombre de différences et ces différences peuvent profondément affecter la réussite de la sélection, la production de la semence et la performance de l'hybride. Pour qu'un caractère soit le plus facile à utiliser en sélection, il faut qu'il soit clairement identifiable, à hérédité simple et contrôlé par des gènes majeurs, et que son expression ne soit pas affectée par les autres gènes ou l'environnement. Le système CMS A_1 chez le mil et le système A_1 (kafir-milo) chez le sorgho satisfont à ces conditions minimales et comme ils constituent les premiers systèmes disponibles permettant de tirer parti à un niveau commercial des avantages énormes offerts par les hybrides, ils sont très largement utilisés. Seulement récemment depuis que d'autres systèmes CMS ont été découverts et comparés au système A_1, il est possible de caractériser les défauts et les limites du système A_1 qui n'apparaissaient pas clairement précédemment.

La plupart des limites des systèmes A_1 chez le sorgho ou le mil peuvent être mises en évidence au niveau de la F_2 d'un hybride quelconque. Le large groupe de plantes partiellement stériles (ou faiblement stériles) obtenu est révélateur des difficultés à sélectionner des parents bons producteurs de graines et de pollen avec ces systèmes. Nous avons comparé le système A_4 (Hanna, 1989) avec le système A_1 (Burton, 1958) chez le mil. Plus récemment nous avons étudié le système A_5 (Rai, 1995). Les différences importantes sont récapitulées dans le tableau 1. (Les systèmes A_2 et A_3 - (Burton et Athwal, 1967) n'ont jamais assuré une stérilité mâle suffisante pour avoir une utilité commerciale). Les différences les plus significatives sont les suivantes:

- Les systèmes A_4 et A_5 produisent très peu de plantes partiellement stériles. Ceci facilite grandement la sélection en particulier au niveau de la production de lignées A et de la création de nouvelles lignées B.
- Fréquence élevée de lignées B dans le germplasme. La production de nouveaux parents femelles qui est la clé de l'amélioration des rendements hybrides était une des principales limites du système

4.2

Tableau 1. Comparaison des caractéristiques des systèmes de stérilité mâle cytoplasmique-nucléaire A_1, A_4 et A_5 chez le mil.

	A_1	A_4	A_5
Accès au germplasme	très limité	large	très large
% de lignées B dans le germplasme	±10	±85	99
% de lignées B parfaites dans les croisements B x B	±50	100	100
% de lignées R dans le germplasme	<15	±10%	±1%
% de germplasme avec une stérilité mâle partielle	±75	<	<5*
Effets G x E sur la restauration	présents	faibles	très faibles*
Apparence de la stérilité	bonne	bonne	très bonne
Sélection de lignée R sur cytoplasme stérile	Très difficile	facile	facile*
Réversions cytoplasmiques à la fertilité mâle	oui	non	non

*résultats initiaux

CMS A_1. Presque tous les germplasmes cultivés sont des lignées B dans les systèmes A_4 et A_5.

- Quoique la fréquence naturelle des restaurateurs (R_4 dans le système A_4, R_5 dans le système A_5) dans le germplasme cultivé soit respectivement faible et très faible, la conversion de toute lignée en un parent mâle (producteur de pollen) R_4 ou R_5 consiste en une simple procédure de rétrocroisement dominant sur cytoplasme stérile. Il est possible d'utiliser le cytoplasme stérile pour sélectionner les restaurateurs R_4 ou R_5 dans ces systèmes parce que — à l'inverse du système A_1— il y a peu d'interaction avec les autres gènes nucléaires ou cytoplasmiques, ce qui est à l'origine de l'expression variable de la stérilité partielle.
- Lorsque le concept de réservoirs d'hétérosis est considéré, la quantité de diversité disponible pour les parents femelles (producteurs de graines) dans les systèmes A_4 et A_5 est beaucoup plus importante que dans A_1. La diversité disponible pour les parents mâles R_4 ou R_5 est potentiellement illimitée puisque toute lignée peut être rapidement convertie en R_4 ou R_5. De même, toute lignée A_1 ou R_1 (ou hybride A_1 existant) peut être convertie en lignée A_4 ou A_5 ou hybride.
- L'expression de la stérilité et de la fertilité mâle dans le système A_1 dépend de l'environnement. Aux températures élevées par exemple, les parents femelles A_1 peuvent

413

perdre leur stérilité. Aux basses températures, les hybrides A_1 peuvent présenter une diminution significative de leur mâle fertilité d'où une faible production de graines et une baisse de rendement.

- Enfin, le cytoplasme stérile A_1 est légèrement instable et par mutation redevient faiblement fertile par rapport au cytoplasme fertile (normal). Ce phénomène n'a pas pour le moment été observé dans A_4 ou A_5.

L'effet cumulé de ces différences peut affecter profondément la sélection. Avec le système A_1 l'effort de sélection consiste principalement à développer des nouvelles lignées mâle-stériles et de nouveaux restaurateurs puis (dans les limites de ce pool génétique) de rechercher les combinaisons présentant une hétérosis. Avec les systèmes A_4 et A_5 l'effort peut consister à rechercher d'abord des combinaisons présentant une hétérosis et à convertir ensuite les meilleurs géniteurs en lignées A mâle-stériles ou en lignées R mâle-fertiles (restaurateurs).

Les systèmes CMS A_4 et A_5 permettent donc d'avoir accès à une plus grande diversité génétique pour la sélection d'hybrides et offrent une méthode sûre et rapide de production des parents mâles et femelles des hybrides, ce qui améliore l'efficacité du système de sélection. Le sorgho peut présenter une situation similaire : le système A_1 présente des limites similaires et on sait que de nombreux autres systèmes CMS existent (Schertz, 1998) mais ils n'ont pas été étudiés dans le détail.

Un point qui demande une étude plus approfondie est de savoir si les différents cytoplasmes sont à l'origine des différences de performance des hybrides. Alors que seulement A_1 et A_4 ont été comparés, les résultats préliminaires suggère l'existence d'interactions entre le cytoplasme et le noyau. Dans certains cas pour une combinaison hybride donnée (même noyau), l'hybride avec le cytoplasme A_1 était meilleur tandis que pour d'autres le meilleur hybride était obtenu sur le cytoplasme A_4. Il semblerait que des interactions entre le noyau et le cytoplasme contribuent aussi à l'hétérosis puisque les hybrides CMS peuvent s'avérer légèrement supérieurs aux mêmes hybrides obtenus sans cytoplasme mâle stérile (possible chez le mil et le maïs). Des études sont en cours pour confirmer ces résultats. Une différence constante concerne la période de protogynie qui est plus courte dans A_4 que dans A_1, alors que les stigmates présentent une plus longue durée de vie dans A_4 ce qui se traduit par une meilleure production de graines en conditions de stress.

Les producteurs de semence trouveront les hybrides A_4 et A_5 plus faciles à produire. Dans les systèmes de production de semence hybride A_4 et A_5, la plupart des impuretés qui résultent de croisements avec des parents femelles en multiplication seront mâle-stériles parce que la plupart des sources de pollen polluantes sont les mainteneurs. Si les germplasmes R_4 et R_5 deviennent plus communs, cet avantage diminuera.

La non réversion des plantes de lignées A en plantes de lignées B, qui se produit dans le système CMS A_1, signifie aussi que les parents femelles seront plus purs et par conséquent les hybrides. De telles

réversions sont difficiles à détecter parce que (mis à part la production de pollen) ces plantes sont identiques aux plantes mâle-stériles. Ces deux dernières caractéristiques réduisent significativement la nécessité de d'épurer les hors-types (impuretés) dans les champs de production de semence et par conséquent réduisent les coûts de production et augmentent la pureté des hybrides.

Les producteurs de semence n'auront plus à s'inquiéter des conditions de températures anormalement élevées ou basses lors de la production d'hybrides A_4 ou A_5. De telles conditions peuvent soit casser la stérilité mâle soit diminuer la production de pollen dans le système A_1. Les agriculteurs tireront plusieurs autres bénéfices de l'utilisation des hybrides A_4 ou A_5. En premier lieu, les hybrides seront plus purs. En deuxième lieu, le haut niveau de fertilité mâle ne sera pas affecté par les faibles températures. Enfin, parce que la sélections des hybrides est plus rapide avec A_4 ou A_5 et porte sur un pool génétique plus diverse, de meilleurs nouveaux hybrides seront plus rapidement offerts aux agriculteurs.

Résumé

Les nouveaux systèmes de stérilité mâle cytoplasmique-nucléaire A_4 et A_5 dans le mil — par comparaison au système original A_1 — offrent plusieurs avantages pour les sélectionneurs, les producteurs de semence et les agriculteurs. Ces avantages résultent de l'expression plus nette de la stérilité mâle ou de la fertilité mâle, d'effets environnementaux moindres, d'une plus grande diversité génétique disponible et de la conversion rapide de toute lignée en lignée R_4 ou R_5 (restaurateur). De plus, les cytoplasmes stériles A_4 et A_5 ne semblent pas spontanément revenir à l'état fertile (normal) comme le fait A_1. Les systèmes CMS A_4 et A_5 permettent maintenant aux sélectionneurs de concentrer leurs efforts d'abord et avant tout sur la sélection des meilleurs hybrides (trouver les combinaisons avec le plus d'hétérosis) et ensuite de convertir les parents en utilisant les lignées stériles CMS et les restaurateurs, d'où une grande augmentation de l'efficacité de la sélection des hybrides.

Bibliographie

Burton, G.W. 1958. Cytoplasmic male sterility in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

Burton, G.W., et D.S. Athwal. 1967. Two additional sources of cytoplasmic male-sterility in pearl millet and their relationship to Tift 23A. Crop Sci. 7:209-211

Hanna, W.W. 1989. Characteristics and stability of a new cytoplasmic-nuclear source in pearl millet. Crop Sci. 29:1457-1459.

Rai, K.N. 1995. A new cytoplasmic-nuclear male sterility system in pearl millet. Plant Breeding 114:448-450.

Shertz, K.F., S. Sivaramakrishnan, W.W. Hanna, J. Mullet, Yi Sun, U.R. Murty, D.R. Pring, K.N. Rai, et B.V.S. Reddy. 1997. Alternate cytoplasms and apomixis of sorghum and pearl millet. pp. 213- 223 In Proc. of International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. INTSORMIL, Univ. of Nebraska-Lincoln.

Création d'une industrie des semences: rôle du secteur privé

A. Bruce Maunder

Introduction

Les semences qui correspondent à l'heure actuelle à un marché mondial de 55 milliards de dollars se sont transformées suivant plusieurs phases depuis 13.000 avant J.C. Cette évolution qui est bien détaillée dans les pays développés donne une idée du rôle futur de l'industrie privée dans le développement international de l'agriculture :

- Au cours de la *phase* 1, les agriculteurs conservent leur propre semence ou l'obtiennent auprès de voisins d'où un faible taux de développement variétal, celui-ci se limitant à la sélection effectuée par les agriculteurs au sein des variétés populations locales. L'adoption de nouveaux types est faible.
- Au cours de la *phase* 2, les variétés améliorées par le secteur public commencent, quoique lentement, à remplacer la semence traditionnelle et l'apport d'intrants tels que les engrais, quoique limité, augmente, ouvrant ainsi la porte à l'émergence d'un secteur privé local assurant la multiplication et la distribution des variétés publiques.
- Avec la *phase* 3, le secteur privé joue un rôle actif dans la recherche et le développement en particulier d'hybrides et de semence pour les cultures spécialisées telles que les légumes. La production commerciale de semence et la commercialisation sont choses courantes, une législation efficace concernant les semences est en place et l'emploi de semence améliorée est très fréquent.

Les systèmes para-étatiques de semence qui fournissent seulement 10 % de la semence totale plantée annuellement en Afrique se trouvent en fin de *phase* 2 ou en début de *phase 3*. Le secteur public peut se spécialiser dans la recherche fondamentale et la recherche appliquée aux cultures vivrières tandis que le secteur privé se consacre de plus en plus à la recherche, la production et la commercialisation de semences améliorées pour des cultures ayant un taux de multiplication élevé et un taux relativement faible d'ensemencement. Les ONG s'intéressent, elles, à la multiplication et la distribution des semences délaissées par le secteur privé. Les hybrides creusent intrinsèquement l'écart entre les pays en voie de développement et les pays développés sur le plan de l'évolution de l'agriculture.

Le secteur privé est devenu l'un des principaux acteurs dans le domaine des semences en Europe après la deuxième guerre mondiale. Agroceres, une entreprise nationale brésilienne a démarré en 1947 ; le secteur privé est devenu actif en Argentine et au Mexique dans les années 50 et les années 60 ; et en Thaïlande dans les années 70 avec Suwan-1. Souvent le secteur privé a

démarré avec des variétés ou des hybrides publics et a dépendu d'un approvisionnement constant en semence de haute qualité afin de pouvoir constituer un marché. De plus, les premiers hybrides, à quatre voies, comme aux Etats-Unis, étaient plus adaptés à la culture avec peu d'intrants. Ces premiers hybrides ont été suivis par des hybrides à trois voies, puis par les hybrides simples qui demandent eux un apport adéquat d'intrants pour donner les rendements maximums. Morphologiquement ils étaient plus courts, donnaient une meilleure densité de plantation et souvent répondaient à l'augmentation de cette densité de plantation. Alors que la *phase* 3 apparaît essentielle pour qu'une révolution verte comparable à celle qui a eu lieu pour le blé et le riz ait lieu pour le maïs, les organisations publiques continueront et doivent continuer à assurer un rôle important de formation, de recherche fondamentale et de transfert de technologie. L'amélioration des plantes cultivées pour des marchés particuliers y compris les cultures vivrières, et le développement de germplasme pour des entreprises de semence plus petites locales nécessiteront aussi une composante publique forte. La transformation actuelle aux Etats-Unis de l'amélioration publique en amélioration privée indique un stade avancé de *phase* 3 :

L'Amélioration des plantes privée aux Etats-Unis -% sélectionneurs et nombre d'entreprises

Culture	Sélectionneurs	Entreprises
Maïs	94	91
Soja	64	38
Sorgho	74	19
Tournesol	89	14
Blé	42	27
Coton	77	35

Les chiffres actuels suggèrent un gain annuel de 32 sélectionneurs pour l'industrie et une perte de 2,5 pour le secteur public, l'amélioration privée représentant près des 2/3 de l'apport financier total. Par comparaison au stade d'évolution de l'industrie des semences aux Etats-Unis, de nombreux pays en voie de développement ont de 50 à 75 ans de retard.

Contributions du secteur privé

Un slogan couramment reconnu est « d'abord la graine » pourtant nous avons vu que le secteur privé a été « le dernier à entrer ». Krull et. al. affirment que la semence est le catalyseur le plus important permettant d'améliorer significativement la productivité agricole. Sanders et. al. au cours de leurs travaux au Soudan ont découvert suite à des entretiens avec les agriculteurs que la principale contrainte ralentissant l'introduction du premier hybride de sorgho, Hageen-Dura-1, était l'incapacité des fournisseurs d'intrants à produire des quantités suffisantes de semence de haute qualité et à assurer un approvisionnement adéquat en engrais. Les données statistiques actuelles mondiales nous indiquent de façon alarmante que la consommation de grain par personne a diminué de 7 pour cent depuis 1984 ; la superficie en grain récoltée par personne a elle chuté de 48 % depuis 1950 ; les superficies irriguées ont diminué de 6 % depuis 1978 ; et ce qui est peut être le plus alarmant, les rendements en grain annuels ont augmenté seulement de 1,1 % au cours des années 90 au lieu de 2,1 % de 1950 à 1990. Avec un peu plus d'un tiers des superficies cultivées mondiales ensemencées avec de la semence

417

améliorée, le transfert de technologie est un besoin évident de l'agriculture des pays en voie de développement. Afin d'encourager la mise en place d'un secteur privé, les gouvernements devraient d'abord évalué l'état de l'agriculture par culture et par région socio-économique en vue de déterminer quelles cultures et quelles régions de leur pays pourraient bénéficier d'une industrie privée des semences.

La réussite d'une industrie privée des semences dépendra de sa capacité à assurer : (1) un approvisionnement fiable, (2) une qualité et une pureté satisfaisantes et (3), on l'espère mais ceci n'est pas une obligation, une meilleure performance. Chacun de ces trois facteurs permettrait aux agriculteurs de faire un profit tout en assurant un prix plus élevé pour une semence de bonne qualité. En résumé, les semences commercialisées sont celles qui conviennent le mieux à la production de cultures rentables dans les régions avec des conditions favorables à l'agriculture. Les entreprises privées doivent se consacrer aux activités où elles excellent compte tenu des contraintes budgétaires. Leurs infrastructures permettent la sélection appliquée de lignées et d'hybrides avec une incorporation progressive de la biotechnologie, suivie d'essais expérimentaux approfondis sur de vastes régions écologiques/géographiques. Pour accomplir au mieux ces activités, l'industrie privée se doit :

- d'être plus efficace et flexible
- de mieux comprendre les besoins du marché
- d'interagir avec les nouvelles pratiques agronomiques
- de suivre une approche holistique
- de travailler sur de grands effectifs pour la sélection et les essais
- d'être capable de prendre un certain risque
- d'appliquer les règles économiques du coût de la semence aux lignées potentielles
- de privilégier les programmes de sélection à court et moyen terme
- de réduire la vulnérabilité des cultures

Le gouvernement indien, par exemple, a reconnu la capacité du secteur privé à plus efficacement sélectionner, produire et commercialiser le matériel de sélection privée ou publique. Le secteur privé indien qui assure aujourd'hui 60 % du marché du gros grain affirme à l'unanimité que les choses vont désormais s'améliorer sur le plan des affaires. Il faut noter que le lauréat de 1998 du Prix Mondial Alimentaire, M. B.R. Barwale et son entreprise privée, Mahyco Seed Company, ont contribué à la révolution verte en Inde en établissant les mécanismes de production et de distribution de semence de qualité pour les principales céréales et productions maraîchères tout en créant des possibilités d'emplois pour les femmes appartenant aux couches sociales défavorisées sur le plan économique et social.

Les entreprises multinationales d'une manière générale se fient au personnel local préférant minimiser le nombre d'expatriés en poste à l'étranger. Ceci n'a pas pour but de minimiser l'interaction énorme entre la maison mère et tout autre pays participant. A coup sûr le secteur privé constitue un centre logique de formation à court terme de toute personne désirant créer une entreprise de semence.

Une autre possibilité est offerte par les professionnels expérimentés de la semence qui peuvent être à la retraite mais désireux de transmettre leur expertise dans le cadre d'activités de conseil. Il ne faut pas sous-estimer la commercialisation et la distribution qui jouent un rôle majeur et déterminant de la réussite ou l'échec de toute organisation productrice de semence hybride qu'elle soit privée ou publique. Enfin, l'absence ou l'inefficacité de l'industrie des semences peut poser un problème majeur contrecarrant la dissémination des nouveaux cultivars (Pray et Ramaswami).

Considérations économiques pour le secteur privé

Avant d'investir dans une entreprise semencière privée, qu'elle soit nationale ou internationale, il faut évidemment d'abord s'assurer de la rentabilité potentielle escomptée de cet investissement. Cette assurance sera toutefois affectée par une foule d'autres critères tels que la vigueur et la stabilité de l'économie, l'absence de mesures décourageantes qui mettent tout le monde au même niveau, le rapport du prix de la semence à celui du grain, les droits de propriété, la demande pour le produit, des infrastructures, en particulier les systèmes de transport, adéquates pour assurer la livraison des biens et des services et certainement la stabilité politique. Puisque les entreprises privées sont rarement subventionnées ou reçoivent rarement des primes, leur engagement dans les semences doit viser l'obtention d'un rapport sur l'équité des actionnaires. Elles doivent donc choisir un environnement où la demande sera selon toute vraisemblance forte. A l'inverse, les organisations publiques de semence sont souvent poussées par des considérations non économiques telles qu'un mandat d'approvisionner tous les agriculteurs. De plus l'intégration verticale est fréquente dans le secteur privé mais rare dans le secteur public.

Les nouvelles technologies qui sont disponibles à tous les échelons dans les pays développés mais qui ne sont pas parvenues au niveau des exploitations dans les pays en voie de développement seront nécessaires pour l'expression totale du potentiel génétique. Il existe néanmoins de nombreuses preuves de la supériorité de la semence améliorée par rapport aux variétés populations locales même en conditions défavorables de culture. Une augmentation de 50 % du rendement est souvent citée pour la semence améliorée par comparaison aux variétés populations locales traditionnelles. Cette augmentation doit toutefois être rapportée dans le cas des pays en voie de développement aux rendements effectifs dans ces pays qui sont souvent inférieurs à une tonne par hectare ce qui diminue considérablement son importance compte tenu du coût de la semence et des autres intrants. Pendant la transition des variétés aux hybrides, des augmentations de l'ordre de 20 à 40 % du fait de l'hétérosis sont couramment escomptées, les autres intrants devenant aussi importants. Dans les pays en voie de développement, les pratiques de gestion et certainement la disponibilité de l'eau peuvent souvent s'avérer beaucoup plus essentielles à l'augmentation de la productivité.

Pour le maïs, l'adaptation a permis l'adoption en Europe des hybrides de type

tempéré issus du secteur privé à la fin des années 1940. En fait, 90 % des pays développés se trouvent dans les régions tempérées. Par contre, seulement 25 % des pays en voie de développement peuvent utiliser du germplasme tempéré. C'est pourquoi, la majorité de la semence améliorée essentiellement pour les Etats-Unis et l'Europe et par voie de conséquence la majorité des hybrides sélectionnés par les entreprises privées de semence offrent peu d'intérêt pour les producteurs de maïs des pays en voie de développement. En Argentine il y avait de plus une nouvelle spécification de grain dur vitré au lieu de grain denté. C'est pourquoi les entreprises multinationales privées ont considéré à plusieurs reprises que les hybrides de sorgho avaient plus de chance de pénétrer les premiers sur les marchés tels qu'en Argentine et au Mexique, peut-être parce qu'ils apparaissaient faussement comme plus adaptés à toute une gamme d'environnements.

Dans la plupart des pays en voie de développement où l'adoption de la semence hybride par les petits exploitants agricoles est généralisée, les rapports du prix de la semence au prix du grain sont en général inférieurs à 10:1. D'après Heisey et. al., ces rapports du prix de la semence au prix du grain augmentent énormément plus tard pendant la phase mûre de l'industrie des semences et se stabilisent souvent entre 25:1 et 30:1. La Chine, le plus grand producteur mondial et le plus grand consommateur mondial de semence de maïs, utilise annuellement 740.000 tonnes de semence dont 90 % est hybride. Dans ce pays, les contrôles du prix du riz maintiennent le rapport du prix de la semence au prix du grain à 4 soit à un niveau excessivement bas comparé au reste de l'Asie dont le rapport est 24. Le contrôle des prix a entraîné l'adoption généralisée du maïs hybride mais a découragé tout investissement sous forme de recherche agronomique et en fait les hybrides de maïs plantés par les agriculteurs chinois en 1993 étaient âgés d'environ 20 ans et d'une qualité faible par comparaison aux hybrides cultivés aux Etats-Unis âgés en moyenne de six ans et de haute qualité. Sans contrôle des prix, les producteurs au Soudan ont indiqué qu'ils étaient prêts à payer jusqu'au double la semence fournie par une multinationale dont la réputation et les résultats antérieurs assurent une pureté et une qualité adéquates même pour un produit d'origine locale. En fait, le prix élevé de la semence est souvent le facteur clé qui incite l'agriculteur à améliorer ses pratiques de gestion. Une meilleure semence ne coûte pas plus chère, elle rapporte plus.

Les plantes de grande culture non hybrides, en excluant les cultures maraîchères, apparaissent moins prometteuses sur les marchés étrangers. DEKALB, en se servant de blés de printemps sélectionnés par le CIMMYT, a observé un taux d'acceptation de plus de 50 % en Argentine ce qui était excellent pour le pays mais insuffisant pour assurer un profit par comparaison au marché céréalier européen. Le soja et la luzerne peuvent aussi être considérés en particulier s'il s'agit de variétés transgéniques. En septembre 1998, Monsanto, le plus grand fournisseur mondial de plantes cultivées génétiquement modifiées a annoncé qu'il proposait d'investir 550 millions de dollars au Brésil afin de produire son herbi-

cide Roundup. Peu après, le gouvernement brésilien a fait des sojas résistants au Roundup sélectionnés par Monsanto les premiers organismes génétiquement modifiés à être légalement approuvés dans ce pays.

Tandis qu'un profit et la protection du germplasme semblent être les deux soucis constants des entreprises pour l'expansion à l'étranger, une attitude beaucoup plus conservatrice et comportant moins de risques peut être choisie comme des exportations de produits ou des accords d'attribution de licence avec une entreprise locale bien établie. Les contraintes imposées sur la propriété par les petits marchés ainsi que les gouvernements peuvent être à l'origine de tels accords. Le Zimbabwe est un exemple d'une activité semencière publique assurée par une coopérative semi-privée qui pour survivre face aux multinationales passe des accords de collaboration technique avec des entreprises américaines, sud-africaines, zambiennes et kenyanes.

Les efforts de promotion d'une activité agro-industrielle privée en Afrique sub-saharienne ont échoué même lorsque des primes étaient données aux entrepreneurs privés. Pray et Tripp ont suggéré que la stratégie la plus courante pour encourager une participation accrue dans l'industrie des semences consiste à assurer l'accès libre et gratuit aux produits issus des programmes de sélection gouvernementaux. Aux Indes, où il existe une abondance de professionnels de l'agriculture compétents prêts à gérer des entreprises de semence, l'absence d'une législation protectrice des droits des sélectionneurs est la cause de la réticence à mettre en place des programmes de sélection à part entière ou à introduire des lignées pures déposées, interdisant ainsi aux producteurs l'accès au meilleur germplasme et à la meilleure technologie. Il est certain que les politiques d'ouverture des marchés entre les pays et l'existence de réglementations justes et uniformes concernant les semences sont d'autres considérations importantes pour l'entreprise.

Bénéfices pour les investissements privés

Il existe de nombreux exemples d'entreprises privées ayant réussi dans le secteur des semences comme pour le maïs en Argentine, au Brésil, au Mexique, en Thaïlande et Europe, le sorgho au Mexique, en Afrique du sud et en Argentine, le tournesol en Argentine et en Europe et le blé en Europe et en Argentine. Le rapport annuel de Pioneer de 1998 indique que 27 % des revenus pour le maïs provenaient de l'extérieur du continent Nord américain tandis que pour DEKALB, 34 % des gains enregistrés pendant l'année fiscale 1997 dérivaient des activités semencières internationales, l'année fiscale 1998 présentant un pourcentage aberrant de 83 %.

Souvent le financement du secteur agricole public est sacrifié lorsque le gouvernement fait face à des contraintes fiscales et transfert le financement sur d'autres investissements. Le secteur privé est alors davantage incité à accroître ses propres investissements. Ceci s'est produit au Mexique et en Argentine lorsqu'ils ont quitté la classe des pays en voie de développement. L'Argentine donne un bon exemple des transforma-

Evolution du rendement des principales cultures céréalières et oléagineuses en Argentine, 1910-1994

Cultivar	Année et type	Kg Ha An
Maïs	1910-50 variétés	9,00
	1951-94 hybrides	57,92
Sorgho	1954-65 variétés	-7,52
	1966-94 hybrides	58,43
Tournesol	1929-80 variétés	-0,36
	1981-94 hybrides	43,00

données du Secrétariat Argentin de l'Agriculture

tions engendrées par une composante commerciale forte due aux hybrides de maïs, sorgho et tournesol.

De tels résultats améliorent énormément les relations entre le secteur privé et le producteur et se traduiront le plus souvent par un plus grand soutien du secteur privé par le gouvernement. Michael Morris du CIMMYT, souligne qu'en Thaïlande, comme en Europe et en Amérique du Nord, les prix des semences augmentent avec un potentiel de rendement plus élevé, les hybrides simples ayant un rapport de prix de la semence au prix du grain de 27-30 tandis que ce rapport est de 4-5 pour les variétés à fécondation libre.

Les nombreux et divers avantages secondaires offerts par les investissements à l'étranger comprennent des générations supplémentaires telles que dans l'hémisphère sud, des tests précoces, l'échange de germplasme, des différences de qualité du grain, le dépistage des ennemis des cultures, l'évaluation de la tolérance aux stress thermique, hydrique et de toxicité des sols. Un bénéfice important, peut-être plus souvent utilisé en conjonction avec la rapide introduction d'hybrides génétiquement modifiés concerne la multiplication de la semence de base ou commerciale grâce à l'emploi de l'hémisphère opposé.

Par ailleurs, les multinationales en expansion opèrent en général dans un marché en croissance. Par exemple, au Brésil, le maïs est passé de culture vivrière à culture fourragère mais seulement 50 % de la superficie est plantée en hybrides. Une tendance similaire est actuellement observée en Afrique pour le sorgho, les hybrides représentant une très faible part. En fait en Ethiopie, d'où l'on pense que cette plante est originaire, seulement 5 % des superficies cultivées sont des variétés améliorées. Naturellement, les problèmes les plus importants au niveau des semences justifient mieux le coût de leur résolution par la biotechnologie si les bénéfices appropriés sont aussi mis en pratique dans les pays en voie de développement.

Limites/Restrictions/Considérations affectant le secteur privé

Les caractéristiques climatiques imprévisibles de nombreux pays en voie de développement ont découragé les investissements dans les technologies visant à améliorer les rendements. Les agriculteurs qui achètent de la semence améliorée et des engrais risquent de perdre leur investissement ce qui fait que l'augmentation de la production agricole repose plus sur l'expansion des superficies cultivées que sur l'augmentation des rendements et qu'elle continue de traîner par rapport à l'accroissement démographique. De plus,

422

le secteur privé tout en étant capable d'opérer plus efficacement est confronté à l'imposition de prix moins concurrentiels puisque les organisations publiques de semences peuvent inclure certains types de subventions directes ou indirectes. Pronase au Mexique fixe ses prix de façon à couvrir seulement ses coûts de fonctionnement et n'a pas à couvrir ses dépenses de recherche, d'emballage ou de promotion alors qu'elle essaye de fournir de la semence aux agriculteurs économiquement faibles.

Puisque les multinationales ont besoin au minimum de 8-10 ans pour développer des cultivars adaptés à un nouveau marché, elles doivent être prêtes à accorder un temps d'essai suffisamment long à une nouvelle entreprise avant de la juger. La disponibilité du matériel de sélection public pendant cette phase de mise en place et d'essai est encore plus cruciale. Pour les semences améliorées quelle qu'en soit l'origine (publique ou privée), les préférences culturales peuvent profondément en affecter l'acceptation. Le prix du grain Hageen Dura-1 a chuté de 35-50 % par rapport à celui des variétés locales trois ans après sa mise sur le marché en partie parce que les agriculteurs et les meuniers se sont plaints de sa plus petite taille et de sa plus grande dureté et d'un kisra plus doux. En 1990 la différence de prix avait disparu et 90 % des fermiers interrogés ont déclaré que le kisra de HD-1 était d'une qualité égale ou supérieure à celle des kisras des sorghos traditionnels. Sanders et. al. ont conclu que la réduction de l'écart de prix au cours du temps pouvait refléter l'évolution dynamique des goûts en réponse au potentiel de rendement plus élevé (coûts plus faibles) du nouveau cultivar. Les consommateurs d'Amérique Latine et d'Afrique sub-saharienne préfèrent nettement le maïs blanc mais aucun fait scientifique ne l'associe à une meilleure digestibilité ou valeur nutritionnelle. Ainsi l'introduction de la semence améliorée pour réussir doit surmonter la préférence des agriculteurs pour les variétés traditionnelles en particulier si elles se payent plus chères sur le marché.

Pray et Tripp soulignent que pendant les premiers stades de l'établissement d'une industrie des semences, des politiques de réglementations peuvent viser à réduire la participation. Lorsque les sélectionneurs de la fonction publique décident quelles variétés doivent être mises sur le marché, ceci peut se traduire dans les faits par un monopole d'état sur les nouvelles variétés et pratiquement aucune participation du secteur privé. Les réglementations devraient adresser : les besoins des sélectionneurs en matière de protection variétale et de récompenses adéquates ; les préoccupations des producteurs de semence relatives aux interférences bureaucratiques et à la concurrence déloyale ; et les attentes des agriculteurs d'avoir *accès* à une large gamme de variétés avec une semence de bonne *qualité*.

Enfin, le secteur privé doit opérer en partenariat avec le secteur public pour la recherche et le développement, les deux secteurs étant dignes d'être supportés et reconnus et non comme des concurrents à considérer avec méfiance. Le meilleur moyen d'exploiter les ressources génétiques végétales demande qu'elles restent complètement disponibles à tous les utilisateurs et que l'information clef et la technologie concernant leur emploi

soient largement diffusées. Non seulement l'industrie des semences doit éduquer les agriculteurs quant aux avantages offerts par l'adoption du germplasme amélioré et l'emploi de semence achetée, mais tous les partis, y compris les scientifiques et les décideurs, doivent reconnaître les droits de la propriété intellectuelle qui comprend la protection des variétés végétales.

Le secteur privé naissant doit être prêt à répondre à des problèmes réels comme il ajoute une nouvelle dimension à une agriculture auparavant moins complexe. La tendance, principalement dans les pays développés, vers une protection plus stricte des variétés végétales commerciales s'accompagne dans les pays en voie de développement par une initiative similaire visant à protéger les variétés locales et les populations locales en exigeant un dédommagement monétaire pour leur utilisation. Un autre sujet de préoccupation, aussi signalé par Morris, est que la recherche continuelle d'une efficacité accrue se traduise par une concentration et une intégration verticale croissantes de l'industrie semencière privée. De telles tendances pourraient s'avérer indésirables si un petit nombre de très grosses entreprises contrôlent toute l'industrie mondiale des semences. Un exemple de l'impact actuel d'une telle entreprise, Monsanto, seulement pour l'hémisphère occidental est présenté ci-après :

Part du marché des semences occupée par Monsanto en 1998 (SOM)

Pays	SOM%	Pays	SOM%
E.U.		**Mexique**	
Maïs	15/50*	Maïs	60
Soja	33	Sorgho	64
Sorgho	29	**Argentine**	
Coton	84	Maïs	65
Brésil		Sorgho	60
Maïs	60	Tournesol	30

*avec Holden

Un autre exemple qui aurait pu être donné est celui d'Empresas La Moderna SA, une entreprise mexicaine de semence de légumes qui fournit la semence pour 40 % de tous les légumes vendus dans les supermarchés américains. ELM a récemment acheté 11 entreprises qui commercialisent la semence de légumes.

Les prédictions entendues dans de nombreux pays en voie de développement et pays industrialisés à savoir que les entreprises semencières privées qui recherchent le profit feront inévitablement des choix socialement indésirables en l'absence de contrôles gouvernementaux stricts se sont avérées en grande partie non fondées. La vue optimiste est qu'une consolidation similaire à celle de Monsanto, avec une grosse part du marché, encouragerait en fait ces grosses entreprises à rechercher sans cesse de nouveaux marchés et ce faisant elles apporteraient aux pays prêts pour un tel changement la contribution du secteur privé tellement nécessaire. Compte tenu des coûts excessifs associés aux produits issus de la biotechnologie, les grosses entreprises multinationales offrent le meilleur moyen d'exploiter cette technologie afin de résoudre des problèmes ou de fournir des produits améliorés. A mesure que les systèmes d'approvisionnement en semence des pays en voie de développement évolueront, la productivité agricole de ces pays s'améliorera aussi, un objectif qauguel il est capital et urgent d'atteindre.

Compte-rendu du rapporteur

Anand Kumar

Statut actuel de la production de semence hybride de petit mil

Première journée - Troisième séance

Anand Kumar

Les présentations générales ont été faites par Dr Botorou Ouendeba.

Dr David Andrews a présenté la recherche actuelle sur les nouveaux hybrides de petit mil à stérilité mâle cytoplasmique.

B.R. Barwale, fondateur de Mahyco en Inde, a exposé le rôle fondamental du secteur privé dans les pays moins développés où les ressources sont limitées. Il a déclaré que les subventions initiales pouvaient avoir un impact – l'agriculteur préfère toujours recevoir un meilleur prix pour son produit plutôt que d'obtenir des subventions telles que de la semence à prix réduit. L'industrie privée doit être agressive. Les semenciers doivent être conscients que toute erreur de leur part se traduira par une érosion de la confiance.

I. Mouddour – Le Centre de Multiplication au Niger a clairement établi que la participation du secteur privé était nécessaire. Au Niger, nous n'avons enregistré aucun impact des centres de multiplication. L'efficacité et la performance sont deux qualités essentielles pour le secteur privé.

B. Maunder – Raisons de la réussite – Un approvisionnement en semence fiable, des variétés acceptables et d'une pureté correcte, des performances améliorées et les programmes de sélection du secteur public sont les clés de la réussite de l'industrie privée des semences.

Mardi 29 september - Première séance

**Les conditions de la réussite
des projets consacrés aux hybrids**

Modérateur - A. Kumar, ICRISAT/ISC

Production de semence hybride de qualité

Soumana Souley et Magagi Abdou

Introduction

L'expérience acquise dans d'autres pays a montré que la viabilité d'une industrie des semences dépendait de la qualité des semences produites. La certification des semences établit des normes de qualité pour les semences, mais il faut aussi prendre d'autres mesures pendant tout le déroulement de la production de semence.

Dans le présent document, nous allons aborder les facteurs essentiels qui, d'après notre expérience de production de semence de NAD-1 au Niger, déterminent la qualité de la semence produite, à savoir le choix de la parcelle, la gestion de la culture, le conditionnement et le stockage de la semence récoltée.

Choix de la parcelle

Pendant toute la floraison, il faut que le pollen soit présent en abondance. Un champ de forme carrée plutôt qu'une étroite bande allongée facilite une meilleure répartition du pollen.

L'irrigation joue un rôle important en production de semences. Ainsi il faut un bon lit de semence, sans creux ni bosses, et des canaux d'irrigation propres. Ces pratiques faciliteront une bonne irrigation, une floraison normale des deux lignées parentales de l'hybride et surtout un bon remplissage des grains du parent femelle. Une grande abondance de pollen du parent mâle réduit aussi les chances de fécondation indésirable par les pollens provenant des variétés de sorgho des champs voisins.

La superficie de la parcelle de production de semence ne doit pas être inférieure à 0,25 ha, une fois encore afin d'assurer l'abondance du pollen au moment de la floraison. L'isolement est important afin d'éviter toute fécondation par du pollen étranger. Là où il y a un grand nombre d'agriculteurs dans une même région, il peut s'avérer parfois difficile de maintenir la distance réglementaire recommandée pour assurer l'isolement. Ceci peut être en partie remédié en augmentant le nombre de lignes de bordure entre la parcelle de production de semence et les champs pas assez distants plantés en différentes variétés. La distance recommandée pour l'isolement dans le cadre de la production de semence hybride de sorgho est de 200 m. Si le sorgho source potentielle de pollen contaminateur présente une similitude du point de vue de la couleur du grain et de la hauteur de la plante mais que la panicule n'est pas du type graminée, la distance conseillée pour l'isolement peut être modifiée comme indiqué dans tableau 1.

Que les voisins proches sèment le parent mâle permet de mieux maîtriser les problèmes au niveau de l'isolement. Là où se trouve un certain nombre d'agriculteurs cultivant des superficies relativement petites, mais contiguës, il est

427

Tableau 1. Nombre minimal de lignes de bordure exigées pour le parent mâle.

Distance minimale de contamination (m)	Pour une parcelle de moins de 8 ha	Pour une parcelle de plus de 8 ha
125	0	0
115	2	1
110	4	2
87	6	3
72	8	4
60	10	5
50	12	6
38	14	7
25	16	8
0	-	10

possible de les regrouper pour produire de la semence.

La parcelle choisie ne doit pas avoir comme précédent cultural du sorgho. Sinon il faut pré-irriguer la parcelle pour faire germer spontanément les plantes qui seront détruites par la suite avant de semer la culture pour la production de semence.

Gestion de la culture

Il est très important de comprendre que la culture pour le grain est différente de la culture pour la semence. Un producteur de semence souhaite optimiser ses rendements en semence et, compte tenu de la plus-value de la semence, il peut utiliser plus d'engrais et d'intrants qu'il ne le ferait pour produire du grain.

L'expérience acquise au Niger montre que les meilleurs rendements en semence ont été obtenus sur des parcelles qui ont été bien gérées pendant de nombreuses années. Les parcelles qui ont été épuisées par la culture en continu pendant des années et des années avec peu ou pas d'intrants donnent des rendements non seulement plus faibles mais aussi plus variables même si de grandes quantités d'engrais sont utilisées pour la production de la semence. Les parcelles cultivées en continu avec la même production végétale peuvent présenter des problèmes au niveau des ennemis de cette culture, dont la répartition au niveau de la parcelle n'est pas uniforme. Dans le cas du sorgho, les nématodes, la flétrissure sont des exemples de tels problèmes. La rotation des cultures, la culture d'engrais verts et l'enfouissement des résidus de culture sont trois pratiques qui aident chacune à maintenir la productivité des parcelles.

Préparation de la parcelle

La préparation de la parcelle doit comprendre le labourage et la constitution d'une bonne couche arable ainsi que l'élimination complète des mauvaises herbes. Il peut s'avérer nécessaire d'attendre la première pluie ou de pré-irriguer pour disposer d'une humidité adéquate du sol pour pouvoir le préparer.

Amendements

Certains agriculteurs préconisent un apport de base d'engrais qui est incorporé

428

au moment de la préparation du sol. Ceci n'est pas une mauvaise pratique surtout si la parcelle est ultérieurement labourée en sillons pour l'irrigation. Si la parcelle est plate ou si les unités irriguées sont planes, il vaut probablement mieux épandre les engrais en bandes latérales à côté des graines. Ces apports en bandes peuvent être réalisés au moment du semis mais fréquemment le sont lorsque les plantes ont 10 – 15 cm de haut. Il est recommandé d'appliquer 200 kg d'azote par hectare, par exemple 150 kg d'engrais NPK 15-15-15 au moment de la préparation du sol et 100 kg d'urée en épandage en bandes latérales. Certains producteurs qui utilisent du fumier et moins d'engrais inorganique obtiennent d'excellents rendements.

Irrigation

Si la parcelle est labourée en sillons, les graines peuvent être semées en haut ou sur le côté du billon, ce que beaucoup préfèrent car le sol est sur le côté plus facilement humidifié par l'eau d'irrigation. L'humidification du sol peut être un problème dans les sols lourds argileux où l'eau pénètre mal ou dans les sols très sableux où l'eau s'infiltre rapidement et le sol peut se dessécher rapidement sous le soleil brûlant.

Semis

Si les parents de l'hybride ne fleurissent pas au même moment (synchronisation), le parent avec la floraison la plus tardive doit être planté le premier. Dans le cas de la production de semence de NAD-1, on sait que le parent mâle (pollinisateur) doit être planté 7 jours avant le parent femelle. Les instructions pour le semis sont données dans la brochure de formation publiée par l'INRAN et l'INTSORMIL en 1997. Un petit commentaire au sujet des rangs de bordure est maintenant nécessaire. Les rangs de bordure exigés par les normes de certification peuvent ne pas paraître nécessaires mais en fait, ils le sont. Il faut obtenir un bon rendement sur le parent femelle, et les rangs du parent femelle sur le pourtour de la parcelle peuvent dépendre des rangs de bordure pour le pollen. Dans ce cas les rangs de bordure doivent être plantés sept jours avant le parent femelle. Ainsi il y aura du pollen en abondance au moment où le parent femelle commencera à fleurir et de plus la contamination par du pollen étranger sera réduite. Pour le semis, il faut utiliser un taux et un écartement tels que la densité finale soit comprise entre 180.000 et 200.000 plantes par hectare. Dans des rangs espacés de 80 cm il devrait y avoir une plante tous les 10 – 15 cm.

La distance d'isolement peut aussi être altérée en semant la culture pour la semence 3 ou 4 semaines avant ou après que les voisins ont semé à condition que les deux cultivars aient environ la même précocité. Si les parcelles des voisins fleurissent 3 ou 4 semaines avant ou après la parcelle de production de semence, l'isolement dans le temps peut suffire. Il serait utile que les producteurs se familiarisent avec le comportement des autres cultivars de la même culture plantés au voisinage de leur parcelle de production de semence.

Le meilleur moment pour les semis reste à déterminer par des essais. Il semblerait que pour la majeure partie de la zone de culture dans le sud du Niger la

429

meilleure période soit la dernière semaine de juin ou de la mi-juin à la mi-juillet. Un semis tardif en août peut se traduire par des plantes plus petites et un rendement plus faible et peut retarder la floraison d'un parent par rapport à l'autre. Dans les régions de pluies plus abondantes et de saisons de culture plus longues, il vaut peut-être mieux reporter les semis jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de risque de pluie tardive sur une culture à maturité et que l'on soit sûr de pouvoir récolter des semences de bonne qualité (sans moisissure ou décoloration). Un semis tardif à Bengou, s'est toutefois traduit par des attaques sévères de cécidomyie qui ont entraîné des pertes de rendements importantes. Il est possible que les semis tardifs favorisent les attaques de chenilles. Ces problèmes varient d'un lieu à l'autre et toute expérience en la matière est précieuse. Une parcelle de production de semence bien gérée produira 1.800 à 2.000 kg de semence par hectare, sans compter le grain récolté sur le parent mâle.

Désherbage

Il est important de garder les parcelles de production de semence propres, dépourvues de toute mauvaise herbe. Deux à trois sarclages devraient être effectués aussi tôt que possible pour que la culture prenne l'avantage.

Démariage

Il est important de démarier pour que la densité de plantes à l'hectare soit correcte (entre 80.000 et 120.000 plantes par ha). Le démariage est particulièrement crucial si 10 – 20 graines ont été semées par poquet. Le démariage devrait être effectué quand les plantes ont 10 – 15 cm de haut et il vaut mieux que le sol soit humide pour permettre d'arracher les racines et aux plantes conservées de se remettre des dommages causés à leurs racines.

Repiquage

S'il existe des trous entre plantes en certains endroits de la parcelle et qu'en d'autres endroits un démariage soit nécessaire, il est possible de repiquer les plantes démariées. On a appris par expérience que les très jeunes plantes ne sont pas bien adaptées au repiquage. Certains agriculteurs préfèrent même repiquer des plantes hautes de 25 – 30 cm. Il vaut mieux que les plantes aient 15 – 20 cm de haut. La plupart des feuilles sont ôtées, ce qui donne une plante plutôt rigide pour le repiquage. La plante repiquée devrait être plantée profondément dans le sol et irriguée dès que le repiquage est terminé.

Si le repiquage a lieu dans une portion de la parcelle, des plantes des deux parents, le parent femelle et le parent mâle, doivent être repiquées puisque le repiquage rallonge d'une semaine ou plus le temps pour fleurir et peut donc entraîner une désynchronisation de la floraison des deux parents.

Le repiquage peut être un remède utile mais il n'est pas aussi performant que la culture issue directement de la graine.

Les criquets et les sauterelles s'abattent parfois en très grand nombre sur les cultures et détruisent les plantules de sorte que la densité de plantation est insuffisante. L'emploi d'un insecticide

pour lutter contre ces ennemis serait fort utile.

Epuration

L'épuration consiste à éliminer les plantes hors type ; elle doit être effectuée pendant toute la saison de production. Parfois, une plante hors type est vigoureuse avec un épi de bonne taille et on est tenté de la préserver. Il faut à nouveau se souvenir de la différence entre la production de semence et la production de grain et qu'une semence de bonne qualité ne peut pas comporter plein de graines qui donneront des plantes hors type dans les champs des agriculteurs. Il est important de détruire les plantes hors type avant qu'elles émettent du pollen. Si ces plantes libèrent leur pollen, elles peuvent fertiliser le parent femelle et produire une semence qui donnera des plantes hors type dans les champs des agriculteurs.

Il peut s'avérer impossible de reconnaître une plante hors type pendant la période de croissance de la culture. Parfois l'identification des hors types reste impossible jusqu'à ce que la graine commence à se former et qu'une différence de couleur au niveau du grain apparaisse. Des inspections régulières en champs afin d'identifier les plantes hors-types dès que possible sont absolument essentielles.

Certaines normes de certification donnent un niveau permis de contamination par les hors types. Pour la production d'hybrides de sorgho, le nombre permis de têtes ou de plantes d'une autre variété est de 1 pour 2.000. S'il existe un doute quant à la nature hors type de la plante (similaire aux autres plantes de la parcelle), le niveau de contamination accepté est de 1 pour 1,000. Pour la semence de base et améliorée, les normes sont plus strictes. Pour la semence de prébase, la norme est de un hors type pour 50.000 plantes, pour la semence de base, on accepte un hors type pour 35.000 plantes. Quoique le programme de certification des semences ne soit pas actuellement en vigueur, les chiffres précédents indiquent des limites au producteur soucieux de la qualité de sa semence.

Pollinisation

Si le matin est sec et chaud, la pollinisation peut commencer tout de suite après que la parcelle est exposée au soleil. S'il l'air est humide ou qu'il y a de la rosée, la libération du pollen peut être retardée jusqu'à 8:00 – 9:00 du matin. Et si les plantes sont mouillées suite à une pluie, il faut attendre 10:00 – 11:00 du matin.

Si la synchronisation est bonne, la pollinisation naturelle peut suffire et donner une bonne production de graines sur le parent femelle. Il peut s'avérer utile de marcher entre les rangs de parent mâle armé d'un bâton dans chaque main et de taper les épis mâles afin de libérer le pollen. Les jours sans vent ou avec peu de vent, la majorité du pollen tombera par terre. Si on dispose d'un ramasse poussière motorisé, il peut être utilisé là où les épis de parent femelle sont en fleur et entourés de peu d'épis de parent mâle. Le pollen peut être ramassé en sac. Les sacs sont glissés par-dessus l'épi femelle et secoués vigoureusement. Un sac de pollen pollinise en général un seul épi femelle. Une équipe de 4 – 5 personnes

suffit à assurer de nombreuses pollinisations en une seule journée.

La maturité de la culture et la récolte sont deux considérations importantes. Les grains à la pointe de l'épi femelle arrivent à maturité environ 4 jours avant les grains à la base de l'épi. A mesure de leur maturation, les grains commencent à se colorer et lorsqu'ils sont complètement colorés (pas de coloration verte), ils approchent ce que l'on appelle la maturité physiologique. A ce stade du développement du grain, le poids de la matière sèche a atteint son maximum. Un bon moyen de savoir est de prélever quelques grains à la base de l'épi, d'examiner la base du grain et si une tache noire est présente au point d'insertion du grain sur l'épi, de conclure à la maturité physiologique. La teneur en eau reste élevée, plus de 20 % ; mais, si le temps est à la pluie et que les grains risquent d'être endommagés, on peut récolter. Les têtes récoltées peuvent être pendues sous un abri où l'air circule même artificiellement grâce à un ventilateur, ou elles doivent être séchées dans un séchoir si un est disponible.

Normalement, on garde la culture sur pied pendant plusieurs semaines supplémentaires afin qu'elle sèche. Pour la récolte et le stockage, la teneur en eau doit être de 12 % ou moins. Il est conseillé de mettre à sécher au soleil pendant plusieurs jours les têtes récoltées afin de s'assurer que la teneur en eau du grain est faible, un grain avec 10-12 % d'humidité est dur à croquer.

Les têtes récoltées doivent être protégées de la pluie sinon elles vont absorber de l'eau et si elles ne sont pas re-séchées et qu'elles sont stockées ainsi avec une forte teneur en eau, leur capacité à germer chutera et leur bonne qualité sera perdue. Le taux de germination des graines vendues aux agriculteurs doit être 80 % ou plus.

Lors de la récolte, il est recommandé que toutes les plantes mâles (pollinisatrices) soient récoltées et les épis sortis de la parcelle avant que la récolte des plantes femelles ne commence. Ceci évitera les mélanges. De plus, le battage du parent pollinisateur et celui du parent femelle doivent être suffisamment séparés dans l'espace et le temps pour que les mélanges soient impossibles. Si on utilise une batteuse, il faut soigneusement la nettoyer de sorte qu'il ne reste aucune graine d'un type dans la machine lorsque l'autre type est battu.

Les semences doivent être stockées en sacs de préférence en tissu dans un endroit relativement frais. Des murs épais, des hauts plafonds et un toit isolé même en chaume ou en paille aideront à réduire la température. La climatisation si on en dispose est une aide précieuse. Il faut que l'air circule et les murs et le plancher doivent être lisses de façon à pouvoir être essuyés pour éliminer l'accumulation d'insectes dans les fentes. Il faut aussi prendre des mesures de protection contre les rongeurs.

Conclusion

Afin de produire de la semence de NAD-1, un producteur de semence doit appliquer certaines pratiques à savoir :

- Choisir une parcelle plate, homogène et bien drainée ;
- Eviter de choisir une parcelle emblavée en sorgho l'année précédente ;
- Assurer un bon isolement de la parcelle ;
- Préparer un bon lit de semis pour favoriser une bonne germination et croissance des plantules ;
- Fournir de l'eau en abondance ;
- Fertiliser avec un épandage de fond d'engrais inorganique 15-15-15 et un épandage en bandes latérales d'urée ;
- Faire des semis échelonnés des parents ;
- Appliquer des pratiques culturales appropriées ;
- Récolter et battre les épis des deux parents séparément ;
- Conditionner immédiatement la semence et la stocker dans un endroit sec et frais ;
- Vérifier la germination avant de distribuer la semence pour la production commerciale.

Gestion des champs pour la production de semence de sorgho

Seyni Sirifi, J.W. Maranville et R.K. Pandey

Résumé

La réussite de la production de semence de sorgho au Niger nécessite l'adoption de pratiques appropriées de gestion des cultures. L'absence de telles techniques peut entraîner une récolte sur pied médiocre, des rendements en grain réduits et parfois un échec de la culture. Les critères de gestion des cultures les plus importants sont la sélection du site, la préparation du sol, la culture à proprement parler – écartement des rangs et densité, gestion de la fumure (taux, dates et méthode d'application des engrais), besoins en irrigation, protection de la culture, récolte et battage vannage.

Les résultats des essais en champs sur plusieurs types de sols au Niger indiquent que le sorgho se comporte mieux sur sols lourds à texture fine que sur sols sableux ; mais avec une meilleure gestion des éléments nutritifs et de l'eau, il est possible d'obtenir une production de semence satisfaisante sur sol sableux. Les études de la culture en champs ont montré que la culture sur billons est supérieure à celle sur lit plat car elle permet une meilleure utilisation de l'eau par les plantes et elle facilite les cultures en association. Un écartement entre les rangs de 60-70 cm et entre les plantes de 20-25 cm fournit suffisamment de plantes (80, 000 à 100,000 plantes /ha) pour assurer des rendements élevés.

La gestion des éléments nutritifs est un facteur critique de l'augmentation de la production de semence. Des sols de faible fertilité nécessitent des apports accrus d'engrais par comparaison aux sols de fertilité modérée ou élevée. Pour obtenir le rendement cible de 2 t de semence par hectare, il faut apporter 120-30-30 kg de N-P-K par ha en condition de faible fertilité des sols et en général 90-30-30 kg de N-P-K en condition de fertilité modérée. La distribution et l'abondance des pluies déterminent la disponibilité de l'eau pour la culture et la réponse de la culture aux apports d'engrais. Une mauvaise distribution des pluies ou des quantités trop faibles nécessitent souvent une irrigation complémentaire afin d'assurer une production stable et de minimiser les effets négatifs du manque d'eau sur le remplissage du grain.

Au début de la croissance des plantes cultivées, les mauvaises herbes leur font concurrence pour l'eau, les nutriments et la lumière. Un mauvais contrôle des mauvaises herbes entraîne des diminutions de rendement. Lorsque les plantes cultivées sont suffisamment hautes (60-80 cm), elles peuvent étouffer les mauvaises herbes. En général un ou deux sarclages sont nécessaires pour éliminer les mauvaises herbes pendant la durée de la culture.

La récolte et le battage vannage sont aussi des facteurs essentiels qui déterminent la quantité et la qualité du rendement en grain. La teneur en eau du grain à la récolte et la méthode de battage vannage peuvent contrôler le taux de cassure du grain. Les pertes dues à ces facteurs doivent être minimisées.

434

Introduction

Les semences hybrides offrent la possibilité d'améliorer la productivité des cultures au travers de l'hétérosis aussi bien en culture sous pluie qu'irriguée. Toutefois sans une gestion appropriée des éléments nutritifs des sols au Niger, l'adoption des hybrides sur des sols déjà pauvres continuerait à en diminuer la fertilité. Il faudrait donc une gestion appropriée des cultures et des sols dans le cadre d'une politique gouvernementale bien agencée des prix et de mise à disposition des engrais pour améliorer les rendements du sorgho par rapport à la faible productivité actuelle. Le développement d'un système de production des semences afin d'assurer la fourniture de semences améliorées, d'engrais et autres intrants aux agriculteurs est une étape nécessaire en vue de parvenir au but d'autosuffisance alimentaire.

Gérer une culture de sorgho à des fins de production de semence nécessite une bonne connaissance des besoins en nutriment, eau, protection et environnement de culture de cette plante. Le rendement est déterminé par l'utilisation de pratiques culturales améliorées et d'intrants. Les pratiques de production et les intrants doivent être ajustés en fonction du rendement en semence visé afin qu'il soit atteint. A des fins de production de semence, le sorgho est général planté à raison de deux rangs mâles pour 4 rangs femelles, les deux lignées ayant des besoins culturaux très similaires en faisant exception de la date de semis qu'il faut peut-être ajuster de façon à synchroniser la floraison des deux lignées. Sinon la gestion de la culture à des fins de production de semence est très comparable à celle des variétés commerciales à fécondation libre en ce qui concerne les besoins en éléments nutritifs et en eau pour des rendements équivalents.

Au Niger, pour réussir, la production de semence doit avoir un rendement en grain satisfaisant. Augmenter les rendements en grain actuels de 1 t/ha à 2,5 t/ha nécessitera l'adoption des pratiques améliorées de gestion des cultures. Il est clair qu'il faut examiner les pratiques de gestion des cultures en analysant les données appropriées qui déterminent la productivité de cette culture au Niger.

L'objet de cette présentation est d'analyser les pratiques de gestion des cultures en fonction des résultats d'essais en champs effectués au Niger.

Type de sol et fertilité

Le type de sol et son niveau de fertilité sont des facteurs clés déterminants la productivité du sorgho au Sahel. Le sorgho se comporte bien sur sols à texture fine et la plupart des agriculteurs nigériens préfèrent le cultiver sur des sols à texture fine plutôt que sur des sols sableux parce qu'ils utilisent très peu d'intrants. Il est toutefois possible de produire du sorgho sur des sols sableux à condition que les limites dues à l'eau et aux éléments nutritifs aient été éliminées ou fortement réduites. La plupart des sols dans les zones de culture sous pluie sont pauvres sur le plan de la fertilité et ont peu de matière organique et une faible rétention en eau ; par conséquent des techniques de gestion basées sur le sol sont essentielles à l'obtention des rendements visés dans le cas de la production de semence.

Des essais en champs ont été réalisés afin de comparer l'effet du type de sol sur les besoins en azote et phosphore du

sorgho cultivé dans le périmètre de Konni. Cette région est caractérisée par une pluviométrie moyenne de 477 mm et une évaporation potentielle de 679 mm de juillet à octobre. Quatre niveaux de fumure azotée ont été appliqués avec ou sans complément phosphoré sur neuf champs d'agriculteurs représentant trois types de sol : limon argileux fin (vertisol), limon sableux et sableux (inceptisol). Les résultats donnés dans le tableau 1 indiquent que le sorgho se comporte différemment et a des besoins différents en azote et phosphore suivant le type de sol. Le limon argileux fin donne des rendements plus élevés que le sol sableux pour un même niveau de fumure du fait de sa capacité plus élevée à fournir les éléments nutritifs. La réponse à l'apport d'éléments nutritifs variait avec le génotype, NAD-1 donnant des rendements légèrement plus élevés que Sepon-82 (tableau 2). Pour un même rendement, le sorgho requiert plus d'apports d'éléments nutritifs lorsqu'il est cultivé sur des sols sableux de faible fertilité que lorsqu'il est cultivé sur des limons argileux fins modérément fertiles. Dans le périmètre de Maradi qui recouvre deux types de sol, sableux et limon sableux, les rendements en grain étaient plus élevés sur les limons sableux que sur les sols sableux pour un même niveau d'apport d'éléments nutritifs (tableau 3). Maradi est caractérisé par une pluviométrie moyenne de 491 mm et une évapotranspiration potentielle de 701 mm. Afin d'optimiser la productivité du

Tableau 1. Réponse du sorgho à la fumure azotée sur trois types de sols dans le périmètre de Konni en 1996.

Azote	Type de sol					
Taux	Sableux		Limon		Limon argileux fin	
Kg ha^{-1}	PO	P50	PO	P50	PO	P50
N45	2035	2084	1993	2132	2229	2453
N90	2174	2381	2111	2285	2458	2658
N135	2521	2403	2528	2740	2653	2757
N180	2799	2917	2958	3417	3278	3201
Moyenne	2382	2446	2397	2643	2654	2767
Ecart-type+	256					

Tableau 2. Réponse de NAD-1 et Sepon-82 à la fumure azotée avec ou sans apport de P en terme de rendement en semence dans le périmètre de Konni en 1997.

Taux d'azote	Sepon-82		NAD-1	
(Kg ha^{-1})	PO	P50	PO	P50
N45	2030	2218	2199	2324
N90	2190	2318	2241	2574
N135	2370	2669	2606	2754
N180	2874	3079	3097	3329
Moyenne	2366	2571	2536	2745
Ecart-type+	209			

Sur limon argileux fin (vertisol), sol sableux (inceptisol), la culture subit des manques d'eau à plusieurs stades de croissance.

436

Tableau 3. Comparaison de la performance en exploitation de NAD-1 et de Sepon-82 à Maradi en 1997.

	Type de sol			
Champ de l'agriculteur		Sableux	Limon sableux	
Taux N kg ha^{-1}	Sepon-82	NAD-1	Sepon-82	NAD-1
27	1833	2100	2300	2566
54	2000	2333	2400	3633
81	2233	2620	2566	3700
108	2488	3200	3400	3866
PPDS 5%	438			
CV	19,9			

Sol sableux (>70 % de sable), limon sableux (45 sable, 35 argile, 20 limon).
La culture subit trois manques d'eau modérés pendant sa croissance développement.

sorgho, les apports d'engrais à épandre sur les différents types de sol doivent être définis sur la base des tests pédologiques si ceux-ci sont disponibles.

L'établissement de la culture

L'établissement de la culture est un facteur crucial de l'obtention d'un bon rendement en semence au Niger. Une bonne préparation du lit de semence est nécessaire à la germination et à la croissance subséquente ainsi qu'à la rétention en eau. L'humidité du sol au moment du semis est cruciale à la germination et une bonne levée en champ. La température élevée de l'air et la demande en évaporation de la haute atmosphère entraînent un dessèchement rapide de la surface du sol. Une teneur en eau insuffisante de la couche supérieure du sol et un semis peu profond se traduisent souvent par une faible densité de plantes. La profondeur du semis et le nombre de graines par poquet déterminent en général la germination en champ.

Le sorgho est en général planté sur un lit plat dans de nombreuses régions de production pour le grain. L'emploi de billons assure une plus grande rétention de l'eau de pluie dans les régions de culture sous pluie et par conséquent une meilleure productivité. Dans le périmètre irrigué, les billons facilitent l'irrigation et l'association de cultures à des fins de contrôle des mauvaises herbes, et ils méritent donc une plus grande attention de la part des producteurs de semence. Les résultats de la recherche confirment en général l'augmentation de la productivité avec les systèmes de culture en billons sous conditions de pluviométrie limitée.

Du sorgho planté sur des billons distants de 60 - 75 cm, en poquets de 2 graines espacés de 25 -30 cm, produit en général une densité de 80.000-100.000 plantes par hectare si les graines ont un taux de germination au champ de 75 - 80 %. L'établissement de la culture est par conséquent la première étape de la gestion de la culture pour l'amélioration de la productivité (Pal et al., 1996, Patel et al., 1992).

Des essais en champ ont été réalisés afin d'évaluer l'effet de la culture en billons sur le rendement en grain du sorgho par comparaison à un semis sur lit plat dans le périmètre de Maradi pendant la

saison des pluies de 1997. Les résultats de ces essais montrent que la culture en billons a l'avantage d'améliorer le rendement en grain par rapport au semis sur lit plat lorsque la pluviométrie est faible car elle permet une meilleure utilisation de l'eau (tableau 4).

Dans une autre étude en champ, les effets de la densité, variant entre 40.000 et 120.000 plantes, ont été évalués sur la station de recherche de Maradi en 1997. Les résultats de cette étude montrent que l'augmentation de la densité de 40.000 à 100.000 plantes par hectare accroît aussi le rendement en grain (tableau 5). A chaque densité, le rendement en grain diminuait à mesure que les apports d'azote étaient diminués. Pour obtenir des rendements en grain élevés en champ, il faut viser la densité de plantes optimale et l'apport de fumure optimal (Clegg et al., 1974 ; Patel et al., 1992 ; Singh et al., 1987 ; Villar et al., 1989).

Gestion des éléments nutritifs

De tous les éléments nutritifs, l'azote est le plus limitant suivi par le phosphore (Maranville et al., 1980 ; Singh et al., 1987). La réponse du sorgho à la fumure azotée est spectaculaire et des multiplications par 2 ou 3 du rendement en grain ne sont pas rares. L'effet de l'apport de phosphore sur le rendement en grain est une augmentation de 10 à 25 pour cent selon le niveau de phosphore disponible dans le sol (Cripps et Matocha, 1987 ; Pawar et al., 1987 ; Pawar et al., 1988). La réponse de cette culture au potassium est

Tableau 4. Effet de la méthode de culture et du taux de fumure azotée sur le rendement du sorgho grain à Maradi en 1997.

Azote (kg ha^{-1})	Culture sur lit plat	Culture en billons
0	1087	1583
45	1584	1950
90	2108	2375
135	2775	3117
180	2590	3095
Moyenne	2029	2424
PPDS 0,05	324	

Tableau 5. Effet de la densité à trois niveaux de fumure azotée et complément d'irrigation (150 mm) sur le rendement en grain à Maradi en 1997.

Densité plantes/ha	N45	N90	N135
40.000	2095	2980	3413
60.000	2360	3170	4667
80.000	2780	4250	5306
100.000	3884	4917	5534
120.000	3467	4580	5417
Moyenne			
PPDS 0,05		310	

Pluviométrie pendant la culture – 465 mm

beaucoup plus faible et rarement observée (Pawar et al., 1987 ; Pawar et al., 1988). Un grand prélèvement du potassium du sol par la culture nécessite une fumure de maintenance afin de conserver la productivité à long terme. C'est pourquoi l'apport d'un engrais composé (15-15-15) de base est en général recommandé. Des recherches récentes au Niger indiquent que le sorgho répond à un apport d'azote allant jusqu'à 180 kg/ha lorsque l'eau n'est pas un élément limitant mais qu'en culture sous pluie il faut des apports moindres.

Une étude en champ a été réalisée en 1996 à Lossa afin d'évaluer les effets de l'azote, du phosphore et du potassium sur le rendement en grain du sorgho cultivé sur sol sableux, pauvre en matière organique et éléments nutritifs. La pluviométrie fut de 350–400 mm pendant la saison des pluies de 1996. L'hybride NAD-1 et la variété à fécondation libre Sepon-82 ont été évalués à cinq niveaux de fumure azotée : 0, 45, 90, 135 et 180 kg par hectare de N avec ou sans supplément de phosphore et de potassium. Les résultats indiquent des augmentations de rendement même pour l'apport de 180 kg de N par hectare, NAD-1 ayant un rendement supérieur à celui de Sepon-82 (tableau 6).

Un second essai a été réalisé à Lossa en 1997 afin d'évaluer les effets de l'azote, du phosphore et du potassium sur le rendement en grain du sorgho cultivé sur sol sableux, pauvre en matière organique et éléments nutritifs. L'hybride NAD-1 a été cultivé sous cinq conditions de fumure azotée : 0, 45, 90, 135 et 180 kg par hectare de N avec ou sans supplément de phosphore et de potassium. Le dispositif expérimental était un split plot à quatre répétitions, les apports de phosphore et de potassium constituant le niveau principal et l'apport d'azote le niveau secondaire. Un supplément d'irrigation (300 mm) a permis de satisfaire les besoins en eau de la culture. Avec ce supplément d'irrigation, la réponse du sorgho à la fumure azotée a été spectaculaire, le rendement ayant été multiplié presque par trois. La réponse à la fumure phosphorée était plus faible mais encore notable (tableau 7). L'apport de potassium n'a pas accru de façon significative le rendement

Tableau 6. Effet des apports d'azote, phosphore et potassium sur le rendement en grain (kg/ha^{-1}) d'un sorgho cultivé sous pluie pendant la saison des pluies à Lossa en 1996.

	NAD-1			Sepon-82		
Taux de N (kg ha^{-1})	P40	P40 + K75	Moyenne	P40	P40 + K75	Moyenne
N0	625	679	652	481	539	460
N45	951	969	960	839	791	815
N90	1055	1360	1210	902	993	947
N135	1665	1922	1793	1581	1525	1553
N180	2012	2387	2199	1757	1812	1734
Moyenne	1262	1463	1363	1112	1132	1102
Ecart-type						173

Pluviométrie pendant la saison 343 mm, sol sableux (86 % sable), inceptisol, pauvre en matière organique (0,3 %)
Evapotranspiration potentielle (100 jours) 693 mm

Tableau 7. Effet des apports d'azote, phosphore et potassium sur le rendement en grain (kg ha^{-1}) d'un sorgho cultivé sous complément d'irrigation (300 mm) à Lossa pendant la saisondes pluies de 1997.

Taux de N (kg ha^{-1})	PO KO	P40 KO	P40 K 75	P40 K75 + 2t ha^{-1} CR*	Rendement en grain moyen
N0	2220	2390	2520	2690	2455
N45	3080	3490	3590	3720	3465
N90	5080	5320	4350	5430	5050
N135	5610	6500	5430	7770	6170
N180	6580	7280	6420	8250	7230
Moyenne	4510	4996	4462	5450	4854
Ecart-type					390
CV %					14

CR*- résidus de culture (2t ha^{-1})
Pluviométrie pendant la saison 343 mm, sol sableux (86 % sable), inceptisol, pauvre en matière organique (0,3 %)
Evapotranspiration potentielle (100 jours) 693 mm.

en grain. L'addition de résidus organiques avec le phosphore et le potassium résulte en une augmentation du rendement supérieure à celle due au seul apport de phosphore et de potassium. L'augmentation du rendement en grain due à l'apport d'azote est linéaire jusqu'à l'apport le plus élevé (180 kg/ha) testé.

Efficacité de l'utilisation de l'azote

L'efficacité de l'utilisation de l'azote telle que déterminée par le facteur de productivité partielle (kg grain / kg N) est une mesure du bénéfice fait par les agriculteurs. La productivité partielle en exploitation (Pfp) était plus faible que sur la station expérimentale (tableau 8). Une des raisons était que la culture a été sujette à des manques d'eau à plusieurs reprises du fait de délais dans l'irrigation. Normalement, le supplément d'irrigation est apporté lorsqu'il ne pleut pas pendant trois semaines ou environ. Ceci entraîne des stress fréquents du fait du manque d'eau. Par contre sur la station expérimentale, la demande d'évapotranspiration de la culture était satisfaite par une irrigation fréquente. En condition de culture sous pluie le facteur de productivité partielle était beaucoup plus faible que pour les cultures irriguées. Des deux génotypes, NAD-1 avait le Pfp le plus élevé (tableau 8).

Besoins en eau de la culture

Les besoins en eau du sorgho dans l'environnement sahélien ne sont pas souvent satisfaits par les pluies là où les pluies sont erratiques et insuffisantes. Irriguer est devenu impératif afin d'obtenir le rendement potentiel maximal. La demande due à l'évapotranspiration est de 450-550 mm pour un rendement en grain de 4000 kg ou plus (Brun et al., 1972 ; Lewis et al., 1974 ; Zweifel et al., 1987). Dans une zone agro-écologique recevant 300 – 400 mm de pluie, une irrigation de complément sera toujours nécessaire pour obtenir les rendements en semence visés tandis que dans les zones avec une pluviométrie de 450-550 mm, le complément d'irrigation ne s'avère nécessaire que si les pluies sont mal distribuées ou insuffisantes. Ainsi

Tableau 8. Facteur de productivité partielle (Pfp, kg grain/kg N) de NAD-1 et Sepon-82 avec complément d'irrigation pour différents taux de fumure azotée.

Azote (kg ha^{-1})	Sur exploitation		Station Expérimentale	
	Konni	Maradi	Lossa	Maradi
N45	42,7	56,8	77,0	69,5
N90	29,8	47,2	56,1	57,1
N135	23,2	33,9	45,7	41,5
N180	22,2	27,0	40,2	34,1

Sous pluie

Azote (kg ha^{-1})	NAD-1	Sepon-82
	Pfp	
N45	21,3	18,1
N90	13,4	10,5
N135	13,3	11,5
N180	12,2	9,6

trois à quatre irrigations supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires dans plusieurs zones sahéliennes pour obtenir une bonne production de semence. Une comparaison d'une culture sous pluie et d'une culture avec supplément d'irrigation a montré une forte augmentation (presque deux fois) du rendement en grain lorsque l'irrigation était apportée à l'épiaison, la floraison et au moment du remplissage du grain (tableau 9).

Protection de la Culture

Parmi les mesures de protection, le contrôle des mauvaises herbes doit recevoir la plus grande attention. Normalement deux sarclages manuels sont nécessaires trois semaines et six semaines après la levée. S'il y a peu de mauvaises herbes, un seul sarclage peut s'avérer suffisant dans certaines zones. L'emploi d'herbicides est en général infaisable en raison de la non disponibilité desdits herbicides.

Récolte et battage vannage

Une culture pour la semence est récoltée lorsque les plantes ont atteint la maturité physiologique (la teneur en eau du grain est comprise entre 20 – 25 pour cent). En général, la culture est maintenue en champ jusqu'à ce que la teneur en eau du grain tombe à 9 – 11 %. Si les conditions climatiques favorisent une détérioration du grain, la récolte peut être faite plus tôt mais les épis doivent alors être séchés sous abri. Si des épis de sorgho avec des grains à teneur en eau élevée sont entassés, ils' échauffent du fait de la respiration et perdent leur capacité à germer. En général tous les épis des plantes mâles doivent être récoltés et sortis du champ avant que la récolte des parents femelles ne commence.

La gestion des cultures basée sur les stades de la croissance afin d'obtenir des rendements élevés

On reconnaît trois stades de la croissance et du développement. La gestion de la culture spécifique à chaque

Tableau 9. Effet du complément d'irrigation sur le rendement en grain (kg ha^{-1}) d'un sorgho cultivé en 1997 avec différents niveaux de fumure azotée.

Taux d'azote (kg ha^{-1})	Rendement sous pluie (402 mm)	Rendement sous pluie (402 mm) + complément d'irrigation (200 mm)
	---------- kg ha^{-1} ----------	
0	848	1964
45	1248	2772
90	1573	4040
135	2331	4936
180	2834	5784
Moyenne	1777	3899
PPDS 0.05	412	

Pluviométrie à long terme (491 mm et écart-type de 143 mm)
Evapotranspiration potentielle – 557 mm.

stade doit être respectée pour obtenir le meilleur rendement en semence.

- **Stade de croissance 1 (GS-1).** La période allant de la germination à la conversion du méristème apical jusqu'alors végétatif en un apex reproductif. Les éléments clés d'une bonne gestion sont le contrôle des mauvaises herbes, l'eau et les éléments nutritifs. L'apport de N-P-K est en général fait au moment du semis pour éviter le manque d'éléments nutritifs.
- **Stade de croissance 2 (GS-2).** Il correspond au développement de la plante depuis l'initiation du panicule à la floraison. Les apports d'eau et d'éléments nutritifs à ce stade conditionnent le rendement en semence, tout stress se traduisant par une réduction du nombre de grains par épi. Un second apport de fumure azotée est en général fait à ce stade pour éviter tout stress pendant cette période.
- **Stade de croissance 3 (GS-3).** Il correspond au remplissage du grain de la floraison à la maturité physiologique du grain. Le manque d'eau peut être un facteur limitant majeur pendant ce stade. Il est impératif de satisfaire les besoins en eau de la plante pour assurer un rendement et une qualité élevés de la semence.

Tout stress (eau ou élément nutritif) qui empêche le développement de se produire normalement pendant le stade GS-2 peut avoir des effets marqués sur le rendement en réduisant la taille des plantes (surface foliaire et racinaire) et le nombre de graines par panicule (Lewis et al., 1974). Le manque d'eau semble avoir l'effet le plus néfaste sur le rendement lorsqu'il se produit pendant l'épiaison ou la montaison (Musick et Grimes, 1961). Le stade GS- 2 est le plus sensible des trois

442

stades aux manques d'eau et d'éléments nutritifs, suivi de GS-3 et GS-1. Afin de maximiser la production de semence il faut s'efforcer de limiter le manque d'eau ou d'éléments nutritifs.

Conclusions

Le rendement élevé en semence nécessite une gestion correcte de la culture à tous les stades de croissance et développement. Produire une bonne culture requiert de faire attention à tout, du choix du champ à la récolte et au battage vannage. Tout manque de soin, quel que soit le stade, choix du champ et préparation du sol, la culture à proprement parler – écartement des rangs et densité, gestion de la fumure (taux, dates et méthode d'application des engrais), besoins en irrigation, protection de la culture, récolte et battage vannage, se traduira par une baisse de la qualité et de la quantité de semence produite. Puisque la gestion d'une culture à des fins de semence est très similaire à celle d'une culture commerciale, toute modification appropriée des pratiques de gestion des cultures doit être faite de manière à satisfaire les besoins de la région concernée. Augmenter le rendement moyen actuel de 1 t ha^{-1} à 2,5 t ha^{-1} nécessitera un affinage des pratiques de gestion des cultures.

Bibliographie

Brun, L., E.T. Cinemas, et W.L. Powers.1972. Evapotranspiration from soybean and sorghum fields.Agron.J.64:145-48.

Clegg, M.D., J.W. Bings, J.D. Eastin, J.W. Maranville, et C.Y. Sullivan 1974. Light and transmission in field communities of sorghum. Agron. J.66:471-476.

Cripps, R.W. et J.E. Matocha.1987.Comparative grain yield response of two sorghum varieties to N and P fertilization. Sorghum News.30:54

Lewis, R.B., E.A. Hiller et W.R. Jordan. 1974. Susceptibility of grain sorghum to water deficit at three growth stages. Agron. J. 66:589-590.

Maranville, J.W, R.B. Clark, et W.M. Ross. 1980.Nitrogen efficiency in grain sorghum. J. Plant Nutr.2:577-589.

Gestion des éléments nutritifs basée sur le rendement visé
Sol sableux de faible fertilité

Rendement en semence	Niveau en nutriment	Engrais
(t ha^{-1})	N-P K kg ha^{-1}	
1-1,5 t ha^{-1}	30-30-30 fond	4 sacs (15-15-15)-200 kg
	46 en surface	2 sacs (urée)-100 kg
2-2,5 t ha^{-1}	30-30-30 fond	4 sacs (15-15-15)-200 kg
	92 en surface	4 sacs (urée)-200 kg
Fertilité modérée (périmètre irrigué Konni/Maradi)		
1-1,5 t ha^{-1}	30-30-30 fond	4 sacs (15-15-15)-200 kg
	22,5 en surface	2 sacs (urée)-100 kg
2-2,5 t ha^{-1}	30-30-30 fond	4 sacs (15-15-15)-200 kg
	67,5 en surface	4 sacs (urée)-200 kg
Rendement cible (2,0 t ou plus) en fonction des besoins en eau de la plante		

Zone pluviométrique	ET potentielle	Besoin en irrigation complémentaire
300-400	Tillaberry 400-500	2-3 irrigations (150-200 mm)
	Lossa	
450-550	Konni 400-500	1-2 irrigations (50-100 mm)
	Maradi	
600-700	Bengou 400-500	Aucune adéquate
	Tara	Pluie escomptée

Résumé des pratiques de gestion pour réussir la culture du sorgho à des fins de production de semence

Considération	Besoin spécifique
1. Choix du champ et préparation du sol	Limon sableux/argileux, sol à texture fine Labour et hersage
2. Etablissement de la culture - Ecartement des rangs et densité	Culture en billons 60-75 cm, 20-25 cm entre poquets 80,000 à 100,000 plants/ha
3. Gestion des éléments nutritifs Quantité d'engrais, Méthode d'application et calendrier	Basée sur les test pédologiques – N,P et K 90-120 kg N, 30 kg P et 30 kg K De fond au semis, latéral (15-15-15) Apport latéral d'urée 4-6 semaines après semis.
4. Besoin en irrigation	2-3 irrigations ou plus selou les pluies (quantité et distribution).
5. Protection de la culture	Initiation florale et floraison sont des moments importants pour la disponibilité en eau Sarclage – 1-2 sarclages manuels Application de fongicide/insecticide – parfois nécessaire.
6. Récolte et battage vannage	Une fois la maturité physiologique atteinte cassure du grain à éviter.
7. Stockage	Stocker sec (10 % teneur en eau du grain) et empêcher infestation par insectes de silo.
8. Uniformité des champs	Soit par rotation des cultures soit par un engrais vert de bonne fertilité cultivé pendant la contre saison qui peut être enfoui au labour.

Musick, J.T. et D.W. Grimes. 1961. Water management and consumptive use of irrigated grain sorghum in Western Kansas. Tech. Bull. Kans. Agric. Exp. Stat.113.

Pal M.S., O.P. Singh et H.P.S. Malik. 1996. Nutrient uptake pattern and quality of sorghum [Sorghum bicolor(L.) Moench] genotypes as influenced by fertility levels under rainfed conditions. Trop. Agric.(Trinidad) Vol 73:6-9.

Panwar, V.S., A.C. Joshi, et N.K. Umrani.1987. Response of Kharif sorghum to N,P and K. Sorghum Newl. 30:46.

Pawar, R.S., H.C. Sharma, H. Singh, et R.S. Malik. 1988. Effect of irrigation, nitrogen and phosphorus levels on N P and K content and uptake of hybrid sorghum. Haryana J. agron. 4(1):36-41.

Patel A.I., K.N. Agrawal et A.R. Parel. 1992. Effects of rowspacing, seed rate and fertilizers on the yield of sorghum. Indian J. Agric. Sci.38.(5):805-810.

Singh,T., H. Singh et M. Singh. 1987. Effect of plant geometry and nitrogen on yield and N uptake in hybrid sorghum. Indian J. Agron.32(4):407-408.

Villar, J.L., J.W. Maranville, et J.C. Gardner.1989. High density sorghum production for late planting in the central great plains. J. Prod. Agric.2:33-338.

Zweifel, T.R., J.W. Maranville, W.M. Ross, et R.B. Clark.1987. Nitrogen fertility and irrigation influence on grain sorghum nitrogen use efficiency. Agron. J.79:419-422.

444

Conditionnement et commercialisation des semences

A. Bruce Maunder

Introduction

Un besoin évident de l'agriculture des pays en voie de développement est le transfert de technologies, telles que l'emploi de semences améliorées produites par les programmes nationaux ou internationaux d'amélioration des plantes, au producteur, qu'il fasse de la culture vivrière ou de rente. Malheureusement les améliorations majeures réalisées par la station expérimentale n'apparaissent souvent que dans les rapports annuels et ne sortent pas du cadre de la station expérimentale tandis que les rendements au niveau des producteurs restent faibles. Le manque d'infrastructures adéquates pour une multiplication et une distribution effectives des cultivars améliorés tels que ceux dérivés de l'hybridation, lesquelles nécessitent une contribution de la part du secteur privé est vraisemblablement la cause de cet échec. Quelle que soit la culture, l'existence de marchés sûrs, de superficies cultivées relativement vastes et d'un vrai désir de la part des agriculteurs d'améliorer les rendements grâce à l'hybridation sont l'indice que les agriculteurs pourraient bénéficier de la présence d'entreprises privées semencières. Les avantages et les causes vraisemblables de la réussite seraient : (1) approvisionnement fiable, (2) qualité/pureté acceptables et (3) une meilleure performance (Maunder et al., 1994).

Développer une industrie des semences signifie assurer une rentabilité acceptable sur les investissements sans restrictions gouvernementales indues puisqu'un capital risque sera nécessaire. Les entreprises de semence privées mais locales sont une première étape logique. Toutefois leur incapacité à surmonter les fluctuations monétaires et leur manque de fonds suffisants pour la recherche et le développement les mettent dans une position très désavantageuse. Historiquement les institutions publiques ne se sont pas avérées être des fournisseurs effectifs et efficaces de la semence hybride mais elles n'avaient pas été organisées pour assurer la production et la commercialisation. Il est au contraire extrêmement souhaitable que le sélectionneur de la fonction publique fournisse une assistance technique continuelle et des encouragements jusqu'à ce que le producteur de semence devienne suffisamment compétent et expérimenté. Les nouveaux venus au commerce des hybrides doivent s'attendre à une procédure plus complexe avec très tôt une formation à l'étranger mais chaque pays possède des individus capables d'assurer cette activité. Une réserve d'agronomes compétents sera indispensable à la gestion des entreprises de semence.

Au cours des soixante-dix dernières années, depuis l'hybridation du maïs, de nombreuses cultures de plein champ ou maraîchères ont bénéficié du phénomène nommé en 1917 par Shull « hétérosis »

(Crabb, 1947). Les exemples comptent des espèces avec des fleurs parfaites ou imparfaites et font appel à la stérilité mâle génique ou cytoplasmique, la protogynie, l'incompatibilité et aux marqueurs génétiques permettant la pollinisation par le vent, les insectes ou manuelle (tableau 1). Même le palmier à huile, *Elaeis guineensis*, qui fournit la principale huile utilisée en cuisine pour la plus grande partie du monde est en fait maintenant un hybride F1 dérivé du croisement manuel *dura x psifera* qui présente non seulement un rendement en huile plus élevé mais aussi des graines avec de meilleures caractéristiques.

Emplacement du contrôle de production

La réussite de la production de semence est souvent liée à la région écogéographique spécifique choisie. L'emplacement devrait être déterminé pour chaque région d'adaptation du cultivar, celle-ci établissant la performance recherchée des lignées parentales relativement au nombre de jours sans gelées, aux moyennes et extrêmes de températures, à l'humidité relative, à l'eau en quantité suffisante et au moment opportun, souvent par irrigation, aux sols bien drainés et aux minimums de stress biotiques ou abiotiques. L'absence des mauvaises herbes apparentées à la culture est certainement essentielle. Les unités calorifiques qui assurent d'une part une croissance normale et d'autre part la viabilité du pollen sont aussi cruciales qu'une période relativement sèche pour garantir une pureté adéquate ainsi que la qualité de la semence. Les zones où les maladies sévissent non seulement réduiront les rendements mais peuvent aussi empêcher l'écoulement de la semence suivant les processus de commercialisation. Les mauvaises herbes apparentées non seulement augmentent les coûts de production du fait de l'épuration manuelle mais peuvent aussi entraîner l'exclusion du marché de rangs entiers de production.

De plus, la disponibilité en main d'œuvre temporaire pour les travaux des champs tels que l'épuration manuelle, l'écimage et la récolte peut affecter le coût du produit final ainsi que sa qualité. La main d'œuvre « non qualifiée » nécessite encore une certaine dose de formation. Le coût unitaire dépend aussi de la distance entre les champs de production et les installations de conditionnement de semence et le marché auquel cette

Tableau 1. Exemples spécifiques de cultures de plein champ ou maraîchères actuellement hybridées et la méthode de pollinisation.

Cultures de plein champ				Cultures maraîchères			
Maïs	v	Coton	i m	Oignons	i	Courge	i
Sorgho	v	Luzerne	i	Brocoli	i	Betterave	v
Blé	v	Palmier à huile	m	Choux-fleur	i	Melon	m
Colza	v i	Mil	v	Choux	i	Concombre	i m
Tournesol	i	Castor	v	Tomates	m	Aubergine	m
Riz	v m	Betterave à sucre	v	Pastèque	m	Piment	m
				Carottes	i	Epinard	v

v = par le vent; i = transmission par les insectes; m= pollinisation manuelle.

446

semence est destinée. Parce que le matériel parental ainsi que le produit final sont en général adaptés au même environnement, il est fort probable que la production aura lieu relativement près du marché avec la plus forte demande et que ces zones de production verront l'intensification de la culture considérée afin de réduire les coûts de transport.

Equipement requis

L'équipement requis par la production de semence dépendra de ce dont disposent les producteurs sous-contrat, certains engins coûteux et compliqués pouvant être fournis parfois par le semencier comme par exemple, un applicateur de pesticide et une récolteuse/moissonneuse fixe ou de préférence mobile. Suivant le niveau d'intrants nécessaire, certains équipements agricoles traditionnels peuvent même avoir à être fournis. Les équipements de conditionnement de la semence constitueront l'investissement principal en plus d'un bâtiment pouvant servir à l'entreposage de cet équipement et à celui de la semence. Le coût d'un tel équipement estimé sur la base des prix américains pour le conditionnement tout au long de la saison de 1000 tonnes de semence de cultures telles que le maïs, le sorgho et le tournesol peut approcher 75.000 dollars (tableau 2). Les sacs pour la récolte, les cuves de stockage, les balances et les sacs en papier ou en tissu pour le produit final ainsi que les produits chimiques sont en suppléments ainsi que le séchoir. Des équipements utilisables peuvent déjà être en place comme ce fut le cas au Niger pour la production de NAD-1, le premier sorgho hybride du pays (L.R. House, 1997, communication personnelle). De plus, les entités de semence déjà développées constamment améliorent leurs équipements, offrant sur le marché leur ancien équipement de conditionnement tout à fait fonctionnel à des prix beaucoup plus intéressants. Enfin, des entretiens avec des semenciers expérimentés s'avèront fort précieux au moment de mettre en place une usine de conditionnement de la semence efficace et rentable.

Germplasme, matériel de base, production de hybrides

Sans recherche préliminaire au niveau du germplasme afin de déterminer et de sélectionner les meilleurs parents pour la production d'hybrides, des lignées parentales peuvent être obtenues de l'IARC, les ONG, NARS ou les CRSP

Tableau 2. Equipement pour conditionner 1000 tonnes de maïs, sorgho ou tournesol sur la base des estimations de coût aux Etats-Unis.

Equipement de conditionnement	Coût américain estimé pour l'exportation*
Nettoyeurs et calibreurs de semence	$ 32.000
Trieuse de longueur idéale	4.500
Cuve de pré-mélange	2.700
Appareil de traitement des semences	3.300
Silo à élévateur pneumatique	8.000
Tapis roulants (2)	8.000
Total	58.500

*prix franco à bord plus l'emballage

(Collaborative Research Support Programs – programmes d'assistance aux recherches concertées) de l'USAID. Comme l'a souvent répété L.R. House suite à son expérience en Inde, au Soudan et en Afrique du Sud, l'importance d'une augmentation significative des rendements du premier hybride ou variété commercialisé ne peut pas être trop soulignée. En fait Norman Borlaug considère que pour certaines cultures des augmentations du rendement de l'ordre de 50 % peuvent s'avérer nécessaires pour assurer l'abandon des cultivars locaux traditionnels (Maunder, 1997). Des augmentations du rendement de 20 à 100 % par rapport aux variétés sont fréquentes chez les hybrides de cultures telles que le sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, en plus d'une amélioration de la vigueur des plantules, d'une floraison plus précoce de 5 à 10 jours et d'un poids volumétrique plus élevé, sans mentionner la plus grande facilité de supporter les stress biotiques et abiotiques si souvent associés à cette culture.

Matériel de base

Le niveau de disponibilité des réserves de semence parentale déterminera le besoin en maintenance du matériel de base. Si la semence de base fait partie de l'industrie des semences, il faut établir des parcelles plus petites de multiplication des lignées pures encore plus strictement isolées afin de satisfaire les critères de certification/pureté. Il peut s'avérer nécessaire de multiplier toutes les lignées pures utilisées dans la production à grande échelle ainsi que par croisement simple si les hybrides sont à 3 ou 4 voies. La stérilité mâle nécessitera la production de la lignée A ou femelle à partir du croisement simple A x B, la lignée B étant génétiquement identique à la lignée A mais possédant le cytoplasme normal permettant la production de pollen. La nécessité de maintenir des stocks de semence suffisants en quantité et en qualité lorsque aucune autre source n'est disponible est un élément important de la réussite d'une entreprise semencière. Là où les entités de recherche disposent de l'équipement et de la main d'œuvre nécessaires au maintien du matériel de base, les nouvelles entreprises qui se lancent dans la semence ont plus de chance de réussir.

Production de semence hybride

Le processus de production implique de nombreux paramètres dont certains sont contrôlables et d'autres non, ce qui fait qu'il est impossible de donner des informations spécifiques à chaque culture dans le cadre de cette présentation. Le renvoi au tableau 1 mentionné plus haut est crucial parce que la transmission du pollen pendant l'hybridation peut affecter de façon significative ces différents paramètres.

D'abord les producteurs, souvent sous contrat, doivent être repérés pour la production effective de la culture. Il doit s'agir des agriculteurs les plus progressistes de leur communauté. Plus ils sont intéressés et préparés à coopérer, plus la culture a de chance de réussir. Si possible, ils devraient avoir accès à l'irrigation et offrir des sols raisonnablement uniformes non toxiques et sans problèmes d'engorgement par l'eau. Certaines provisions dans le contrat peuvent s'avérer nécessaires pour assurer des apports suffisants d'intrants

chimiques pour la réussite de la culture. Les producteurs de semence peuvent fournir la main d'œuvre nécessaire pour les travaux en champs tels que l'écimage et l'épuration manuelle. La rémunération peut varier mais est souvent basée sur le prix sur le marché plus une prime par unité de poids de semence récoltée qui doit être suffisante pour attirer les meilleurs producteurs.

La réussite de la production d'hybride dépend du semis d'une semence parentale (de base) de haute pureté et de qualité élevée suivant un calendrier correct afin d'assurer le synchronisme de la pollinisation et suivant un rapport correct de plantes femelles à plantes mâles pour obtenir un volume adéquat de pollen. Ces rapports corrects sont par exemple pour le sorgho 3:1, pour le maïs 2:1 à 4:1, pour le tournesol 2:1 à 7:1 et pour le blé 1:1 à 3:1 (Wright, 1980). Les rapports pour les cultures potagères varient aussi entre 1:1 et 4:1 (D. Homes, 1997, communication personnelle). La largeur des rangs, la facilité des mouvements et l'abondance (volume) du pollen sont d'autres paramètres importants. Là où le synchronisme dépend de l'environnement, même d'une année à l'autre, deux ou plusieurs dates de semis des plantes mâles sont utilisées afin d'étaler la production de pollen sur plusieurs jours et d'assurer ainsi une bonne production de semence. Un bon synchronisme constitue le meilleur moyen de réduire les hors types dans le produit final et de permettre aux plantes stériles d'échapper à des maladies telles que l'ergot du sorgho. Des études de dates de semis pour déterminer les décalages les plus probables sont fortement conseillées pour toutes les lignées parentales ou celles qui ont le plus de chance d'être utilisées. L'épuration avant, pendant et après la pollinisation est une activité essentielle à la maximisation de la pureté et à la satisfaction des exigences en inspection. Une autre difficulté de la production d'hybride consiste à assurer un isolement adéquat vis-à-vis de pollen non stérile tel que celui des cultivars commerciaux et/ou de mauvaises herbes apparentées dont certaines peuvent produire des hors-types d'une nature extrêmement inacceptable tels que des rhizomes ou la déhiscence des graines dans le cas du sorgho.

La récolte doit renforcer la pureté de la semence ainsi que sa qualité. En général le mâle parent doit être éliminé en premier afin d'éviter toute contamination. Souvent une épuration avant-récolte est effectuée selon les difficultés rencontrées pendant toute la saison de production dans le champ considéré. Où et quand c'est possible la récolte sera effectuée d'une manière qui évite l'utilisation d'un séchoir ou l'application d'un agent desséchant. Une forte humidité à la récolte accompagnée de trop de chaleur pendant le séchage forcé peut entraîner l'entrée en dormance, une réduction du taux de germination ou un vieillissement prématuré, un état souvent associé aux dégâts de gel léger. A ce stade il faut faire tous ses efforts pour étiqueter avec soin et conserver en lots séparés des quantités de semence qui représentent des zones particulières du champ. Ces lots sont alors soumis à des contrôles de pureté qui ne touchent donc qu'une fraction du champ et ceci permet d'éviter d'avoir à trop jeter au cas où un problème de contamination apparaîtrait.

La revue des exigences de la production d'hybrides met en lumière la complexité de cette production et suggère de faire appel à une assistance technique extérieure pour démarrer une industrie des semences hybrides. De nombreuses personnes ayant une expertise dans la culture considérée peuvent servir de conseillers à court terme. Là où la recherche d'état ou internationale a développé un cultivar hybride spécifique, le sélectionneur ou l'agronome responsable améliorera considérablement les chances de succès en se mettant à disposition pour donner des conseils et résoudre les problèmes tout au long de la saison de culture. De plus, les risques de faible rendement des parents femelles, de conditions météorologiques défavorables et de non-satisfaction des critères de pureté convergent tous en faveur d'une intervention du secteur privé dont les entrepreneurs acceptent de prendre un certain risque en vue de réaliser un profit potentiel, une attitude peu courante dans le secteur public.

Commercialisation, distribution et service

Une fois que la semence est produite, les attributs du cultivar doivent être spécifiés au producteur commercial et la semence mise à la disposition des acheteurs. Ceci peut être réalisé (1) directement à partir de l'entreprise semencière elle-même, (2) par l'intermédiaire d'un commerce ou tout autre type de négoce ou (3) par l'intermédiaire d'agriculteurs négociants, l'approche la plus communément utilisée aux débuts de l'industrie des hybrides aux Etats-Unis. De plus gros négociants capables de fournir des services supplémentaires peuvent finir par prédominer sur certains marchés. Cette tendance est apparue afin d'assurer un meilleur financement et service après-vente. Les grosses entreprises de semence étendent aussi une aide agronomique à leurs clients. Cette assistance technique tente de fournir les informations relatives au produit et les informations concernant les problèmes de production qui ont le plus de chance de se produire, comme les stress biotiques et abiotiques, et leurs solutions. Au moment de l'achat, le producteur devrait recevoir des informations supplémentaires concernant la germination, la pureté, la taille du grain et même des numéros de lot spécifiques.

Faire de la publicité pour le produit est absolument essentiel dans un environnement de concurrence. Peut-être un des moyens les plus efficaces et les plus économiques est de faire des démonstrations en champs soit seul soit en collaboration avec une agence gouvernementale de conseil agricole. Des réunions de producteurs sont souvent organisées sur ces parcelles de démonstrations afin d'encourager la discussion des attributs et des limites des divers hybrides, les chiffres de production/rendement aidant à convaincre les producteurs d'abandonner leurs vieilles variétés traditionnelles et de passer à la culture de semence améliorée. Ces réunions peuvent aussi avoir lieu entre les saisons de culture quand les mises à jour relatives aux pratiques culturales, insectes, maladies, mauvaise herbes, aux moyens de les contrôler et aux besoins en éléments nutritifs peuvent être discutées.

La détermination du prix de la semence et le recouvrement des paiements des ventes doivent être deux priorités. Aucun chiffre spécifique ne peut être fourni ici, mais le prix de la semence d'un producteur sous contrat, les dépenses de commercialisation et de publicité, et le coût de la recherche éventuelle, doivent tous être pris en compte pour déterminer le prix de la semence qui doit aussi permettre à l'entreprise de semence de réaliser un profit raisonnable sur son investissement et qui doit être compétitif avec le prix du même produit ou des produits similaires fournis par d'autres entreprises. Il faut se souvenir que le producteur fera ses propres calculs et un point clé sera la possibilité de faire un profit par rapport au coût potentiellement plus élevé de sa semence. Dans la plupart des pays utilisant des hybrides, l'investissement dans la semence est relativement faible par rapport aux potentiels accrus de rendements plus élevés et de revenus supplémentaires.

Conclusions

La réussite d'une entreprise semencière, une fois l'infrastructure mise en place, dépendra de nombreuses variables dont le volume à produire pour satisfaire de manière adéquate la demande. Il peut être nécessaire de produire de 25 à 30 % en plus pour palier aux problèmes logistiques de la distribution, à l'évolution des systèmes de culture, aux éliminations éventuelles en raison d'une mauvaise qualité, et assurer des gains compétitifs. Comme il a été déclaré plus haut, les causes probables du succès comprennent non seulement un approvisionnement sûr mais aussi la conformité aux normes de pureté et de qualité et la crédibilité. Dans les pays en voie de développement, cette garantie de la conformité vraie au type ou de la performance peut être un avantage suffisant pour la réussite de l'entreprise. La troisième raison, peut-être la plus importante, justifiant la mise en place d'une entreprise de semence est de produire et de distribuer à un ensemble de consommateurs un produit avec un rendement suffisant et présentant un avantage de qualité ou d'autres avantages agronomiques afin d'accroître la rentabilité de l'activité économique du consommateur ou du producteur qu'il vende la graine ou qu'il produise une culture supérieure. La possibilité de profit encourage l'amélioration de la qualité et de la performance, ce qui n'est pas une caractéristique naturelle du secteur public.

Pour démarrer, une entreprise fructueuse a besoin de pouvoir obtenir suffisamment de capital de départ auprès d'un individu ou d'une organisation et doit accepter d'apprendre la conduite de l'affaire pour pouvoir ensuite devenir un pilier des industries agricoles. Parfois même le meilleur planning peut mener dans les faits à une production insuffisante ou excessive qu'il faudra alors stocker dans des entrepôts adéquats pour maintenir la qualité de la semence. Il aura toujours des problèmes au niveau du recouvrement monétaire des ventes, mais il s'agit d'une entreprise et ces difficultés font parties du risque. Suivant la taille et le niveau de la concurrence, la performance du produit doit développer un marché d'une taille suffisante pour supporter l'industrie des semences existante. Suite à la réussite à ce premier niveau, il sera possible de mettre en place une

45

activité de recherche propre à l'entreprise afin de produire des produits améliorés avec droits de propriétés. L'Inde est sans aucun doute le meilleur exemple récent. Le secteur privé y représente aujourd'hui 60 % (en valeur monétaire) du marché officiel des semences pour le sorgho et le mil (Maunder, 1997). Selon une enquête de Pray et al. (1991), environ dix-sept entreprises possédaient des programmes de recherche et développement pour ces cultures et ont dépensé en moyenne quatre pour cent des ventes de semence en recherche et ont employé 31 titulaires d'un Ph.D. et 45 d'un MS.

La réalisation d'un bénéfice sur les milliards de dollars investis dans l'agriculture afin d'améliorer l'agriculture des pays en voie de développement, nécessitera un secteur privé semencier fort. Seule cette évolution avec l'appui des fournisseurs d'autres intrants fondamentaux tels que les produits chimiques et les équipements, pourra permettre aux principes fondamentaux et établis de la recherche agronomique de rapporter le profit nécessaire à l'humanité.

Bibliographie

Crabb, R.A. 1947. The hybrid-corn makers, prophets of plenty. Rutgers University Press, New Brunswick, N.J. 331 p.

Maunder, A.B., F. Bidinger, L. Busch, J. Husle, and M. Shepard. 1994. INTSORMIL five year EEP review. US/AID, Washington, D.C. 116 p.

Maunder, A.B. 1997. Role of private sector. p. 605-612. In Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet. 22-27 September 1996. Lubbock, Texas. INTSORMIL Publication 97-5.

Pray, C. E., S. Ribeiro, R.A.E. Moeller, and P.P. Rao. 1991. Private research and public benefit: the private seed industry for sorghum and millet in India. p. 315-324. Research Policy 20, Elsevier Science Publishers B.V.

Wright, H. 1980. Commercial hybrid seed production. p. 161-176. *In* Fehr W.R. and Hadley H. (ed.) Hybridization of crop plants. Am. Soc. of Agron. Madison, W.I.

452

Production de semences sur les aménagements hydro-agricoles

M. Naroua Djibo et M. Jean Jacques Schalbroek

Les aménagements hydro-agricoles (A.H.A.)

L'ONAHA: sa mission et son organisation

L'Office National des Aménagements Hydro-Agricoles (ONAHA), créé en 1978 pour maîtriser la création et la gestion des A.H.A., se présente aujourd'hui comme l'instrument privilégié de la politique nationale de développement rural dans le secteur de l'agriculture irriguée. Après avoir géré directement les aménagements, l'ONAHA s'est orienté progressivement vers un rôle d'appui au mouvement coopératif pour son accession à une réelle autogestion. Depuis 1982, tous les aménagements sont organisés en coopératives responsables de la planification et de la gestion de leurs activités. Devenu Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (E.P.I.C.) en 1984, l'ONAHA est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il assure une triple mission :

- la réalisation des aménagements hydro-agricoles pour le compte de l'Etat,
- le fonctionnement, la gestion et l'entretien des aménagements hydro-agricoles y compris la formation des coopérateurs,
- la mise en place et/ou l'évaluation des aménagements
- La Direction Générale se trouve à Saga (à 10 km de Niamey). Elle comporte trois centrales, la Direction Administrative et Financière (DAF), la Direction de la Maintenance et du Matériel (DMM) et la Direction de la Mise en Valeur (DMV) et deux cellules, Cellule de Suivi-Evaluation et la Cellule de Contrôle et Gestion. Cinq Services Régionaux ués, respectivement à encadrent lles aménagements de ces régions Tillabéry, Niamey, Gaya, Konni-Maradi et Diffa. Ces Services Régionaux sont rattachés à la DMV et en contact direct avec les coopératives. Une restru- cturation de l'ONAHA est actuellement en cours de préparation. Elle permettra de recentrer les activités de l'office sur le « service public » (entretien et maintenance des aménagements, actions de vulgarisation agricole, production de semences, recherche et développement) et de rentabiliser le potentiel humain et le matériel disponible par la réalisation de travaux neufs.

Les Coopératives

Afin d'assurer la viabilité des périmètres irrigués, les résolutions du Séminaire de Zinder (1982) ont encouragé la participation des producteurs à la gestion des coopératives et à leur contrôle. Ce sont au total 47 coopératives qui sont encadrées par l'ONAHA, pour 306 groupements

453

mutualistes de production, rassemblant environ 30.000 exploitants.

Les principales caractéristiques des A.H.A.

Les principales caractéristiques des AHA sont données dans le tableau I. La majorité des AHA sont situés en bordure du fleuve (36) d'où ils tirent l'eau d'irrigation par pompage (AHA de Tillabéry, Niamey, Gaya). Les aménagements de Konni sont irrigués à partir des barrages construits sur des cours d'eau temporaires (retenues colinéaires), et ceux de Maradi à partir de forages. Les aménagements de Diffa sont irrigués à partir de la rivière Komadougou et bénéficient d'un complément d'irrigation à l'aide de forages. Ce sont au total quelques 13.000 ha qui ont été aménagés.

Le riz est surtout cultivé en bordure du fleuve sur les territoires des Services Régionaux de Tillabéry, Niamey et Gaya. La polyculture est pratiquée dans les SR de Konni et Diffa avec comme cultures principales, le blé, l'oignon et le poivron en saison sèche, le coton, le sorgho et le mil en saison d'hivernage (tableaux II et III).Les SR de Niamey et Tillabéry consacrent 200 ha aux cultures maraîchères, dont le haricot vert pour l'exportation.

La production de semences sélectionnées

Le programme de production de semences sélectionnées dans les A.H.A., a démarré dans le cadre de la Coopération Nigéro-Belge qui a financé la construction de la Ferme Semencière de

Tableau I. Principales caractéristiques des aménagements hydro-agricoles encadrés par l'ONAHA.

Coopérative (nbre)	Superficies nettes irrigables (ha)	Exploitants (nbre)	GMP* (nbre)	Affectations des superficies nettes irrigables (ha)
		Service Régional de Niamey		
16	3.605	9.242	74	Riz (3.551 ha) Maraîchage (54 ha)
		Service Régional de Tillabery		
16	4.373	9.771	87	Riz (4.194 ha) Maraîchage (140 ha) Polyculture (39 ha)
		Service Régional de Gaya		
4	672	840	28	Riz
		Service Régional de Konni**		
7	4.104	5.514	109	Polyculture
		Service Régional de Diffa		
4	304	733	8	Polyculture (208 ha) Riz en hivernage (96 ha)
		Total Général		
47	**13.058**	**26.100**	**306**	

* Groupement Mutualiste de Production
**englobe les aménagements de Maradi
Source: ONAHA. Note de présentation (1994).

454

Tableau II. Superficies cultivées, rendements et productions sur les aménagements gérés par les Services Régionaux de l'ONAHA en saison d'hivernage (moyenne des années 1994 et 1995).

	Superficies (ha)	Rendements (t/ha)	Productions (t)	Superficies (% du total)
		Coton		
Service Régional de Konni	1.605	1,819	2.920	42,5
Service Régional de Diffa	0	0	0	0
Moyenne		1,819		
Total	**1.605**		**2.920**	**42,5**
		Sorgho		
Service Régional de Konni	1.411	1,769	2.495	37,4
Service Régional de Diffa	0	0	0	0
Moyenne		1,769		
Total	**1.411**		**2.495**	**37,4**
		Mil		
Service Régional de Konni	703	1,129	794	18,6
Service Régional de Diffa	0	0	0	
Moyenne		1,129		
Total	**703**		**794**	**18,6**
		Autres cultures (maïs, arachide, niébé)		
Service Régional de Konni	52	-	-	1,4
Service Régional de Diffa	3	-	-	0,1
Total	**55**	-	-	**1,5**
Total Général	**3.774**	-	-	**100,0**

SAADIA-AVAL (1984-1990), pour la production de semences de riz. L'appui de l'AGCD (Administration Générale de la Coopération au Développement, Belgique) s'étend actuellement aux cultures de sorgho, de blé et de coton. La phase actuelle d'une durée de trois ans couvre la période 1998-2000 meusle projet a démarré depuis 1995. Les activités réalisées portent sur l'identification des variétés à proposer aux agriculteurs, sur leur vulgarisation et sur la production des noyaux semenciers.

La riziculture irriguée

On peut signaler cinq points forts de la riziculture irriguée nigérienne : l'organisation des agriculteurs en coopératives ; la double culture annuelle avec un rendement moyen de 4,5 t/ha/campagne ; le labour généralisé par la traction bovine ; le recours aux semences sélectionnées et leur traitement ; l'utilisation de quantités importantes d'engrais. Les deux variétés cultivées, IR1529 (99 % superficies) et BG 90-2 sur 380 ha à Saga sont sensibles à la marbrure jaune (RYMV). L'expérimentation variétale conduite en 1996 et 1997 par l'ONAHA (appui du Projet Semencier) en collaboration avec l'INRAN a permis d'identifier deux variétés (WITA. 8 et WITA. 9) issues du programme d'amélioration variétale de l'ADRAO pour la tolérance à la marbrure jaune. Ces deux variétés font actuellement l'objet de multiplications à la Ferme Semencière (semences de

455

Tableau III. La Polyculture: Superficies cultivées, rendements et Productions sur les aménagements gérés par les Services Régionaux de l'ONAHA en saison sècba (moyenne des années 1994 et 1995).

	Superficies (ha)	Rendements (t/ha)	Productions (t)	Superficies (% du total)
		BLE		
Service Régional de Konni	879	3,08	2/8-5	82.0
Service Régional de Diffa	13	1,69	22	1,2
Moyenne		3,06		
Total	**892**		**2.7270**	**83,2**
		OIGNONS		
Service Régional de Konni	116	38,4	4.457	10,8
Service Régional de Diffa	4	22,5	90	0,4
Moyenne				
Total	**120**	37,9	**4,547**	**11,2**
		POIVRONS		
Service Régional de Konni	0	0	0	0
Service Régional de Diffa	47	1,64	77	4,4
Moyenne		1,64		
Total	**47**		**77**	**4,4**
		AUTRES CULTURES (tomates, piments, choux)		
Service Régional de Konni	11	-	-	1,0
Service Régional de Diffa	2	-	-	0,2
Total	**13**	-	-	**1,2**
Total Général	**1.072**	-	-	**100,0**

prébase a contre saison et semences de base pendant l'hivernage en 1998) pour suivre par la suite le schéma élaboré pour la production de semences sélectionnées de riz (tableau IV).

La production des semences de riz repose sur la Ferme Semencière de Saadia-Aval (coopérative responsable de la production primaire)et sur les agriculteurs multiplicateurs (agriculteurs chargés de la multiplication secondaire dans chacune des 35 autres coopératives rizicole). Autogérée depuis 1990, elle a prouvé sa viabilité. Le schéma de production et de diffusion élaboré en 1992 prévoit le renouvellement des semences toutes les cinq campagnes sur l'ensemble des périmètres. Chaque coopérative doit donc produire ses propres semences avec ses agriculteurs multiplicateurs pour quatre saisons sur cinq. Cette production est à effectuer au cours de deux saisons à raison de deux jeux de semences par saison.Le nouveau schéma mis en place consiste à renouveler les semences chaque saison en achetant à la Ferme Semencière que la quantité nécessaire aux agriculteurs multiplicateurs. L'INRAN est responsable de la production des semences de pré-base. En outre, ce schéma prévoit de semer les semences produites l'année précédente et non plus la saison précédente.

Tableau IV. Principales caractéristiques du schéma de production de semence de riz.

Producteurs	Catégories produites	Superficies maximales (ha)	Productions maximales (t)
INRAN	Pré-base	0,25	1,0
Ferme Semencière	Base	25	120
Agriculteurs multiplicateurs	Première reproduction R1	300	360
Agriculteurs non multiplicateurs	Deuxième reproduction R2	6.900	-

Tableau V. Semences de blé produites et diffusées en saison sèche 1996/97. (diffusion S.S. 1997/98)

Coopératives	Variété El madaoua*			Variété El koderawa**			Total Semences
	Sup.	Rdt.	Prod	Sup.	Rdt.	Prod	
Konni I et II	0,74 ha	4,0 t/ha	2960 kg	-	-	-	2859 kg
Djiratawa	-	-	-	0,72 ha	4,03 t/ha	2900 kg	2900 kg
Total	**0,74 ha**	**4,0 t/ha**	**2960 kg**	**0,72 ha**	**4,03 t/ha**	**2900 kg**	**5860 kg**

* El Madaoua = Yekora Rojo

**El Koderawa = Jerusalem

La polyculture

Le programme de production des semences sélectionnées concerne les cultures de blé, de coton et sorgho. Il est mené au niveau de trois coopératives (Konni I et II, Djiratawa) auprès desquelles les autres coopératives pourront se ravitailler en semences. Il est attendu de ce programme un taux de couverture en semences sélectionnées de 90 % pour le sorgho et le blé et de 100 % pour le coton d'ici l'an 2.000 soit une progression de 30 % par an. La principale spécificité dans le cadre de la polyculture, est la participation financière de chaque agriculteur à la constitution d'un fonds semencier au niveau de chacune des trois coopératives par la majoration de la redevance de 500F/ha/campagne. Ce fonds qui est aussi alimenté par le Projet Semencier sous forme de préfinancement des opérations en cours, permet aux dites coopératives de : garantir l'achat des semences produites par les agriculteurs multiplicateurs pour les besoins de la campagne (objectif de 30 %) ; préfinancer les intrants et les autres opérations spécifiques ; assurer l'achat à l'INRAN des semences de prébase (blé et sorgho) ; faire face aux charges de manutention, conditionnement et diffusion des semences ; d'une manière générale indemniser certains producteurs, dont les agriculteurs en bordure pour la production de semences de sorgho hybride.

Ce sont les mêmes agriculteurs qui produisent les semences de blé et de sorgho, ce qui fait d'eux, des potentiels professionnels des semences.

Démarche et Étapes Suivies

Sorgho et Blé

Le programme de production de semences de blé et de sorgho évolue

457

Tableau VI. Semences de blé produites en saison sèche 1997/98

Coopératives	Variétés El madaoua	Variétés El koderawa	Total
Konni I	7.000 kg	1.800 kg	8.800 kg
Konni II	7.000 kg	3.600 kg	10.600 kg
Djiratawa	6.300 kg	1.500 kg	7.800 kg
Total	**20.300 kg**	**6.900 kg**	**27.200 kg**

conjointement avec un programme de recherche & développement qui permet chaque année de redéfinir les objectifs de multiplication des semences. La démarche adoptée et les opérations réalisées peuvent se résumer ainsi : identification préalable de toutes les variétés cultivées et leur importance relative (par l'encadrement ONAHA et les agriculteurs) ; délimitation des blocs semenciers pour le sorgho hybride (agricul- teurs multiplicateurs et de bordure) par l'encadrement ; approvisionnement et préfinance- ment des intrants (semences, engrais, produits phytosanitaires) ; préfinancement du labour ; épuration des parcelles semencières ; opérations de récolte, transport et battage ;conditionnement des semences ; tests de germination ; diffusion (vente) par la coopéra- tive ; enquête sur les superficies emblavées.

Il est à signaler que la production des semences est financièrement prise en charge soit directement par les agriculteurs multiplicateurs, soit par les coopératives. Celles-ci préfinancent certaines opérations avec l'appui du Projet Semencier et répercutent les coûts de production dans le prix de la semence. L'intervention du projet est conçue de sorte que les coopératives puissent d'ici deux ans financer elles-mêmes une production rentable de semences. L'encadrement de toutes les activités est assuré par le personnel de l'O.N.A.H.A. L'INRAN a dispensé à ce personnel une formation dans la production de semences hybrides L'INRAN fournit également chaque saison les semences de base pour les champs semenciers.

Coton

La production de semences sélectionnées de coton a débuté en saison d'hivernage 1998 et se fait en collaboration avec la Société Cotonnière du Niger (S.C.N.) qui préfinance les intrants et assure le suivi des opérations dans l'encadrement de l'O.N.A.H.A. La production a débuté avec un hectare de semences de souche de la variété STAM F provenant de l'INRAB (Institut National de Recherche Agronomique du Bénin).

Résultats obtenus et activités en cours

Blé

Les semences produites permettront d'atteindre l'objectif de diffusion pour la SS99, soit quelques 225 ha ou 30 % de la superficie de blé dans les A.H.A. (environ 800 ha). D'après les résultats des essais démonstratifs de 1997-1998 les rendements des variétés El Koderawa et El Madaoua sont supérieurs de 20 à 25 % aux rendements des autres variétés actuellement cultivées.

Sorgho

Le programme a démarré en saison d'hivernage 1997 avec les trois variétés retenues par les agriculteurs (SEPON 82, ½ MSB, NAD-1). La production de semences de NAD-1 a été confiée un agriculteur dans chacune des coopératives de Birni N'Konni et à deux agriculteurs dont les champs sont contigus à Djiratawa. Les variétés ½ MSB et SEPON 82 ont été respectivement produites par un agriculteur à KONNI II et un autre à Djiratawa.

Il faut signaler que la production de semences de sorgho hybride par les agriculteurs multiplicateurs en saison d'hivernage est une première au Niger. La production de semences de sorgho hybride NAD-1 nécessite un suivi rigoureux et une formation particulière des agriculteurs multiplicateurs. Tout doit être mis en œuvre pour assurer une bonne synchronisation entre la période de réceptivité de la lignée femelle androstérile et la libération du pollen de la lignée mâle. La lignée femelle fleurit environ une semaine avant la lignée mâle. Il faut donc recourir à des semis échelonnés de la lignée mâle qui, pour être efficaces nécessitent des compléments d'irrigation et d'engrais azoté. En outre, pour éviter toute pollution sexuée, les parcelles de sorgho qui entourent les blocs semenciers ne peuvent être cultivées qu'avec le parent mâle. L'épuration porte en période de floraison sur l'arrachage des plants femelles androfertiles et des plants mâles non conformes. En période de maturation, tout plant femelle présentant une panicule non conforme au type de panicule recherché doit être arraché. Les résultats obtenus en saison d'hivernage 1997 et le programme en cours (SH 1998) sont détaillés dans les tableaux VII à XII.

Tableau VII. Variétés de sorgho cultivées dans les aménagements hydro-agricoles de Birni N'Konni et de Maradi en saison d'hivernage 1997.

	Superficies cultivées							
	Konni I	Konni II	Konni I + Konni II		Djiratawa		Konni + Djiratawa	
Variétés	ha	ha	ha	%	ha	%	ha	%
	Superficies cultivées							
El Tsedawa	270	393	663	72	0	0	663	62
Janjaré	88	87	175	19	0	0	175	16
Mota Rouge	0	0	0	0	38	26	38	4
Autres	50	0	50	5	2	1	52	5
Totaux	**408**	**480**	**888**	**96**	**40**	**27**	**928**	**87**
	Variétés recommandées par l'INRAN							
½ MSB	0	0	0	0	57	39	57	5
Sepon 82	2	10	12	1	37	25	49	5
IRAT 204	0,2	12	12	1	0	0	12	1
NAD-1	0	2	2	0,2	7	5	9	1
Totaux	**2**	**24**	**26**	**2**	**101**	**69**	**127**	**12**
	Blocs semenciers (agriculteurs multiplicateurs)							
Var. diverses	3	6	9	1	5	3	14	1
	TOTAUX							
Var. diverses	413	510	923	100	146	100	1.069	100

459

Conclusions

La production des semences de sorgho hybride présente beaucoup de risques pour les agriculteurs multiplicateurs notamment à cause de l'instabilité dans l'implantation des semis, qui peut avoir des conséquences néfastes sur le développement des plants mâles et femelles et la synchronisation. Cette activité nécessite une présence permanente aussi bien du producteur que de l'encadrement ONAHA sur la parcelle.

La centralisation du programme au niveau de la coopérative offre plusieurs avantages :

- Constitution de fonds semenciers qui garantissent la commercialisation pour les agriculteurs multiplicateurs.
- Préfinancement et coordination des opérations.
- Réduction du coût d'isolement des blocs semenciers.
- Facilitation du contrôle par les agents d'encadrement.
- Organisation du programme de diffusion.
- Possibilité de contrat de fourniture de semences avec d'autres organismes ou Projets.

Cependant, même si le coût de la semence hybride (650 cfa à 800 cfa/kg, NAD-1) ne constitue pas un frein à sa diffusion, le renouvellement des semences chaque année est très mal perçu par l'agriculteur nigérien. Ceci est d'autant plus justifié qu'il serait parfois difficile de trouver un stock suffisant de semences de sorgho hybride pour ressemer.

Tableau VIII. Synthèse des résultats enregistrés dans les essais démonstratifs de Birni N'Konni et de Djiratwa (Essais sans cécidomie).

Variety	Rendements t/ha	Rendements % of mota blanc	Hauteurs des plants (cm)	Panicules par poquet (nbres)	Floraisons 50% (ii)	Maturité 80% (ii)
			Variétés locales			
El Tsedawa	3,14	98	295	3,1	57	73
Janjaré	2,93	92	328	3,0	62	80
Mota Blanc	3,19	400	302	3,3	72	90
Mota Rouge	2,81	88	287	3,1	51	80
			Variétés de l'INRAN			
½ MSB	3,10	97	258	2,7	64	89
Sepon 82	3,95	124	176	3,1	66	90
IRAT 204	2,61	82	159	3,0	60	84
90 SN 7	2,82	88	244	2,89	63	87
NAD--1	4,20	132	191	3,1	66	89
			Parent mâle du sorgho hybride NAD-1			
MR 732	2,40	75	161	2,9	70	92
Nbres d'essais	**6**	-	**6**	**6**	**5**	**6**

Rendements: CV résiduelle = 28,2 % ; PPDS (0,05) = 1,02 t/ha.

Tableau VIII. Synthèse des résultats enregistrés dans les essais démonstratifs de Birni N'Konni et de Djiratwa (Essais sans cécidomie).

Variety	Rendements t/ha	Rendements % of mota blanc	Hauteurs des plants (cm)	Panicules par poquet (nbres)	Floraisons 50% (j)	Maturité 80% (j)
			Variétés locales			
El Tsedawa	3,14	98	295	3,1	57	73
Janjaré	2,93	92	328	3,0	62	80
Mota Blanc	3,19	400	302	3,3	72	90
Mota Rouge	2,81	88	287	3,1	51	80
			Variétés de l'INRAN			
½ MSB	3,10	97	258	2,7	64	89
Sepon 82	3,95	124	176	3,1	66	90
IRAT 204	2,61	82	159	3,0	60	84
90 SN 7	2,82	88	244	2,89	63	87
NAD–1	4,20	132	191	3,1	66	89
			Parent mâle du sorgho hybride NAD-1			
MR 732	2,40	75	161	2,9	70	92
Nbres d'essais	**6**	-	**6**	**6**	**5**	**6**

Rendements: CV résiduelle = 28,2 % ; PPDS (0,05) = 1,02 t/ha.

Tableau VIIIa. Résultats des enquêtes variétales sur le sorgho : la meilleure variété à pollinisation libre selon les agriculteurs

Variétés ou lignées	Konni (I et II) Totaux	Konni (I et II) %	Djiratawa Totaux	Djiratawa %	Konni (I et II) et Djiratawa Totaux	Konni (I et II) et Djiratawa %
			Variétés à pollinisation libre			
El Tsedawa	28	13	5	5	33	11
½ MSB	47	23	25	24	72	23
Sepon 82	18	9	25	24	43	14
90 SN 7	31	15	23	22	54	17
IRAT 204	19	9	0	0	19	6
Janjara	9	4	0	0	9	3
Mota blanc	10	5	0	0	10	3
Mota rouge	141	5	0	0	11	4
			Sorgho hybride NAD-1 et parent mâle du sorgho hybride			
NAD-1	32	15	26	25	58	19
MR 732	3	1	0	0	3	1
Totaux	208	100	104	100	312	100

NB: nombres d'agriculteurs interrogés: 52 à Konni (I et II), 26 à Djiratawa

Tableau VIIIb.Résultats des enquêtes variétales sur le sorgho: les 2 meilleures variétés à pollinisation libre selon les agriculteurs

Variétés ou lignées	Konni (I et II)		Djiratawa		Konni (I et II et Djiratawar	
	Totaux	%	Totaux	%	Totaux	%
El Tsedawa	10	10	4	8	14	9
½ MSB	34	33	18	35	52	33
Sepon 82	36	35	17	33	53	34
90 SN 7	20	19	13	24	33	21
IRAT 204	4	4	0	0	4	3
Totaux	104	100	52	100	156	100

NB: nombres d'agriculteurs interrogés: 52 à Konni (I et II), 26 à Djiratawa

Tableau IX. Résultats des enquêtes variétales sur le sorgho: qualités et défauts des variétés selon les agriculteurs.

Variétés ou lignées	Qualités	Défauts
El Tsedawa	-Précocité -Résistante à la cécidomie -Convient pour tout terrai -Bon goût	-Faible rendement -Ne se conserve pas (sensible au charançons) -Mauvaise qualité culinaire
Janjare	-Bonne conservation du pouvoir germinatif (5 à 6 ans) -Bon goût -Bon gonflement à la cuisson	-Rendement faible -Sensible à la verse -Sensible à la cécidomie -Noircissement de la pâte après repos prolongé
Mota blanc	-Bon rendement -Bon tallage -Bon goût	-Sensible au striga -Egrenage difficile -Sensible à la verse et au bris des tiges -Conservation difficile
Mota rouge	-Précocité -Bonne conservation -Bon rapport grains/bottes -Bon goût	-Rendement faible -Petites panicules -Sensible au charbon allongé
½ MSB	-Rendement élevé -Bonne germination -Bonne qualité culinaire	-Sensible à la cécidomie -Tardive -Perte des graines si trop sec à la récolte
Sepon 82	-Précocité -Rendement élevé -Bonne qualité culinaire (convient bien pour préparer la boule) -Bon goût	-Sensible aux champignons lors d'une maturation en période pluvieuse -germination nécessitant une humidité élevée du sol
IRAT 204	-Rendement élevé -Précocité -Bonne conservation des grains (charançons) -Bon goût	-Grains durs: germination nécessitant une humidité élevée du sol -Sensible au striga -Sensible aux champignons et germination sur pied lors d'une maturation en période pluvieuse
90 SN 7	-Rendement élevé -Résistante au striga -Bon goût -Bon gonflement de la pâte	
NAD-1	-Rendement élevé -Convient pour tout terrain -Résistante au striga -Bon goût	-Renouvellement des semences à chaque semis
MR 732		-Rendement faible -Tardive

Tableau X. Résultats des enquêtes variétales sur le sorgho: les intentions d'achat en semences sélectionnées

Question: quelles sont les deux variétés dont l"agriculteur souhaiterait acheter des semences sélectionnées en saison d'hivernage?

Variétés ou lignées	Konni (I et II)		Djiratawa		Konni (I et II) et Djirata	
	Totaux	%	Totaux	%	Totaux	%
El Tsedawa	0	0	0	0	0	0
½ MSB	39	38	0	0	39	25
Sepon 82	21	20	10	19	31	20
90 SN 7	10	18	13	25	32	21
IRAT 204	0	0	0	0	0	0
NAD-1	18	17	29	56	47	30
Aucune variété	7	7	0	0	7	4
Totaus	**104**	**100**	**52**	**100**	**156**	**100**

NB: nombres d'agriculteurs interrogés: 52 à Konni (I et II), 26 à Djiratawa

Tableau XI. Production des semences des variétés à pollinisation libre (SH 1997)

Blocs Semenciers	Variétés	Sup. (ha)	Prod. (t)	Rdt (t/ha)
Konni II	½ MSB	0,19	0,64	3,38
Djiratawa	Sepon 82	0,32	0,77	2,40
Totaux/moyenne	-	**0,51**	**1,41**	**2,76**

Tableau XII. Diffusion des semences sélectionnées de sorgho en saison d'hivernage 1998

Coopératives	Superf. Totales en sorgho (ha)	Origines des semences	Quantités semées (kg)	Superficies en semences sélectionnées (ha)		Taux de réussite des semis (%)	Superficies en semences selectionnées (%)
				Attendues	Observées		
			Variété de sorgho hybride, NAD-1				
Konni 1	420	Konni 1	780	73,1	24,1	33	6
Konni 2	593	Konni 2	835	78,3	47,6	61	8
Djiratawa	148	Djiratawa	322	25,8	8,6	33	6
Ibohamane	229	Konni 1 et 2	200	16,7	10,9	65	5
Mouléla	6	Konni 2	20	1,7	1,4	82	23
Galmi	15	Konni 2	100	8,3	4,9	59	33
Total	**1410**	-	**2,257**	**283,9**	**97,5**	**48**	**7**
			Variété à pollinisation libre, Sepon 82				
Konni 1	420	Djiratawa	174	16,3	1,9	12	0,5
Konni 2	593	Djiratawa et INRAN	312	29,2	23,0	79	4
Djiratawa	148	Djiratawa	199	15,9	15,0	94	10
Ibohamane	229	Djiratawa	170	14,2	12,3	37	5
Mouléla	6	Djiratawa et INRAN	28	2,3	1,4	61	23
Galmi	15	Djiratawa et INRAN	85	7,1	2,4	34	16
Total	**1410**	-	**968**	**85,0**	**56,0**	**66**	**4**
			Variété à pollinisation libre, ½ MSB				
Konni 1	420	Konni 2	220	20,6	1,5	7	0,4
Konni2	593	Konni 2	400	37,5	14,2	38	2,4
Autres	397	-	0	0	0	-	-
Total	1410	-	620	58,1	15,7	27	1,1
			Trois Variétés (NAD-1, Sepon 82 et ½ MSB)				
Total	**1410**	-	**3,845**	**347,0**	**169,2**	**49**	**12**

463

Rentabilité au niveau des exploitations agricoles et évolution des marchés intrants – produits au Niger : perspective économique

Tahirou Abdoulaye et J. H. Sanders

Introduction

De nouvelles varietés à rendements élevés ont été développées afin d'augmenter la production agricole et d'améliorer les revenus de l'agriculteur. NAD-1, le premier hybride de sorgho introduit au Niger, est l'un de ces nouveaux cultivars. Les essais réalisés en station et en milieu paysan depuis 1990 démontrent que NAD-1 produit 4 à 5 fois plus de grains par hectare que les variétés locales (Kapran, 1998). Des efforts de mise en place d'une industrie de production de semence chez les agriculteurs pour cet hybride sont maintenant en cours. Une exploitation durable de la technologie des hybrides requiert une source stable d'approvisionnement en semence. Cependant, il est nécessaire que la demande pour cette semence hybride soit garantie, pour que les agriculteurs se lancent dans la production de semence. Il existe donc une interaction entre l'évolution de l'industrie des semences locale et l'adoption d'un nouveau cultivar hybride. Ce article s' intéresse aux conditions nécessaires pour que l'introduction d'un hybride s'avère rentable pour l'agriculteur et aux contraintes sur l'introduction rapide des hybrides et des technologies associées au niveau de l'exploitation.

Des résultats de travaux antérieurs ont montré que les hybrides de sorgho cultivés sous irrigation et avec apport d'engrais inorganiques sont plus lucratifs que les variétés locales et améliorées de sorgho à Birni N'Konni (Ensink, 1989). Il n'existe pas encore d'évaluation économique au niveau de l'exploitation des hybrides de sorgho en culture sèche au Niger. Cette étude évalue la production de NAD-1 avec un apport d'engrais inorganique pendant la saison des pluies sur des terres sèches (culture sous pluie stricte) et sur les périmètres irrigués (où une irrigation de complément est possible). Les terres du perimètre irrigué de Birni N'Konni sont exploitées en saison des pluies avec irrigation en cas de sècheresse.

Le présent document traite spécifiquement des effets de l'environnement économique (prix des intrants et des produits) et de la capacité de l'agriculteur à financer des achats d'intrants sur sa décision d'adopter le nouvel hybride. Il s'agit là de conditions critiques déterminant le profit et par conséquent l'adoption. Les paragraphes qui suivent présentent la région d'un point de vue général, le modèle et finalement les résultats et les conclusions.

Région et historique

Le sorgho est la deuxième denrée de base (après le mil) au Niger. En plus du grain, les tiges de sorgho servent de matériau de construction et de fourrage. Birni N'Konni est une région

répresentative des terres de vallée où se concentre la culture du sorgho au Niger[1]. La production de la région s'élevait à 12.000 tonnes de sorgho en 1995. Ceci représente environ 5 % de la production nationale totale de sorgho pour la même année (République du Niger, 1997).

La densité de population à Birni N'Konni a augmenté de 33 habitant/km^2 en 1977 à 48 habitant/km2 en1988 (République du Niger, 1991). Les ménages agricoles de la zone d'étude comptent en moyenne 6 personnes sur 3,9 hectares de terres sèches. Les principales cultures sont le mil, le sorgho et le niébé sur les terres sèches, le coton, le sorgho au niveau du périmètre irrigué pendant la saison des pluies et le blé en contre-saison. Il n'est pas utilisé d'engrais inorganiques sur les cultures traditionnelles (mil, sorgho, niébé). Par contre le coton et le blé cultivé sur le périmètre irrigué bénéficient d'apports de ces engrais.

Le périmètre irrigué de Birni N'Konni est l'un des plus grand du Niger où la culture du sorgho est pratiquée. Les terres irriguées sur les périmètres nationalisés sont allouées aux agriculteurs des villages environnants. La superficie moyenne de périmètre irrigué attribuée à un ménage est de 0,75 hectares à Birni N'Konni (Abdoulaye, 1995).

Le sorgho est cultivé en association avec le mil et/ou le niébé sur les terres sèches alors qu'il est cultivé seul sur les terres de vallée où les sols sont plus lourds. Les rendements en sorgho sont généralement faibles sur les terres sèches en raison de la faible pluviométrie, de l'utilisation de variétés peu performantes et de la faible fertilité des sols. Dans la région de Birni N'Konni, le rendement moyen du sorgho sur la période 1991-1995 a été de 370 kg ha (République du Niger, 1997). La main d'oeuvre embauchée pour désherber est la principale rubrique de dépenses en argent liquide effectuées par les producteurs.

Sur le périmètre irrigué, le sorgho est cultivé avec complément d'irrigation en rotation avec le coton pendant la saison des pluies. Les rendements du sorgho sont relativement plus élevés que sur les terres sèches du fait de l'humidité plus élevée des sols et des restes d'engrais apportés à la culture du coton. En 1990, les rendements en sorgho local sur le périmètre irrigué ont été e stimés à 690 kg/ha (Lowenberg-DeBoer, 1990).

A l'inverse du sorgho local, NAD-1 donne des augmentations impressionnantes de rendement quand cultivé avec des apports d'engrais modérés aussi bien en culture sèche que sous irrigation. Les essais en milieu paysan ont montré qu'avec des apports de 100 kg/ha de super phosphate simple et de 50 kg ha d'urée, NAD-1 produisait 1500 kg sur les terres sèches et 2500 kg sur le périmètre irrigué, où un complément d'irrigation est disponible (Kapran, 1998).

En plus de l'irrégularité et de l'insuffisance des pluies, la faible fertilité des sols, l'instabilité et la faiblesse des prix au producteur et le manque de liquidité constitutent les majeurs contraintes à l'accroissement de la pro-

[1] Birni N'Konni n'est pas un représentant de la région de Gaya dont la pluviométrie est plus eleve

duction de sorgho. A Birni N'Konni, la quantité d'eau dans les réservoirs dépend de la pluviométrie de sorte que les années de faible pluviométrie, il n'y a pas suffisamment d'eau pour pouvoir irriguer tout le périmètre. La fertilité des sols, en particulier la carence en phosphore et en azote, a été un problème majeur pour la production agricole au Niger (NAARP, 1992).

Sur le plan économique, la contrainte principale est le prix de vente faible du produit par comparaison aux prix d'achat des intrants nécessaires à l'accroissement de la production. Il n'existe pas de structures officielles de crédit dans la plupart des régions rurales du Niger. Cependant, les agriculteurs peuvent obtenir les fonds nécessaires à l'achat des intrants de plusieurs manières : travail en ville par des membres du ménage en hors-saison, vente de bétail, activités non agricoles ou travail sur une autre exploitation et systèmes de crédits non officiels (Abdoulaye et al., 1991, Reardon et al., 1994). Les activités non agricoles sont en général la plus importante source de revenus. Elles sont très courantes en raison des nombreuses possibilités de commerce existant dans la région du fait de la proximité de la frontière avec le Nigeria.

Méthodes

Le cadre général pour cette analyse est un modèle de programmation linéaire qui maximise le revenu de l'exploitation, tout en respectant les contraintes en ressources. L'évaluation d'une seule activité, telle que la budgétisation partielle, ne tient pas compte de l'environnement économique dans lequel la production a lieu. Il existe des interactions importantes intrinsèques au système qui entrent en jeu lors du processus de prise de décision au niveau de l'exploitation. La programmation convient à l'analyse au niveau de l'exploitation parce qu'elle incorpore ces interactions et considère les contraintes en termes de disponibilité des ressources de l'exploitation. Les modèles de programmation d'une exploitation agricole permettent aux scientifiques de projeter le revenu potentiel de l'exploitation et d'identifier les contraintes au niveau de l'exploitation qui retardent l'adoption des technologies.

Un aspect important de l'agriculture nigérienne dont il n'est pas explicitement tenu compte ici, est le risque associé à la production agricole. Ce risque est un facteur important déterminant l'adoption de nouvelles technologies dans les systèmes de culture sèche, en particulier si ces technologies impliquent l'emploi d'intrants achetés, tels que les engrais inorganiques. Compte tenue de l'importance du risque dans ce type d'environnement économique, les travaux futurs de modélisation pour NAD-1 incluront le risque à mesure que des données supplémentaires sur la distribution des rendements de cette culture deviendront disponibles.

Le modèle détermine l'allocation optimale des terres et des ressources entre les diverses cultures. Les activités de production sur les terres sèches comprennent des cultures uniques (mil et sorgho) et des cultures associées (mil/niébé, mil/sorgho et mil/sorgho/niébé,). Les activités sur le périmètre irrigué comprennent sorgho-coton pendant la saison des pluies et blé pendant la saison sèche., Trois contraintes principales (terre, main

d'oeuvre et capital) sont imposées dans le modèle. La contrainte terre (terres sèches et périmètre irrigué) limite la superficie des terres disponibles à 4,65 hectares, dont 3,9 hectares en terres sèches.

Les hybrides nécessitent un investissement en termes d'intrants achetés. Le liquide disponible pour le ménage a été estimé en utilisant les données d'enquête sur l' investissement moyen pour chaque culture, comprenant la semence, les engrais et la main d'oeuvre embauchée. Les résultats de l' enquête socio-économique des exploitations à Birni N'Konni indiquent que l'investissement moyen était de 7.000 Fcfa/ha (1 dollar américain = 272 Fcfa en 1989, IMF 1997). Lorsque l'échantillon est élargi aux agriculteurs avec des terres dans le périmètre irrigué, la moyenne devient 13.000 Fcfa/ha (Abdoulaye, 1995). Dans ce modèle, nous faisons l'hypothèse que l'agriculteur disposae de 65.000 Fcfa (13.000 x 5 hectares) en liquide en début de saison qu'il peut investir dans les cultures. Avec une analyse de sensibilité, la quantité de capital est modifiée afin d'évaluer les effets de la disponibilité en liquide sur la décision d'adoption.

La technologie en cours d'évaluation est l'hybride NAD-1 avec son mode de culture. Dans le modèle, un hectare de NAD-1 requiert 10 kg de semence hybride ainsi que 50 kg d'urée (46 % N) et 100 kg de NPK (15-15-15). L'hybride NAD-1 est introduit dans le modèle comme culture pure aussi bien sur les terres sèches que le périmètre irrigué et en rotation avec le coton sur le périmètre.

Pour le modèle, les estimations de rendements de NAD-1 fournies par les sélectionneurs sont réduits de 35 % et 40 % sur les terres sèches et les terres irriguées respectivement (tableau 1). Ces adjustements sont nécessaires à cause des difference de système de gestion de culture entre les essais et les champs des paysans. En général, les agriculteurs consacrent plus d'attention aux cultures en essais qu'en condition normale de production. Ces rendements pour le nouvel hybride avec son mode de culture restent toutefois beaucoup plus élevés que ceux actuellement obtenus pour les céréales aussi bien sur terres sèches que les terres irriguées.

Tableau 1. Rendements en grains de NAD-1 postulés dans le modèle

	Terre sèche	Périmètre
NAD-1 (grain en kg ha^{-1})	1000	1500

Les données pour cette analyse proviennent des enquêtes réalisées dans la région par l'INRAN (ressources des exploitations et rendements des cultures), des Statistiques nationales (rendements des cultures et prix) et du SIM (prix des

Tableau 2. Prix moyens des intrants et des produits (Fcfa)

	Mil	Sorgho	Niébé	Urée	NPK	Semence NAD-1
Prix kg^{-1}	92	89	129	150	165	650

Source: 1. SIM pour le sorgho (moyenne de nov. 95, 96 et oct. 97), pour le mil (moyenne de sept. 95, 96,97), pour le niebé (moyenne de Oct 95, 96, 97).
2. Centrale d'approvisionnement en engrais (prix officiel + frais de transport. 1997 1998).
3. Home (1997) pour le prix de la semence du NAD.

cultures). Les prix des intrants et des produits sont récapitulés dans le tableau 2. Les prix des engrais comprennent aussi le coût de transaction et du transport. Ce coût a été estimé à 10 Fcfa/kg ou 500 Fcfa par sac de 50 kg. La sensibilité du modèle à un coût plus faible du transport (5 Fcfa/kg) et à un coût plus élevé (20 Fcfa/kg) a aussi été déterminée.

Résultats

Avant l'introduction de NAD-1 dans le système, les résultats du modèle indiquent que les terres étaient consacrées aux cultures associées mil/niébé et mil/sorgho/niébé et à l'assolement sorgho/coton et blé en contre-saison. Ces résultats concordent avec ceux des enquêtes pour la région qui montrent que les cultures associées sont la pratique culturale dominante (Lowenberg-Deboer, 1990).

Lorsque NAD-1 est introduit dans le système, les terres lui sont essentiellement consacrées en raison des rendements accrus. Les résultats du modèle montrent que, les agriculteurs adopteraient la technologie hybride s'ils se familiarisent avec et s'ils peuvent acquérir la semence et les engrais. Toute la superficie de terres irriguées (0,375 hectare) disponible est consacrée à NAD-1 en remplacement du cultivar de sorgho local. Investir dans les terres irriguées rapporte plus qu'investir dans les terres sèches. Mais même sur les terres sèches, 0,55 hectare sont alloués à la culture du nouvel hybride de sorgho (Tableau 3).

Une amélioration de l'efficacité de l'industrie des semences se traduirait par une autre diminution du coût des intrants. Le prix actuel de la semence hybride à la coopérative des semences est environ sept fois celui du grain produit soit 650 Fcfa/kg (House, 1997). La Coopérative acquiert les semences auprès d'agriculteurs producteurs de semences au taux de 350 Fcfa/kg. Il est escompté que le prix de la semence hybride diminuerait suite à une amélioration de l'efficacité de l'industrie des semences. Un prix de la semence hybride réduit à

Tableau 3. Superficies allouées aux différentes cultures et effets des revenus sur les résultats du modèle

Cultures	Sans NAD-1	avec NAD-1		
		Modèle de base	Augmentation de l'argent liquide	Augmentation du prix des produits
Terres sèches	3,5 ha	2,949 ha	2,261 ha	3,321 ha
- Mil/niébé	0,4 ha	0,4 ha	0,4 ha	-
- Mil/sorghum/niébé	na[2]	0,551 ha	1,239	0,579 ha
- NAD-1		-	-	-
Périmètre	0,75 ha	0,75 ha	0,75 ha	0,75 ha
- Sorgho-coton locaux[1]	na	0,.375 ha	,375 ha	0,375 ha
- NAD-1- Coton[1]	0,375 ha	0,926 ha	1,614 ha	0,954 ha
- blé (contre-saison)	na	6 %	7 %	16 %
Superficie totale en NAD-1	na			
Augmentation du revenu de l'exploitation				

Note: 1. Rotation dans le modèle = 50 % de la superficie de chaque culture
2. na: non disponible.

350 Fcfa/kg se traduit pas une augmentation de 27 % de la superficie de terres sèches consacrées à NAD-1.

D'un autre côté, si les infrastructures se détériorent de sorte que le coût de transaction et du transport des engrais monte à 20 Fcfa/kg, l'investissement requis par NAD-1 augmente et le profit diminue. Par voie de conséquence, la superficie des terres sèches consacrées à NAD-1 est réduite de 19 %. Finalement, toute situation entraînant une réduction des coûts se traduit par une augmentation de la superficie en terres sèches cultivée en sorgho hybride. Compte tenue de la situation économique actuelle au Niger, il est fort improbable que le gouvernement s'engage dans des programmes de subventions. L'infrastructure du pays pourrait s'améliorée à long terme si des investissements y sont consacrés. Mais à court terme (prochaine décennie), il faudrait s'efforcer de trouver les moyens d'augmenter les prix reçus par les agriculteurs pour encourager la diffusion du sorgho hybride et les pratiques culturales améliorées associées.

Au niveau du produit, l'amélioration de l'environnement économique peut entraîner des prix de vente plus élevés pour les produits agricoles. Les prix des céréales sont généralement très bas au moment de la récolte. Ils augmentent graduellement au cours de l'année jusqu'aux prochains semis. A Birni N'Konni, le prix moyen du sorgho était de 116 Fcfa/kg (mai 1995-1997) contre 89 Fcfa/kg à la récolte (calculé à partir des données OPVN, 1995-1997). En faisant l'hypothèse que l'hybride est stocké jusqu'au mois de mai, ou si le grain hybride peut être vendu avec une prime, en raison par exemple de la meilleure qualité de son grain, les résultats du modèle montrent que la superficie de terres sèches consacrées à la culture de l'hybride augmente de 5 %.

Par conséquent, l'attenuation des effets de la chute des prix a un impact à court terme sur la superficie de terres sèches cultivées. A long terme, l'accroissement du revenu de l'exploitation agricole permettrait une accumulation de capital au cours du temps ainsi qu'une augmentation des investissements futurs sous forme d'achats de plus d'engrais et de plus de semences.

L'argent liquide disponible pour investir dans l'agriculture constitue l'autre contrainte majeure. L'importance de la disponibilité en argent liquide a été évaluée à travers une augmentation du liquide disponible pour les investissements dans l'agriculture au début de la saison agricole de 65.000 Fcfa à 85.000 Fcfa. Cette augmentation 20.000 Fcfa peut provenir de la vente d'un mouton ou d'une augmentation des revenus non agricoles. En plus, les producteurs reçoivent souvent annuellement des transferts monétaires (provenant de l'exode ou de parents en ville) qui peuvent permettre d'augmenter le liquide disponible au ménage. L'augmentation de la disponibilité en argent liquide se traduit par une superficie de terres sèches cultivées en hybride plus que doublée (tableau 3).

La disponibilité en argent liquide détermine la somme que l'agriculteur peut se permettre d'investir dans l'achat d'intrants. La quantité d'intrants achetés détermine elle la superficie qui peut être

409

consacrée au sorgho hybride. Mais si les rendements indiqués par le modèle peuvent être atteints, les agriculteurs adopteront l'hybride. Dans ce cas, le processus de diffusion s'accélérera à mesure que les agriculteurs ayant adopté l'hybride accumuleront du capital pour acheter plus d'intrants l'année suivante. Leurs voisins verront les gains possibles et les imiteront.

L'effet combiné d'une augmentation de prix du produit et d'une liquidité accrue est analysé en diminuant le rapport prix des intrants - prix des produits à deux niveaux de liquidité (Fig. 1). Les coûts pondérés des intrants achetés (semences, engrais) sont divisés par le prix du sorgho pour obtenir le rapport de prix intrants/produits. L'évolution du rapport de prix intrants/produits a été considérée pour deux niveaux de liquidité (niveaux 1 et 2). Le liquide disponible pour l'investissement est fixé à 65,000 Fcfa pour le niveau 1 et à 85,000 Fcfa pour le second comme expliqué précédement. Ces niveaux peuvent aussi correspondre à des producteurs avec des disponibilités en ressources différentes dans une même région.

Une dimunition du rapport des prix de 3 à 2,5 correspond à une augmentation de 19 % du prix du produit (pour des coûts d'intrants fixes). Pour que le rapport des prix tombe à 2, toute chose étant égale par ailleurs, il est nécessaire que le prix du produit augmente de 48 % par rapport au prix actuel. Une telle augmentation n'est pas inhabituelle au Niger, où des augmentations de prix de cette ampleur, voire supérieures sont couramment observées entre la récolte et les semailles de la saison suivante. Mais c'est malheuresement au moment de la récolte (quand les prix sont bas) que la plupart des agriculteurs vendent leur production.

Ces relations à pente négative entre la superficie consacrée à NAD-1 et l'environnement économique amélioré (avec un prix plus élevé pour le sorgho produit) montrent l'importance du stockage et des autres programmes visant à augmenter la demande pour une accélération de l'adoption du sorgho

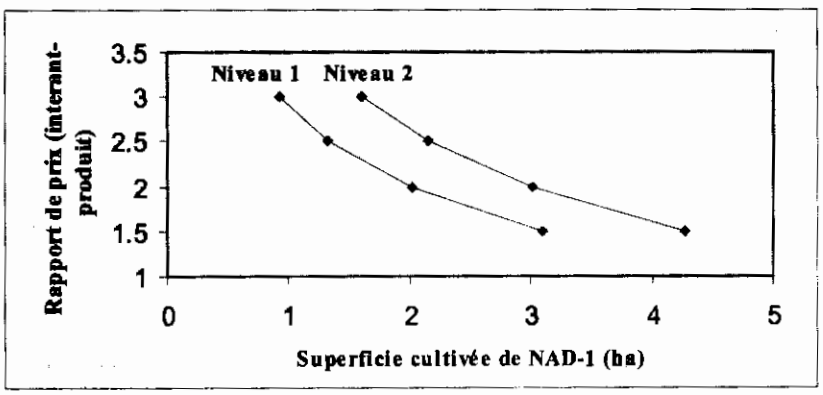


Figure 1. **Les résultats de simulation de la superficie cultivée de sorghum hybride par ferme en fonction du prix relatif des intrants à deux niveaux de disponibilité de liquidité.**

470

hybride. La courbe de demande glisse vers la droite à mesure que plus de capital devient disponible. Par conséquent la réponse à l'amélioration de l'environnement économique s'accroît lotsque le ménage dispose de plus de capital de départ (Figure 1). Trouver des moyens d'augmenter l'argent liquide disponible permettant d'acheter les intrants accélère aussi l'introduction de NAD-1. Ceci est plus difficile à accomplir, car il est peu probable que des programmes de crédit public soient mis en place à court terme ; mais à la longue les producteurs peuvent mettre en place des mécanismes de vente à crédit avec leurs fournisseurs d'intrants.

Conclusions

Les résultats de cette étude indiquent que la production de sorgho hybride est rentable et devrait donc être adoptée par les agriculteurs de cette zone aussi bien en culture sèche qu'en culture irriguée à cause de son niveau de rendement. Cependant l'accroissement et l'accélération de l'adoption nécéssite un certain nombre de mesures. Une amélioration des conditions économiques augmentera l'adoption de la technologie du sorgho hybride. Les années de hauts rendements, les prix à la production s'effondrent et par manque de financement, les agriculteurs se voient obligés de vendre à bas prix à la récolte pour pouvoir rembourser des dettes ou obtenir de l'argent liquide. Par conséquent les stratégies permettant de contrebalancer l'effondrement saisonnier des prix à la récolte et de modérer les baisses de prix dues en cas de bonnes récoltes ou d'améliorer les marchés des intrants (semences et engrais) sont cruciales. L'amélioration de l'infrastructure peut avoir des effets similaires.

Un augmentation du prix au producteur entrainerait une accélération de l'adoption de NAD-1. L'existence de marchés plus accessibles, de meilleures pratiques de gestion (stockage) ou une demande de sorgho accrue suite à la création de nouvelles utilisations peuvent assurer de meilleurs prix de vente pour l'agriculteur. Les coûts de stockage peuvent s'avérer prohibitifs pour la plupart des agriculteurs s'ils sont forcés de rembourser les prêts ou de faire des achats urgents immédiatement après la récolte.

Les décideurs craignent souvent les augmentations de prix des denrées de base y compris les céréales en raison de la charge que celles-ci imposent sur les consommateurs urbains. A cause du pouvoir politique de ces consommateurs urbains, les décideurs adoptent souvent des mesures qui réduisent le prix des céréales. Ce type d'actions gène l'introduction des nouvelles technologies dans l'agriculture. Les décideurs doivent reconnaître l'importance d'un environnement économique favorable à l'agriculture pour accélérer les investissements au niveau des exploitations et les transformations technologiques. Ce qui conduirait à une production plus efficiente et donc une baisse des coûts de production qui se traduiront par des prix bas pour les consommateurs.

Pour une adoption durable de la technologie hybride, il faudrait que les systèmes de commercialisation des produits et des intrants se développent. Les agriculteurs nigériens se plaignent souvent de la non disponibilité des intrants au moments opportuns. Les agriculteurs doivent pouvoir obtenir des semences et avoir accès aux engrais pour

qu'ils puissent adopter l'hybride NAD-1. Le secteur de commercialisation privé doit être encouragé pour assurer la disponibilité des semences et des engrais au niveau des villages.

Bibliographie

Abdoulaye, Tahirou (1995), "Impact of Opportunity Cost of Capital on Adoption of New Technologies in the Birni N'Konni region of Niger", M.Sc thesis, Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

Abdoulaye, T., J. Lowenberg-DeBoer, K.C. Reddy, and P. Abbott (1991), "Les Contraintes Socio-Economiques au niveau de l'Exploitation pour l'Intensification de la Culture de Niébé au Niger," INRAN/DECOR, Doc. 24F.

Ensink, Peter (1989), "Sorghum technology Assessment for Southern Niger Using a Target MOTAD Approach," M.Sc thesis, Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

House, Leland (1997). Trip Report, Production of hybrid seed, Oct-Nov, 1997.

IMF (1998), "International Financial Statistics", July 1998.

IMF (1997), "International Financial Statistics", September 1997.

Kapran, Issoufou (1998), Personnal Communication

Lowenberg-DeBoer J. (1990), "Rapport sur l'Enquête-Diagnostic dans la zone de Birni N'Konni, Campagne 89," INRAN/DECOR.

NAARP (Niger Applied Agricultural Research Project), (1992), Final Technical Report, part II, Purdue University, Alabama A&M University, Winrock International and The University of Nebraska.

OPVN (office des Produits Vivriers du Niger), SIM, Marchés des céréales et du Niébé, Publications Mensuelles, Janvier 1995- Octobre 1997.

Reardon, Thomas, Eric Crawford, and Valerie Kelly (1994), "Links between Nonfarm Income and Farm Investment in African Households: Adding the Capital Market Perspective, American Journal of Agricultural Economics, 76 (December 1994): 1172-1776.

République du Niger (1991), "Annuaire Statistique: Séries Longues", Ministère du Plan, Edition 1991.

République du Niger (1997), "Annuaire des Statistiques de l'Agriculture et de l'Elevage," Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Janvier 1997.

172

Formation régionale à la production de semences

N.D.Yagoua et N.I. Jika

Introduction

La semence constitue l'un des facteurs de production agricole les plus déterminants. Comme tout intrant agricole, la semence doit être disponible en quantité, en qualité et au bon moment.

Situation actuelle

Dans la plupart des pays, la recherche a mis au point des variétés performantes, adoptées par les agriculteurs. Ce travail, fruit de l'effort et de la collaboration au niveau national, régional et international, tant au plan financier que scientifique, ne produit pas les résultats escomptés car les besoins des utilisateurs (agriculteurs, transformateurs) en semences ne sont pas satisfaits.

Les activités de production de semences, conduites généralement en régie, se sont avérées trop coûteuses, non viables. Une des raisons principales de cette situation est que les pays ne disposent pas de filière(s) de production de semences performante(s). Pour que la filière soit performante, il faut au préalable :

- une bonne organisation de la chaîne allant du sélectionneur à l'utilisateur,
- que les chaînons disposent en nombre suffisant des agents compétents.

Ceci est vrai pour la production de semences de variétés à fécondation libre, mais encore plus pour les variétés hybrides dont la constitution est plus complexe.

Formation

Le sélectionneur

Il faut familiariser le sélectionneur aux techniques de création de variétés hybrides. Ceci va de l'identification des lignées parentales aux méthodes de création variétale, en passant par le maintien des lignées parentales. Le sélectionneur doit connaître les normes de certification aux différentes étapes de production de semences (prébase, base, commerciale). Il faut orienter les sélectionneurs de la région vers la production de semences hybrides, en partenariat avec les agriculteurs. Clé de voûte du système, le sélectionneur, doit être apte à former les autres éléments de la chaîne, notamment la formation des formateurs.

Le technicien

En plus de la mise en place et de la conduite d'une culture, il doit connaître les normes de mise en place d'un champ de production de semences, être capable de distinguer les lignées parentales, les hybrides, les hors-types, connaître les normes de conditionnement des semences. Le technicien doit pouvoir encadrer les agriculteurs producteurs de semences.

473

L'agriculteur

Garant de la disponibilité en semences et de la durabilité du système, l'agriculteur doit pouvoir produire et dans les normes, les semences. Pour ce faire, il doit : connaître les normes d'implantation d'un champ de production de semences, pouvoir distinguer les lignées parentales, les hybrides, les hors-types, connaître les normes de récolte, des opérations de post-récolte.

Ces connaissances non seulement lui permettront de produire des semences de qualité, mais également l'aideront à défendre le prix de vente de sa semence.

Processus

Un certain nombre de pays, en collaboration avec les institutions nationales, régionales et internationales ont déjà mis en place des filières de production de semences fonctionnelles ou sont en train de les essayer (Nigeria, Niger, Burkina...). Qu'il s'agisse de la création d'hybrides, de l'identification et du maintien des lignées parentales par les sélectionneurs, de la formation des techniciens et des agriculteurs à la production de semences hybrides, ces pays ont accumulé suffisamment d'expériences qu'il convient de capitaliser et de mettre à la disposition des autres pays de la région. Des modules de formation, spécifiques aux sélectionneurs, techniciens, agriculteurs doivent être créés :

La formation en matière de gestion de la production des semences, (entreprise privée, organisation en coopérative), doit pouvoir être également assurée au niveau régional.

Les réseaux sorgho (ROCARS) et mil (ROCAFREMI) en Afrique de l'Ouest et du Centre, le SMIP en Afrique de l'Est, constituent le cadre idéal de concertation, d'élaboration et de mise en œuvre de ce programme de régional formation.

Références Bibliographiques

Atelier ROCAFREMI sur la problématique semencière (Niamey du 26 au 29 Août 1996°)

Food Grain production in semi-arid Africa. OAU/STRC-SAFGRAD publication (International Drought Symposium on Food Grain Production in the Semi-Arid Regions of Sub-Saharian Africa. Nairobi, Kenya, 19-23 May, 1986).

Rapports des Réunions de Planification ROCAFREMI. 1997

Séminaire-Atelier sur la Relance des Activités de Recherche sur le Sorgho en Afrique de l'Ouest et du Centre. IER/ICRISAT/INSAH. Bamako, 21-25 février 1994.

Strategic Plan of the West and Central Africa Sorghum Research Network. 1998-2003. WCASRN/USAID/INTSORMIL/ICRISAT/CIRAD. Juin 1998.

474

Formation pour une industrie des semences au Niger

I. Kapran, D.S. Murty et L.R. House

Introduction

La disponibilité de l'hybride de sorgho NAD-1 et l'intérêt que les agriculteurs lui montrent ont posé les bases pour la mise en place d'une industrie des semences au Niger. L'intéressement aux semences n'est pas nouveau dans la région et il existe quelques activités de production de semences couronnées de succès dans le pays, en particulier pour le riz et les plantes potagères. Le développement d'un secteur privé de l'industrie des semences afin d'assurer la production de semences pour couvrir des millions d'hectares de culture a toutefois un caractère et des besoins propres. De nombreuses composantes sont à considérer : production et conditionnement des semences, contrôle de la qualité, commercialisation, crédit et questions financières. Toutes ces composantes ont leurs propres besoins qui doivent être satisfaits pour qu'elles soient accomplies efficacement. Pour la plupart des personnes qui seront impliquées, il s'agit de voies nouvelles et inconnues et la possibilité de s'engager dans ces voies est gênée par le manque d'infrastructure dans le pays. L'éducation et la formation sont des moyens de fournir la possibilités d'acquérir le savoir-faire nécessaire.

Historique

Actuellement, l'effort de production de semence de NAD-1 par le secteur privé a modestement réussi et a des résultats encourageants. Alors que les producteurs privés commençaient à vraiment s'engager, il a été débuté un programme de formation à Niamey en 1997. Celui-ci était suivi par une seconde activité de formation pour les agriculteurs intéressés, le personnel de l'Office National et des Aménagements Hydro-Agricoles (ONAHA) travaillant par l'intermédiaire des coopératives sur les périmètres irrigués de Birni N Konni. L'unique journée de formation était consacrée à la production de semence et un manuel de formation a été développé. Cette formation a été fortement appréciée et son efficacité est apparue clairement surtout pendant la saison agricole.

En 1998, quatre programmes de formation similaires ont été organisés près de Niamey, Say, Birni N' Konni et Maradi. Des agriculteurs et le personnel de l'INRAN ont participé à ces programmes de formation. Dans les cas où le propriétaire n'était pas l'agriculteur, on s'est efforcé d'inclure le gérant de l'exploitation. La formation a de nouveau été très bien reçue et le manuel de formation très demandé. Plus de 250 personnes ont bénéficié de cette formation.

Quelques points pour améliorer la formation, acquis au cours de cette expérience :

- La formation doit non seulement porter sur les processus mais doit

aussi expliquer les raisons derrière ces processus.

- Le programme doit comprendre plus de formation sur la gestion des cultures et le contrôle des ennemis des cultures. A l'avenir, un agronome, un phytopathologiste et un entomologiste devront participer à la formation.
- La formation ne doit pas être limitée à la salle de classe, elle doit aussi être faite en champ pendant la saison agricole. Des journées uniques de formation pourraient avoir lieu en quatre ou cinq lieux différents afin de toucher un maximum d'agriculteurs. La formation des agriculteurs pourrait avoir lieu pendant la saison agricole.
- La formation doit être donnée dans la langue locale. Ceci a été très apprécié par les participants qui ont demandé que le manuel de formation soit traduit dans les langues locales en particulier le Hausa.
- La formation devrait entraîner des discussions considérables entre les agriculteurs qui produisent la semence. Ce fut le cas quand les agriculteurs pouvaient parler de leur propre expérience.

Au début les techniciens de l'INRAN étaient capables d'aider les producteurs individuellement ; mais compte tenu du nombre d'agriculteurs maintenant concernés (et du fait qu'ils sont disséminés sur toute la partie sud du pays) il est impossible de continuer à travailler avec eux au niveau individuel. La formation devient par conséquent un moyen important d'interaction. Jusqu'à maintenant en matière de semences hybrides il s'agissait essentiellement d'identifier des personnes intéressées dans la production de semence et la stabilisation de la production. La formation par conséquent a jusqu'à présent été entièrement consacrée aux questions de la production de semence.

L'avenir

Plusieurs producteurs de semence ont déjà noté l'importance de la qualité des semences laquelle nécessite une capacité de conditionnement adéquat des semences, l'emballage et un contrôle de la qualité grâce à un programme de certification des semences et une législation. En 1997, 7,5 tonnes de NAD-1 ont été produites. Un accroissement est prévu en 1998 et 1999. Face à cette expansion, les éléments cités ci-dessus devraient donc être commencés dans un délai raisonnable. La formation sera un moyen important de les accomplir efficacement.

Il est reconnu depuis un certain temps qu'un centre de formation offrirait un point de convergence et un local pour toute activité de formation. La station de Lossa à quelques 70 kilomètres à l'ouest de Niamey, est un emplacement possible puisqu'elle possède déjà une unité de conditionnement des semences. La période de formation serait rallongée pour comprendre une expérience sur le tas du conditionnement ainsi que plus de temps consacré à la gestion des cultures et au contrôle des ennemis des cultures. La formation d'inspecteurs à la certification des semences et à la législation serait aussi importante et nécessitera une exposition à la production et au conditionnement. La formation au développement de marché serait aussi cruciale. Disposer de consultants pour aider à formuler ces

programmes et développer la composante formation serait très bénéfique.

Le centre de formation devrait posséder une bibliothèque modeste mais appropriée et disposer d'informations portant sur les systèmes de culture, l'irrigation et l'équipement de conditionnement des semences. Ainsi le centre pourrait s'avérer utile aux producteurs de semence déjà établis à la recherche d'informations.

L'INRAN est en train de mettre en place une unité semence et la formation devrait être un élément dominant de cette unité. Au fur et à mesure du développement de cette unité, il faudra qu'un responsable de la formation gère le local de formation et toute la gamme de sujets de formation. Le centre de formation pourrait non seulement servir le Niger mais aussi tous les pays d'Afrique Occidentale .

Conclusion

Une formation à la production de semences a été donnée au cours des deux dernières années et environ 200 personnes y ont participé. Un manuel de formation a été produit. La formation a été bien accueillie et a reçu des commentaires demandant que plus de sujets soient couverts. L'efficacité de la formation est apparue lors des travaux au champ avec les personnes individuelles. Le nombre des personnes impliquées a atteint le niveau où la formation est le meilleur moyen – et dans certains cas le seul – d'avoir une interaction avec les producteurs.

En regardant vers l'avenir, il est nécessaire d'élargir la formation pour qu'elle comprenne le conditionnement des semences, le contrôle de la qualité et la commercialisation. En outre, il devient nécessaire de disposer d'un centre où les documents de référence sont mis à la disposition des producteurs intéressés. Disposer de conseillers peut aussi renforcer la base de formation. Il est proposé la mise en place d'un centre de formation de portée régionale, dont la gestion serait assurée par un membre de l'unité semence de l'INRAN.

Quelques réflexions supplémentaires concernant la formation

Six programmes de formation ont maintenant eu lieu auxquels environ 200 personnes ont participé. Un manuel de formation a été produit et est en cours de révision pour être plus complet. La formation a duré de 1 à 1,5 jours et reposait sur des observations lui faisant suite en champ. Ces observations ont toutefois mis en évidence des lacunes, essentiellement au niveau de l'expérience pratique de la gestion d'une culture à des fins de production de semence.

Pendant des années l'ICRISAT a offert dans son centre un programme de formation de six mois qui comprenait une formation pendant toute la saison agricole. Il est douteux que la plupart des personnes intéressées à la production de semence au Niger puissent jouir de tant de temps. Si un centre de formation est mis en place, il serait possible de faire des semis échelonnés de sorte que le semis, la gestion des plantules (démariage, repiquage, engrais, désherbage), les techniques de fécondation croisée, la récolte

et le conditionnement des semences puissent tous être inclus dans une formation de courte durée. Un programme de formation de trois semaines pourrait traiter de la gestion des cultures et du conditionnement des semences. Pour ceux qui ne peuvent pas se permettre de réserver tant de temps, il convient d'organiser une formation d'un jour. Mais en hors-saison il serait peut-être plus facile aux personnes de se libérer pendant plus longtemps.

Si une telle formation est offerte, il serait raisonnable de l'organiser pour 15 personnes pour la formation de 3 semaines et pour 20 personnes pour la formation d'une journée. Si le financement est suffisant, la formation de trois semaines pourrait être offerte deux fois par an et celle d'une journée trois à cinq fois par an.

Pour gérer une telle activité de formation, il sera nécessaire de disposer d'un responsable de la formation et de mettre en place un budget.

Rapport du rapporteur

I. Kapran

Les conditions de base pour la réussite des entreprises de semences

Deuxième journée - Première séance

Présentations

Huit présentations portant sur des sujets allant des techniques de production de semence aux besoins en formation et à l'économie de la production de semence ont été données.

M. Souley a présenté les techniques de production de semence et de gestion des champs utilisées pour la production optimale de semence de NAD-1 au Niger. Des instructions spécifiques ont été données aux producteurs de semence débutants qu'ils doivent suivre à la lettre s'ils veulent tirer profit de cette nouvelle production.

M. Sirifi a décrit les pratiques culturales utilisées pour le sorgho hybride. Les résultats des essais agronomiques ont mis en évidence une relation linéaire entre le rendement et la fertilisation azotée : une augmentation des rendements due à une irrigation complémentaire. NAD-1 valorise mieux les apports d'azote et a des rendements plus élevés que la variété améliorée à fécondation libre SEPON82 aussi bien sur les sols sableux que les sols lourds. Des recommandations en matière de niveaux critiques de fertilité et d'irrigation complémentaire ont été faites.

M. Maunder a traité de l'importance du conditionnement des semences et du contrôle de la qualité, y compris la nécessité de produire la meilleure semence de base possible tout en considérant la responsabilité des sélectionneurs, les instructions de récolte et la disponibilité des unités de nettoyage des semences. Au total, pour réussir, une entreprise de production de semence doit posséder un approvisionnement en semences sûr, des semences d'une qualité/pureté acceptable et des cultivars améliorés.

La présentation de M. Naroua sur la production de semences dans les périmètres irrigués du Niger révèle que la semence de riz est produite sur 25 hectares depuis 1984 et que seulement récemment celle du sorgho hybride a commencé. Des agriculteurs individuels et des coopératives souscrivent à un fond de démarrage et décident des techniques de production et de commercialisation des semences. Actuellement les variétés améliorées (y compris SEPON82 et NAD-1) occupent 12 % de la superficie irriguée. Les rendements pour la produc-

tion de semence par les agriculteurs varient de 1,5 t/ha à 2 t/ha, un agriculteur ayant toutefois produit 2,4 t/ha de semence NAD-1.

M. Salifou a dépeint son expérience en matière de production de semence dans le secteur public dans le cadre du Projet Céréalier National du Niger financé par l'USAID. Un des gros problèmes était que la demande était mal estimée. En tant que producteur privé, M. Salifou a appris à bien connaître le marché et a réalisé l'importance de l'assistance technique. Il a reconnu le besoin de continuer la recherche, préconisé le contrôle de la qualité et recommandé la formation d'un groupe choisi de producteurs de semences qui constituerait un groupe de concurrents d'élite.

M. Tahirou a présenté les hypothèses sur les revenus des agriculteurs qui cultivent des variétés hybrides. Il a conclu que NAD-1 pouvait être adopté mais il a signalé qu'une bonne politique agricole était nécessaire pour que les agriculteurs puissent tirer un profit de leur travail.

M. Yagoua a souligné l'urgence d'une formation régionale des sélectionneurs, techniciens et agriculteurs en matière de production de semence.

M. House a décrit son expérience au Niger en matière de formation officielle des techniciens et des agriculteurs à la production de semence hybride et il a vivement conseillé sa poursuite.

Questions et commentaires ayant fait suite aux présentations

M. Andrews (à M. Tahirou) : Quelle solution les économistes proposent-ils pour contrôler les fluctuations de prix?

Tahirou : Les économistes n'ont pas forcément de solutions. Au nombre des possibilités, on compte fixer les prix (quoique cela soit difficile à établir au Niger) ou améliorer la valeur des denrées à travers de nouvelles technologies (par ex. couscous).

M. De Vries (à M. Salifou) : Qui sont vos clients (petits ou gros exploitants)?

M. Salifou : J'ai été surpris de constater que c'était les petits exploitants qui venaient les premiers acheter la semence de NAD-1. J'ai aussi eu comme acheteurs des ONG et des projets de dévelop- pement. Les agriculteurs achèteront la semence, le prix n'est pas le plus gros problème.

M. Jada (à M. Salifou) : Quel est le coût de la production sur un hectare ?

M. Salifou : de 150.000 à 180.000 Fcfa pour le mil — mais plus pour le niébé — et moins pour l'arachide dont les rendements sont plus élevés. Pour NAD-1 sous irrigation, le coût était de 380 Fcfa par kilogramme de semence produite. - Cette semence a été plus tard vendue à 750 Fcfa par kilogramme.

M. Ndoye (à M. Tahirou) : Est-il possible que le prix du mil tombe un jour à 60 Fcfa par kilogramme en conditions de productivité accrue (3 fois les rendements actuels) ?

M. Tahirou : oui, c'est l'objectif à long terme de l'adoption de la technologie. Mais au départ des prix relativement élevés sont nécessaires pour soutenir le processus.

M. Gupta (commentaire) : pour l'adoption des hybrides, nous devrions aussi considérer les systèmes agricoles actuels. Au Nigeria et au Niger, la majorité des agriculteurs cultivent le sorgho et le mil ensemble – en association avec soit le niébé soit l'arachide soit les deux. Il y aura donc toujours des rejets dans les champs hybrides. L'éducation est nécessaire. Les agriculteurs cultivent de nombreuses plantes afin de minimiser les risques. Il faut aussi évaluer les hybrides en condition de culture en association.

M. Andrews (commentaire) : 1. à M. Tahirou : les scientifiques ont depuis longtemps mis au point des technologies génératrices de hauts rendements (nouvelles variétés, hybrides, engrais, machinerie, etc...). Mais l'obstacle principal qui a empêché leur adoption est la variation et la faiblesse du marché des céréales. Les économistes connaissent ce problème depuis longtemps. Quelle est leur solution ? (L'augmentation et diversification des utilisations du produit final est intéressante mais ne doit pas être considérée comme la solution principale). 2. En référence au commentaire de M. Gupta concernant les systèmes de production au Nigeria : je suis sûr (du fait de mon expérience des cultures en association au Nigeria) que les génotypes de céréales améliorés quels qu'ils soient peuvent être utilisés de façon efficace (et peut-être plus efficace au plan économique) dans les cultures en association. Certains ajustements seront peut-être nécessaires (par ex. espacement) mais les agriculteurs sont des experts en la matière.

M. Obilana (commentaire) : je crois qu'il existe des possibilités d'utilisation des hybrides de sorgho aussi bien dans les systèmes de culture en association sur de petites superficies (où le sorgho et le mil sont cultivés ensemble en association avec l'arachide et le niébé) et dans les systèmes de monoculture et de culture unique sur de grandes superficies. Ces situations existent au Nigeria et commencent à apparaître au Niger. Cette remarque adresse les préoccupations de S.C. Gupta et les clarifications de D.J. Andrews concernant l'intérêt du sorgho hybride pour les petits exploitants. La culture des hybrides de sorgho sera toutefois plus utile et aura plus d'effet si les hybrides visent des utilisations particulières (nourriture, fourrage, malt ou une combinaison quelconque de ces utilisations). Les hybrides devraient donc être sélectionnés et mis sur le marché pour des caractères particuliers : productivité, qualité meunière, qualité fourragère, ou forte activité diastasique (pour un bon maltage en brasserie et la fabrication d'aliments/boissons à base de malt). Une utilisation et une production accrues des hybrides de sorgho entraîneront des cultures plus spécifiques de certains cultivars.

491

Mardi 29 septembre - Deuxième séance

Commercialisation par des entreprises et des coopératives commerciales

Modérateur - Kore Harouna, Fac. Agro/AMD University, Niamey

Rôle des secteurs public et privé dans la production des semences

Ismael Mouddour

Introduction

L'historique de la production semencière au Niger se confond pratiquement avec celui du projet céréalier national qui a démarré en 1975 après la sécheresse de 1968-73. L'industrie semencière est un domaine presque méconnu des opérateurs économiques du Niger. A cette méconnaissance ou manque d'intérêts plusieurs raisons peuvent être avancées :

- Il n'y a pas de distinction claire entre la semence et le grain par les utilisateurs de l'un et de l'autre.
- Manque d'organisation du système de production de semence.
- Le système de production de semences n'a pas la garantie de marché et les prix ne sont pas rémunérants.

Dans le but d'initier une industrie semencière, l'état avait mis en place et équipé à grands frais, une ferme de semence de base et cinq centres semenciers. Ces structures qui ont été gérées par l'état avaient pour objectif de mettre à la disposition des agriculteurs des semences issues de la recherche et présentant des caractéristiques supérieures à celles des variétés actuellement utilisées. Malheureusement, le coût de production des semences M1 et M2 s'est avéré être très élevé par rapport à leur prix de cession aux agriculteurs. Ce système de production de semences a bien entendu très rapidement montré ses limites, et s'est étouffé de lui même.

Dans ce schéma de production, l'état et ses institutions spécialisées, est responsable de tout le processus de production de la semence, assurant la recherche de semences améliorées, multiplication des semences, conservation, conditionnement et stockage, distribution, commercialisation, formation des encadreurs et des agriculteurs, législation et réglementation, fixation des prix de vente des semences améliorées et des prix de rachat des semences aux agriculteurs multiplicateurs, détermination des besoins en semences et des programmes de multiplication. Un petit nombre d'agriculteurs (agriculteurs multiplicateurs), situés dans les villages autour de chaque centre de multiplication et certaines coopératives ont été associés à la production à travers des contrats de multiplication, mais aucune implication du secteur privé n'a été formellement établie.Comme mentionné précédemment, cette implication ne s'est pas faite probablement parce que la semence n à pas plus de valeur que le grain et en raison du manque d'organisation du secteur semencier.

Rôle du secteur privé dans la production de semences

La notion d'industrie semencière implique une approche économique de la production de semences. A ce titre

comme pour toute entreprise, la production semencière doit répondre, pour être rentable et susceptible d'intéresser les opérateurs économiques, aux préoccupations suivantes :

- Qui fait quoi dans la filière, et quel est le rôle de l'état ?
- Quelle est la demande en semences ?
- Quelle est l'offre en semences ?
- Que faut-il produire et à quel coût de revient ?
- Quel système de commercialisation et de distribution mettre en place ?

En fin de compte, le rôle déterminant que devrait jouer le secteur privé est de pouvoir produire et vendre « le bon produit, au bon endroit, au bon moment, sous la bonne forme et au bon prix », le client étant celui qui détermine ce qui est « bon ».

La définition de « bon », en terme de semences, est le résultat de recherches qui conduisent les sélectionneurs à fournir du matériel végétal ayant des caractères souhaitables. Dans ce domaine également, le secteur privé a un rôle important à jouer (recherche de nouvelles variétés, financement de centres de recherche,...). En résumé, le rôle du secteur privé dans la production des semences, dans le contexte actuel du Niger, pourrait concerner les domaines suivants :

- Multiplication des variétés issues de la recherche.
- Commercialisation et distribution
- Vulgarisation (parcelles de démonstration,...)

Le secteur privé devrait pouvoir s'organiser en association professionnelle et devenir un interlocuteur valable du pouvoir public. (Note de l'editeur : les producteurs privés de semence ont effectivement fondé une association professionnelle au début de 1999. L'INRAN est un membre honoraire.)

Commercialisation des semences potagères

Au Niger le maraîchage, lancé à grande échelle en 1984 en contre saison après une mauvaise campagne céréalière due à la sécheresse, était à l'origine destiné à combler le déficit céréalier et à fixer auprès des points d'eau les éleveurs qui avaient perdu leur bétail. Cette tendance commence à disparaître, les agriculteurs ayant d'une part compris l'intérêt du maraîchage et les légumes rentrant dans les habitudes alimentaires d'autre part. En outre, une certaine frange de la population constituée de maraîchers professionnels vivent du fruit de leurs productions, notamment autour des centres urbains, où ils obtiennent des revenus appréciables. Les producteurs d'oignon, par exemple, ont fait connaître leurs produits au delà des frontières du Niger.

La production maraîchère rencontre d'énormes difficultés pour son plein développement ; parmi ces difficultés la plus importante est, sans nul doute, le manque de semences de qualité. Ce manque entraîne le plus souvent une auto production extrêmement importante au niveau du monde agricole, ce qui entraîne de graves problèmes de dégénérescence par utilisation répétée de semences de première année. L'approvisionnement et

la distribution des semences aux agriculteurs étaient assurés, dans un passé encore récent, par l'Etat, à des prix subventionnés, ou encore maintenant, dans le cadre de programmes d'urgence.

Le secteur privé s'est impliqué dans ce secteur pour répondre aux besoins des producteurs en matière de semences potagères. La société Agrimex, par exemple a été créée en 1993, elle compte 3 points de vente à Niamey, 4 points de vente à l'intérieur du pays et un réseau de revendeurs secondaires, la commercialisation des semences potagères nécessitant la mise en place d'un approvisionnement de proximité (présence de distributeurs le plus près possible des producteurs).

Les semences commercialisées sont principalement d'origine européenne, une production locale est également entreprise, pour certaines variétés (oignon, amarante).

Rôle du secteur public dans la production de semences

L'expérience du programme céréalier national a montré que les coûts de la production des semences par l'état étaient trop élevés compte tenu des fortes charges liées à la production (fonctionnement des centres, salaires,...). Le secteur public doit se désengager de l'activité de production de semences et favoriser l'émergence d'un secteur privé. Le secteur public se consacrera ainsi au rôle suivant :

- système de contrôle de qualité et définition de normes pour la production et le conditionnement des semences. Tout système de production ne trouve son efficacité que dans la mesure où un système de contrôle de qualité est mis en place. Comme le contrôle permet d'éliminer le mauvais du bon, l'émulation qui découlera de son application sera orientée vers la production de semences de bonne qualité.
- Rôle de l'I.N.R.A.N. L'I.N.R.A.N. étant l'institution chargée de la recherche dans le domaine de l'amélioration génétique des plantes un rôle important à jouer à savoir a

Création de nouvelles variétés ayant des caractéristiques agronomiques supérieures à celles des agriculteurs, la production de semences de prébase, la conservation de germplasme des variétés du Niger, a publication de fiches techniques.

- Mise en place de stocks de sécurité.L'état pourrait mettre en place un stock de sécurité de semences M2 qui à la suite d'une année catastrophique servirait à couvrir les besoins des agriculteurs multiplicateurs. Ces derniers, à leur tour, produiraient une quantité suffisante de semences pour couvrir les besoins nationaux l'année suivante.

Problèmes du secteur semencier en Afrique Occidentale et propositions de solutions

A. Joshua

Introduction

En général, en dépit des nombreuses tentatives par le secteur public et autres organismes para-étatiques, l'approvisionnement en semence améliorée dans la communauté économique formée par les états de l'Afrique Occidentale (région ECOWAS) a été inadéquat et irrégulier. La région ECOWAS comprend le Bénin, le Burkina Faso, le Cap Vert, la Côte d'Ivoire, la Gambie, le Ghana, la Guinée Bissau, le Libéria, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Nigeria, le Sénégal, la Sierra Leone et le Togo. Les réglementations, les subventions et le contrôle des prix imposés par les gouvernements ont empêché la mise en place d'un secteur privé des semences.

Par ailleurs, les programmes publics d'amélioration des plantes et d'essais variétaux ont été mal financés et n'impliquaient pas les agriculteurs. La mise sur le marché de nouveaux cultivars a été lente tandis que la disponibilité et la qualité de la semence étaient faibles. Les IARC étaient à l'origine de la majorité des cultivars améliorés.

De nombreux pays sont dépourvus de toute politique semencière nationale et de tout système semencier intégré et il n'existe pas de procédures établies de certification ou de services indépendants de certification, ni de financement pour le contrôle de la qualité. Enfin des spécialistes compétents des semences font cruellement défaut.

Le secteur public et les organismes para-étatiques se sont avérés incapables d'assurer aux agriculteurs un approvisionnement en semences de qualité. Le secteur privé peut accomplir cette tâche (comme il le fait ailleurs dans le monde) mais pour que les entreprises semencières réussissent commercialement, il faut que les gouvernements changent leur attitude et la législation afin de permettre aux entreprises privées de réaliser un profit.

Les gouvernements n'ont en général pas compris que le meilleur service qu'ils pouvaient rendre aux agriculteurs était de favoriser la mise en place d'un secteur privé qui leur fourniraient les intrants nécessaires – non seulement des semences de qualité mais aussi engrais et produits agrochimiques – à une production agricole rentable. Il est souvent fait mention du risque d'exploitation des agriculteurs par les entreprises privées – mais le but principal d'une entreprise privée des semences (comme d'une institution nationalisée autofinancée) est d'être viable et ce but ne sera atteint que si l'entreprise (l'institution) fournit aux agriculteurs une semence qui leur permet à eux agriculteurs de faire un profit. Les agriculteurs sont les juges ultimes des entreprises de semence ; seules celles qui satisfont à leurs besoins réussiront.

486

Les problèmes généraux de la production et de la commercialisation de semence améliorée dans les pays de ECOWAS/Centrafrique

- Peu de financement pour les programmes d'amélioration des semences.
- Infrastructures inadéquates.
- Attention insuffisante accordée à la production de semence de prébase.
- Personnel insuffisamment formé à la production de semence.
- Attention insuffisante accordée en général à la production de semence améliorée.
- Financement limité alloué au sous-secteur des semences.
- Même les projets bilatéraux ont un droit limité de commercialisation.
- Absence de comité national des semences ou comité inopérant.
- Manque d'information concernant les exigences des semences.
- Procédures lourdes ou non existantes de mise sur le marché des variétés.
- Equipements inadéquats de conservation et de production.
- Installations inadéquates de production et de commercialisation des semences à des fins commerciales.
- Un certain nombre de réglementations phytosanitaires rigides et lourdes.
- Les utilisateurs des semences sont des petits exploitants ruraux pauvres en ressources.
- Personnel insuffisamment formé pour pouvoir assurer une supervision efficace des programmes semences du secteur public.
- Indemnités de déplacement et de fonctionnement insuffisantes ou tardives pour les activités semencières sur le terrain.
- Manque de capital et possibilités de crédit aux taux les plus élevés.
- Difficile d'assurer l'obtention de prêt.
- Nombre limité de points de vente au détail des semences et capacité très limitée de distribution des semences.
- Pas assez de semence de prébase et de base est disponible pour permettre la production de semence certifiée.
- Investissements dans le secteur privé des semences sont actuellement peu rentables.
- Financement/crédit/conscience/engagement des firmes publiques dans le commerce des semences sont tous limités.

Problèmes au niveau de la participation du secteur privé dans le système semencier de ECOWAS

- Les gouvernements et les agences pour le développement international (IDA) regardent les profits réalisés par les entreprises privées avec soupçon. (quoique les attitudes des IDA soient en train d'évoluer).
- Le marché est souvent trop limité pour attirer suffisamment d'investissement privé.
- Les intrants (engrais herbicides/conditionnement des semences/sacs) manquent souvent.
- Les installations et les équipements pour le conditionnement des semences sont très réduits sur les marchés locaux.
- La commercialisation et les systèmes de livraison des intrants sont souvent sous le contrôle du gouvernement.

- Dans de nombreux cas, l'adoption quasi nulle des semences hybrides résulte de la mauvaise vulgarisation.
- La législation concernant les droits à la propriété des améliorateurs des plantes n'existe pas ou est très mal respectée.
- L'importation ou l'exportation de semence est contrôlée par de nombreuses réglementations et des processus lourds.
- Problème principal de la mise en place d'une industrie des semences – le manque ou l'absence de politiques et de réglementations semencières.
- Absence d'un organisme tel que le comité national des semences ou les comités d'état coordinateurs des semences.

Activités proposées afin d'aider l'établissement d'un programme semencier régional

Réseau semencier régional

Activités proposées pour le réseau semencier régional

- Bulletin régional consacré aux semences.
- Directeur régional pour les semences.
- Catalogue des normes nationales de certification des semences.
- Base de données des attributs morphologiques des variétés.
- Information technique actuelle essentielle sur la technologie des semences.
- Etablir et compléter les cours universitaires pour l'obtention d'un diplôme de Master of Science en technologie semencière.
- Grandes lignes des cours de formation.

Réseau variété régional

- Evaluation régionale des variétés.
- Sécurité régionale en matière de semences.
- Catalogue des variétés régionales.

Normes régionales de certification des semences

- Mise en place de réglementations et normes standards pour les semences (AUSCA, IITA).
- Procédures uniformisées d'inscription/mise sur le marché/certification des variétés.
- Collecte de données et informations régionales sur les variétés – IITA/ ICRISAT/ADRAO.
- Elimination des barrières empêchant la libre circulation des semences entre les différents pays membres de ECOWAS.
- Politique semencière uniformisée.
- Service et procédures régionaux de mise en quarantaine des plantes.
- Libéralisation du marché des semences et promotion de la commercialisation des semences.

Analyse/Recherche pour le système semencier régional

- Coûts/bénéfices de la production/commercialisation et de l'utilisation des semences.
- Etudes des politiques institutionnelles et de gestion.
- Présentation et discussions du modèle de politique nationale semencière, de la législation nationale semencière, des normes

du modèle et du réseau de commercialisation.
- Etudes de la politique sociale et environnementale et de l'environnement.
- Interaction entre la technologie des semences et la politique économique.
- Le choix des options de privatisation.
- Le choix des options de sécurité semencière pour l'ensemble des pays de la région.
- Qui doit supporter le coût du réajustement structurel économique ?
- Etudes des systèmes existants de production, conditionnement, commercialisation et distribution.
- Réglementation régionale pour la mise en place d'entreprises semencières authentiquement privées.

Mesures concertées proposées pour la région Centrafrique/Afrique Occidentale en matière de production et de commercialisation de la semence

Consolider les systèmes semenciers nationaux et les centres semenciers régionaux

- Etablir des systèmes semenciers nationaux et des centres semenciers régionaux.
- Encourager le commerce régional des semences.
- Utiliser des entreprises privées pour la production de semence.
- Faire adopter une politique plus soucieuse des coûts, rentable et de récupération des coûts par les services semences du secteur public.

Systèmes nationaux de recherches agricoles (NARS)

- Coordination des essais variétaux nationaux.
- Coordination des essais variétaux de lignées d'origine publique ou privée.
- Facilitation de la procédure nationale de mise sur le marché d'une variété.
- Garantie d'une production suffisante de semence de prébase pour les systèmes semenciers nationaux.

Centres internationaux de recherches agricoles (IARC)

- Améliorer les possibilités de production de quantités accrues de semence de prébase.
- Continuer la sélection de variétés améliorées supérieures.
- Accroître l'accès aux lignées génétiques intéressantes au sein des régions de l'Afrique Occidentale/Centrafrique.

Mécanisme national de commercialisation des variétés (NVRM)

- Inscription dans les temps des variétés et commercialisation basée sur les performances.
- Etablissement d'un réseau intégrant le mécanisme national de commercialisation des variétés et le commerce régional des semences.

Entreprises privées semencières (PSC)

- Fournir des semences de la meilleure qualité au meilleur prix.
- Mettre en place un réseau de commercialisation efficace et vibrant.

- Aider les NARS et IARC à la production de semence de base des cultivars sélectionnés par les organismes publics.
- Utiliser les grossistes/distributeurs de semences/producteurs de semences/détaillants.
- Mettre en place un organisme national de vulgarisation/développement pour les semences.
- Coordonner les activités semences nationales.
- Promouvoir la mise en place d'une industrie des semences.
- Assurer l'adoption par les services publics d'une politique de contrôle des prix qui récupère les coûts.
- Etablir un organisme national de contrôle de la qualité des semences.
- Instaurer une politique semencière nationale efficace

Réglementations phytosanitaires

- Effectuer les tests et accorder des certificats phytosanitaires.
- Clarifier les conditions à satisfaire pour le commerce régional/international des semences.

Importateurs/Exportateurs de semence

- Assurer le commerce de semences commerciales à étiquetage véridique et de semences certifiées.
- Faciliter les processus commerciaux d'exportation des semences.
- Promouvoir l'utilisation de semences de qualité.

Ministère de l'Agriculture et des Ressources Naturelles (MANR)/Gouvernement

- Mise en place d'un comité national des semences.
- Appui à la mise en place d'un programme semencier national.
- Barrières réglementaires visant le commerce régional des semences
- Résumé (tableau 1.)

Comité national des semences

- Fournir un forum auquel peuvent participer tous les intéressés.
- Mettre en place une politique pour le sous-secteur des semences.
- Coordonner les activités semences nationales.
- Promulguer des lois nationales sur les semences et fournir des directives pour l'établissement d'une industrie des semences.

Association nationale des producteurs de semence

- Relier les négociants/associations semencières nationales/associations semencières régionales/intéressés.
- Fournir un forum de rencontre aux systèmes semenciers officiels et informels.
- Fournir un forum pour l'établissement d'un commerce régional des semences en Afrique Occidentale/Centrafrique.
- Permettre une diffusion efficace de la technologie d'information relative aux semences ainsi que des échanges au niveau de cette technologie.
- Améliorer l'économie de la distribution des semences.

Tableau 1. Barrières communes réglementaires s'opposant aux mouvements des semences et réformes recommandées.

	Barrières réglementaires	Réformes recommandées
1	Inscription obligatoire des variétés.	Solution préférée : *inscription volontaire des variétés. Si cette solution rencontre trop d'opposition : *inscription obligatoire des variétés limitée aux principales espèces cultivées, l'inscription restant volontaire pour toutes les autres espèces cultivées ; ou *inscription automatique pour les variétés inscrites au catalogue des autres pays constituant la région de sorte à créer une liste commune aux pays de la région comme celle des pays de la communauté européenne.
2	Certification des semences et autres contrôles de qualité obligatoires.	*certification volontaire des semences. *étiquetage véridique : stipule ce que les entreprises doivent et peuvent inscrire sur leurs étiquettes, et assure la poursuite en justice en cas de plaintes par les utilisateurs. *si une entreprise de manière répétée applique des étiquettes erronées, force cette entreprise à fermer
3	Manque d'accès par les entreprises privées au germplasme publique et aux semences de prébase y compris au matériel provenant des IARC	*permettre aux entreprises privées d'avoir directement accès au germplasme provenant des IARC. *mettre en place des accords commerciaux standards pour vendre les autres germplasmes et semences publics au prix coûtant. *pour certains produits de grande valeur, vendre ou accorder une licence afin de faire un profit.
4	Protection inadéquate des droits de propriété intellectuelle dans le domaine de la technologie des semences.	*Ne pas exiger que les entreprises abandonnent le contrôle physique des lignées parentales de l'hybride. *Adopter et mettre en place des lois permettant aux entreprises d'enregistrer leur droit de propriété variétale.
5	Réglementation phytosanitaire excessive et autres barrières non douanières sur les importations et les exportations de semences.	*travailler avec les organismes internationaux et les organismes privés en vue de déterminer les risques réels de maladies et d'infestations par des ennemis, de normaliser les tests de qualité des semences et de mettre en place des procédures transparentes d'élimination du matériel contaminé. *éliminer toutes les autres barrières non douanières à l'exportation et à l'importation des semences.
6	Administration réglementaire trop centralisée : Marchés fragmentés : c'est-dire petits pays avec des systèmes semenciers trop nationalistes.	*libéraliser comme indiqué précédemment, en particulier éliminer l'inscription obligatoire des variétés et la certification obligatoire des semences ; et *autant que possible, décentraliser l'administration des réglementations encore en vigueur vers les gouvernements provinciaux et les branches locales des organismes centraux. *éliminer pour les pays appartenant à cette région l'inscription obligatoire des variétés , (ou accepter automatiquement les variétés approuvées sur le catalogue des autres pays) *chacun des pays de la région annule les barrières non douanières sur les importations de semence. *Les gouvernements étudient en coopération les ennemis et les maladies affectant les semences dans cette région. *harmonisation des règlements phytosanitaires et des normes de qualité pour les semences à des fins de commerce interieur

Agric. Technology Notes (1995) AGRN Publication number 12. World Bank Washington, D.C. (Sept. 1995)

Gouvernement/NU/ONG (Centres semenciers régionaux)

- Etablir des programmes de consolidation des systèmes d'approvisionnement en semences régionaux et nationaux.
- Améliorer les réseaux régionaux de production et de commercialisation des semences.

- Analyser la demande et le potentiel de production de semences dans les pays choisis.
- Améliorer l'acquisition et la diffusion d'un savoir-faire professionnel en matière de semences.
- Appuyer les activités des centres semenciers régionaux et soutenir la formation d'un plus grand nombre de personnes.
- Estimer les demandes potentielles et réelles en semences.
- Aider à surmonter les problèmes d'information liés à la production et la commercialisation des semences.
- Effectuer les travaux de recherche nécessaires en matière de technologie des semences des principales espèces cultivées dans la région ECOWAS.
- Minimiser les barrières s'opposant au commerce et aux mouvements des semences dans la région.
- Sensibiliser les programmes nationaux et régionaux à la nécessité d'assurer un approvisionnement en semences améliorées adéquat.
- Mettre en place un programme inter-régional de réserves de sécurité en semences de base.
- Consolider la production de semence de base et de prébase dans les centres de recherche nationaux et internationaux.
- Promouvoir les systèmes de production et de commercialisation de semence améliorée, certifiée.
- Analyser la demande/l'approvisionnement en semence dans chaque pays par espèce cultivée et par variété.
- Consolider la collecte et la diffusion de l'information (formation/bulletins).

Rôles des centres de recherche internationaux

- Continuer la sélection de nouvelles variétés améliorées plus performantes.
- Appuyer l'intégration des essais variétaux régionaux et nationaux et de la mise sur le marché.
- Accroître la production et l'accès aux semences de base et de prébase.
- Accepter des génotypes promoteurs sélectionnés par des entreprises privées dans les essais internationaux.
- Accroître l'accès aux génotypes intéressants au sein de la région Afrique Occidentale/Centrafrique.
- Rassembler les données existantes de production semencière/commerce régional des semences et les communiquer aux états.

Les organismes donateurs

- Sensibiliser les gouvernements à la nécessité de disposer de systèmes semenciers nationaux efficaces.
- Préparer une première version de la politique semencière/législation semencière/réglementations semencières afin de les amender.
- Souligner les mesures de réduction des barrières au commerce régional des semences et aux systèmes d'approvisionnement en semences.

Facteurs clés de la consolidation des systèmes semenciers en Afrique Occidentale et en Centrafrique

Des améliorations et des interventions vitales sont nécessaires dans les domaines suivants

- Mise en place de politiques et de réglementations semencières appropriées.
- Amélioration de la diffusion de l'information relative aux semences améliorées disponibles.
- Prêter suffisamment d'attention à la mise sur le marché opportune des variétés et à la production dans les temps des semences de base et de prébase.
- Consolidation des réseaux de commercialisation des semences pour les agriculteurs si et comme nécessaire.
- Estimation de la demande potentielle et de la demande réelle en semences et réactions.
- Mieux comprendre et incorporer les besoins et les priorités des agriculteurs dans les activités de recherche.
- Définir des priorités de recherche appropriées et des activités de recherche/vulgarisation/sélection avec la participation des agriculteurs pour les semences requises.
- Mise en essais et commercialisation opportunes des variétés et conditionnement des semences par les centres nationaux semenciers.
- Campagnes de promotion des semences améliorées associées à la formation de différentes catégories d'intéressés et de semenciers.
- Amélioration des compétences de production de semence et de contrôle de la qualité du conditionnement des semences sur l'exploitation agricole.
- Consolidation des systèmes semenciers nationaux.
- Promouvoir la privatisation et la commercialisation (récupération des coûts) des semences issues du secteur public et du secteur privé selon un système semencier national qui soit viable et assure la qualité des semences.
- Application de courte durée de programme de subventions aux semences par le gouvernement afin que le secteur privé comme le secteur public récupère les coûts de production des semences dans le but de promouvoir l'adoption des semences améliorées.
- Consolidation du commerce régional des semences et réduction des barrières s'opposant aux mouvements des semences dans la région.
- Liste de projets utiles que les organismes donateurs pourraient supporter.
- Entreprises privées seuls propriétaires des cultivars qu'elles ont sélectionnés.
- Entreprises privées une fois viables accorderont un appui et un financement graduellement croissants aux programmes du secteur public de recherche appliquée sur les semences et de sélection variétale.
- Rôles institutionnels et responsabilités.

Classification globale des types d'entreprises de production de semence et de commercialisation des semences

Maintien des variétés et production de la semence de prébase

Secteur public

- Lignées de sélection données aux entreprises privées.
- Multiplication des variétés mises sur le marché par les organismes producteurs de semence de base et vente aux producteurs de semence.
- Vente de la semence de base aux producteurs de semence.

Secteur privé

- Entreprises contrôlent toutes les étapes initiales de la multiplication des semences.
- Contrôle assuré soit sur les terres appartenant à l'entreprise soit sur seules de producteurs sous contrat très étroitement surveillés.

Organismes producteurs de semences commerciales

Secteur public

- Idéalement aucun.

Secteur privé

- Producteur de semence sous contrat – contrat officiel passé entre le producteur de semence et l'entreprise.
- La majorité des semences produites à des fins de commercialisation est produite sous contrat.
- Producteur de semence indépendant – semence produite certifiée ou non certifiée.
- L'agriculteur assume les risques de la production et de la commercialisation.
- Production sur les terres de l'entreprise – certaines entreprises mettent leurs terres à la disposition d'agriculteurs avec lesquels elles passent un contrat pour accroître la production.
- Semences prélevées par les agriculteurs sur leurs récoltes – pour les espèces auto-fécondées.

Conditionnement des semences

Secteur public

- Limités aux organismes producteurs de la semence de base.

Secteur privé

- Les installations appartenant aux entreprises servent seulement au conditionnement des semences de l'entreprise.
- Les installations des entreprises servent à conditionner les semences produites sous contrat ou assurent des services de nettoyage des semences aux clients.
- Nettoyage à façon – équipements de nettoyage stationnaires ou mobiles qui sont transportés d'exploitation en exploitation pour nettoyer les semences, etc.

Catégories d'organismes de production et de commercialisation des semences

Producteur/détaillant

- D'habitude, de petits organismes produisant et conditionnant la semence de deux ou trois espèces et pouvant revendre la semence d'autres cultures achetée auprès d'autres entreprises.

Producteur/négociant en gros

- Essentiellement des entreprises qui opèrent au niveau national et/ou international. La semence est produite sous contrat, conditionnée et vendue à des grossistes.

Producteur/négociant en gros/détaillant

- Le système le plus fréquemment rencontré. L'organisme passe des contrats pour de larges volumes de semences pour les revendre à des grossistes et/ou des détaillants.
- Assure aussi la vente au détail de semence et d'autres intrants auprès des agriculteurs locaux. Les grossistes revendent aussi la semence à d'autres grossistes et à des détaillants dans d'autres pays. Certains organismes ont plusieurs sites fonctionnels.

Négociant en gros

- Il s'agit des entreprises qui achètent la semence conditionnée. Vendent essentiellement aux détaillants mais aussi à quelques autres grossistes. En général opèrent dans tous les pays d'une même région.

Détaillant uniquement

- Le plus grand nombre de magasins vendant au détail de la « semence » vend toutes sortes de semences et aussi d'autres intrants. Les magasins peuvent être ou ne pas être affiliés avec une entreprise de vente en gros.

Actions visant la consolidation et la coordination d systèmes semenciers officiels et informels

Actions

Recherche agronomique

- Etablir un système opportun de mise sur le marché et d'introduction des nouvelles variétés.
- Fournir la description des caractéristiques agronomiques des nouvelles variétés mises sur le marché.
- Se préoccuper de qui multiplie la semence et la met à la disposition des agriculteurs.
- Diffuser les résultats des essais variétaux régionaux, à savoir quels sont les cultivars les mieux adaptés à chaque pays.
- Etablir les conditions d'un partenariat entre la recherche et le secteur privé.

Semence de base exigée par le système national de production de semence

- Un approvisionnement régulier de semence de base est fondamental.
- Les organismes nationaux de production de semence de base et des entreprises semencières privées compétentes devraient assurer l'approvisionnement continu du

195

secteur privé en semences de grande qualité à des fins de production commerciale de la semence.

Production et commercialisation de la semence améliorée

- Il faut déterminer qui produit, conditionne et vend la semence.
- Encourager de plus en plus l'établissement de producteurs privés de semence, à savoir d'entreprises privées de production et de vente.
- Etablir des politiques qui encouragent la dynamique d'établissement d'un secteur privé des semences.

Encourager la croissance et le développement d'entreprises privées de production et de vente des semences

- Favoriser le crédit pour l'investissement du capital.
- Assurer un crédit adéquat aux producteurs et vendeurs de semences et aux agriculteurs.
- Louer/mettre à la disposition du secteur privé des points publics de vente en milieu rural d'intrants agricoles.
- Conditionnement des semences sur mesure.
- Campagnes de promotion des semences améliorées, parcelles de démonstrations/planification à mi-période/journées porte-ouverte sur les avantages économiques de la semence améliorée.
- Privilèges d'importation.
- Consolider le contrôle de la qualité des semences pour qu'il soit fiable et efficace.
- Faciliter la disponibilité de la semence de base à des fins de promotion.
- Bonne assistance technique.
- Bonne politique nationale des semences.
- Financement adéquat du secteur privé.

Contrôle de la qualité

- Il nécessite des actions visant à améliorer la qualité des semences commercialisées par le système officiel comme par le système informel.
- Comment améliorer la qualité des semences prélevées par les agriculteurs sur leurs récoltes ?
- Associations professionnelles des semences afin de promouvoir une meilleure qualité sur l'ensemble du secteur semencier.
- Contrôles internes de qualité doivent faire partie intégrante des entreprises semencières du secteur officiel.
- Bonne conformation aux directives établies pour la certification des semences.
- Il existe au moins deux (2) types de programmes extérieurs de contrôle de la qualité :
- Certification des semences et contrôle de la qualité à la commercialisation.
- Programme de qualité déclarée des semences mis en place par FAO/PNUD.

Rôle du gouvernement Nigérien dans le démarrage des entreprises de semences

Paul Buckner

Contexte

Le contexte actuel du Niger se caractérise par la mise en œuvre d'un certain nombre de réformes dont les principales sont la libéralisation de l'économie, le désengagement de l'état des actions productrices, la démocratisation et la décentralisation.

Malgré les conditions naturelles difficiles, l'agriculture reste un secteur important de l'économie rurale. En effet, même si l'on assiste à une diminution de la contribution de ce secteur au PNB (66 % en 1960 contre 41 % en 1995) le développement de l'agriculture a été retenu comme moteur de l'économie nationale par le Programme de Relance Economique.

Les céréales constituent de loin les cultures pluviales les plus importantes (3/4 des superficies totales emblavées). Au cours des dix dernières années (1987-1995), leurs superficies ont connu globalement une extension quasi continue : celles consacrées au mil sont passées de 3 à 5,2 millions d'hectares et celles en sorgho de 1,3 à 1,9 millions d'hectares. Les rendements de toutes les cultures pluviales manifestent une forte variabilité d'une année à l'autre avec une tendance générale à la baisse au cours des dix dernières années. La moyenne des dix dernières années est de 390 kg/ha pour le mil et 190 kg/ha pour le sorgho. Par conséquent, la production céréalière a varié considérablement d'une année à l'autre, avec des extrêmes allant de 1,37 à 2,4 millions de tonnes en 1987 et 1997. Malgré tout, le mil et le sorgho ont connu une augmentation moyenne d'environ 1,4 %.

Les causes de la baisse de productivité sont entre autres :

- le faible niveau de fertilité des sols accentué par de longues années de monoculture ;
- les conditions agroclimatiques défavorables (sécheresse périodique, attaque parasitaire, érosion, surexploitation des terres ;
- l'environnement économique de la production caractérisé par l'extrême pauvreté des populations (revenu par habitant en baisse de 33 % entre 1960 et 1990 ; le revenu actuel est de 8.000 francs CFA)
- la grande hétérogénéité génétique sur les exploitations due à l'utilisation des semences tout venant de mauvaise qualité.

Ainsi l'utilisation de semences améliorées est-elle indispensable aux programmes d'intensification des cultures en vue d'accroître et de stabiliser la production et d'améliorer la sécurité alimentaire des populations. En effet les semences améliorées permettent de mieux valoriser les autres facteurs de production.

Situation de la filière semences

Le cadre institutionnel actuel présente deux composantes :

1) le secteur public (composante service) qui sous l'impulsion de l'administration prend en charge les volets recherche, multiplication des semences de base, législation et vulgarisation. Dans cette composante le comité national des semences a pour rôle la coordination interministérielle et interprofessionnelle afin d'inciter et de proposer au gouvernement toutes les mesures à prendre en vue de favoriser et d'orienter un développement harmonieux de la filière semences. Jusqu' à présent, le Comité national des Semences a été surtout opérationnel dans la fixation des prix des semences. Au niveau régional, il assure la programmation et coordination des activités. Un service national semencier, crée en 1985, est devenu à partir de 1990 le Service des Intrants, du Contrôle, du Conditionnement et de la Législation Agricole (SICCLA). Sur le plan juridique, il n'existe pas de législation propre à la filière semences. Un seul décret sur la législation agricole, N 9055 PRN MAG/EL de 1990 porte sur les normes de production, de conditionnement et de contrôle des semences. Ce décret n'est pas appliqué. Le secteur semences bénéficie uniquement des textes de loi dans le cadre de la législation phytosanitaire portant surtout sur le contrôle et le conditionnement de produits. L'Institut National de Recherche Agronomique assure en plus des travaux d'amélioration végétale, la production des semences de prébase. Les structures d'encadrement, de vulgarisation et de diffusion sont représentées par des Directions départementales et les services d'arrondissement.

2) le secteur producteur privé (composante opérationnelle) qui s'occupera de la multiplication et de la commercialisation des semences.

Le projet céréalier a assuré ce rôle entre 1976 et 1989. Après 1989, le secteur public a assuré seul la distribution en raison de la détérioration de l'environnement économique. Les collectivités locales se sont vues attribuées des centres semenciers, la multiplication étant réalisée par des agriculteurs multiplicateurs et quelques particuliers. La production de semence par le secteur privé est ā peine développée. Elle est le fait de quelques agriculteurs au voisinage des centres de multiplication et de quelques opérateurs privés producteurs.

Le rôle du gouvernement nigérien dans le démarrage des entreprises de semences

La politique sectorielle a été clairement définie par le gouvernement dans la loi de juillet 1997 portant sur le Programme de Relance Economique. Ce programme intègre les << principes directeurs d'une politique de développement rural >> adoptés par ordonnance du N 92-030 du 8 juillet 1992. Les grands axes de cette politique sont : la sécurité alimentaire, l'intensification de la production, l'organisation et la participation des populations et la redéfinition du rôle de l'état. Le rôle et la valorisation du secteur privé, des opérateurs économiques indépendants, des coopératives d'une part, le renforcement des liens

498

économiques dans les circuits des opérateurs privés d'autre part, s'inscrivent dans les objectifs prioritaires du Programme de Relance Economique.

Concernant la filière semences, la stratégie globale a pour objectif principal la professionnalisation des différents maillons de la chaîne semences (production, multiplication, commercialisation). Le rôle imparti à l'Etat se réduirait à la définition des politiques générales, à la recherche, à l'appui-conseil aux différents intervenants de la filière, au contrôle de qualité, à la définition de la législation et à son application. Ce rôle peut être perçu à trois niveaux :

La coordination

Dans la politique actuelle du secteur semences, l'objectif visé est le désengagement progressif de l'état et une participation progressive du secteur privé. L'état n'exercerait qu'un rôle régulateur, de production, législatif et de contrôle.

Dans le domaine de la production, l'exécution des programmes de production de semences devra autant que possible reposer sur une large décentralisation régionale des activités et des décisions. Le rôle du gouvernement central se limitera principalement à la coordination et l'orientation générale de la production de semences. Cependant la sélection variétale de même que la multiplication de semences de prébase et de base seront assurées par le secteur public. La production de semences certifiées sera assurée par des groupements de producteurs de semences sous l'encadrement des services techniques. L'état aura comme rôle principal :

- l'encadrement par les structures de vulgarisation ;
- l'approvisionnement en semences de prébase par le biais des instituts de recherches ;
- la promotion d'un environnement économique offrant des opportunités de financement aux producteurs de semences et aux opérateurs de l'approvisionnement en intrants ;
- l'organisation et la dynamisation des comités régionaux de semences.

Dans le domaine de la commercialisation, la diffusion et la commercialisation des semences améliorées produites par les réseaux de multiplication seront assurées par les groupements de semences et opérateurs privés au niveau des différentes zones. Le rôle de l'état est de favoriser les activités commerciales par :

- la libéralisation des prix des produits ;
- l'information sur les prix des produits ;
- la promotion de coopératives ;
- l'amélioration des techniques de conditionnement et de stockage ;
- la mise en place de structures de financement et de crédit favorisant les relations fonctionnelles entre les différents opérateurs.

La formation et l'information

Par le biais des structures publiques et des partenaires au développement, l'état assurera :

- la formation des formateurs et des encadreurs aux technologies des semences ;
- la sensibilisation et l'information des producteurs et des utilisateurs sur les enjeux des semences améliorées ;
- la vulgarisation des semences améliorées.

Le contrôle de qualité

Les institutions de l'état ont un rôle important à jouer à ce niveau afin de garantir la qualité des semences. Il s'agit:

- de l'élaboration des textes réglementant la filière semences ;
- de l'homologation des variétés issues de la recherche ;
- de la gestion des ressources génétiques.

Perspectives

La stratégie globale prévoit un plan national semencier afin d'organiser tous les intervenants de la filière semences, de définir les objectifs à atteindre, les programmes et projets spécifiques. Ce plan n'est pas encore disponible. Actuellement le programme de relance de la filière semences bénéficie du financement de l'état et des collectivités pour maintenir un niveau minimum de production de semences.

Un projet de promotion de semences améliorées d'un montant 2.208.188 ECU est soumis à la CEE dans le cadre du 8è FED. L'objectif principal de ce projet est le renforcement de la sécurité alimentaire à travers l'organisation pragmatique de la filière semences, impliquant le secteur privé principalement associatif, en collaboration avec tous les intervenants (Instituts, projets, ONG).

500

Les Banques de Credit et de Pret Desservant Les Utilisateurs Ruraux en Inde

Kuldip R. Chopra et Rakesh Chopra

Introduction

L'Inde est un pays très étendu, aux conditions agro-climatiques diverses, qui est doté d'une législation foncière. Les exploitations agricoles ont des superficies variant entre 0,4 ha (marginales) et 17,33 ha (grandes), la moyenne étant de 1,57 ha par famille. Environ 33 % de la superficie cultivée est irriguée.

L'agriculture est le soutien principal de l'économie. La population est estimée à 900 millions d'habitants, dont 76 % vit en zones rurales. Environ 60 % de la population totale dépend directement de l'agriculture. La part de l'agriculture dans le produit national net était de 32 % en 1990-91. On estime que cette part devrait baisser pour ne représenter que 25 % en l'an 2000.Les petits exploitants ou marginaux et la forte densité de population caractérisent l'agriculture indienne. Les bonnes années agricoles, la production de vivres est suffisante par rapport à la demande, les prix restent stables, l'industrie et l'agroalimentaire se développent, l'emploi s'améliore et la pauvreté rurale diminue en partie.

Les principales contraintes affectant la productivité agricole sont la disponibilité opportune du crédit rural, à des montants souhaitables et à des taux d'intérêt raisonnables, et la superficie décroissante des exploitations, la sureexploitation de l'eau dans les régions de la révolution verte où la culture du blé et du riz alterne en continu, année après année et la contrainte énergétique qui persiste malgré de gros investissements publics. Ces contraintes sont plus sévères dans les régions moins développées du pays que dans les régions plus développées.

Le crédit rural indien a été un des éléments de la politique d'intervention des cinq dernières décades (depuis l'indépendance du pays). Les buts de cette politique ont été :

- d'institutionnaliser le crédit ;
- d'élargir la couverture;
- d'assurer une fourniture financière opportune et adéquate à la frange la plus large possible de la population rurale ; et
- d'atteindre un taux de croissance au niveau de la production agricole et de l'emploi dans le monde rural.

Le crédit rural indien résulte autant de l'évolution que de l'intervention. Jusqu'à la fin des années 60, la politique d'intervention visait essentiellement les coopératives considérées comme mieux adaptées à cette tâche. Mais comme la'signalé le « Comité d'Etude du Crédit Rural pour toute l'Inde » malgré toute l'assistance apportée, les coopératives présentaient cependant plusieurs signes de faiblesse sous la forme d'arriérés, d'inefficacité institutionnelle et de non appropriés, et elles n'étaient pas adaptées

501

à satisfaire le besoins croissants des technologies émergeantes ainsi que des innovations liées à la production, à la transformation et à la commercialisation dans le secteur rural. La nationalisation des principales banques commerciales en 1969 et l'introduction des banques régionales rurales (RRB) en 1975, ont donné un nouvel élan aux succursales bancaires des zones rurales. Le système bancaire commercial a considérablement agrandi sa sphère d'activité, dans un délai relativement court, apportant certains gains réels tels que:

- l'élargissement des infrastructures rurales destinées à l'octroi du crédit;
- l'augmentation de la vulgarisation ;
- la réduction de l'influence des segments non organisés ; et
- l'accélération des flux de crédit pour les activités agricoles et connexes.

Par contre, en ce qui concerne le débit, la qualité du service bancaire a souffert, les arriérés ont augmenté, la morale du remboursement a baissé, et la rentabilité et la viabilité de la structure institutionnelle ont été sérieusement érodées.

La situation actuelle

En Inde, les utilisateurs du crédit rural ont accès au crédit soit par l'intermédiaire d'une structure organisée ou formelle, qui opère dans le cadre des stipulations prévues par la loi indienne sur les sociétés bancaires (Indian Banking Companies Act) de 1956, soit d'une structure non organisée et informelle qui opère en dehors de cette loi.

La structure organisée ou formelle

La structure formelle est organisée comme suit:

A sa tête

- La Banque de Réserve Indienne (**RBI**)
- La Banque Nationale d'Agriculture et du Développement Rural (**NABARD**)
- La Banque de Développement Industriel de l'Inde (**IDBI**)

Au niveau intermédiaire

- Les banques commerciales du secteur public et privé
- Les banques rurales régionales (RRB)
- Les banques de développement agraire (LDB)
- Les caisses d'épargne et de credit d'état (SCB)
- Les banques centrales de coopération (CCB)

A sa base, en contact direct avec les agriculteurs

- Les sociétés de crédit agricole primaires (PACS);
- Les banques centrales et les gouvernements des états; principalement pour le crédit subventionné;
- Les succursales des banques commerciales rurales; et
- Les succursales des banques rurales régionales.

La Banque de Réserve Indienne (RBI) est responsable de la politique générale et sert la NABARD et la Banque de

Développement Industriel de l'Inde (IDBI), qui à leur tour assurent le financement de toutes les banques affiliées à savoir RRB, SCB et SLDB. Le financement par la NABARB est attribué aux entrepreneurs ruraux par l'intermédiaire d'un système de coopératives à deux et/ou trois niveaux respectivement pour les prêts à long, court et moyen terme. Dans le cas des banques commerciales et des RRB, le crédit est accordé directement aux utilisateurs. Le crédit subventionné est octroyé par les gouvernements des états par l'intermédiaire des services de leur district ou de la banque chef de file de la région.

En dépit d'une organisation et d'un financement adéquats et du soutien apporté par les politiques d'intervention, la structure formelle n'assurait que 65 % environ du crédit rural en 1996. Cette incapacité à couvrir 90 % voire plus des besoins en crédit rural s'explique par plusieurs raisons :

- les interventions politiques, surtout lorsque l'emprunt provient des caisses d'épargne et de crédit ;
- le retard de décaissement des traites des emprunt ;
- les arriérés antérieurs rendant l'emprunteur inéligible ;
- des procédures de traitement de prêts lourdes et bureaucratiques.

Le résultat est que les petits paysans marginaux à la recherche de crédit institutionnel ne peuvent pas obtenir de crédit.

La structure informelle ou inorganisée

La part du secteur informel dans la dette totale du monde rural, est estimée de nos jours à 35 pour cent. Le secteur informel comprend :

- Les prêteurs d'argent professionnels : leur rôle principal est d'accorder du crédit rural.
- Les prêteurs d'argent occasionnels: ils assurent un financement occasionnel et se consacrent essentiellement à d'autres activités rurales.
- Les banques indigènes : il s'agit de banques indigènes ou privées régionales.
- Les commerçants : ils procurent les semences, les pesticides, les engrais et le matériel agricole à crédit.
- NIDHIS : lettre Hundi pour un emprunt.
- Reconnaissance de dette : un justificatif de crédit collectif que tout membre du groupe peut utiliser comme et quand nécessaire.
- Les propriétaires fonciers ou les gros exploitants agricoles : ils possèdent de grandes propriétés terriennes et ne financent que leurs métayers.
- Les amis : ils accordent des prêts à court terme.

Le secteur informel continue à dominer la scène du crédit rural d'abord parce que ses agents combinent le prêt à d'autres activités économiques rurales, telles que par exemple la tenue d'une épicerie, la transformation des produits agricoles, la volaille, etc., afin d'assurer ainsi la viabilité de leurs propres affaires. De plus, leurs opérations de prêt sont tout à

503

fait souples, en ce qui concerne les échéances, la destination du prêt, le recouvrement du prêt, le remboursement en espèces ou en nature et sont donc mieux adaptées aux besoins de l'emprunteur. Les documents d'enregistrement sont simples, non sujet à des contrôles. Enfin ces prêteurs informels offrent l'avantage d'un contact personnel, de clauses et d'un prêt confidentiels et de meilleurs rapports avec les utilisateurs.

Plan du crédit de district

L'efficacité du crédit accordé dépend de la qualité de l'intégration des possibilités de l'infrastructure, des innovations technologiques, de la recherche et du soutien à la vulgarisation. L'intégration de ces différents composants est en général faible parce que les divers services ont tendance à fonctionner de façon compartimentée, l'interaction sur le terrain étant minimale. Il était donc nécessaire de renforcer cette intégration de tous les domaines au niveau du district. Par conséquent, un concept de banque « chef de file » a été introduit pour chaque domaine de service. Le chef de file peut être, ou une coopérative, une banque régionale rurale (RRB), ou une banque commerciale. Il agit comme un chef de consortium pour coordonner les efforts de toutes les institutions de crédit du district octroyant du crédit à des fins d'extension de la succursale et de satisfaction des demandes de crédit de l'économie rurale.La planification du crédit pour un village ou pour une région a plus de sens si tout le crédit et les services de développement de la région s'unissent pour préparer le plan de crédit et allouent à chaque service une tâche propre à accomplir lors de la mise en place du dit plan de crédit. Il faut une meilleure collaboration entre banquiers et agents du développement pour parvenir à cet objectif. Pour améliorer la qualité du crédit rural, RBI a lancé une nouvelle approche connue sous le nom de « approche par domaine de service » à partir d'avril 1989.

L'élément crucial de cette approche par domaine de service est l'interaction du plan de crédit de chaque succursale de banque avec « le Plan de Crédit du district », qui prend en compte l'aide financière et les infrastructures disponibles pour cette région. Récemment l'approche par domaine de service a évolué en plan de crédit lié au développement.

La segmentation du crédit rural

Dans le cadre du dispositif actuel, le crédit agricole 'tout venant' pour les activités de production agricole et autres activités liées à l'agriculture, pour le court, moyen et long terme est fourni par un réseau élargi de coopératives et/ou de « domaines de service » désignés des banques commerciales ou de succursales de banques régionales des régions rurales et semi-urbaines.

Le crédit de production en exploitation

Le crédit de production nécessaire pour assurer la production en matière de productions végétales sur l'exploitation est accordé sous la forme de :

- prêt consenti sur la récolte ;
- crédit liquide consenti sur la récolte ;

504

- facilités de découvert consenti sur la récolte ; ou
- variation du système de carte de crédit agricole.

La RBI publie fréquemment des directives sur le système de crédit agricole. Une échelle appropriée de financement pour chaque culture est fixée par les services agricoles, en accord avec les experts agricoles du chef de file du district, aussi bien pour le crédit liquide que le crédit sous forme d'intrant. Les intrants sont parfois fournis en nature. Ces échelles varient selon que les cultures sont irriguées ou non irriguées et suivant le niveau de développement de la région considérée (développée versus non développée).

Le crédit d'investissement

Le crédit d'investissement est accordé suivant des plans spécifiques aux produits, c'est-à-dire que le prêt dépend du type d'activité. Il est d'habitude autorisé sur la base de l'économie de l'activité, du modèle de l'actif/passif et des revenus/dépenses des emprunteurs. Les prêts d'investissement sont disponibles pour :

- la mise en valeur des terres ;
- la mécanisation agricole ;
- la petite irrigation telle que le fonçage d'un puits/forage ;
- la production et le conditionnement des graines ;
- l'horticulture et les plantations ;
- les opérations de fin de récolte ;
- la construction d'entrepôts frigorifiques ;
- l'exploitation agroforestière ; ou
- l'installation d'une usine de production de gaz, etc.

Alors que les besoins en crédit pour la production reviennent chaque année, les agriculteurs en général n'investissent pas chaque année dans l'un ou l'autre des domaines cités précédemment. Par conséquent suivant l'activité la durée du prêt varie entre 3 et 9 ans. Avant d'accorder les facilités de crédit, les banquiers procèdent à une évaluation totale du système des cultures régionales, du revenu potentiel de la production et des antécédents de remboursement des emprunteurs.

L'échelle de financement

Les limites de crédit fixées pour le crédit de production sont en général très inférieures aux coûts réels de production et au revenu anticipé. Par exemple, les coûts de production de sorgho grain en culture ou pluviale, irriguée suivant les pratiques culturales standard recommandées, s'élèvent respectivement à environ 1740 et 2570 roupies indiennes par acre. Pour le mil, ils atteignent respectivement 1445 et 1965 roupies indiennes. Toutefois, les banques ont fixé une limite uniforme au crédit de production à 1200 roupies indiennes pour le sorgho grain et 900 roupies indiennes pour le mil. Compte tenu de la grande différence entre les dépenses réelles encourues et les limites fixées par les banques, les agriculteurs sont obligés d'emprunter auprès du secteur informel à des taux d'intérêt très élevés. Les entreprises de semences accordent du crédit pour la production de leurs semences de sorgho et de mil sous contrat aux multiplicateurs dans le cadre d'un

505

programme de garantie de groupe. Elles accordent des garanties croisées au chef de file du district, au nom des multiplicateurs contractuels, pour payer d'abord le principal et les intérêts de tous les comptes (des emprunteurs) à partir des revenus générés par leurs graines, pour ensuite payer le reliquat à chaque multiplicateur. Les banques préfèrent ce système, dans la mesure où il assure près de 100 pour cent du recouvrement du prêt et que l'utilisateur obtient une disponibilité de crédit opportune, suffisante et convenable au taux d'intérêt courant subventionné.

Le secteur rural non-agricole

Le secteur rural non agricole représente environ 16 % de la population du pays. En dépit d'une expansion importante du flux du crédit pour le secteur agricole, le sentiment est que les investissements en particulier les investissements non agricoles sont dépassés par la demande. On estime que le plus fort stimulant de la croissance de l'économie non agricole dans les régions rurales est une croissance agricole soutenue. Mis à part l'agriculture, les principales activités nonagricoles assurant la subsistance comprennent l'élevage, la pisciculture, la sylviculture et l'exploitation minière.

Les ménages ruraux exercent diverses activités aussi bien agricoles que non agricoles pour compléter leur cash-flow. Ces activités qui comprennent le petit commerce, les micros agro-industries, les transports locaux, etc., ont des besoins modestes en capitaux et conviennent parfaitement au financement d'origine bancaire. C'est pourquoi, les banques rurales conçoivent des plans de crédit spécifiques aux activités de ce secteur afin d'accorder des prêts à court terme de 3 mois au plus avec versement hebdomadaire ou à la quinzaine d'acomptes sur le principal/ intérêts. Les besoins des emprunteurs sont fréquemment réévalués et des prêts réguliers de plus en plus importants sur des périodes plus longues sont offerts. Un système de remise automatique sur les intérêts en cas de prompt paiement a été intégré dans tous les plans de crédit afin d'encourager le remboursement. Le crédit pour le secteur non agricole présente un fort renouvellement du fait du recyclage rapide des fonds qui augmente le flux de crédit.

Le secteur informel

Les problèmes que rencontrent les pauvres, dans le cadre de leurs transactions avec les institutions financières sont nombreux. Les facteurs qui limitent leur capacité à emprunter auprès des institutions organisées de crédit sont :

- le manque de compétences
- l'ignorance des possibilités économiques
- leur incapacité à se conformer aux exigences des procédures.

L'administration des districts encourage par conséquent la formation de « Groupes d'entraide autonomes » (SHG) (groupes visant à aider les gens à atteindre un but grâce à des efforts personnels) par le biais des Organisations Non Gouvernementales (ONG) qui servent d'intermédiaires entre les SHG et les institutions financières. Sous autorisation de la RBI, les institutions de prêt

considèrent les SHG comme faisant partie de leurs prêts habituels. Les banques, directement ou par le biais des ONG prêtent aux SHG qui à leur tour, prêtent à leurs membres. Les SHG, en particulier celles formés par les femmes des régions rurales ont enregistré de grands succès.

L'avantage des SHG et des ONG pour les banques est le report à l'extérieur d'un certain nombre des éléments du travail du cycle de crédit tels que :

- l'évaluation des besoins de crédit ;
- l'estimation, le déboursement, la supervision, le remboursement ;
- la réduction de la bureaucracie, d'où la réduction conséquente des coûts de transaction ; et
- le recouvrement d'environ 95 % des créances.

Besoins de crédits hi-tech du secteur rural

Pour répondre efficacement aux technologies agricoles émergentes conduisant à une agriculture hi-tech avec des besoins en capitaux intensifs de crédit, la RBI a encouragé les banques à :

- ouvrir des succursales hi-tech dans les régions rurales ;
- utiliser des experts pour évaluer la faisabilité des propositions de projet ;
- autoriser les prêts ; et
- suivre l'évolution du projet par le refinancement à 100 % par la NABARD.

Quelques exemples de projets hi-tech à forte utilisation de capitaux pour les projets de financement ruraux :

- la production de semences, le conditionnement et la commercialisation
- La floriculture
- la culture des champignons
- l'aquaculture
- la culture de tissus
- la valeur ajoutée aux denrées agricoles destinées aux centres urbains et aux exportations.

Dans le cadre des Phases I, II, et III du Projet National Semencier financé par la Banque Mondiale, des crédits ont été octroyés à des entreprises semencières naissantes, à des taux d'intérêt subventionnés et sous forme de devises pour importer du matériel de transformation et de la technologie.

Crédit subventionné

Le Gouvernement Central et les gouvernements des états recourent parfois aux crédits liés à la subvention pour promouvoir un nouveau produit ou un processus du secteur rural. Les plans de crédit subventionné s'intéressent essentiellement à l'accomplissement et la mise en place des objectifs physiques raisonnables du district. La subvention est en général accordée par le biais des chefs de file dans le cadre de « l'approche par le développement régional ». Elle est déboursée par l'intermédiaire de la banque chef de file de la région à laquelle appartient l'emprunteur. L'échelle de la subvention varie entre 25 et 75 % du coût total. Certaines subventions sont périodiques, d'autres ne sont que des déboursements uniques. Des exemples récents de crédit subventionné comprennent mise en place d'un verger, établissement d'un laboratoire de culture

de tissu, installation d'une usine de mélange d'engrais, achat de système d'arrosage ou d'irrigation au goutte à goutte, construction d'entrepôt frigorifique. L'impact de telles subventions est d'habitude insuffisante pour élever les familles au-dessus du seuil de pauvreté ou procurer une activité rémunératrice.

Les taux d'intérêts

Le secteur formel

Le gouvernement indien croit qu'au stade actuel du développement du marché monétaire indien et du marché des capitaux, la fixation des taux d'intérêt ne peut pas être complètement laissée aux forces du marché et qu'une bonne dose de réglementation est nécessaire pour établir une mobilisation ordonnée de l'épargne financière à des fins de développement économique planifié et dans l'intérêt de la viabilité des opérations bancaires. Il reconnaît également le besoin d'établir un système de taux administrés moins complexe, plus souple, de réduire l'étendue des concessions, partout où cela est possible, et de disposer de catégories de prêt concessionnaire.

Pour le crédit rural, la catégorie du financement concessionnaire comprend :

- les petits paysans et les paysans marginaux ; et
- les autres, les sections plus faibles seulement.

L'autre catégorie qui inclue le reste, est libre de toute réglementation à l'exception d'un plafond maximum de 15,5 % sur les taux d'intérêt.

A partit du 1er juillet 1996, la Banque de Réserve Indienne, a accordé une ligne de crédit spécial (GLC) à la NABARD à un taux de 5,5 % par an. A son tour, la NABARD accorde des Opérations Agricoles Saisonnières (SAO) de refinancement du crédit aux coopératives et aux banques chefs de file, à 6,5 % à court terme, par exemple pour des crédits de production des récoltes. Les banques, à leur tour, sont tenues de fixer l'intérêt/le taux d'intérêt de façon à ce que globalement, le gain d'intérêt par les institutions de base, à savoir les PACS, les PLDB, les RRB et les marges brutes réalisées par les banques commerciales soient compris entre 5 et 7 pour cent. Du point de vue des banques, la régulation des taux d'intérêt est un frein à l'octroi de petits prêts car les banquiers ont tendance à rechercher des plus gros emprunts. Ceci explique en partie pourquoi la part des banques commerciales comme source de crédit pour les productions végétales est plus faible que la part des coopératives. Pour les prêts octroyés sur les cultures, il y a une demande substantielle non satisfaite qui est actuellement résolue, soit par un recours à un prêteur, soit par une réduction de l'emploi des intrants ce qui dans les deux cas est une cause de perte de revenus pour l'agriculteur. C'est pourquoi la RBI a récemment dérégulé les taux d'intérêts pour le crédit et désormais le taux débiteur du crédit à court terme se situe entre 12,5 et 16,5 %, et est négociable. Le gouvernement est obligé de rembourser le chef de file, au cas où il l'aurait conduit à octroyer des crédits à certaines catégories d'emprunteurs ruraux, à des taux moindres que celui du taux minimum fixé à 12,5 %.

508

En principe pendant la préparation du plan de crédit pour le district, les objectifs fixés pour le financement des plus défavorisés et des plus pauvres sont tels que les banques peuvent supporter les pertes subies pour ce secteur en les compensant par les gains issus de leurs prêts commerciaux. Le financement obligatoire doit se trouver dans les limites imposées par l'inter financement de sorte que la viabilité de l'institution ne soit pas négativement affectée.

Dans le cadre des activités commerciales ou du secteur non agricole, NABARD/IDBI accorde des prêts aux chefs de file à 9,5 % et ce dernier a la flexibilité de prêter à 12,5 % et plus. Les prêts consentis aux organisations tribales ou aux autres sections les plus démunies de la société, sont accordés à 1 % de moins que le taux d'intérêt courant.

Le secteur informel

Les taux d'intérêt fixés par le secteur informel varient considérablement. Le taux d'intérêt minimum est habituellement fixé à 24 %, contre l'hypothèque de la récolte sur pied, une certaine propriété, un terrain ou la sécurité de l'or, de l'équipement agricole ou même d'autres biens du foyer. Cette forme de prêt est d'habitude disponible à la communauté paysanne. Les agriculteurs qui n'ont pas accès au secteur organisé de la finance, ont d'habitude recours à cette voie. Dans de nombreux cas, en cas d'urgence, ils satisfont leurs besoins en financement en acceptant des prêts à ces très hauts taux d'intérêt. Le taux d'intérêt maximum peut s'élever jusqu'à 50 %, selon la crédibilité de l'emprunteur. Ce financement est en général disponible au secteur non agricole et à ceux qui ne peuvent fournir aucune sécurité. Le taux d'intérêt est négociable et est en général accordé mensuellement. La première traite de l'intérêt est déduite du paiement initial (du montant du prêt). Les utilisateurs ruraux de ce type de prêt sont les plus pauvres artisans et agriculteurs qui ont du mal à obtenir du crédit auprès du secteur organisé. En raison de l'intérêt élevé à payer chaque mois, une fois pris dans les griffes de ce système de prêt, il est très difficile de s'en sortir.

Remboursement du prêt

Les antécédents prouvent que :

- le recouvrement des prêts par les coopératives et la RBI est très faible. Il varie entre 50 et 60 %.
- le recouvrement des prêts par les succursales rurales des banques commerciales est d'habitude de 80 % ou plus.

Mercredi 30 septembre Première séance

Emplois du sorgho et du mil

Modérateur - Bruce Hamaker, INTSORMIL

Tests d'évaluation de la qualité des grains de sorgho pour des bouillies épaisses traditionnelles en Afrique

G. Fliedel, C. Sambumukama, L. Songre, F. Matenncio

Introduction

L'un des objectifs principaux du Laboratoire de Technologie des Céréales est d'étudier la qualité des grains pour une transformation donnée, afin d'aider les sélectionneurs à identifier les variétés ayant non seulement des bonnes propriétés agronomiques mais également des bonnes propriétés technologiques. Le laboratoire s'est donc attaché à d'une part mettre au point des tests à partir de petites quantités de grains pour prédire la qualité technologique d'une variété et fournir ainsi un outil aux sélectionneurs très tôt au niveau de la sélection, et d'autre part comprendre les bases physico-chimiques de la qualité.

Le travail présenté ici est une synthèse de plusieurs projets de recherches financés par la Communauté Européenne en collaboration avec différents instituts de recherche européens et africains : Vrije Universiteit (Belgique), Université d'Hambourg (Allemagne), NRI (Angleterre), IICT (Portugal) et IER (Mali), CNRST (Burkina Faso), IPR (Mali), BTC (Botswana), Sokoine University (Tanzanie). Il a été réalisé également avec l'aide des techniciens et collègues du laboratoire.

Cette synthèse rapporte principalement les travaux de mise au point de trois tests d'évaluation de la qualité des grains pour des bouillies épaisses traditionnelles en Afrique.Ce travail a démarré à la suite de deux constats : en Afrique de l'Ouest, le sorgho est produit et largement consommé dans de nombreux pays situés dans les zones chaudes à pluviométrie réduite de la zone tropicale. Dans ces zones, seules les variétés locales sont cultivées et la plupart des nouvelles variétés proposées par les sélectionneurs n'ont pas été adoptées par les agriculteurs ni par les consommateurs. En Afrique Australe, le sorgho a été progressivement délaissé au profit du maïs mais la plupart de ces pays souffrent de sécheresse et le maïs ne peut survivre dans ces conditions extrêmes. Il apparaît donc à la fois nécessaire et prioritaire de relancer la production de variétés de sorgho adaptées à ces zones mais répondant surtout au goût des consommateurs. Par ailleurs, des enquêtes de consommation ont montré que l'un des plats traditionnels à base de sorgho les plus largement consommés en Afrique est la bouillie épaisse couramment appelée « boule » ou « pâte ». Ainsi, à la demande des sélectionneurs, trois tests ont été mis au point au niveau du laboratoire pour prédire l'aptitude des grains de sorgho à donner des bouillies épaisses traditionnelles appréciées des consommateurs : l'un sur le tô d'Afrique de l'Ouest, le second sur le bogobe d'Afrique Australe (Botswana) et le troisième sur l'ugali d'Afrique de l'Est (Tanzanie).

51'

Trois tests différents ont été nécessaires car ces trois bouillies épaisses sont différentes de par leur aspect, la granulométrie de la farine, la concentration en farine et le mode de préparation mis en œuvre. Ainsi le tô d'Afrique de l'Ouest est une bouillie lisse et homogène préparée à partir d'une farine fine ; la femme confectionne d'abord une bouillie légère puis y ajoute progressivement le reste de la farine tout en remuant tout au long de la cuisson ; le rapport farine/eau est d'environ 20 % par rapport à la matière sèche. Le bogobe d'Afrique Australe est un produit granuleux, très consistant, préparé à partir d'une farine mixte (constituée d'un mélange de particules fines et grossières) dont la concentration atteint les 40 % m.s. ; le procédé de préparation est plus simple : la farine est versée directement dans l'eau bouillante et la cuisson est effectuée dans une marmite couverte avec une ou deux agitations en début et en fin de cuisson. L'ugali d'Afrique de l'Est est très proche du tô de par sa texture, son mode de préparation et la granulométrie de la farine ; seul le rapport farine/eau diffère : il est intermédiaire à celui du tô et du bogobe, de l'ordre des 30 % m.s.

La démarche utilisée pour la mise au point de ces tests a été la suivante: 1) effectuer des enquêtes sur le terrain pour identifier les principaux critères de qualité d'une bonne bouillie; 2) apprendre puis transférer au niveau du laboratoire la technologie de préparation traditionnelle en utilisant des petites quantités de grains ; 3) mettre au point le test d'évaluation de la qualité de la bouillie ; 4) étudier les bases physico-chimiques de la qualité.

Matériel et méthodes

Matériel

Le test d'évaluation de la qualité du tô a été mis au point et testé sur plusieurs lots de variétés en provenance de l'Afrique de l'Ouest (IER, Mali; CNRST/INERA, Burkina Faso, ICRISAT/CIRAD, Mali). L'équation du tô a été vérifiée sur 32 variétés en provenance de la station ICRISAT/CIRAD à Samanko au Mali (récolte 95).

La mise au point du test d'évaluation de la qualité du bogobe a été effectuée à partir de trois farines commerciales achetées au Botswana en février 96, cinq variétés en provenance du Département de la Recherche Agronomique au Botswana (récolte 95) et quatre variétés en provenance de l'ICRISAT du Zimbabwe. Ce test a été appliqué à 31 variétés dont, 24 de l'ICRISAT du Zimbabwe (une de la récolte 95 et 23 de la récolte 96) et 8 du Département de la Recherche Agronomique au Botswana (récolte 95).

La mise au point du test d'évaluation de la qualité de l'ugali a été effectuée à partir de huit variétés en provenance de la Sokoine University en Tanzanie (récolte 95 et 97), cinq variétés en provenance du Département de la Recherche Agronomique au Botswana (récolte 95) et une variété en provenance de l'ICRISAT du Zimbabwe (récolte 95).

Méthodes

Analyses sur Grains Entiers

Avant toute analyse, les grains sont nettoyés (élimination des poussières,

glumes, grains brisés) puis conditionnés à une humidité de 11 – 12 % pour laquelle la dureté varie très peu avec la teneur en eau du grain.

L'indice de dureté PSI (Particle Size Index) est déterminé selon la méthode développée par Fliedel et al. (1989), après broyage de 20 g de grains dans un broyeur à aiguilles type Falling Number KT 30 (tête de broyage semoule grossière, réglage 4) et tamisage du broyât pendant 1 minute au travers d'un tamis de 250 µm d'ouverture de maille (tamiseur à courant d'air Alpine type 200 LS). L'indice PSI est le pourcentage de broyât passant au travers du tamis. Plus le grain est dur, plus le PSI est faible. Le rendement au décorticage est obtenu après décorticage des grains pendant 5 mn au TADD (Tangential Abrasive Dehulling Device). Ce appareil de décorticage de laboratoire est constitué d'un disque abrasif en Carborundum tournant horizontalement sous une plaque en acier de 8 coupelles. Chaque coupelle est remplie de 30 g de grains et 8 variétés différentes peuvent être traitées en même temps. Le rendement au décorticage est le pourcentage de la masse des grains décortiqués par rapport aux grains entiers pesés au départ.

Analyses sur farines

Les farines sont préparées à partir de grains décortiqués au rendement constant de 75 – 80 %. Plusieurs broyeurs ont été utilisés pour réduire le grain décortiqué en farine : le broyeur à marteaux Perten ou le broyeur à hélices Cyclotec pour l'obtention d'une farine fine et le broyeur à meules Cemotec 1090 pour l'obtention d'une farine grossière.

La granulométrie des farines est déterminée par tamisages successifs, depuis le tamis d'ouverture de maille 75 µm jusqu'au tamis de 1000 µm, selon la farine. Le tamisage est réalisé à partir de 30 g de farine d'humidité constante et peu élevée (environ 10 – 11 %) au moyen du tamiseur à courant d'air Alpine pendant 3 mn. On mesure le pourcentage de farine ne passant pas au travers de chaque tamis. La granulométrie moyenne G50 correspond à la maille du tamis retenant 50 % de la farine.

La solubilité et le gonflement des farines sont déterminés sur les bouillies préparées à partir d'une suspension de farine (7,1 % m.s., soit 2 g de farine sèche dans 28 g d'eau) ayant suivi un cycle complet de cuisson et refroidissement au RVA (Rapid Visco Analyser modèle 3 D, Newport Scientific, Narrabeer, Australie) selon le profil de température suivant : maintien à 36 °C pendant 2 mn, montée à 90 °C en 9 mn (6 °C/mn), maintien à 90 °C pendant 5 mn et retour à 36 °C en 9 mn (6 °C/mn). La bouillie est immédiatement transférée dans un tube à centrifuger de 50 ml. Après centrifugation pendant 10 mn à une vitesse de 5000g à 25°C, le surnageant (Ps) et le culot (Pc) sont pesés séparément puis séchés à 100 °C pendant 24 et 48 h respectivement afin de déterminche (MSs et MSc). On calcule trois paramètres : la concentration en matériel soluble dans le surnageant (SM), le pouvoir de gonflement (G) et la fraction volumique de la phase dispersée (ø) selon les formules suivantes :

513

SM (mg/ml) = MSs (Ps – MSs)
G (g/g) = (Pc – MSc) / MSc
ø = (27,25 – (Ps – MSs)>/27,25

où 27,25 est le volume total calculé (cm^3) de la bouillie en considérant que la densité spécifique de la farine est de 1,5 g/cm^3.

Analyses chimiques sur grains entiers et sur farines

La teneur en eau est déterminée selon la norme NF V03.707, à partir de 5 g d'échantillon broyé, par pesée différentielle après passage à l'étuve à 130 °C pendant 2 h.

La teneur en matières minérales est déterminée selon la norme NF V03.702, à partir de 5 g d'échantillon broyé, par pesée différentielle après calcination à 900 °C pendant 3 h.

La teneur en lipides éthéro-solubles (ou lipides libres) est déterminée, après dessiccation, par pesée des lipides extraits selon une méthode d'extraction de type Soxhlet qui utilise le distillateur Tecator Soxtec type HT. L'extraction des lipides se fait à 100 °C par trempage, puis rinçage de l'échantillon à l'éther diéthylique. La teneur en protéines totales (% N x 6,25) est dosée après minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (99,5 % de sulfate de potassium + 0,5 % de sélénium), par la méthode Kjeldahl avec un appareil Tecator automatique Kjeltec.

La teneur en amylose est déterminée par une analyse enthalpique différentielle (A.E.D.) ou D.S.C. (Differential Scanning Calorimetry) avec un Perkin Elmer DSC 7 (Perkin Elmer, Norwalk, CT) en utilisant des capsules hermétiques en inox (Mestres et al., 1996). Son principe repose sur la mesure des différences d'enthalpie entre un échantillon et une référence soumis à une cinétique de chauffage et de refroidissement linéaires. On détermine la variation d'enthalpie de la formation de complexes entre l'amylose et un monoglycéride ajouté (extrait à partir du jaune d'œuf). La capsule de l'échantillon (10 – 11 mg de farine dans 50 µl de L-α-lysophosphatidylcholine 2 %) et la capsule de référence (50 µl d'eau ultrapure) sont chauffées de 35 °C à 160 °C à raison d'une montée de 8 °C/mn, maintenues à 160 °C pendant 2 mn et refroidies de 160 °C à 60 °C à raison d'une descente de 10°C/mn. L'exotherme de formation de complexes entre l'amylose et le phospholipide au cours du refroi- dissement est proportionnel à la teneur en amylose de l'échantillon qui est déterminée par comparaison à un témoin (100 % d'amylose pure de pomme de terre).

Mise au point et discussion des tests d'évaluation de la qualité

Mise au Point du test d'évaluation de la qualité du Tô

Traditionnellement, la femme tamise la farine obtenue après, le plus souvent encore, décorticage des grains au pilon et broyage au broyeur à marteaux ou à meules du quartier. Elle prépare ensuite un « lait de farine » en diluant une petite partie de cette farine fine dans de l'eau acidifiée (avec du jus de citron ou de tamarin), alcalinisée (avec de la potasse

provenant des cendres de bois) ou non, suivant l'ethnie ou le pays auxquels elle appartient. Puis elle verse ce « lait de farine » dans une marmite d'eau bouillante pour obtenir, après environ 8 minutes de cuisson, une bouillie légère dont elle mettra une partie de côté. Elle ajoute ensuite par poignées le reste de la farine tout en remuant vigoureusement avec une spatule en bois tout au long de la cuisson. La bouillie s'épaissit, devient lisse et homogène. Elle peut en rectifier la consistance en rajoutant en fin de cuisson un peu de la bouille légère mise de côté. Après 20 minutes, le tô est prêt. Il est servi avec une petite calebasse accompagné d'une sauce à base de légumes (oignons, tomates, gombo), viande ou poisson. Il est consommé aux principaux repas et les restes, s'il y en a, sont utilisés, réchauffés ou non, le lendemain matin au petit déjeuner avec du lait caillé ou de la sauce d'accompagnement.

Les principaux critères de qualité du tô sont par ordre décroissant d'importance sa consistance, sa capacité de conservation pendant la nuit sans rejet d'eau (phénomène de synérèse), son goût et sa couleur. Un bon tô est ferme, garde sa texture pendant la nuit, est clair et a un bon goût (pas de goût de son, pas d'amertume...).

Au niveau du laboratoire, le test développé comme suit est basé sur l'évaluation de la consistance du tô, premier critère de qualité, puisque les enquêtes sur le terrain ont montré qu'en général un tô ferme se conserve bien toute la nuit. Après décorticage des grains au rendement constant de 75 % avec le décortiqueur TADD (Tangential Abrasive Dehulling Device) et broyage au broyeur à marteaux Perten, la farine fine ainsi obtenue (granulométrie moyenne d'environ 150 µm) est mélangée à de l'eau distillée froide dans les proportions suivantes : 16,8g de farine à une humidité de 11,5 % dans 90 ml d'eau, soit un rapport farine sèche/eau de 16,5 % (m/m). La bouillie est cuite pendant 20 minutes au bain-marie sous agitation mécanique constante (400 t/mn) puis est coulée dans deux petits cylindres en acier (4 cm de diamètre et 2 cm de hauteur) posés sur une plaque de verre et rehaussés de 0,5 cm par une bande adhésive. Après un stockage de 20 h environ dans une étuve à 35 °C saturée en eau, la bande adhésive est enlevée, la partie supérieure du pâton décapitée avec un fil de pêche et un échantillon de tô de texture homogène et de taille constante (3 cm de diamètre et 2 cm de hauteur) est obtenu à l'aide d'un emporte-pièce.

La consistance du tô est mesurée à l'Instron (Universal Food Testing Machine type 4300) en effectuant des tests de compression de l'échantillon entre une plaque et un piston, dont la vitesse de déplacement constante est de 5 mm/mn. Une force de résistance à la compression (en Newtons) est enregistrée par un capteur de force au cours de la progression du piston . La force nécessaire pour rompre l'échantillon a été choisie pour mesurer la consistance du tô (Figure 1) parce qu'elle permettait une meilleure différenciation entre variétés. Plus le tô est ferme, plus la force à la rupture est élevée. Quatre répétitions sont effectuées par variété (deux pâtons de tô par cuisson et deux cuissons par variété). Dans ces conditions, deux variétés dont la fermeté

515

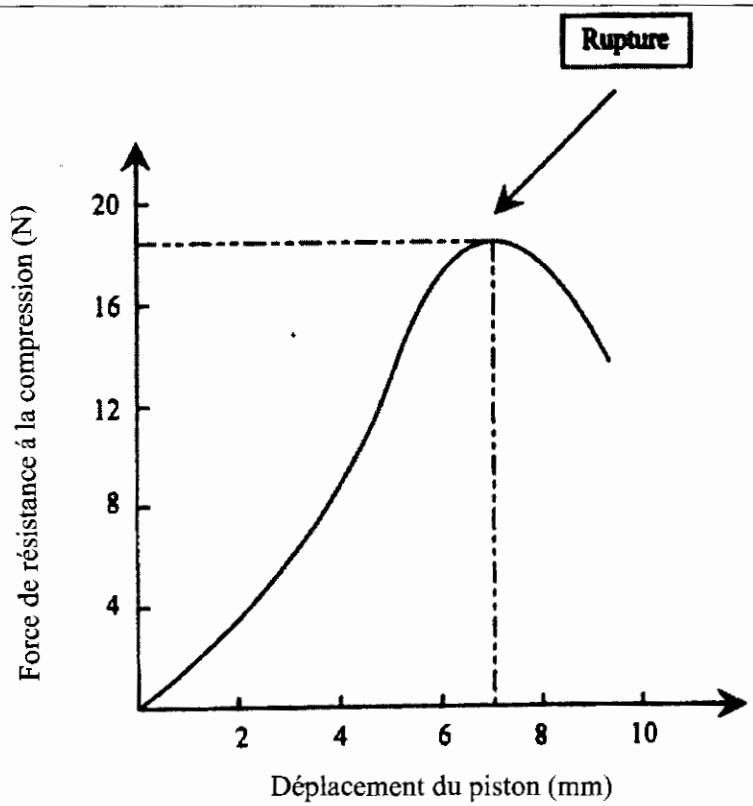


Figure 1. Courbe du test de compression d'un échantillon de tô entre une plaque et un piston

diffère de 1 N sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Ce test a été appliqué à un grand nombre de variétés locales, améliorées, nouvellement introduites ou en sélection. Une échelle d'évaluation de la qualité du tô a été établie (tableau 1). Les variétés dont le tô a une consistance supérieure à 12 Newtons sont bien acceptées, et de très bonne qualité lorsque celle-ci dépasse les 15 Newtons ; ce sont pour la plupart des variétés locales. En deçà de 12 Newtons, le tô est mou et non apprécié.

Mise au point du test d'évaluation de la qualité du bogobe

Traditionnellement, le mode de préparation du bogobe est très simple : la femme verse la farine directement dans l'eau bouillante en agitant avec un petit fouet en bois en début et en fin de cuisson. Entre temps la marmite est couverte et la bouillie laissée à cuire pendant 20 à 40 minutes.

La farine peut être obtenue au mortier-pilon mais est très souvent une farine commerciale achetée au supermarché du quartier et provenant des

516

Tableau 1. Consistance du tô de 32 cultivars de sorgho en provenance du Mali.

Cultivars	Force à rupture (N)	Groupes homogènes (test de Newman-Keuls)	Qualité du tô
2	> 18	A	
4	18 – 15	B	Très ferme
10	15 – 12	C	Ferme
5	12 – 10	D	Moyen
9	10 – 7	E	Mou
2	< 7	F	Très mou

quelques 70 moulins existant maintenant au Botswana, de capacité différente et constitués tous de plusieurs couples en séries de décortiqueurs RIIC (type PRL fabriqués localement) et broyeurs à marteaux. Dans tous les cas, la farine est un mélange de particules fines et grossières. Les principaux critères de qualité recensés sur le terrain sont là encore, par ordre décroissant d'importance, la fermeté du bogobe, sa texture granuleuse due à la présence de particules fines et grossières dans la farine, son goût non amer et sa couleur claire.

Au niveau du laboratoire, les grains décortiqués à 75 % au TADD sont broyés dans deux broyeurs différents afin d'obtenir une farine de granulométrie proche d'une farine traditionnelle ou commerciale : 30 % sont broyés au broyeur à hélices Cyclotec (farine fine) et 70 % au broyeur à meules Cemotec (farine grossière). Vingt-sept grammes de cette farine mixte sont alors versés dans un bécher en acier inox directement posé sur une plaque chauffante (1500 Watts, réglage 4 pour l'ébullition et 2 pour la cuisson) et contenant 60 ml d'eau distillée bouillante. Le mélange est immédiatement remué avec une fourchette pour éviter la formation de grumeaux et le bécher recouvert d'une capsule de verre pendant les 20 minutes que dure la cuisson. Deux agitations sont effectuées 5 minutes après le début et avant la fin de la cuisson.

Pour la mesure de la consistance du bogobe, il a été impossible de mouler des petits pâtons pour faire des tests de compression comme dans le cas du tô, compte tenu de la texture très épaisse et granuleuse de ce produit. Des tests d'extrusion à l'Instron déjà couramment utilisés dans la mesure de la texture de produits hétérogènes comme le riz ou les petits pois ont été appliqués au bogobe. Immédiatement après cuisson, l'échantillon de bogobe est transféré dans la cellule d'extrusion. Au fur et à mesure de la descente du piston à la vitesse constante de 100 mm/mn, on enregistre tout d'abord une force de résistance à la compression qui augmente jusqu'à ce que la bouillie passe au travers de la plaque perforée située au fond de la cellule ; à ce moment là, la force devient constante : c'est la force d'extrusion qui dépend de la consistance du produit (Figure 2) ; plus le produit est épais et consistant, plus la force d'extrusion est élevée. Trois répétitions sont effectuées par variété.

Ce test a été appliqué à 9 variétés (récolte 95) en provenance du

517

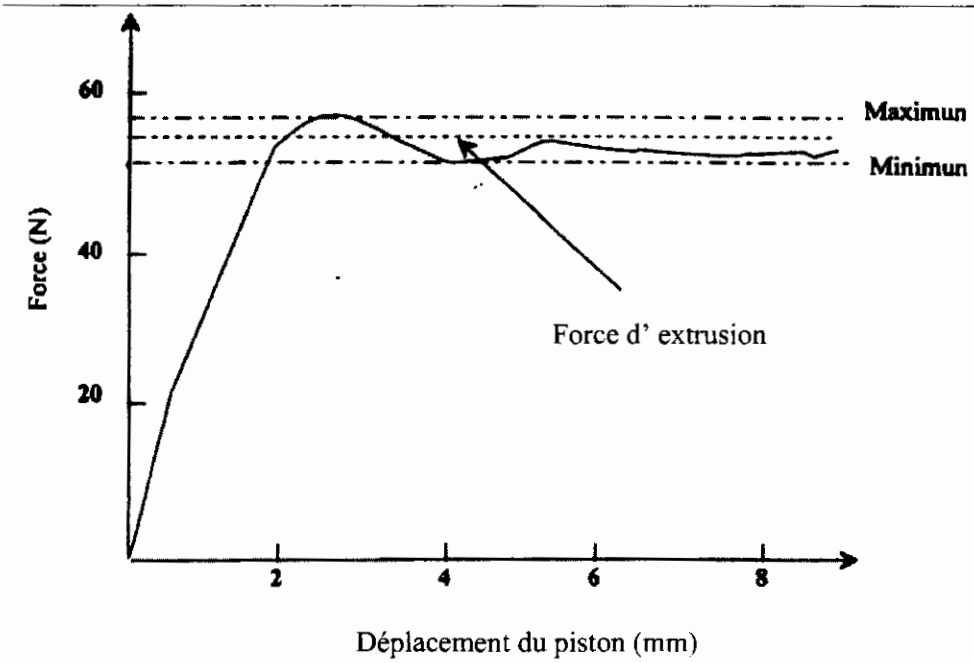


Figure 2. Courbe du test d'extrusion pour évaluer la consistance du bogobe ou de l'ugali.

Tableau 2. Consistance du bogobe de 9 variétés en provenance du Botswana et du Zimbabwe.

Cultivars	Origine*	Force d'extrusion (N)	Groupes homogènes Test de Newman-Keuls (5 %)				
BSH1	B , H	16,2	1				
Mmabaïtse	B , H	18,5		2			
Mahube	B , L	21,7			3		
SDSL 2593	Z , I	23,9				4	
Pato	Z , I	24,2				4	
Larsvyt	Z , I	24,8				4	
Segaolane	B , L	26,0				4	5
Phofu	B, I	27,5					5
Kuyuma	Z, I	30,5					6

* B : Botswana ; Z : Zimbabwe
H : hybride ; L : variété locale améliorée ; I : variété introduite améliorée.

Département de la Recherche Agronomique, Ministère de l'Agriculture du Botswana et de l'ICRISAT, Bulawayo, Zimbabwe (tableau 2). La force d'extrusion varie de 16,2 N pour l'hybride BSH1 à 30,5 N pour la variété améliorée Kuyuma. Le test de Newman-Keuls classe ces 9 variétés en 6 groupes significativement différents ce qui montre que ce test de laboratoire est très répétable et différencie

518

bien les variétés. Il a été ensuite appliqué à 30 autres variétés (récolte 96) dont 23 en sélection à l'ICRISAT du Zimbabwe et les autres (locales ou améliorées) en provenance du Botswana. Deux très bonnes variétés ont donné des forces d'extrusion supérieures à 26 N : SDSL 89426 (26,2 N) et 65D (30,1 N) et deux autres de moins bonne qualité des forces inférieures à 16 N : SDSH 94012 (14,4 N) et Mmabaïtse (15,7 N). Au dessus de 22 N, les variétés sont bien appréciées et donnent des bogobes consistants.

Mise au point du test d'évaluation de la qualité de l'ugali

Le procédé traditionnel de préparation de l'ugali est similaire à celui du tô ; seule la concentration en farine est plus élevée, de l'ordre de 30 % m.s. Comme dans le cas du tô, l'ugali est consommé aux deux principaux repas avec une sauce à base de légumes, viande ou poisson. Le principal critère de qualité est là encore la consistance du produit.

En conséquence, au niveau du laboratoire, la préparation de l'ugali est effectuée en suivant le test de cuisson du tô après modification du rapport farine/eau, et la consistance est évaluée, comme dans le cas du bogobe, en effectuant des tests d'extrusion puisque là encore sa consistance trop épaisse n'a pas permis de mouler des petits pâtons et d'effectuer des tests de compression.

Les grains de sorgho décortiqués à 75 % au TADD sont broyés ensuite finement au broyeur à marteaux Perten. Vingt-sept grammes de farine fine à une humidité de 11,5 % sont dispersés dans 80 ml d'eau distillée froide (soit un rapport farine sèche/eau (m/v) de 30 %) dans un bécher en acier inox et mis à cuire 20 mn au bain-marie sous agitation mécanique constante (400 t/mn). Après cuisson, l'ugali est immédiatement introduit dans la cellule d'extrusion et mis à refroidir pendant un heure avant d'effectuer les tests d'extrusion pour en évaluer sa consistance, comme mentionné dans le cas du bogobe.

Ce test a été appliqué à 13 variétés en provenance de l'Université Sokoine d'Agriculture, Tanzanie, du Département de la Recherche Agronomique, Botswana et de l'CRISAT, Zimbabwe (tableau 3). La force d'extrusion va de 23,1 N pour l'hybride BSH-1 à 54,1 N pour la variété locale Langa-langa. Ces 13 variétés sont classées en 5 groupes significativement différents par le test de Newman-Keuls. Au dessus de 38 N, l'ugali est considéré comme acceptable par les consommateurs. Là encore deux cultivars donnent un ugali de mauvaise qualité, pas assez consistant : il s'agit de l'hybride BSH-1 et la variété Mmabaïtse.

Comparaison des trois tests de laboratoire

Les trois tests développés au laboratoire pour évaluer la qualité des bouillies épaisses ont été comparés au point de vue de leur répétabilité, de leur habilité à discriminer les variétés et du classement variétal.

Les 13 variétés citées précédemment ont été décortiquées et broyées en farine et utilisées le même jour pour préparer du tô et de l'ugali. Dans les deux cas, la consistance de la bouillie a été mesurée une heure après la cuisson. Une analyse

5 : 9

Tableau 3. Consistance de l'ugali de 13 variétés de sorgho en provenance de Tanzanie, du Botswana et du Zimbabwe

Origine*	Cultivars	Force d'extrusion (N)	Groupes homogès Test Newman-Keuls, (5%)			
T,L	Langa-langa	54,1	1			
T,L	Mbangala	50,2		2		
B,I	Phofu	43,0		3		
T,I	Pato	42,0		3		
Z,I	Kuyuma	41,9		3		
Z,I	Macia	41,8		3		
T,L	Udo	39,8		3		
B,L	Segaolane	38,9		3		
T,I	Tegemeo 1995	37,8		3	4	
T,I	Tegemeo 1997	33,7			4	
B,L	Mahube	33,3			4	
B,L	Mmabaïtse	25,6				5
B,H	BSH-1	23,1				5

*T : Tanzanie ; B: Botswana ; Z : Zimbabwe
L : variété locale améliorée ; I : variété introduite améliorée ; H : hybride

de variance au seuil de 5 % effectuée sur l'ensemble des valeurs de consistance des 13 variétés a donné un F de Fisher de 75,2 avec 7 groupes homogènes significativement différents dans le cas du test de compression du tô, et un F de Fisher de 53,7 avec 5 groupes homogènes significativement différents dans le cas du test d'extrusion de l'ugali. Les coefficients de variation ont été respectivement de 6,7 % et de 4,2 %. Ces résultats montrent que les deux méthodes sont bien répétables (faible coefficient de variation proche de 5 %), notamment la méthode d'extrusion, et qu'elles différencient bien les variétés, en particulier la méthode de compression avec un F de Fisher plus élevé et un plus grand nombre de groupes homogènes significativement différents par le test de Newman-Keuls.

Si l'on observe le classement des variétés obtenu en appliquant les deux tests (tableau 4), on constate que ce classement n'est pas tout à fait identique. Par contre, on peut observer que le groupe des variétés donnant un bon tô (supérieur à 12 N) se retrouve dans le groupe des variétés donnant un très bon ugali (supérieur à 40 N) et que le groupe des variétés donnant un mauvais tô (inférieur à 8 N) se retrouve dans celui donnant un mauvais ugali (inférieur à 35 N), avec un groupe intermédiaire moins défini (compris entre 8 – 12 N pour le tô et 35 – 40 N pour l'ugali).

La Figure 3 visualise la corrélation (r = + 0,84**) existant entre la consistance du tô mesurée par compression et la consistance de l'ugali mesurée par extrusion pour les 13 variétés données. Ces résultats montrent que les deux tests sont relativement proches même s'ils évaluent des produits relativement différents d'un point de vue rhéologique.

520

Tableau 4. **Classement de 13 variétés de sorgho selon les deux tests de qualité du tô par compression et de l'ugali par extrusion.**

Test de compression (tô)									Test d'extrusion (ugali)								
Cultivars	Consistance (N)	Groupes homogènes							Cultivars	Consistance (N)	Groupes homogènes						
Kuyuma	13.9	A							Langa-langa	54.1	A						
Mbangala	13.0	A	B						Mbangala	50.2		B					
Pato	12.8	A	B						Phofu	43.0			C				
Langa-langa	12.4	A	B						Pato	42.0			C				
Macia	12.0	A	B	C					Kuyuma	41.9			C				
Phofu	11.3		B	C	D				Macia	41.8			C				
Tegemeo 95	10.6		B	C	D				Udo	39.8			C				
Tegemeo 97	10.1			C	D				Segaolane	38.9			C				
Segaolane	9..8				D				Tegemeo 95	37.8			C	D			
Udo	8.0					E			Tegemeo 97	33.7				D			
Mahube	7.1					E	F		Mahube	33.3				D			
BSH-1	5.8						F	G	Mmabaïste	25.6						E	
Mmabaïtse	4.5							G	BSH-1	23.1						E	

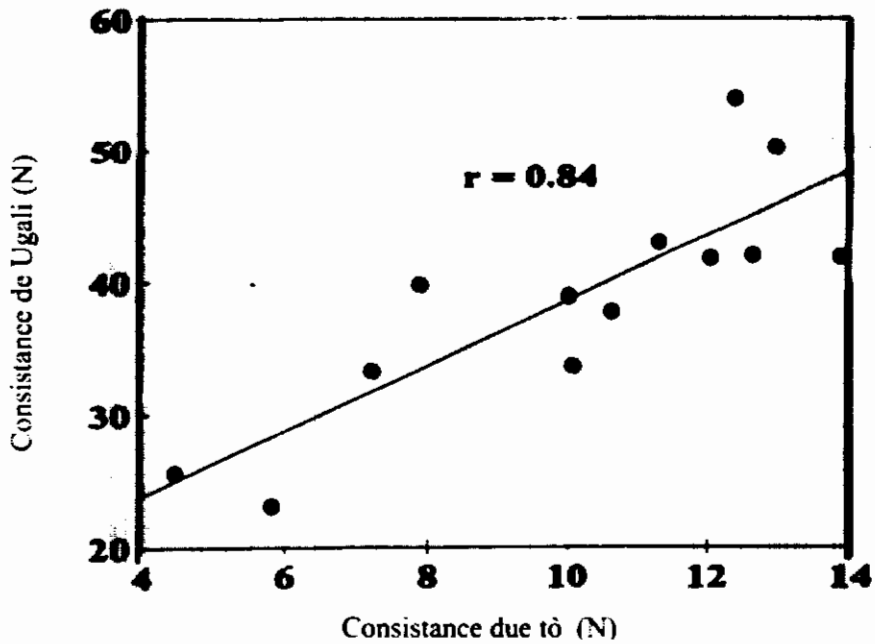


Figure 3. **Comparaison entre deux tests de laboratoire évaluant la consistance du tô et de l'ugali de 13 variétés de sorgho.**

52

Dans le tableau 5 sont rassemblés les résultats des tests du tô et de l'ugali pour les variétés en provenance du Botswana (tableau 4) et ceux du test du bogobe pour ces mêmes variétés (tableau 2). On constate que le classement des variétés est cette fois-ci rigoureusement le même à deux inversions près (Phofu pour l'ugali et Mmabaïtse pour le tô). On peut donc en conclure que les variétés de sorgho qui sont bonnes pour le tô, le seraient aussi pour l'ugali et pour le bogobe. Autrement dit, les variétés considérées comme de bonne qualité pour les bouillies épaisses d'Afrique de l'Ouest le seraient pour celles d'Afrique de l'Est et aussi pour celles d'Afrique Australe. Ainsi, le matériel végétal intéressant pour ses bonnes qualités culinaires pourrait être transféré, s'il s'adapte aux conditions agro-climati- ques, d'Afrique de l'Ouest en Afrique de l'Est ou en Afrique Australe et vice-versa. Ces résultats se révèlent d'un grand intérêt pour les sélectionneurs qui recherchent des variétés ayant à la fois des caractéristiques agronomiques et technologiques appréciées par les agriculteurs et les consommateurs.

Bases physico-chimiques de la qualité des bouillies épaisses

Pour comprendre quels sont les constituants du grain reliés à la qualité des bouillies épaisses traditionnelles d'Afrique, des corrélations totales ont été établies entre les différentes caractéristiques physico-chimiques du grain ou de la farine et la consistance des bouillies (tableau 6). Pour les 13 variétés analysées en provenance du Botswana, du Zimbabwe et de la Tanzanie, la consistance du tô et de l'ugali est corrélée positivement et hautement significativement à la teneur en amylose du grain (+ 0,85 et + 0,84 respectivement) ou de la farine (+ 0,84 et + 0,92 respectivement). De même pour le bogobe, où les coefficients de corrélation obtenus avec la consistance ont été, pour les 9 variétés analysées, de + 0,75 avec la teneur en amylose du grain et + 0,94 avec la teneur en amylose de la farine.

Tableau 5. Classement des variétés de sorgho du Botswana par les trois tests de laboratoire.

Cultivars	Tô (N)	Ugali (N)	Bogobe (N)
Kuyuma	13,9	41,9	30,5
Phofu	11,3	43,0	27,5
Segaolane	9,8	38,9	26,0
Mahube	7,1	33,3	21,7
Mmabaïtse	4,5	25,6	18,5
BSH-1	5,8	23,1	16,2

Tableau 6. Corrélations entre la consistance des bouillies épaisses et certaines caractéristiques physico-chimiques du grain ou de la farine de 13 variétés de sorgho.

	Grain	Farine			
Consistance	Amylose	Amylose	Cendres	Lipides	Protéines
Tô	+0,85**	+0,84**	-0,80*	-0,84**	-0,76*
Ugali	+0,84**	+0,92**	-0,80*		

* Significatif à 5 %

** Significatif 1 %

522

Contrairement au bogobe dont la consistance n'est corrélée qu'à la teneur en amylose, la consistance de l'ugali est aussi corrélée mais cette fois de façon négative à la teneur en cendres de la farine, et celle du tô à la teneur en cendres, en lipides, en protéines, toujours de façon négative.

Ainsi, la consistance d'une bouillie épaisse serait liée à la teneur en amylose du grain et donc de la farine. Plus le grain est riche en amylose, plus la bouillie serait de qualité, c'est à dire ferme et consistante. Pour les bouillies plus lisses et homogènes et préparées à partir de concentrations en farine plus faibles comme l'ugali et surtout le tô, la présence dans la farine de parties périphériques du grain riches en matières minérales, lipides, protéines telles que son et germe, diminue la qualité de la bouillie. Dans ce cas, des grains non seulement riches en amylose mais aussi très aptes au décorticage (permettant de bien éliminer les parties périphériques du grain) et/ou plus riches en amidon (contenant au départ moins de matières minérales, lipides, protéines) seraient nécessaires pour donner un bon ugali mais surtout un bon tô. Pour des bouillies plus granuleuses et préparées à partir de concentrations en farine très élevées telles que le bogobe, la présence de particules étrangères à la farine ne semble pas affecter la cohésion de la « pâte » et sa texture. Seule la teneur élevée en amylose des grains est importante dans la qualité de cette bouillie.

Ces résultats ont été confirmés en effectuant, pour chacune des trois bouillies épaisses, des régressions multiples progressives sur l'ensemble des variables analysées. Pour les mêmes 13 variétés, la consistance du tô est expliquée à 96 % par deux variables : en premier et positivement par la teneur en amylose du grain (r^2 = 0,72) suivie négativement par la teneur en protéines de la farine, qui aurait pu tout aussi bien être la teneur en lipides ou en cendres (même probabilité à l'introduction de ces variables après le premier palier). La consistance de l'ugali et celle du bogobe (pour les 9 variétés analysées) sont expliquées elles uniquement par la teneur en amylose de la farine à 84 et 89 % respectivement. L'analyse de 31 variétés supplémentaires a confirmé dans le cas du bogobe la prépondérance de l'amylose dans la fermeté du bogobe. Quant au tô, plusieurs autres séries de variétés ont aussi été analysées. La dernière série de 32 variétés en provenance du Mali (variétés locales et en sélection) a abouti à l'équation suivante :

Consistance du tô = + 11.28 + (0.33 x Solubilité de l'amidon) – (5.12 x Matières minérales de la farine)

avec 80 % d'explication de la consistance du tô par les deux variables solubilité de l'amidon et teneur en matières minérales de la farine.

Si la variable solubilité de l'amidon n'est pas introduite, c'est la variable amylose qui arrive en premier pour expliquer la consistance du tô. De même, la variable matières minérales de la farine qui intervient de manière négative dans la qualité du tô aurait pu là encore être remplacée par la variable lipides ou protéines. Ainsi, la consistance du tô dépendrait en priorité de la quantité de

523

macromolécules d'amidon solubilisées en cours de cuisson, notamment de macromolécules d'amylose, qui augmentent la viscosité de la phase liquide de l'empois et donc la fermeté du gel. Une deuxième composante interviendrait : la pureté de la farine, débarrassée des parties périphériques du grain et directement liée à l'aptitude au décorticage des grains ou à la plus grande richesse en amidon du grain.

Nous pouvons donc dire aux sélectionneurs : choisissez les variétés à teneur en amylose supérieure à 20 – 21 % m.s., correspondant à des teneurs en amylose dans la farine supérieures à 24% m.s. (tableau 7) ; parmi elles, ne retenez que les variétés aptes au décorticage, c'est à dire suffisamment dures (test du PSI) pour être usées de façon homogène pendant l'abrasion ou le pilage et donner une farine pure, ou des variétés contenant au départ moins de matières minérales (péricarpe fin), lipides (petit germe) ou protéines. Ces variétés devraient être acceptées par les populations locales et donner un bon tô.

Tous ces résultats peuvent nous permettre de comprendre pourquoi les femmes d'Afrique de l'Ouest qui préparent quotidiennement le tô, sont si exigeantes sur la qualité de la farine, pourquoi elles préfèrent laver le grain elles-mêmes, le décortiquer au pilon, le relaver et être sûres de le débarrasser des sons et pratiquement de tout le germe, pourquoi enfin la majorité des mini minoteries, de par leur manque d'hygiène, de nettoyage, de par leurs opérations de décorticage et stockage peu adaptées aux exigences des femmes, ont eu jusqu'ici si peu de succès dans ces régions. Les variétés locales type guinéen qui ont des petits grains relativement vitreux et durs, à péricarpe plus fin, aptes au décorticage, avec une teneur élevée en amylose, donnent d'excellents tô et ont du mal à être supplantées par les nouvelles variétés qui ne regroupent pas ces mêmes qualités.

A l'opposé, ces résultats peuvent aussi nous permettre de comprendre l'étonnant succès des farines commerciales au Botswana, produites par quelques 70 minoteries, et qui, malgré une qualité inférieure à une farine traditionnelle, sont achetées dans les supermarchés par les femmes qui apprécient leur caractère « prêt à l'emploi », leur prix abordable et qui considèrent qu'elles font un bon bogobe. Les marques qui traitent la variété locale Segaolane ou nouvellement introduite Phofu, riches en amylose, sont

Tableau 7. Consistance du tô et teneur en amylose de 26 cultivars de sorgho en provenance du Mali

Consistance du tô (N)	Amylose du grain (% m.s.)	Amylose de la farine (% m.s.)	Groupes homogènes	Qualité du tô
> 18	> 22,5	> 26	A	
18 – 15	22,5 – 21,5	26 – 25	B	Très ferme
15 – 12	21,5 – 20,5	25 – 24	C	Ferme
12 – 10	20.5 – 19.5	24 – 23	D	Moyen
10 – 7	19,5 – 18,5	23 – 21	E	Mou
< 7	< 18,5	< 21	F	Très mou

524

beaucoup plus appréciées que les autres qui sont produites à partir de mélanges d'hybrides d'Afrique du Sud. La présence de son ou germe qui est inévitable avec ce type de transformation industrielle ou semi-industrielle ne semble pas être un frein à l'acceptabilité de ces farines par les populations locales. Depuis l'existence de ces minoteries et la large diffusion des farines, les femmes ne veulent plus piler le grain, sauf si la famille possède des champs.

Conclusion

Trois tests de laboratoire ont été mis au point pour prédire la qualité des variétés de sorgho en sélection pour des bouillies épaisses traditionnelles en Afrique : le tô d'Afrique de l'Ouest (Mali, Burkina Faso), l'ugali d'Afrique de l'Est (Tanzanie) et le bogobe d'Afrique Australe (Botswana). Ces tests utilisent des petites quantités de grains (20 à 35 g à 11,5 % d'eau), sont très répétables et différencient bien les variétés entre elles.

En appliquant ces trois tests à un même groupe de variétés, on a pu identifier un groupe de bonnes, un groupe de mauvaises et un groupe de variétés intermédiaires. Les variétés qui seraient bonnes pour le tô, le seraient pour l'ugali et aussi pour le bogobe et vice versa.

Une bonne qualité de grains pour une bouillie épaisse est essentiellement due à une teneur élevée en amylose (supérieure à 20 – 21% m.s.). Pour le tô d'Afrique de l'Ouest, une deuxième composante interviendrait qui rendrait compte de la pureté de la farine c'est à dire de sa richesse en amidon. Cette deuxième composante de pureté pourrait expliquer l'exigence des femmes d'Afrique de l'Ouest pour la qualité des farines que l'on ne retrouve pas de façon aussi marquée en Afrique Australe.

Références

Fliedel G., Grenet C., Gontard N., Pons B., 1989. Dureté, caractéristiques physico-chimiques et aptitude au décorticage des grains de sorgho. In: Céréales en régions chaudes : conservation et transformation. AUPELF-UREF, Eds. John Libbey Eurotext, Paris, France, p. 187-201.

Fliedel G., 1995. Appraisal of sorghum quality for making tô. Agriculture et développement. Special issue. December. Pp. 34–42

Mestres C., Matencio F., Pons B., Yajid M., Fliedel G., 1996. A rapid method for the determination of amylose content by using differential scanning calorimetry. Starch/stärke. 48, no. 1, 2-6.

Fliedel G., Yajid M., Matencio F., Francalanci P., 1998. Mise au point de tests de laboratoire pour évaluer la qualité du sorgho – Relations avec certaines caractéristiques physicochimiques des grains. In: Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Ratnadass A., Chantereau J., GIGOU J., 315 p. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho ICRISAT-CIRAD, 17-20 mars 1997, Bamako, Mali. Eds CORAD=CA. Montpellier, France, p. 55-59.

Fliedel G., Faure J., 1998. Development of laboratory quality tests for sorghum and millet. Final report. A component of the Collaborative project to investigate consumer preferences for selected sorghum and millet products in the SADC region of Africa. Supported by the Science and Technology of Development. Program of the European Community. Contract N° TS3*-CST94-0267.

525

Expérience sénégalaise en matière d'implantation et de renforcement d'unités semi-industrielles de transformation du mil en zone urbaine

Dr. Ababacar Ndoye

Contexte

Les céréales locales incluant le mil occupent près de la moitié des superficies cultivées au Sénégal et assurent une production céréalière annuelle de 800.000 à 1.000.000 tonnes. Pourtant, la moitié de la consommation annuelle du pays en céréales est couverte par l'importation de 400.000 tonnes de riz et de 200.000 tonnes de blé représentant un coût équivalent à 80 à 100 milliards de francs CFA selon les cours du marché mondial et du dollar.

Cette dépendance du Sénégal vis-à-vis de l'extérieur a un impact très lourd sur la balance des paiements et constitue, en outre, une perte d'opportunités de revenus pour les producteurs ruraux sénégalais et les acteurs de la transformation, puisque le riz importé ne subit aucune opération locale. Or, les principaux objectifs assignés au secteur agricole portent sur une croissance agricole soutenue de 4 % par an, l'amélioration de la sécurité alimentaire, ainsi que l'accroissement des revenus en milieu rural et la génération d'emplois. Pour atteindre ces objectifs, le gouvernement du Sénégal a adopté et mis en œuvre une stratégie de soutien de l'offre en céréales locales.

Ainsi, depuis l'année dernière, l'Etat a engagé un important programme de relance de l'agriculture, axé sur l'amélioration de l'accès des agriculteurs aux facteurs d'intensification que constituent la semence de qualité, les engrais, les pesticides et le matériel agricole grâce à un crédit agricole meilleur marché et à la portée du monde rural. Le gouvernement a procédé à la détaxation du matériel agricole et adopté la mise en œuvre de divers programmes d'accompagnement dont entre autres des programmes de réhabilitation de la consommation des céréales locales en zones urbaines, notamment le mil.

En terme de consommation, si l'évolution des habitudes alimentaires en zone urbaine tend à privilégier le riz et le blé au détriment du mil, ce dernier reste encore la céréale utilisée pour la préparation de la plupart des mets cérémoniels ou rituels (le *lakh* pour les baptêmes, le *nakk* pour les décès, les beignets pour les mariages, etc....), c'est dire que les civilisations sénégalaises sont pour l'essentiel des civilisations fondées au plan culinaire sur le mil et ses dérivés. S'il y a donc une céréale susceptible, par un effort d'adaptation aux modes de vie, de réduire la consommation du riz en milieu urbain, c'est bien le mil. Toutefois, si les citadins mangent de plus en plus volontiers du riz et du blé, c'est en bonne partie parce qu'ils sont disponibles sur le marché sous forme semi-transformée grains traités, semoule, farine, couscous, etc.)

Le problème de la transformation du mil est donc un préalable à sa consommation étendue en milieu urbain. C'est ainsi qu'une des stratégies retenues par le Sénégal est de favoriser la création d'unités de transformation semi-

industrielles économiquement viables qui pourraient donner au mil un regain de popularité qui se traduirait par une amélioration assez sensible de la balance des paiements et de la commercialisation de la production agricole.

Expérience sénégalaise en matière de création d'unités semi-industrielles de transformation des céréales locales

Pour la création de ces unités, il a été admis que le processus de développement technologique ne saurait être un phénomène passif, de simple transfert ou de diffusion de procédés, de produits ou de machinismes. Il doit plutôt correspondre à une politique volontariste d'acquisition d'un savoir-faire ou d'une infrastructure technologique appropriée, librement choisie et destinée à répondre à des besoins clairement définis. Cette politique a été renforcée par un programme exécuté conjointement avec le CIRAD. Les résultats ont motivé les pouvoirs publics à engager en 1989 l'opération Promotion du mil connue sous le slogan « *Dugub Sunu Cosaan* » et les produits « *Soungouf Jaboot* » et « *Sankhal Jaboot* », par les Moulins Sentenac avec l'assistance de l'ITA en matière de qualité. Cette opération a eu pour objet d'assurer la promotion d'une farine (*soungouf*) et d'une semoule (*sankhal*) de qualité telle que leur promotion auprès des consommateurs urbains et périurbains amène ces derniers à les accepter et à les intégrer davantage dans leur alimentation.

Les pouvoirs publics ont eu aussi à supporter en 1986 un programme confié au Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA) consistant à mener la promotion des céréales locales par le biais de l'implantation d'unités semi-industrielles de transformation dans des centres urbains et gros villages. Ce programme a consisté en la sélection d'opérateurs économiques que le CSA équipe en machines (tarare polycéréales, décortiqueuse, broyeur à marteaux, ensacheurs, etc.), approvisionne en matières premières et encadre aux plans technique et commercial. Les promoteurs sont chargés de construire et d'aménager les locaux devant abriter les machines qui restent la propriété du CSA. Les opérateurs économiques sont liés au C.S.A. par un contrat les obligeant à fournir toute information utile au suivi et à l'évaluation des unités.

Ces unités semi-industrielles dont certaines sont encore en fonctionnement, fabriquent et commercialisent de la farine (*soungouf*) et de la semoule (*sankhal*) emballées dans des sachets en polyéthylène. Le programme du CSA a catalysé l'apparition en zone urbaine de ce type d'unités semi-industrielles qui ont eu à interpeller la recherche sur des besoins de diversification de leur production.

C'est dans ce contexte qu'un programme financé en 1994 par le CRDI et exécuté par ITA s'est intéressé à la mécanisation des opérations conduisant aux produits de seconde transformation. Ce programme basé sur la mécanisation de la production d'*arraw* (granulé préparé à partir de la farine de mil) a eu comme objectifs de:

- mieux connaître la taille et les contraintes du marché de l'*arraw* de mil ;
- développer et tester au niveau laboratoire une technologie appropriée à la fabrication d'*arraw* de mil ;
- tester à l'échelle pilote une technologie appropriée à la fabrication de l'*arraw* de mil et déterminer les conditions optimales de produc-

527

tion et de commercialisation en vue d'assurer un transfert réussi à des promoteurs.

Cette dernière phase est actuellement en cours auprès de cinq (5) entreprises dont quatre (4) ont accepté après une période test de six (6) mois, de rembourser en vingt (20) trimestres le coût des éléments constitutifs de la technologie transférée (granulateur, calibreur et séchoir à gaz, soude-sac et balance).

Les nécessités d'amélioration de la qualité des produits de ces entreprises de transformation des céréales locales ont fait naître des besoins de renforcement en équipement de nettoyage des matières premières (épierreur) et d'amélioration des décortiqueuses abrasives. Ces besoins ont été récemment pris en compte dans le cadre du Projet P5-ROCAFREMI démarré en 1998.

Il est à signaler que le développement de ces entreprises de transformation du mil au Sénégal bénéficie d'un contexte particulièrement favorable avec la mise en œuvre de deux programmes de promotion des céréales locales dont l'un est financé par le CILSS (PROCELOS) et l'autre par l'Union Européenne (P.P.C.L.). L'appui de ces deux programmes concerne les entreprises artisanales, semi-industrielles (petites unités), industrielles (minoteries, boulangeries, biscuiteries) et de restauration qui évoluent dans la transformation des céréales locales (mil, maïs, sorgho) et du niébé.

Conclusion

Le Sénégal a accompli des progrès assez significatifs dans la rationalisation des technologies endogènes touchant le mil, dans l'adaptation de technologies et dans la promotion de petites et moyennes entreprises de transformation. Ceci grâce aux efforts conjugués des centres de Recherche/Développement, du secteur de l'artisanat, des industries de construction mécanique et à l'appui des partenaires au développement.

L'approche volontariste a permis d'enregistrer des résultats assez encourageants dans l'implantation de petites et moyennes entreprises de transformation de mil techniquement et économiquement viables. D'année en année le nombre des entreprises ne cesse de croître de même que les quantités de produits proposés à la vente et leur chiffre d'affaire.

Afin de maintenir cette tendance et de sauvegarder les acquis et de les renforcer, les entrepreneurs semi-industriels de ce secteur se sont regroupés en un « Groupement d'Intérêt Économique » (G.I.E.) qui compte une vingtaine de membres.

En terme d'expérience en matière d'implantation de petites et moyennes entreprises de transformation des céréales locales beaucoup de choses ont été accomplies au Sénégal mais beaucoup reste à faire. Avec de la volonté, du travail et de l'imagination, les chercheurs et les opérateurs économiques ont un beau challenge à relever, celui de la sécurité alimentaire.

Contribution à la valorisation des produits agroalimentaires locaux dans les pays saheliéns

Mamadou Diouf

Introduction

Permettez-moi tout d'abord de féliciter les organisateurs, au nom de Madame le Secrétaire Exécutif du CILSS et en mon nom personnel, pour la pertinence du thème de l'atelier qui matérialise une approche filière novatrice, ainsi que les responsables du Programme INTSORMIL qui ont très tôt compris que mils et sorghos sont intimement liés pour le producteur et le consommateur de l'Afrique sub-saharienne, particulièrement au Sahel.

En effet, les responsables du programme et les organisateurs de l'atelier ont compris que les objectifs visés ne seront atteints qu'en associant tous les acteurs de la filière, de la production agricole, à l'utilisateur final en général et du consommateur en particulier. Cette approche est certainement un des meilleurs moyens de valoriser les efforts et les résultats de la recherche agronomique qui doit toujours rester en éveil pour maintenir le niveau de performance des variétés créées qui de plus en plus devraient être perçues comme des matières premières et non des produits finis. Ainsi, la valorisation des productions agricoles par la transformation et l'accroissement de l'utilisation, de la consommation en particulier constitue un domaine de convergence favorable au développement de synergies entre le programme INTSORMIL et le projet PROCELOS du CILSS.

Objectifs et approche du PROCELOS

Dans le cadre de son programme majeur politique de sécurité alimentaire, le CILSS cherche depuis une dizaine d'années à soutenir, à travers son projet régional PROCELOS, la valorisation des produits agro-alimentaires locaux ainsi que le secteur de la transformation par des actions de :

- Promotion de la consommation ;
- Amélioration des connaissances du secteur de la transformation ;
- Transfert et promotion de technologies appropriées ;
- Appui au développement de produits de type nouveau à base de céréales, fruits et légumes, produits de l'élevage et de la pêche, mieux adaptés aux types de consommation moderne ;
- Sensibilisation sur la valeur nutritive et la qualité des produits.

Ces types d'actions ont été retenus plutôt que de chercher à encourager systématiquement les contingentements et les restrictions sur les importations dans le but de contribuer à la mise en place de conditions permettant aux opérateurs économiques d'offrir des produits locaux correspondant aux goûts et au pouvoir d'achat des consommateurs. Les pays du Sahel ont compris en effet, depuis la fin des années 1980 que les règles du commerce international et les tendances de la solidarité internationale d'une part,

529

l'urbanisation rapide et la recherche de diversification et de modernisation d'autre part, leur imposaient de rapprocher l'offre alimentaire des exigences de la demande urbaine. Le CILSS a dès lors choisi d'agir sur le levier de la transformation. A cet effet, l'objectif stratégique est *« l'augmentation significative de la place des produits locaux dans les modes de consommation des populations »* tandis que l'objectif opérationnel des trois dernières années était *« l'augmentation de certains produits agro-alimentaires transformés (PAAT) et l'amélioration de la valorisation »*. Pour ce faire, le CILSS devait œuvrer à ce que les résultats suivants soient atteints au terme de la période qui s'achève :

- Certains PAAT concurrentiels soient mieux connus et plus attrayants pour les consommateurs ;
- L'environnement socioéconomique, juridique et réglementaire des entreprises du secteur soit amélioré ;
- Les opérateurs économiques du secteur soient mieux organisés et plus performants pour satisfaire la demande et prendre en charge la promotion du secteur et la défense de leurs intérêts ; et
- La qualité de l'offre en PAAT soit améliorée.

Principales réalisations du PROCELOS

Le projet voulant surtout avoir un rôle de facilitation, a beaucoup travaillé en partenariat avec certains acteurs, développé des synergies avec d'autres dans la réalisation de ses programmes d'activité et mené seul certaines actions.

Les actions menées par les différents organes du PROCELOS ont abouti à :

- mieux faire connaître les PAAT mis au point par la recherche et d'autres acteurs. Ainsi, les semoules, farines et autres produits tels que le couscous et les aliments pour enfants, globalement compétitifs sont mieux présentés et plus attrayants comme en témoigne leur présence dans les rayons de grandes surfaces modernes, des boutiques de quartiers, des pharmacies et même leur exportation vers certains pays du Nord.
- le développement du marché des PAAT (augmentation des ventes et parfois difficultés à satisfaire la demande solvable).
- l'édition et la diffusion de livrets de recettes culinaires dont l'évaluation de l'impact sur la consommation (faite au Sénégal) a été positive. Certaines de ces recettes ont été communiquées à la FAO, à sa demande, pour exploitation par son programme INPHO en vue d'une diffusion sur Internet.
- des réflexions qui ont été menées pour mieux appréhender les problèmes de l'emballage et identifier des solutions à court et moyen termes dont la mise en œuvre est en cours dans certains pays alors que des pistes de solutions à long terme s'ouvrent dans la sous-région.
- l'état des lieux de l'environnement institutionnel économique et financier qui a été fait dans les pays avant l'implantation formelle du projet et dans certains de ces pays un approfondissement a été opéré et des propositions d'amélioration à plaider auprès des états sont en préparation.

- la création d'organisations professionnelles d'opérateurs de la transformation avec l'appui des Relais Nationaux du PROCELOS dans la filière céréalière et d'autres filières.
- une certaine tendance à l'accroissement du professionnalisme des acteurs avec l'appui et l'assistance des Bureaux-Conseil mis à leur disposition par le projet dans les pays.
- la publication de bulletins agro-alimentaires nationaux périodiques donnant des informations sur des sujets concernant aussi bien les transformateurs que les autres acteurs de la sécurité alimentaire.
- Une prise de conscience de l'importance de la qualité. Les résultats antérieurs et ceux en cours d'évaluation dans certains pays résulterant dans l'adoption de nor mes sub-régionales et de labels de qualité qui seront présentés aux gouvernements nationaux et aux entités régionales afin de satisfaire les exigences de qualité des citadins.

Problèmes et difficultés

Les principaux problèmes auxquels des solutions devraient être trouvées sont :

- le renforcement des capacités entrepreneuriales, notamment par l'organisation, la formation et l'information ;

- l'information pertinente en matière de résultats de recherche exploitables par les entrepreneurs de la transformation en collaboration et/ou en partenariat avec les chercheurs eux-mêmes ;

- une meilleure gestion de la qualité par les unités de transformation ;

- l'amélioration de l'environnement institutionnel de l'entreprise agro-alimentaire afin qu'il soit plus favorable à l'épanouissement et à l'innovation ;

- un système de financement des activités agro-alimentaires mieux adapté aux réalités des opérateurs économiques afin de lever les obstacles à l'accès au crédit.

Conclusions et recommandations

Le déficit alimentaire persistant, bien que globalement amoindri, comblé par les importations commerciales et l'aide alimentaire, a profondément modifié et parfois bouleversé mais surtout extraverti les habitudes alimentaires sous les effets conjugués des séquelles du colonialisme, des cycles répétés de sécheresse, des lois du commerce international, mais aussi et de plus en plus, des conditions de vie dans les villes.

Les problèmes de sécurité alimentaire vont se poser de plus en plus dans les centres urbains et les modes de consommation vont de plus en plus se moderniser dans les zones rurales avec leurs exigences inhérentes. Il est dès lors urgent que la valorisation des productions locales soit accrue pour en développer davantage la consom- mation. Il nous semble que c'est le meilleur moyen de stimuler la production, à condition que dès l'étape de création d'une variété, le

chercheur la destine à une utilisation donnée. L'utilisation devrait correspondre à un besoin identifié ou, encore mieux, exprimé par les utilisateurs potentiels.

Les efforts fournis par la recherche ont abouti à des résultats qui, bien qu'insuffisamment connus par ceux qui ont vocation de les valoriser, constituent un capital potentiel en mesure de satisfaire l'essentiel des besoins alimentaires. Ce constat nous conforte, au PROCELOS, dans notre ferme conviction que la bataille de la sécurité alimentaire ne sera certainement gagnée qu'avec des produits locaux, de façon durable tout au moins, car on gagne rarement une guerre avec les armes des autres.

Facteurs et Recommandations Pour la Production de Semence

Lee House

Introduction

Le petit mil est la production végétale la plus importante du pays ; il est cultivé sur une superficie estimée à 4,8 millions d'hectares. Avec un emblavage juste en dessous deux millions d'hectares, le sorgho occupe la seconde place. Les rendements sont faibles de l'ordre de 350 à 400 kg/ha, mais ces céréales sont quasiment toujours produites dans les conditions sèches et chaudes de la culture sous pluie et sur des sols épuisés. L'agriculture est limitée à l'extrême sud du pays, essentiellement en dessous du 12° de latitude. Un très faible pourcentage des surfaces emblavées en sorgho est irrigué.

Recherche sur le sorgho

La sélection variétale a débuté au Niger dans les années 1950. Plusieurs variétés ont été mises sur le marché ; les hybrides ont été introduits mais ils ne sont plus cultivés en raison de la mauvaise qualité de la semence.

Il y a environ 15 ans, l'INRAN en collaboration avec l'INTSORMIL, a sélectionné des hybrides expérimentaux en vue de les évaluer dans le pays. Les hybrides les plus prometteurs ont aussi été mis en essais dans le West Africa Sorghum Hybrids Adaptation Trial (WASHAT - Essai ouest-africain d'adaptation des hybrides de sorgho). La production de nouveaux hybrides dans le cadre de cette coopération est poursuivie et leur évaluation dans le pays et dans la région fait partie des activités de recherche en cours.

En 1986, des essais systématiques de cultivars comprenant des hybrides, leurs parents et des contrôles locaux adaptés ont été entrepris et mis en place en plusieurs lieux du pays. Les hybrides présentaient par rapport aux variétés locales une augmentation moyenne des rendements de 61 % sous irrigation et de 49 % en culture sous pluie. Par rapport à leurs parents, les rendements des hybrides étaient accrus de 45 % en culture irriguée et de 66 % en culture sous pluie. Des essais supplémentaires ont confirmé la supériorité des hybrides indépendamment du lieu et des conditions de culture (sous pluie ou irriguée). En 1989, l'hybride Tx623A x MR732 a été inclus dans les essais régionaux de sorgho. Il s'est classé troisième sur vingt cultivars incluant des variétés locales comme contrôles, sur neuf sites d'essais situés en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso, au Cameroun, au Nigeria et au Niger. Le rendement moyen de l'hybride expérimental (1984-1992) était environ de 2 tonnes/ha. Les meilleurs hybrides ont produit jusqu'à 6,5 tonnes/ha là où les meilleures variétés locales utilisées comme contrôle n'ont jamais produit plus de 3,5 tonnes/ha.

En 1991, l'hybride Tx623A x MR732 a été commercialisé sous le nom NAD-1. Depuis sa mise sur le marché, cet hybride a été cultivé par de nombreux agriculteurs chez lesquels il a suscité une réponse enthousiaste mais pour lesquels il a

également soulevé la question de la disponibilité de la semence. En tant qu'hybride, NAD-1 pourrait servir à faciliter le processus de mise en place d'une industrie privée des semences. La mise en place de cette industrie garantirait que les agriculteurs puissent bénéficier des hybrides.

Le petit mil

Le petit mil est la plus importante céréale produite au Niger. Il est cultivé sur une superficie estimée à 4,8 millions d'hectares avec un rendement moyen de 380 kg/ha pour une production totale de 1,86 millions de tonnes. Toutes les variétés améliorées et recommandées de petit mil sont des variétés à fécondation libre sélectionnées par l'INRAN, et plus récemment par le centre sahélien de l'ICRISAT. Toutefois les superficies couvertes par ces variétés améliorées restent très faibles.

La découverte de la stérilité mâle cytoplasmique (CMS) chez le petit mil et la sélection et la commercialisation de Tift 23A au début des années 60 ont permis la production d'hybrides simples (SCH, mâle stérile × lignée pure) en Inde et ont contribué à des augmentations spectaculaires des rendements. Bien que le mâle stérile Tift 23A ait été mis à la disposition des programmes de sélection en Afrique Occidentale au début des années soixante, les hybrides n'ont pas fait l'objet d'essais systématiques. Tift 23A n'était pas adapté aux conditions environnementales de l'Afrique Occidentale : floraison précoce, grande sensibilité au mildiou, absence de vigueur des plantules d'où une mauvaise germination suivie d'un mauvais peuplement et retours occasionnels à la fertilité. A cause de ces problèmes, la majorité des ressources n'étaient pas consacrées à la sélection d'hybrides simples SCH et seulement une recherche de type exploratoire portait sur les hybrides inter-variétaux ou top-cross (TCH, mâle stérile x variété à fécondation libre). Les hybrides de petit mil ont fait l'objet de travaux de recherche limités au milieu des années 80 au Sénégal, Mali et Nigeria.

Tous les programmes nationaux d'amélioration d'Afrique Occidentale, sans exception, ont conclu qu'il serait difficile de sélectionner et de mettre en essai des hybrides de petit mil dans la région à moins que des lignées mâle-stériles adaptées deviennent disponibles. C'est pourquoi, la sélection de lignées mâle-stériles adaptées et celle d'hybrides top-cross (lignée A x variété à fécondation libre) à l'ICRISAT-Niger sont un énorme pas en avant qui ouvre la porte à d'innombrables possibilités de sélection de meilleurs hybrides. L'ICRISAT, en collaboration avec les programmes nationaux et le réseau mil (ROCAFREMI), a accompli des progrès en ce qui concerne :

- Le développement de parents femelles adaptés (lignée mâle-stérile) pour la sélection d'hybrides.
- La démonstration de la supériorité des hybrides en termes de rendement en grain et de résistance aux maladies au moyen de croisements avec un même testeur (lignée A x variétés à fécondation libre).
- La meilleure performance des hybrides par rapport aux variétés à fécondation libre dans des conditions de stress hydrique ou de faible fertilité, les deux principaux

facteurs limitant la production de mil au Niger.

- La mise à disposition de lignées mâle-stériles qui permet désormais de combiner l'adaptation des variétés populations locales aux conditions de déficit hydrique et de faible fertilité des sols à un meilleur rendement potentiel. Les hybrides semblent être le moyen le plus facile pour rapidement et efficacement intégrer la tolérance aux facteurs de stress et l'augmentation du rendement potentiel. La variabilité présentée par les variétés populations nigériennes de petit mil représente environ 80 % de la variabilité conservée dans la Collection Mondiale.
- Les observations sur les parcelles de multiplication de semence hybride qui ont montré que la synchronisation entre la floraison du parent mâle-stérile et des parents mâles (pollinisateur) était optimum, les parents mâles fleurissant une semaine à 10 jours avant le parent femelle mâle-stérile. Le tallage n'était pas synchrone chez le parent femelle, l'apparition des stigmas sur la talle principale étant de 10 à 20 jours antérieure à celle sur les talles secondaires. Le grand nombre de talles par plante a assuré qu'il y avait suffisamment de pollen pour féconder tous les épis femelles.
- Pour un rapport plantes femelles à plantes mâles de 4:2 (qui paraît optimum), le rendement en semence hybride était estimé à 620 kg/ha et le rendement en semence du pollinisateur à 700 kg/ha. Nos calculs préliminaires ont montré que des profits compris entre 650 et 850 dollars américains pouvaient être attendus d'un hectare de production de semence hybride (en posant par hypothèse 200 francs CFA pour un kg de grain, 800 francs CFA pour un kg de semence hybride et 400 francs CFA pour la semence en fécondation libre du pollinisateur).
- Il faut remarquer que la production d'hybrides top-cross permet de récolter deux productions de semence à partir d'un même champ, la semence hybride et la semence du parent mâle. Les producteurs de semence peuvent vendre la semence du parent mâle qui en général est de meilleure qualité d'où une valeur marchande accrue de la production des rangs mâles.
- L'ICRISAT a rassemblé un grand nombre de données concernant les exigences des hybrides top-cross, et la nécessité d'obtenir des résistances durables au mildiou. Un essai régional des hybrides de petit mil (Regional Pearl Millet Hybrid Trial) a été mis en place en collaboration avec le réseau de recherche sur le mil en Afrique Occidentale (ROCAFREMI). Il est espéré que cet essai permettra l'identification de combinaisons hybrides supérieures.
- Une formation à la production de semence s'avérera nécessaire. Les étudiants et les techniciens du Niger ont été formés à la production et à l'évaluation des lignées mâle-stériles et des hybrides.

535

Possibilités de production commerciale de semence hybride au Niger

L'expérience acquise jusqu'à présent souligne l'importance de l'irrigation pour assurer la floraison simultanée du parent femelle et du parent mâle et un bon rendement en semence de bonne qualité. Il est possible de reconnaître trois catégories de producteurs de semence :

Une première catégorie rassemble les agriculteurs à la tête d'exploitations relativement importantes comprises entre 50 et 300 hectares. Les possibilités d'irrigation sont en général limitées à 30 hectares et le plus souvent à une superficie moindre. Les propriétaires de ces exploitations sont presque toujours employés par le gouvernement ou des firmes privées.

Le second groupe correspond aux coopératives dans le périmètre irrigué. Il existe de nombreux aménagements irrigués dans le sud du pays, essentiellement le long du fleuve Niger (Birni N'Konni, Maradi, Diffa) qui sont regroupés sous le nom de périmètres irrigués. Ils sont gérés par des coopératives privées, l'ONAHA (Office National des Aménagements Hydro-Agricoles) assurant la supervision technique. Les superficies allouées à chaque agriculteur membre des coopératives sont petites, comprises entre un tiers et juste un peu plus d'un hectare. Les agriculteurs reçoivent une aide pour les intrants comme les engrais et l'eau d'irrigation et ils vendent leur production à travers la coopérative ce qui permet à celle-ci de récupérer le coût des intrants. La production de semence hybride de sorgho par les agriculteurs a très bien réussi sur plusieurs périmètres irrigués. Jusqu'à présent la semence a été vendue au sein du périmètre, mais il existe un marché à l'extérieur du périmètre.

Le troisième groupe comprend les petits exploitants agricoles des terres sèches. Les premières tentatives de production de semence par ces agriculteurs ont échoué mais il leur est possible de produire de la semence hybride en particulier dans les régions productrices de riz où l'irrigation est possible. Pour le moment ces agriculteurs produisent la semence d'oignons et d'autres légumes. Ce groupe pourrait être considéré pour la production de semence sous contrat.

Globalement, la capacité de production de semence hybride de sorgho et de petit mil existe. Il faut aussi prendre en compte l'enthousiasme des agriculteurs pour la production de semence en raison des bons profits monétaires réalisés par les agriculteurs producteurs de semence de NAD-1.

L'INRAN a participé et continue à participer à la production de semence de NAD-1. Cette participation est considérée comme temporaire et a pour objet de fournir la semence et de présenter les techniques aux agriculteurs et aux producteurs de semence potentiels. Les superficies pour la production de semence de NAD-1 sont déjà plus importantes dans le secteur privé qu'à l'INRAN. Même si l'INRAN a la responsabilité de la production de la semence de base, trois personnes privées produisent de la semence de Tx623A cette année.

Il semblerait qu'il n'existe aucune contrainte limitant les possibilités de production par le secteur privé de la semence de prébase et de la semence de base des hybrides sélectionnés par INRAN/INTSORMIL/ICRISAT.

536

A l'heure actuelle, la demande de semence de NAD-1 dépasse largement l'offre et depuis 1995 la semence de NAD-1 se vend à 700-800 Fcfa/kg soit 4 à 8 fois le prix du grain.

Pour démarrer

L'INRAN est un institut public de recherche avec une capacité limitée de production et de distribution des semences. Il n'existe pas à proprement parler de structure responsable de la production de la semence hybride. Les premiers efforts ont consisté à stabiliser la production de semence et à identifier les personnes intéressées dans cette production ; ils ont été appuyés par plusieurs membres du personnel de l'INRAN et conseillers. En 1995, 750 kg de semence de NAD-1 ont été produits, la production s'est accrue en 1996 et en 1997 s'élevant respectivement à 1400 kg et 7100 kg. Sur la base d'observations visuelles, il est estimé que la production de semence de NAD-1 a atteint environ 26000 kg en 1998. Le nombre des producteurs a aussi augmenté de 6 en 1995 à 43 en 1998, les producteurs privés passant de 3 à 15, et les producteurs dans les coopératives de 0 à 24.

Il a été conseillé aux nouveaux producteurs de se limiter au départ à un demi-hectare de production de semence en raison de leur manque d'expérience. On craint que l'industrie des semences n'ait pas été bien comprise. La mise en place d'une unité semence à l'INRAN et la formation d'une association de producteurs de semence pourraient permettre de constituer le capital de départ nécessaire au démarrage de cette industrie. Les banques et certaines organisations hésitent à prêter de l'argent car elles ne comprennent pas la différence entre semence et grain.

Formation

Deux sessions de formation d'une journée chacune ont été organisées en 1997, 50 personnes y ont participé. Un manuel de formation a été mis à la disposition par l'INRAN/INTSORMIL. Avant les semis, six cours de formation auxquels 250 personnes ont participé ont été organisés. En raison de la forte demande pour le manuel de formation, il est maintenant proposé de le compléter avec des informations concernant la gestion d'une culture pour la semence, la pathologie et l'entomologie.

La possibilité de mise en place d'un centre de formation a été discutée et des plans ont été proposés mais ils restent à concrétiser. Sont aussi actuellement discutées l'expansion du programme de formation afin qu'il comprenne des travaux pratiques, une formation des agriculteurs et des démonstrations en champs ainsi que l'installation d'une bibliothèque dotée de toute l'information relative à la production de semence, aux normes et à la certification, aux équipements de traitement et conditionnement des semences, au stockage des semences et aux besoins des usines de traitement et conditionnement.

L'avenir proche

A l'heure actuelle de nouveaux hybrides de sorgho sont en cours de sélection dans le cadre de la coopération INRAN/INTSORMIL tandis que le Centre Sahélien d'ICRISAT travaille à la sélection d'hybrides de petit mil.

La mise en place d'un comité de mise sur le marché des nouvelles variétés devrait être considérée afin d'évaluer la supériorité et/ou l'adaptation des cultivars aux différents environnements.

537

Un tel comité pourrait aussi équilibrer le nombre de cultivars mis sur le marché.

Jusqu'à présent, on s'est efforcé de stabiliser la production de semence et d'identifier et de former des producteurs de semences. Le programme parviendra bientôt ou en est déjà à un stade où d'autres considérations telles que le traitement et le conditionnement des semences, la mise en place de lois régissant les semences et celle d'un programme de certification volontaire des semences et la formation à la commercialisation des semences deviendront importantes. Il faut remarquer que le Ministère de l'Agriculture est seulement superficiellement informé des efforts de mise en place d'une industrie des semences. Maintenant que cette possibilité semble se concrétiser, il serait fort utile que le Ministère mette en place une politique reconnaissant et encourageant le développement d'une industrie des semences dans le secteur privé.

Il est aussi escompté qu'avec l'augmentation de la production de sorgho et de petit mil, il devienne nécessaire de trouver de nouvelles façons d'utiliser ces céréales comme aliments et comme fourrages.

Objectifs

- Continuer la recherche pour sélectionner des hybrides de sorgho et petit mil de maturités très variées afin de disposer d'hybrides adaptés aux saisons agricoles plus courtes telles qu'à Diffa et d'hybrides adaptés aux saisons agricoles plus longues du sud autour de la région de Bengou. Il faut également améliorer la qualité du grain des hybrides et dans le cas du sorgho obtenir des hybrides moins sensibles au charbon.
- Accroître la production expérimentale d'hybrides de petit mil de façon à disposer de plusieurs tonnes de semences en vue de démonstrations chez l'exploitant. L'objet de ces démonstrations serait de gagner le soutien enthousiaste des agriculteurs et de créer une demande pour l'industrie des semences.
- Traiter et conditionner la semence qui a été certifiée par un programme de certification volontaire.
- Etendre la formation et l'éducation aux producteurs de semence, à leur personnel administratif et aux agriculteurs. La formation porterait sur la production, le traitement/conditionnement, le contrôle de la qualité, la commercialisation et les utilisations.
- Mettre en place un centre de formation desservant le Niger et les autres pays de l'Afrique Occidentale que les producteurs de semence utiliseraient pour s'établir et entretenir leurs installations. Ceci pourrait constituer une des fonctions de l'Unité semence.
- Mettre en place une Unité semence indépendante ou un service national des semences au sein de l'INRAN qui assurerait toute une gamme de fonctions. L'Unité semence devrait avoir un budget suffisant pour pouvoir de fait soutenir et encourager la mise en place et la croissance à venir du secteur privé.
- Assurer la formation des producteurs de semence et de leur personnel, apporter une assistance technique aux nouveaux producteurs, contribuer à la mise en

place de programme de contrôle de la qualité (servir d'unité opérationnelle d'application des stipulations de la législation sur les semences), aider à la réanimation du laboratoire de semence et des mini laboratoires associés aux installations de traitement/conditionnement des semences mises en place par le programme précédent (1976-1986) et aider à la mise en place d'une Association de Producteurs de Semence. Cette Unité semence pourrait constituer une source d'informations techniques relatives à l'industrie des semences et pourrait attirer des experts de l'extérieur, collaborer avec les donateurs en vue de soutenir les activités semences au Niger et coopérer avec le gouvernement sur les questions relatives aux semences.

Il est proposé de doter l'Unité semence d'un comité superviseur comprenant environ 20 membres qui se réunirait deux fois par an. La composition de ce comité serait la suivante :

- Directeur scientifique de l'INRAN
- Cadres supérieurs de l'Unité semence (le chef de l'Unité semence serait le président du comité)
- Un membre de l'Unité liaison entre l'INRAN et les services de conseil agricole
- Deux sélectionneurs de l'INRAN (d'autres scientifiques peuvent être invités aux réunions quand ils peuvent y contribuer)
- Directeurs des stations de recherche de l'INRAN
- Deux conseillers agricoles
- Deux producteurs de semence privés dont un représenterait l'Association des producteurs de semence
- Un représentant de l'ONAHA
- Un représentant de l'ICRISAT
- Deux ou trois agriculteurs

A l'heure actuelle l'INRAN a accepté que l'Unité semence fasse partie de son organisation mais il faut encore que le Ministère l'approuve. Cette question doit être résolue pour que le développement de l'unité puisse commencer.

- Encourager l'établissement d'une Association de producteurs de semence. Une fois établie, l'Association assurerait la mise en place des programmes de certification des semences, la gestion des fonds fournis par les participants et les donateurs dans le but de prêter des capitaux afin d'aider les nouveaux producteurs à démarrer et tiendrait des séminaires auxquels participeraient des banques, des ONG, des ministères et autres personnes sur des sujets liés à l'industrie des semences, à la commercialisation et au stockage des semences. L'Association pourrait aussi encourager les bonnes pratiques commerciales en soulignant en particulier la qualité des semences, et collaborer non seulement avec le gouvernement sur les questions relatives à l'industrie des semences mais avec les entreprises internationales de semence ayant des intérêts au Niger. Elle devrait aussi offrir des stages de courtes durées à l'étranger aux organisations de semence. Une autre fonction consisterait à aider au financement d'un voyage d'étude par 8 à 12 personnes dans 3 à 5 pays possédant une industrie des

539

semences bien établie. Les participants au voyage d'étude comprendraient plusieurs producteurs de semence privés, le Ministre, un membre d'une institution financière et des experts de l'INRAN.

- Les démonstrations en exploitation devraient être encouragées afin d'illustrer les augmentations de rendement résultant d'une meilleure gestion de la culture puisque les hybrides répondent en général mieux aux investissements en gestion.
- Alors que les efforts de production de semence hybride de sorgho sont encore modestes, de nombreux problèmes ont été rencontrés. Les chutes de pluie sur les épis récoltés augmentent l'humidité du grain d'où une diminution pendant le stockage de la capacité à germer. Il est urgent d'équiper plusieurs sites du pays avec des installations de séchage des semences.
- Il faut étudier les possibilités de production de semence hybride par les petits exploitants sur les périmètres irrigués.

Résolutions du groupe de travail relatives à la production de semence

Il est proposé de financer un projet pendant une période d'au moins 10 ans qui pourrait être subdivisée en deux tranches de 5 ans chacune. Divers donateurs pourraient financer différents aspects du projet. Les grandes lignes du programme y compris son budget sont décrites ci-après. Cette proposition est présentée pour être considérée et susciter des commentaires.

Personnel

Les membres du personnel qui pourraient faire partie de l'Unité semence sont :

- Administrateur général du projet, de la production et du conditionnement des semences
- Fonctionnaire responsable de la certification et de la législation sur les semences
- Ingénieur
- Responsable de formation
- Scientifique travaillant sur les utilisations du grain
- Jusqu'à 20 techniciens pour assister l'essor de l'industrie des semences dans tout le sud du pays
- Conseillers agricoles spécialisés dans la qualité des semences, la commercialisation et l'utilisation. Il est escompté que ces conseillers seront embauchés sur la base de contrats renouvelables
- Secrétaires et autres personnels administratifs

Il est aussi suggéré que jusqu'à 8 personnes soient formées à l'étranger et que 70 personnes environ reçoivent sur place une formation à court terme comprenant des voyages d'étude.

- Fournir un capital de départ aux nouveaux producteurs de semence à travers l'Association.

Compte-rendu du projet pilote sur l'utilisation du sorgho et du mil

Rapporteurs I. Akintayo et J. Ndjeunga

Le groupe Utilisation, dirigé par M. Diouf a d'abord examiné les contraintes s'opposant à l'expansion de la transformation industrielle du mil et du sorgho, puis il a formulé des recommandations visant à abolir ces contraintes. Les contraintes qui ont été étudiées sont :

La faible qualité du grain
L'irrégularité de l'approvisionnement en grain et la variabilité des prix
L'inadéquation des équipements de transformation
Le manque de formation et la mauvaise circulation de l'information

Le pourquoi des contraintes identifiées

Contrainte 1

La réussite de toute industrie de transformation du mil et du sorgho dépend de la bonne qualité du grain aussi bien en termes de pureté physique que d'adaptation à sa transformation dans les produits finaux. Du grain dont on a éliminé toutes les impuretés physiques, de taille uniforme, etc., est nécessaire parce que il est plus facile à transformer. Sinon les coûts du conditionnement industriel sont trop élevés et la qualité du produit final peut être altérée (sable, résidus de cendres et haute teneur en lipides). Il est par ailleurs important que les variétés de grain utilisées correspondent au choix des industriels de l'alimentation et à celui des consommateurs. Il faut également standardiser la qualité du grain dans la sous-région.

Contrainte 2

L'irrégularité de l'approvisionnement en grain ainsi que la grande variabilité du prix du grain peuvent décourager les investissements dans l'industrie alimentaire.

Contrainte 3

L'équipement actuellement disponible en Afrique Occidentale et Centrale ne convient pas à la transformation industrielle du sorgho et du mil. Au cours d'une réunion récente de ROCAFREMI, cette carence a été reconnue comme une contrainte primaire. La médiocrité de l'emballage et de la présentation du produit final a aussi été associée à un attrait moindre auprès des consommateurs.

Contrainte 4

Les industriels ne sont pas bien formés aux techniques actuelles de l'industrie alimentaire. Par conséquent les produits sont souvent de mauvaise qualité. De plus, le manque d'organisation au sein des industriels de l'alimentaire limite leurs possibilités de collaboration avec leurs partenaires tels que les agriculteurs.

54'

les chercheurs et les preneurs de décisions. Il est aussi nécessaire que les réseaux et l'INTSORMIL échangent l'information afin d'éviter les redondances.

Recommandations

Afin d'assurer la qualité du grain, des contrats optimaux doivent être passés entre les industriels et les agriculteurs selon lesquels les producteurs reçoivent des primes pour la qualité du grain et les industriels obtiennent du grain de haute qualité. Par ailleurs les améliorateurs doivent dès le départ sélectionner des variétés adaptées aux besoins des industriels et correspondant aux goûts des consommateurs. La qualité du grain dans la sous-région doit être standardisée (en cours de réalisation pour le mil par l'intermédiaire de (ROCAFREMI). Enfin à titre d'exemple, la semence hybride permet d'augmenter la production de grains uniformes (en taille et couleur) qui sont nécessaires pour faciliter la transformation industrielle et produire des produits alimentaires de haute qualité.

L'équipement existant servant à la transformation industrielle du blé doit être modifié et adapté à celle du sorgho et/ou du mil. Mais il doit être offert aux industriels à bas prix et en même temps améliorer la performance de l'équipement existant.

Il faut d'une part faciliter l'échange d'information entre les réseaux (ROCARS et ROCAFREMI) et l'INTSORMIL, et d'autre part, aider les industriels et favoriser une bonne collaboration avec les chercheurs.

Il est nécessaire de former les industriels de l'alimentaire aux meilleures techniques de transformation, à la gestion des petites entreprises et aux techniques de commercialisation promotionnelle.

Il faut aider à promouvoir les produits transformés au moyen de publicités de façon qu'ils soient perçus comme des « produits nouveaux ».

Transformation du Sorgho et du mil en produits à valeur ajoutée

Adam Aboubacar et Bruce Hamaker

Introduction

Bien que le sorgho et les mils soient des denrées de base dans de nombreux pays africains, leurs dérivés industriels sont rares sur les marchés citadins ou ruraux. A l'inverse, les produits importés à base de blé ou de maïs sont faciles à trouver en particulier dans les centres urbains. Dans de nombreux pays africains on tente à l'heure actuelle de transformer le sorgho et les mils en produits industriels. Les objectifs à long terme de ces projets de transformations sont de réduire les importations de denrées alimentaires dans les pays producteurs de sorgho et de mil, de faire profiter les entrepreneurs locaux en leur offrant des produits à valeur ajoutée et d'offrir un autre débouché aux agriculteurs leur permettant de vendre leur surplus.

Le tableau 1 énumère certains des produits à base de sorgho ou de mil ayant un potentiel commercial. En raison de ses multiples usages, la farine est le dérivé le plus important tiré du sorgho et des mils. La farine est le plus souvent consommée sous forme de bouillies épaisses ou liquides. La transformation traditionnelle de la farine en couscous est une pratique très courante en particulier dans le Sahel. Plus tard dans le présent rapport, nous décrirons notre expérience de mise en place d'une petite unité production de couscous à l'INRAN. Les autres produits ayant un potentiel commercial sont les farines mélangées dont une fraction de la farine de sorgho ou de mil a été remplacée par de la farine de légumineuses (niébé, soja, arachide) ou de blé. Ces farines mélangées sont utilisées à la production d'aliments de sevrage et de produits boulangers tels que le pain et les biscuits. Au nombre des produits nouveaux et améliorés pouvant être dérivés du sorgho et des mils on compte, les pâtes, les nouilles, les chips, les produits précuits et les boissons. Des études à l'université du Texas A&M et au CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) ont montré qu'il est possible de faire des pâtes ou des nouilles acceptables à partir de farine mélangée sorgho blé.

Tableau 1. Produits avec un potentiel commercial.

Produits de transformation primaire
Grain décortiqué
Farine
Gruau
Produits de transformation secondaire
Couscous
Casse-croûte
Farine mélangée pour
Aliments de sevrage
Pains et biscuits
Pâtes et nouilles
Grain précuit
Galette
Grains éclatés soufflés
Boissons

543

Unité de production de couscous à petite échelle

Le couscous est un produit passé à la vapeur fabriqué à partir de farines de céréales. Les couscous de mil, de sorgho, de maïs et de fonio sont très courants en Afrique Occidentale, tandis que le couscous de blé dur se rencontre essentiellement en Afrique du Nord. La production de couscous est un processus long et laborieux. Les différentes phases de la production comprennent le broyage du grain en farine, le mélange de la farine avec de l'eau, la transformation du mélange farine-eau en graines de couscous, le passage à la vapeur et le séchage. L'étape la plus critique de ce processus est la formation des graines de couscous. Elle est traditionnellement accomplie manuellement en roulant le mélange de farine et d'eau jusqu'à ce que les graines de couscous se forment. Un autre procédé traditionnel consiste à faire passer le mélange farine–eau à travers un tamis pour produire les graines de couscous. Cette étape a été partiellement mécanisée pour la production industrielle de couscous à petite échelle en Afrique Occidentale grâce à la construction de deux agglomérateurs de farine (Richard, 1993 ; Anonyme, 1995).

Avec le financement INTSORMIL, une petite unité de production de couscous a été récemment mise en place à l'INRAN à des fins de recherche et de démonstration aux entrepreneurs, ONG et coopératives. Cette unité peut aussi servir à produire de la farine ou du gruau à partir des céréales cultivées localement. Elle est équipée de plusieurs grosses machines : une de décorticage des grains, un moulin, un agglomérateur de farine et un séchoir solaire. Toutes ces machines peuvent être obtenues ou fabriquées en Afrique Occidentale.

Recherches sur le couscous de sorgho

Un projet de recherche a été entrepris à l'université de Purdue afin de déterminer les propriétés essentielles du grain et de la farine qui contrôlent la qualité du couscous de sorgho. Des grains de huit cultivars de sorgho cultivés à West Lafayette, IN, ont été décortiqués afin d'éliminer 20 % des enveloppes extérieures du grain puis ont été moulus en farine. Les farines ont été transformées en couscous grâce à un procédé de laboratoire (Galiba et al., 1987) et comparées à un couscous de blé dur obtenu par un autre procédé de laboratoire (Debbouz et al., 1994) et à un couscous de blé dur industriel.

Rendement en couscous

Sidibe et al., (1981) ont établi que le critère de qualité le plus important pour le couscous au Mali est le rendement en produit final par rapport à la farine initiale. Le rendement en couscous dépend étroitement de la capacité des particules de farine agglomérées à conserver leur intégrité pendant le passage à la vapeur (Galiba et al., 1987). Notre recherche a mis en évidence que les farines de grains durs contenaient de larges fractions de particules grossières et d'amidon endommagé. De plus, elles donnaient des proportions plus élevées de graines de couscous de sorgho avec les propriétés désirées. Les cultivars P721Q et P851171 ont produit les plus grandes proportions de petites graines

indésirables de couscous. Ces deux cultivars produisent aussi le plus de cendre et ont la plus grande fraction de farine fine. Parce que la cendre est souvent utilisée comme un indicateur de la présence de son dans la farine, le faible rendement en graines de couscous désirées peut être due à la compétition pour l'eau entre l'amidon et le son, qui entraîne une réduction de l'eau disponible pour l'hydrolyse de l'amidon pendant la fabrication du couscous.

Couleur du couscous

Le couscous fabriqué à partir de sorgho est de couleur très variable allant du marron foncé au blanc crémeux suivant le type et la quantité de pigments présents dans la farine (Galiba et al., 1987). Le couscous de mil est d'une couleur plus sombre que le couscous de sorgho (Galiba et al., 1987) quoiqu'elle dépende aussi du cultivar utilisé et de la préparation de la farine. Toutes les farines de sorgho utilisées dans cette étude paraissaient blanches à la sortie du moulin. Une gamme de couleurs allant du marron au jaune est apparue une fois que les farines ont été transformées en couscous. Les changements de couleur sont apparus dès que les farines ont été mélangées avec de l'eau. Ces changements ont été accentués pendant le passage à la vapeur et le séchage. Humide, le couscous paraît plus clair qu'une fois sec. Ces changements de couleur sont sans doute dus à la présence de divers composés phénoliques dans les farines, ceux-ci étant responsables de la couleur des aliments à base de sorgho (Hoseney et al., 1981). Une étude des goûts que nous avons effectuée au Niger révèle que les consommateurs acceptent une large gamme de couleurs pour le couscous de sorgho quoiqu'ils aient une nette préférence pour les couscous blancs et jaunes. Le couscous de blé dur était plus jaune et plus clair que le couscous de sorgho. Parmi tous les cultivars de sorgho utilisés dans cette étude, SEPON82, IRAT-204 et NAD-1 ont donné un couscous d'une couleur comparable à celle du couscous de blé dur.

Texture du coucous

Un couscous de bonne qualité doit bien absorber la sauce et doit avoir des graines uniformes qui ne collent pas les unes aux autres et ne perdent pas leur intégrité quand elles sont cuites à la vapeur ou versées dans la sauce (Sidibe et al., 1981 ; Kaup et Walker, 1986). Les cultivars de sorgho ont donné des couscous avec des tendances à coller significativement différentes (Figure 1). Le caractère collant des couscous de sorgho cuits était positivement corrélé ($r = 0,89$, $P < 0,01$) à la quantité d'amidon endommagé dans la farine. Une molécule ramifiée d'amidon de faible poids moléculaire et soluble dans l'eau, extraite du couscous de sorgho a aussi été corrélée positivement ($r = 0,86$, $P < 0,01$) au caractère collant. Le couscous de sorgho colle plus que le couscous de blé dur. La dureté du couscous de sorgho variait moins en fonction des cultivars que le caractère collant (Figure 2). La dureté du couscous cuit était positivement corrélée ($r = 0,79$, $P < 0,05$) à la teneur apparente en amylose de la farine. Une addition de 2 % d'huile à l'eau de cuisson réduit considérablement le caractère collant et la dureté de certains couscous de sorgho qui sont alors comparables aux couscous de blé dur (Figures 1 and 2).

545

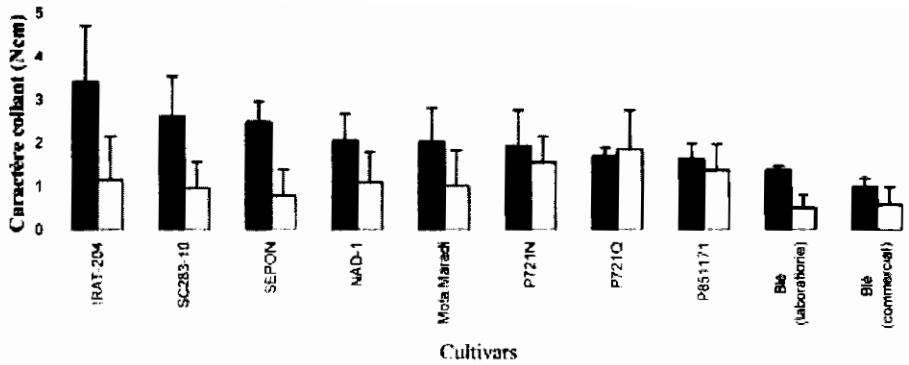


Figure 1. **Caractère collant du couscous de sorgho et de blé dur avec □ et sans ■ addition d'huile.**

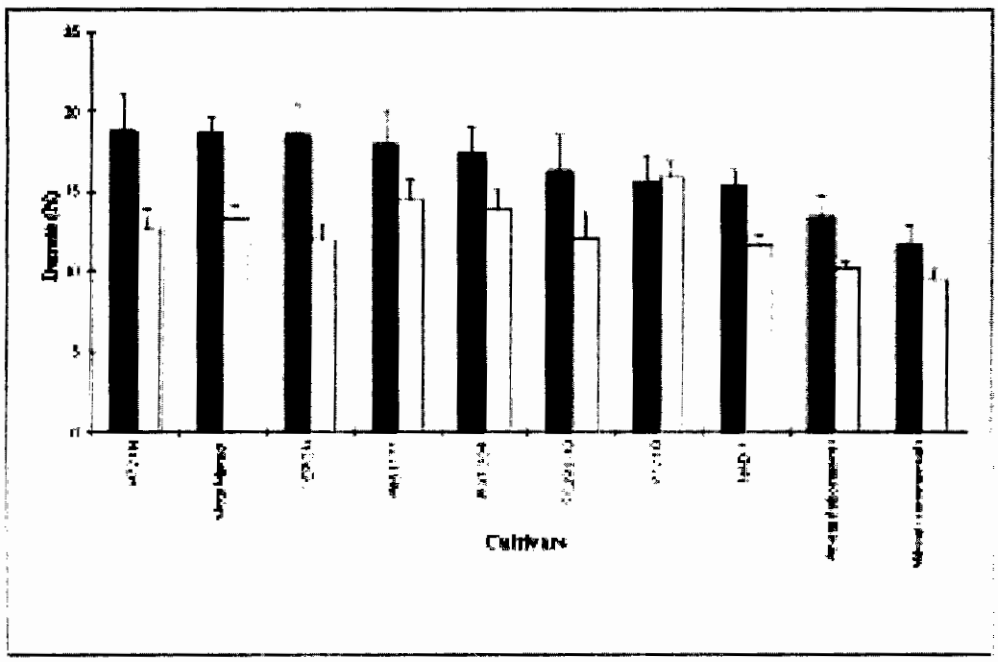


Figure 2. **Dureté du couscous de sorgho et de blé dur avec □ et sans ■ addition d'huile.**

5/6

Effets du taux de décorticage sur le rendement et la couleur des couscous de sorgho

Les grains de sorgho ont été décortiqués afin d'ôter 10, 20, 30 et 40 % des grains et moulus en farines qui ont servi à produire du couscous. Des effets significatifs du taux de décorticage (pourcentage de grain ôté) sur la distribution de la taille (Figure 3) et sur la couleur des graines de couscous ont été observés. Ainsi, de plus grandes quantités (30 – 55 %) de graines de couscous fines (<1 mm) ont été obtenues avec 10 % de décorticage tandis que 40 % de décorticage donnait de plus grandes quantités (10 – 40 %) de grosses graines (>2 mm) de couscous. Le rendement en graines de couscous (1 – 2 mm) était le plus élevé (60 – 90 %) pour les décorticages de 20 et 30 % suivant le cultivar. La légèreté de la farine et du couscous ont significativement augmenté avec l'accroissement du taux de décorticage.

Bibliographie

Richard, M. 1993. Fabrication des produits roulés à base des céréales tropicales: Mécanisation du malaxage et du roulage. Mémoire, DESS. Université de Montpellier II: Montpellier, France.

Anonyme. 1995. Projet transformation du mil, rapport n° 2. Institut de Technologie Alimentaire (ITA), Dakar, Sénégal.

Galiba, M., Waniska, R. D., Rooney, L. W., et Miller, F. R. 1987. The preparation of sorghum and millet couscous in West Africa. Cereal Foods World 32:878-884.

Debbouz, Dick, J., et Donneley, B. J. 1994. Influence of raw material on couscous quality. Cereal Foods World 39:231-236.

Sidibe, S., Diarra, M., et Scheuring, J. F. 1982. Sorghum couscous: Quality considerations. Pages 110-112 in: Proc. Int. Symp. Sorghum Grain Quality. L.W. Rooney and D. S. Murty, eds. ICRISAT: Hyderabad.

Hoseney, R. C., Varriano-Marston, E., et Dendy, D. A. V. 1981. Sorghum and millets. Pages 71-144 in: Advances in Cereal Science and Technology, Vol. 4. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN.

Kaup, S. M., et Walker, C. E. 1986. Couscous in North Africa. Cereal Foods World 31:179-182.

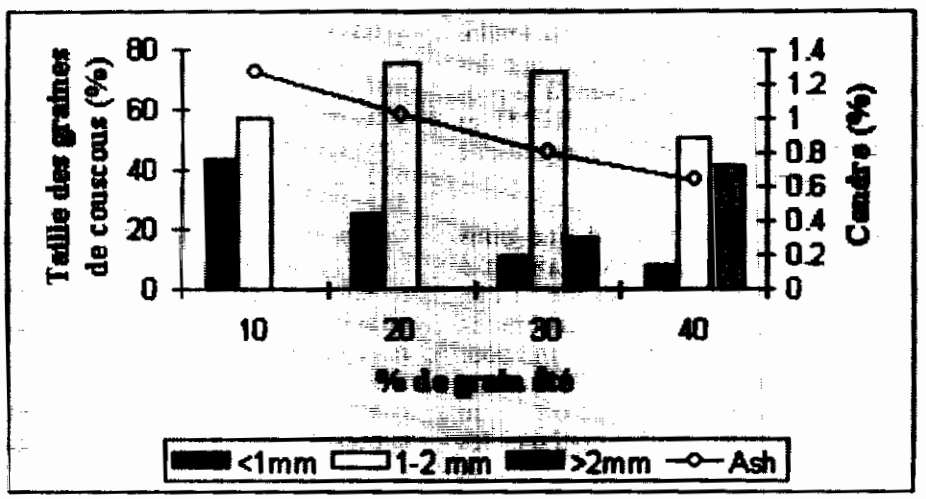


Figure 3. Effets du taux de décorticage sur la taille des graines de couscous et la teneur en cendre de la farine.

541

Débat

Bruce Hamaker

Alimentation humaine

Troisième Journée - Première séance

Hamaker à l'auditoire : Qu'est-ce qui fait qu'un produit est une réussite commerciale ? Quelles sont les limites, les contraintes et les réussites pour le producteur et les modes de technologie et commercialisation utilisés ?

N'Doye : Une des contraintes majeures est le coût des matières premières. Il doit être suffisamment bas pour donner un produit que les consommateurs aient le moyen d'acheter. Par ailleurs, il faut que les scientifiques et les industriels travaillent ensemble pour définir les emplois spécifiques de chaque variété de mil et de sorgho. Il faut que nous définissions des spécifications pour les matières premières, similaires à celles utilisées pour différencier les divers emplois du blé, les variétés de blé tendre servant à la boulangerie tandis que les variétés de blé très dur servent à la production des pâtes. ROCAFREMI et PROCELOS appliquent à l'heure actuelle de telles spécifications.

Jupiter : Il faut d'abord que nous disposions de variétés satisfaisant à chacune des utilisations. Ensuite, il faut disposer d'un approvisionnement régulier en grain de sorgho et de mil pour pouvoir maintenir une industrie alimentaire. L'autre problème est qu'un prix élevé du grain peut décourager les investissements. Du point de vue de la production, voilà les points dont il faut s'occuper.

Hamaker à Wolf : Du point de vue de l'entrepreneur (industrie alimentaire), quelles sont à votre avis les contraintes ? Que vous faut-il pour obtenir le produit désiré ?

Wolf : La contrainte la plus importante est l'approvisionnement régulier et continu en grain de bonne qualité.

Hamaker à Biago : Dans les faits, avez-vous recours à un contrat avec vos fournisseurs ou achetez-vous votre grain sur le marché ?

Biago : Au départ nous achetions le grain dont nous avions besoin sur le marché. Nous n'avions pas de contrat particulier avec des agriculteurs. Nous avons d'abord essayé notre produit pour voir s'il plaisait aux consommateurs. Il nous a fallu travailler avec les consommatrices locales parce qu'elles savaient quels types de farine ou de produits elles voulaient. Nous ne disposions pas de variétés pures. Il nous fallait utiliser ce que nous pouvions trouver sur le marché. Ce n'est que récemment que j'ai passé un contrat avec un agriculteur qui produit sur 75 ha, ce qui reste insuffisant pour moi. Et bien que je sois satisfait de ce contrat, il me faut donc continuer à m'approvisionner en grain auprès de mes anciens fournisseurs qui eux achètent leur grain sur le marché. Je pense que de nombreux agriculteurs seront motivés et produiront plus de grain s'ils sont assurés d'avoir un tel type de contrat. Les agriculteurs ne produisent

pas beaucoup de grain parce qu'il n'y a pas de débouché pour leurs excédents. Il faut que nous, les industriels, nous donnions une nouvelle confiance aux agriculteurs. Il faut aussi effectuer des tests de qualité et de valeur nutritionnelle sur les produits finaux. Le consommateur de l'Afrique Occidentale est très particulier en ce qui concerne la qualité. Il est vrai que la couleur est importante mais ce n'est pas le facteur le plus déterminant. La texture est beaucoup plus importante.

Berthe : Je voulais souligner que la qualité du grain est très importante. Au Mali, nous avons passé des contrats avec des agriculteurs spécifiant quel type de grain nous voulions pour un produit particulier. Nous nous sommes aussi assurés un approvisionnement constant et régulier en grain de bonne qualité afin de pouvoir opérer tout au long de l'année.

Fliedel : Je suis d'accord que la qualité du grain et l'approvisionnement régulier en grain sont importants. Au CIRAD, nous avons mis au point une technique expérimentale de fabrication de pâtes à partir de maïs exclusivement. Nous avons effectué quels essais de qualité de l'aliment au Sénégal et le produit a plu. Le problème majeur a consisté à acheminer le maïs de la Casamance où il est produit à Dakar. Le prix du maïs était si élevé que le projet a dû être abandonné. Le dernier point que je veux mentionner est la qualité de la farine. La plupart des moulins et des installations de décortication disponibles commercialement ne produisent pas de farine de bonne qualité. C'est pourquoi certaines femmes préfèrent encore décortiquer manuellement. Il faut que nous mettions au point de nouvelles techniques de transformation du grain en farine de qualité. Dr Gomez, scientifique de l'ICRISAT à Bulawayo, a essayé un type de moulin qui donne une farine de bonne qualité.

Fofana : Je vais parler du couscous. Au Niger, les habitants des villes préfèrent le couscous de riz ou de maïs. Nous avons un gros problème avec le couscous de sorgho, qui est dû à la pénurie en sorgho grain de bonne qualité. L'année dernière, en raison de la pénurie alimentaire, il y a eu toutefois une augmentation de la consommation de couscous de sorgho dans les villes. Et il existe aujourd'hui une grande demande pour le couscous de sorgho. Notre problème principal en tant que petite entreprise de transformation est celui de l'approvisionnement. Il nous est difficile d'obtenir du grain de bonne qualité sur le marché parce que les gros négociants achètent la majorité du grain de bonne qualité immédiatement après la récolte et nous laissent à nous les petits acheteurs que du grain de moindre qualité. De plus le grain que nous obtenons est souvent mélangé avec du sable. Nous avons aussi besoin d'un bon équipement pour assurer la transformation à petite échelle. Il existe une entreprise de transformation des céréales appelée FAMA qui utilise un équipement de bonne qualité pour produire du couscous de riz, maïs et sorgho. Par contraste, nous utilisons les méthodes artisanales traditionnelles pour produire notre couscous. En dépit de tous ces problèmes, nous produisons et commercialisons environ 100 kg de couscous de sorgho par jour. Un autre problème majeur est le séchage. Il faut trois jours pour sécher au soleil le couscous fabriqué de façon artisanale et ceci nous pose un problème de fermentation. Pour éviter la fermentation nous sommes obligés de réduire la production de couscous à 25 kg par jour. Ce niveau de production nous rend incapable de satisfaire la demande croissante pour le couscous qui est désormais vendu, je devrais le mentionner, dans plusieurs grandes surfaces.

Oumarou : Nous avons besoin de spécifications pour l'amélioration. Il faut que nous sélectionnions des variétés adaptées à chaque produit spécifique et qui soient faciles à transformer par les

549

équipements disponibles actuellement. Les petites entreprises de transformation qui sont actuellement utilisées au Niger ne produisent pas de la farine de bonne qualité parce que la plupart du temps, elles assurent à la fois la décortication et la mouture. Il y a aussi un problème de contrôle de la qualité. Parce que les moulins servent à moudre différents types de céréales, la farine d'un nouveau lot est souvent contaminée par la farine du lot précédent. La communication ou plutôt l'absence de communication entre les instituts de recherche et les entreprises agroalimentaires constitue un autre problème important. Nous savons que NAD-1 est maintenant accepté par les agriculteurs et est cultivé dans tout le Niger en dépit du problème posé par sa coloration. Le grain de NAD-1 est doté d'un péricarpe fin qui le rend plus facile à décortiquer. Mais parce que le grain a un endosperme dur, il faut plus de temps pour le décortiquer. La qualité de la farine de NAD-1 dépend de la région de culture. Quand il est cultivé dans la région plus aride de Tillabery, le grain de NAD-1 produit une farine aussi blanche que celle du blé. Mais quand il est cultivé dans la région plus arrosée de Gaya, cette variété de sorgho est plus sensible aux attaques d'insectes et à la moisissure du grain. Celles-ci entraînent une décoloration du grain et par conséquent une production de farine de moins bonne qualité. Une modification des dates de semis pourrait peut-être permettre de remédier à ce problème. J'espère et je souhaite qu'avec l'adoption de NAD-1, le Niger disposera d'ici quelques années d'un excédent de production en grain. Il faudra que cet excédent ait un débouché pour que les agriculteurs continuent à produire NAD-1 et l'adoptent de façon irréversible.

Sekou : Je représente SPNA, une entreprise de biscuiterie et de confiserie. Je voudrais tout d'abord remercier l'INRAN de nous avoir fort à propos invités à cet Atelier. Un des gros problèmes que nous rencontrons à SPNA est l'approvisionnement en matières premières. Quatre-vingt-dix à quatre-vingt-quinze pour cent des matières premières et des matériaux d'emballage que nous utilisons ici au Niger proviennent de l'étranger. Nos coûts de production sont très élevés. De plus en raison de la récente libéralisation du marché, nous faisons face à une grande concurrence de la part de produits similaires mais meilleurs marchés importés au Niger à partir du Nigeria, de la Côte d'Ivoire, du Ghana, de l'Arabie Saoudite et du Liban. Nous sommes par conséquent très intéressés par un approvisionnement local en grain et cet atelier est pour nous d'une extrême importance. Nous ne pouvons pas bien sûr utiliser ces céréales de façon non discriminée. J'ai donc été très heureux de voir aborder la question de la qualité du grain. Nous avons effectué quelques essais par le passé, d'emploi de la farine de sorgho pour la fabrication de biscuits. La qualité du produit obtenu était très faible en raison de la mauvaise qualité de la farine de sorgho utilisée pour cet essai. Nous demandons donc aux scientifiques d'essayer de nous fournir du grain de bonne qualité qui puisse servir à la production de biscuits satisfaisants. Plusieurs personnes ont soulevé la question de l'approvisionnement et des excédents en grain. Je voudrais mentionner qu'à SPNA, en dépit de la situation actuelle difficile dans laquelle nous nous trouvons, nous avons besoin d'environ 70 à 80 tonnes de blé. Il ne s'agit pas d'un tonnage négligeable. Nous pourrions doubler cette quantité si du grain de sorgho ou de mil produit localement pouvait en partie remplacer ce blé importé. Ce qui signifie que les producteurs locaux pourraient facilement trouver un marché pour 70 à 80 tonnes de leur production et que nous, nous bénéficierions d'un coût de production beaucoup plus faible.

Diouf : Une des principales contraintes concernant l'emploi en alimentation humaine est l'absence de consommation des produits locaux. Nous savons tous que la consommation est la force motrice de la transformation industrielle et que celle-ci par répercussion encourage les agriculteurs à produire plus. Un autre problème est que les petits industriels n'ont pas accès au crédit. Enfin il faut aider les industriels à s'organiser et à devenir de bons transformateurs. A cette fin, PROCELOS a décidé de fonder dans chaque pays une association d'entrepre- neurs et d'industriels de l'alimentation qui se réunissent périodiquement pour discuter des problèmes de l'industrie l'agroalimentaire.

Obilana : La sécurité alimentaire englobe tous les sujets dont vous avez discutés. Les technologies de transformation qui se sont développées entraînent la commercialisation qui est, elle, la source de revenus.

55

Débat

Lee House

Alimentation Animale

Troisième Journée - Première séance

House à l'auditoire : Les aliments pour les animaux nigériens sont-ils produits au Niger ou importés ? Quel est le type des aliments importés?

Daouda : Pour les aliments pour la volaille, nous importons plus de maïs que de sorgho ou de mil. Nous importons aussi du poisson, des acides aminés synthétiques tels que la lysine ou la méthionine, du son de blé, du tourteau d'arachide et des graines de coton. Nous importons presque tout sauf le sang que nous obtenons des abattoirs, la craie et les os.

House : Quelle quantité de maïs grain importez-vous pour nourrir les animaux ? La production de chaume, foin et de paille est-elle suffisante au Niger ?

Daouda : Quatre-vingt-dix pour cent des aliments pour animaux produits servent à nourrir les volailles. Les dix pour cent restants sont utilisés pour les petits ruminants.

Douma : La production annuelle de chaumes de sorgho et de mil ne permet de nourrir la totalité du cheptel que pendant 120 jours. Il faut par conséquent que nous importions des quantités considérables de graines de coton et de son de blé.

Idi : D'après une enquête effectuée par l'INRAN en 1996, 65 % des agriculteurs ne sont pas satisfaits des niveaux de production de fourrage et de foin. Une part importante est aussi perdue en raison du manque d'entrepôts et autres installations de stockage adéquates.

Fernandez : La plupart du maïs importé ne sert pas à l'alimentation des animaux. Il sert à l'alimentation humaine.

Kolo : L'utilisation des chaumes comme fourrage entraîne l'appauvrissement des sols et la désertification. D'où une réduction de la productivité des sols. Ce problème doit être résolu.

Idi : C'est un problème auquel doivent s'attaquer tous les agronomes, les phytotechniciens comme les zootechniciens. Nous prélevons les éléments nutritifs des sols sans jamais les restituer. Il semble qu'il y ait une sorte de collaboration entre les cultivateurs et les éleveurs. Les cultivateurs laissent les animaux paîtrent les résidus des récoltes. En échange, ils utilisent le fumier laissé par les animaux comme engrais.

House : Les sélectionneurs doivent assurer leur rôle en créant de nouveaux hybrides.

Abdoulaye : Au Niger, il n'y a pas de différence entre les cultivateurs et les éleveurs. La plupart des agriculteurs sont à la fois cultivateurs et éleveurs.

Magagi : Dr Kapran a débuté un programme de sélection d'hybrides fourragers. Ceci devrait pouvoir aider les éleveurs.

Discours de clôture de l'atelier régional au Niger

John Yohe

ɔ à remercier Dr. Moussa , Directeur Général de Dr. Anand Kumar, Directeur ı Centre Sahélien ICRISAT, nvités d'honneur et tous nos ıfricains qui ont permis à cet re une réussite totale. Je tiens ıt à adresser tous mes ıents aux organisations qui t parrainés, l'INRAN, .MIL, l'ICRISAT, ROCA-ROCARS, la fondation , la fondation Rockefeller, :t Winrock International. La et la coopération entre ces or-ɔ parraines, les institutions ɛs et les scientifiques venus er et prendre connaissance des de développement et de com-ion des hybrides de sorgho et Afrique Occidentale m'ont ɛnt impressionné.

ɔns découvert l'expérience des en voie de développement en matière de semences hybrides. Nous avons discuté du statut actuel de la production d'hybrides de sorgho et de mil au Niger et dans d'autres pays de l'Afrique Occidentale, ainsi que, des conditions nécessaires pour que les entreprises de production de semences hybrides réussissent, de la production de semences, de la formation et de la commercialisation des semences. Nous nous sommes rendus sur place et avons observé les champs de production de semence hybride de l'hybride de sorgho NDA-1 par les agriculteurs ici même au Niger. Enfin nous avons passé en revue tous les traitements de valeur ajoutée nécessaires afin d'augmenter la consommation et l'utilisation locales de ces deux céréales.

Cet atelier a été très enrichissant. Maintenant rentrons chez nous et retournons à nos laboratoires de recherche afin que les hybrides de sorgho et de mil deviennent une réalité en Afrique Occidentale.