

The CFC/ICCO/IPGRI project: a new initiative on cocoa germplasm utilization and conservation

Abstract

The CFC/ICCO/IPGRI project on Cocoa Germplasm Utilization and Conservation represents an internationally co-ordinated effort in the selecting, evaluation and breeding of improved cocoa genotypes aimed at sustainable cocoa production at lower cost. Selection for resistance to major diseases and pests will be a priority objective. Activities during the five years duration of the project (1998 - 2002) include the establishment of international and local clone trials, hybrid trials and population breeding activities in 10, 5 and 4 cocoa producing countries, respectively. Internationally conserved germplasm will also be evaluated and enhanced for disease resistance and selected genotypes distributed to user countries. The rationale underlying the project as well as its structure, initial activities and expected outputs are described in this article.

Résumé

Le projet CFC/ICCO/IPGRI sur l'utilisation et la conservation du germoplasme du cacaoyer représente un effort coordonné au niveau mondial pour la sélection, l'évaluation et l'amélioration du cacaoyer en vue d'une production durable à de plus faibles coûts. La sélection pour la résistance aux principaux déprédateurs et maladies sera un objectif prioritaire. Les activités pendant les cinq années du projet (1998-2002) comprennent la mise en place d'essais internationaux et locaux de clones dans 10 pays producteurs de cacao, des essais d'hybrides dans 5 pays, et la sélection de populations dans 4 pays. Le germoplasme conservé au niveau international sera également évalué, sa résistance aux maladies sera renforcée, et des génotypes sélectionnés seront mis à la disposition des pays utilisateurs. Cet article décrit l'objectif de ce projet, sa structure, les actions préliminaires et les résultats attendus.

Resumen

El proyecto CFC/ICCO/IPGRI sobre la utilización y la conservación del germoplasma del cacao representa un esfuerzo coordinado a nivel mundial para la selección, la evaluación y el mejoramiento del cacao con miras a una producción duradera de más bajos costos. La selección para la resistencia a los principales depredadores y enfermedades será un objetivo prioritario. Las actividades durante los cinco años del proyecto (1998-2002) incluyen la instalación de ensayos internacionales y locales de clones en 10 países productores de cacao, ensayos de híbridos en 5 países, y la selección de poblaciones en 4 países. También se evaluará el germoplasma conservado a nivel internacional, se reforzará su resistencia a las enfermedades, y se pondrán a disposición de los países utilizadores genotipos seleccionados. Este artículo describe el objetivo de este proyecto, su estructura, las acciones preliminares y los resultados esperados.

Eskes B.¹, Engels J.², Lass T.³

¹ CFC/ICCO/IPGRI Project Co-ordinator, c/o INIBAP, Parc Scientifique Agropolis 2, Montpellier, France

² IPGRI, Via delle Sette Chiese 142, 00145 Rome, Italy

³ Technical Development, Cadbury Ltd., PO Box 12, Bournville B30 2LU, United Kingdom

The concept of the CFC/ICCO/IPGRI project (hereafter CFC project) was discussed in Kuala Lumpur in October 1994, among representatives from CPA (Cocoa Producers Alliance), CATIE (Centro Agronomico Tropical de Investigaciones y Enseñanza, Costa Rica), CRU, CIRAD, IPGRI and from American and European cocoa manufacturers organisations (ACRI, BCCCA and CAOBISCO). IPGRI was requested to coordinate preparation of a proposal in close collaboration with CIRAD-CP and BCCCA. Cocoa producing countries were contacted during 1995 and a project proposal was submitted, through the International Cocoa organisation (ICCO), to the Common Fund for Commodities (CFC¹) in December 1995. The Executive Board of CFC approved the final project proposal, with minor changes, in October 1996. The details required for implementation of the project were supplied by all partners during 1997 and these were reflected in the "Final Appraisal Report" (Anon., 1997) and individual Five Year Work-Plans and Budgets. The "Project Agreement" was

¹ The Common Fund for Commodities is an intergovernmental organisation with headquarters in Amsterdam, The Netherlands.

signed between CFC, ICCO and IPGRI on 9 December 1997. IPGRI established Memoranda of Understanding and Letters of Agreements with all partners between January and April 1998. The first project funds were released by CFC at the beginning of April 1998, which is the official starting date for implementation of the project.

Research institutes in ten cocoa producing countries (Brazil, Cameroon, Côte d'Ivoire, Ecuador, Ghana, Malaysia, Nigeria, Papua New Guinea, Trinidad and Tobago, and Venezuela) are participating, as well as CIRAD-CP and the University of Reading (box 1). ICCO is the Supervisory Body and IPGRI the Project Executing Agency. IPGRI has established a Project Co-ordinating Unit at INIBAP's headquarters, Montpellier, France. The total project budget, amounting to about 10 million dollars is made up of about 30% CFC funding, 50% counterpart funding, from all participating institutions, and 20% co-financing, from ACRI, BCCCA, CIRAD and IPGRI. This paper gives a brief outline of the project, as described in the Project Appraisal Report, with emphasis on its main objectives and expected outputs.

■ Box 1. Participating institutions and organisations

National cocoa research institutions

- Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN), Nigeria
- Cocoa Research Institute (CRIG), Ghana
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Brazil
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, (CONICIT) and the Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Venezuela
- Centre national de recherche agronomique (CNRA), Côte d'Ivoire
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador
- Institut de recherches agronomiques pour le développement (IRAD), Cameroon
- Malaysian Cocoa Board (MCB), Malaysia
- Ministry of Agriculture, Land and Marine Resources (Malmr), Trinidad and Tobago
- Cocoa & Coconut Research Institute (CCRI), Papua New Guinea

International research institutes

- Centre de coopération internationale en recherches agronomiques pour le développement/département des cultures pérennes (CIRAD-CP), France
- Cocoa Research Unit (CRU), Trinidad and Tobago
- University of Reading, United Kingdom

Co-financing organisations

- American Cocoa Research Institute (ACRI), USA
- Biscuit, Cake, Chocolate and Confectionery Alliance (BCCCA), United Kingdom
- Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), France
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Italy

Supervisory Body

- International Cocoa Organization (ICCO), United Kingdom

Project Executing Agency

- IPGRI, Italy

Main Financing Institution

- Common Fund for Commodities (CFC), The Netherlands

diseases. Chemical control of diseases or pests is however not always possible (VSD, witches' broom, CSSV) or too expensive for most farmers (CPB, black pod). In any event such applications should be minimised to reduce environmental pollution and health risks to farmers. Planting material with effective resistance to most of these diseases and pests is not yet available, although significant genetic variation for resistance is generally found. The economic life span of a cocoa plantation is 20 to 30 years, but this can be substantially shortened by destructive parasites (mirids, witches' broom, *Phytophthora*). New planting or replacing old cocoa fields is a continuous challenge for cocoa farmers. Often, smallholders use seeds from their own farms, rather than new improved varieties, which causes often genetic degeneration of the planting material. The farmers depend therefore on national research and extension services to have reliable access to new varieties. The extensive way of cocoa growing is directly related to the production structure, predominated by smallholders. Classification of cocoa as a "plantation crop" is not justified, as illustrated by the uprooting of cocoa on estates in Malaysia during recent years. With continuing predominance of small cocoa farmers, it is difficult to introduce technological changes that depend on increased financial inputs, certainly so in periods of depressed cocoa prices. The introduction and use of improved varieties is therefore one of the most cost-effective and environmentally friendly technological changes that can be proposed to overcome some of the major cocoa production constraints. This project hopes to improve future supplies of cocoa planting materials.

Cocoa Varieties and genetic improvement strategies

About 40% of world cocoa production is from improved varieties (Paulin and Eskes, 1995). The majority are hybrids (mixtures of bi-parental crosses) but use of clonal cocoa is increasing. Practically all cultivated varieties, selected or unselected, are highly susceptible to diseases and pests of local importance. Exceptions are varieties with effective VSD resistance selected in Asia and with witches' broom resistance in Trinidad.

Cocoa breeding started early this century mainly by clone selection in heterogeneous Trinitario populations (ICS, DR clones). Expeditions were organised in the 1930's

Project related background

Cocoa Production and constraints

The increase in global cocoa production from 1.5 million ton in 1984 to 2.7 million ton in 1998 is almost entirely due to an increase in production area, whereas productivity has remained low (about 400 kg per ha; ICCO, 1993). This contrasts with the often dramatic advances in yields of other tropical or temperate crops. As pressure on available land increases, gains in global productivity of cocoa has become urgent.

Most cocoa growing areas have been developed under shade of forest or leguminous trees. Growing in full sunlight ensures high yields but calls for higher fertiliser inputs and pesticide treatments due to increased insect damage. Mirids cause substantial damage in Africa and Asia whereas thrips are more common in South America. In Southeast Asia, cocoa pod borer (CPB) causes losses up to 90% and is spreading in Indonesia. Incidence of

diseases is generally higher in shaded and unmanaged cocoa fields. The most important diseases are *Phytophthora*, witches' broom, vascular streak die-back (VSD), *Moniliophthora* and cocoa swollen shoot virus (CSSV). *P. megakarya* causes losses up to 70% in Central Africa and is spreading in Ghana, threatening Côte d'Ivoire. Witches' broom spread recently from the Amazon Region of Brazil to the State of Bahia, being partly responsible for the 50% reduction in cocoa production in that State. *Moniliophthora* is spreading in Central America and the Amazon region. These pests and diseases are expected to continue their spread within the continents affected but might also invade other continents. For instance there seems no obvious reason why witches' broom should not also thrive in West Africa or Southeast Asia from where it is currently absent. An estimated 86% of world cocoa production is undertaken by smallholders, especially so in Africa. Use of fertilisers is limited but that of insecticides and fungicides is more common due to the prevalence of pests and

and early 1940's to search for witches' broom resistant cocoa trees in the Upper Amazon basin. Although, only few highly resistant trees could be identified, it was soon found that hybrid vigour was expressed in crosses between these Upper Amazon types and local clones. Hybrid varieties were subsequently created in many countries and provided better establishment capacity, vigour, precocity and yield potential than traditional local varieties (Amelonado, Trinitario). Shortcomings of these varieties were identified later on such as heterogeneity of hybrid mixtures, low resistance to diseases and pests and, sometimes, an early decline in production capacity with the ageing of plantations. Further progress with traditional hybrid breeding depends on identifying or creating parental clones that combine several desirable traits (high quality, yield and disease resistance) (Kennedy *et al.*, 1987). Meanwhile, genetic studies of the cocoa plant have revealed additive inheritance of economically important traits, including disease resistance and yield. Significant correlations between the performance of parental clones and their offspring have been demonstrated (Lockwood and Pang, 1994). These findings open new avenues for cocoa breeding (Conclusions of the International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994, INGENIC), which are explored in the CFC project, in particular:

- recognition of the validity of evaluation of clones, to be used directly as commercial varieties or as parents in further breeding;
- possibilities to improve specific traits, including resistance, through accumulation of genes in cross progenies (germplasm enhancement);
- implementation of population improvement strategies, through recurrent selection procedures, aiming at long term improvement for all economically important traits.

Advances have been made in developing more reliable early screening tests for resistance to diseases, especially for black pod and witches' broom. Inoculation of young plants or leaves have provided good results for example for black pod resistance in Cameroon and Trinidad (Nyassé *et al.*, 1995; Iwaro *et al.*, 1997). Furthermore, significant variation for resistance to diseases and pests has been identified in cocoa collections and breeding fields. Such variation can be exploited by adequate

"conventional" breeding methods, such as those proposed in the present project, in order to obtain relatively quick and sustainable progress.

In recent years, new biotechnologies have been developed which may, eventually, make significant contributions to the creation of improved varieties. The DNA-marker technology will be applied in the CFC project for identification of clones and better understanding of the diversity of base populations for germplasm enhancement and breeding. Marker assisted selection (MAS) may be applied, once significant correlations between DNA markers and selection traits have been identified (Lanaud *et al.*, 1995). International collaboration in this area is being carried out in the *Phytophthora* project sponsored by CAOBISCO (Despréaux, in press). Advances in genetic transformation potentially allow for use of "foreign DNA" in tackling problems like resistance to CSSV and CPB. However, further progress in genetic transformation and regeneration techniques is required before practical applications of these technologies become feasible for cocoa. Many cocoa producing countries have been unable to maintain effective long-term breeding activities because of limited financial resources, especially during the recent period of depressed cocoa prices. In addition, many breeders operate in very isolated conditions. This is the main reason why in 1993 the International Group for the Genetic Improvement of Cocoa (INGENIC) was created. This Group publishes a newsletter and has so far organised two workshops (one on "Cocoa Breeding Strategies" in Kuala Lumpur, 1994; and one on "Varietal Improvement for Disease Resistance" in Salvador, Brazil, in 1996). INGENIC members have been consulted during the development of the CFC project.

The Cocoa genetic resource base

Cocoa breeders and curators have been creating collections, with wild or cultivated materials, which currently contain about 7,000 original accessions globally. There is a threat of loss of diversity in germplasm collections, not only due to natural calamities (fire, diseases), but also due to irregular funding. The existing international germplasm collections at CRU and CATIE, containing approximately 3,000 and 800 accessions respectively, have been officially recognised by IPGRI as international base collections. Large collections with original genotypes exist also in Brazil,

Colombia, Ecuador, French Guyana, Mexico and Venezuela. Collections have been built up also in West African and Southeast Asian cocoa producing countries, including local selections and accessions introduced from Latin America. Transfer of germplasm from international germplasm centres to user countries is done through intermediate quarantine, of two years, at facilities in the Reading University, UK, and at CIRAD, Montpellier, France (Frison and Feliu, 1989). However, the demand for new germplasm by user countries in recent years has been relatively limited, because the breeding value of this material is generally unknown and due to the restricted absorptive capacity of many institutes due to a general decline in breeding activities.

Since the late seventies, systematic efforts have been initiated to characterise germplasm in collections, mainly by observing morphological traits. With the development of DNA marker technology, genetic diversity in these collections becomes better understood. No systematic efforts have been carried out so far to evaluate germplasm collections for agronomic traits and disease resistance. These traits often vary according to the environment and, consequently, final evaluation should be done in user countries. However, centralised evaluation in base germplasm collections for heritable traits, such as quality and disease resistance, appears to be highly cost effective. The available characterisation and evaluation results have been entered into existing databases, in particular the International Cocoa Germplasm Database (ICGD), developed from 1990 onward at Reading University in the UK (End *et al.*, 1994). The funding for this database is presently through the London Commodity Exchange. This data source will be used extensively in the course of this project. It has been estimated that approximately 5% of the unique cocoa genotypes, globally available, have so far been evaluated and used as parents to select more productive varieties (Paulin and Eskes, 1995). The recent emphasis in cocoa breeding is to combine yield with other important traits, like quality and disease resistance. Most of the smaller national collections lack sufficient genetic variability for these traits and so international collaboration is essential to identify and disseminate interesting clones to be used in future breeding programmes. This CFC project aims to link characterisation and evaluation

of internationally available germplasm to the needs of breeders.

Project justification and objectives

Justifications

Against the aforementioned background information, the project justifications have been formulated as indicated in box 2.

Objectives

The wider development objective of the project is to contribute to the welfare of the large number of smallholders cultivating cocoa through higher and sustainable productivity levels of good quality cocoa at lower production costs by making optimal use of available cocoa genetic resources.

The immediate project objectives are:

- to strengthen national cocoa improvement programmes and increase international collaboration by carrying out co-operative evaluation, selection and breeding activities;
- to establish more cost-effective and efficient conservation, characterisation and distribution efforts of available cocoa germplasm;
- to strengthen cocoa germplasm utilisation and conservation activities through scientific/technical back-stopping, information exchange and human capacity building, including organisation of workshops.

Project components and outputs

Details of the nine project components and outputs related to the three immediate objectives are given below and in the table.

International clone trials

Multilocal clone trials are being established in 10 cocoa producing countries, aiming at distribution and evaluation of interesting new cocoa clones, selection of superior clonal varieties and assessment of the genetic stability of economically important traits. Twenty cocoa clones, supplied by intermediate quarantine centres, will be compared with 20 local clones for all economically important traits, including disease and pest resistance. For the black pod and witches' broom diseases "ring tests" will be carried out to study stability of these clones to fungal isolates from different geographical origins. In addition, 100-150 interesting

Box 2. CFC/ICCO/IPGRI project justifications

- Cocoa is, and for a considerable time is expected to continue to be, a predominantly extensively grown crop produced mostly by smallholders.
- An important approach to enhance sustainable cocoa production is through the creation and use of improved varieties. This technology is easily transferred to smallholders compared to other technologies that require higher inputs.
- Currently grown cocoa varieties show low resistance to major diseases and pests.
- Genetic progress to overcome major production constraints can be obtained through adequate application of proven breeding techniques as well as by additional evaluation of germplasm.
- Clone selection and population breeding strategies are appropriate selection techniques to obtain rapid short term progress and sustainable long-term genetic progress, respectively.
- Application of germplasm enhancement procedures (pre-breeding) is complementary to local efforts in selecting for increased disease resistance.
- International collaboration is essential to conserve, characterize, select and improve cocoa germplasm in a co-ordinated manner, and to subsequently distribute it. Due to the existing geographic "division" between areas with cocoa genetic diversity, the cocoa producing areas and the processing/manufacturing countries, a global approach will be specially meaningful

trees will be selected in each country by applying early screening methods and planted in field observation plots.

Internationally co-ordinated hybrid trials

Approximately 40 hybrid progenies are being produced in five countries by making crosses between locally selected superior clones, which are part of the clone trials. This permits selection of superior hybrid varieties, comparison of the value of the parental clones with their progenies and selection of individual trees within these hybrids to be used in further breeding. The use of crossing designs will permit genetic analysis of the results to advance knowledge on inheritance of traits.

Germplasm enhancement

More heritable economic traits will be evaluated at the International Cocoa Germplasm Collection site at CRU in Trinidad (ICG-T), especially resistance to black pod and witches' broom diseases. Germplasm enhancement consists of identifying more resistant seedlings within crosses between selected clones. This approach explores the large genetic diversity present in this collection to create improved populations. During the project life, a start will be made to transfer selected clones or populations to user countries.

Population breeding

Population breeding programmes are being initiated or reinforced in four major cocoa producing countries, aiming at long-term improvement of economically important

traits, including disease resistance. The available knowledge about the local germplasm is used to identify base populations for initiation of recurrent selection procedures. Base populations can be a group of improved clones, that will be inter-crossed to obtain new clones, or genetically distinct populations, aiming at further hybrid selection. Exchange of basic breeding material (parental genotypes or seed progenies) is being promoted between countries which face similar production constraints, thus stimulating regional/international approaches to cocoa breeding.

Germplasm conservation, characterisation and preliminary evaluation

This component aims at co-ordinated and intensified characterization and evaluation of germplasm in international and local collections and make up so-called core collections. Selected material in the ICG-T collection will be characterised to evaluate the genetic diversity present in such a core collection. The curators of the collections will obtain a better understanding of the presence (or absence) of genetic diversity in the collections, thus avoiding redundancy on a national and international level. Incorporation of existing and newly obtained characterisation and evaluation results in the national and international databases is a prerequisite. Furthermore, opportunities for collection and conservation of material from interesting new areas will be explored. Funding for these activities will be by counterpart and co-financing contributions.

Table. Cocoa germplasm evaluation, selection and breeding activities at the CFC/ICCO/IPGRI project sites. / *Evaluation, sélection et amélioration du germoplasme de cacao sur les sites du Projet CFC/ICCO/IPGRI.*

Country / Pays	International and local trials <i>Essais clonaux internationaux et locaux</i>	Hybrid trials <i>Essais d'hybrides</i>	Population breeding <i>Sélection de populations</i>	Germplasm enhancement <i>Enrichissement du germoplasme</i>	Ring tests for <i>Tests de résistance au</i>
Institution					WB / BS ¹ BP / PBC ²
<i>America / Amérique</i>					
Venezuela (Conicit/Fonaiap)	X	X			X X
Trinidad / <i>Trinité-et-Tobago</i> (MALMR)	X				X X
Trinidad / <i>Trinité-et-Tobago</i> (Cru)				X	X X
Ecuador / <i>Equateur</i> (Iniap)	X	X			X X
Brazil / <i>Bésil</i> (Ceplac)	X		X		X X
<i>Africa / Afrique</i>					
Côte d'Ivoire (CNRA)	X		X		X
Ghana (Crig)	X		X		X
Nigeria (Crin)	X	X			X
Cameroon / <i>Cameroun</i> (Irad)	X	X			X
<i>Asia / Asie</i>					
Malaysia / <i>Malaisie</i> (MCB)	X		X		X
Papua New Guinea <i>Papouasie-Nouvelle-Guinée</i> (CCRI)	X	X			X
<i>Europe</i>					
France (Cirad)					X
Reading University, United Kingdom <i>Royaume-Uni (université de Reading)</i>					X
Total sites	10	5	4	1	5 11

¹ WB = witches' broom ² BP = black pod disease

¹ BS = balai de sorcière, ² PBC = pourriture brune des cabosses

Distribution and quarantine of interesting genotypes

This component aims at the distribution to participating countries of interesting genotypes identified in the project, following the internationally agreed "Technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm", published by FAO and IPGRI. This includes specifically the clones of the international clone trials, of the project core collection, and of improved populations. Exchange of cocoa germplasm between the participating institutions is stimulated by mutual interests and agreements.

Exchange of information and workshops

Exchange of information between project partners will be achieved through exchange of working documents and through preparation of information sheets, including photographs on clones selected in the Project. All the data collected on genotypes will be entered into the international cocoa germplasm database (End, 1994). Notes on project development and achievements will be presented in Newsletters, relevant data introduced into existing databases and a compendium of

results published as a final project publication. Two project workshops are scheduled; one was held in February 1998 and one will be held at the end of the project. During the first workshop, standardised procedures for evaluation and selection of cocoa genotypes in project trials were adopted. During the second workshop, project results will be presented and possibilities for project continuation discussed. Because of the perennial nature of the cocoa crop, consolidation of the project activities in a second phase will be highly desirable.

Co-ordination and scientific and technical backstopping

This component provides the means and procedures to the participating institutions to communicate with each other and cooperate in the various activities. A Project Coordinating Unit has been established at IPGRI's banana centre, INIBAP, at Montpellier, dealing with technical and administrative matters. This Unit carries out the liaison between the project partners, needed for efficient implementation of the activities and controls the result reliability. Working visits of the Project Co-ordinator to all project sites are

carried out at regular intervals. Through the exchange of information, workshops and technology transfer, inputs will be made into the strengthening of human capacity in cocoa breeding and conservation. Statistical analyses of the common data will be done at a central place and feedback given to all participants.

Management, supervision and evaluation

Day to day management of the project is done by IPGRI whereas ICCO is the Supervisory Body. Project evaluation will be based on 6-month Progress and Financial Reports. A general Mid-term Evaluation will be organised in the third project year.

Economic and social impact

Benefits for cocoa producing countries are expected from use of improved planting material allowing reduction of production costs. Assuming that the improved disease resistance arising from the work of the Project will be able to reduce the loss of world cocoa production from diseases by an annual amount of only two percent

(equivalent to 55 thousand ton per annum), then this will increase the revenue accruing to cocoa producers by an amount of about USD 75 million per annum. On the basis of this calculation, the investment in this project to provide improved planting material for cocoa smallholders must be viewed as highly beneficial.

As indicated earlier, average global yields of smallholder cocoa have increased little in recent decades. The identification of improved planting material for such farmers, and thus for a higher percentage of the world's cocoa growers, would offer them enhanced income from a smaller area of land thereby releasing land for the growing of other export crops or for food production potentially offering a significant social benefit. Also environmental benefits will be derived from reduced fungicide, and possibly, insecticide usage.

Project implementation and milestones

Project implementation officially started on 9 December 1997, the date of signature of the Project Agreement between CFC, ICCO and IPGRI. However, several project partners had earlier initiated season bound project activities. The Project milestones are indicated in box 3. ■

Box 3. Milestones of the CFC/ICCO/IPGRI project

Activities till October 1998

- Project co-ordination mechanisms established through a memorandum of understanding between IPGRI and CIRAD (March 1997) and creation of the project co-ordination unit at INIBAP, Montpellier. Yearly working visits carried out to all project partners (from April 1997 onward).
- Elaboration of detailed first and five-year work plans and budgets and establishment of memoranda of understanding between IPGRI and all project partners (1997-1998).
- First project workshop held in February 1998 in Montpellier, France, with participation of more than 35 scientists. Around 25 standardised cocoa evaluation and selection procedures were discussed and approved.
- Release of first project funds by CFC in April 1998 and initiation of activities by all project partners.
- Multiplication of budwood for the international clone trials at the quarantine centres of CIRAD, Montpellier, and of the Reading University (1997-1998). Distribution to project partners (1998-1999).

Further outputs

- Clone and hybrid trials set up at, respectively, 10 and 5 sites, with total area of 35 ha (1998-2003).
- Ring tests carried out on resistance to black pod and witches' broom disease (1999-2000).
- Population breeding initiated at 4 sites. Base collections evaluated and genotypes with increased disease resistance identified. Field planting of selected crosses or populations (about 25 ha) (1998-2001).
- Enhancement of the CRU collection germplasm. More resistant trees identified, segregating populations created and early selection applied for disease resistance (1998-2002).
- A 'project core' collection identified, characterised and evaluated (1998-2003).
- Newly selected genotypes, including the project core collection, or seed populations transferred to producing countries (1998-2002).
- Information exchanged through working documents and publications. Information on selected project clones documented and stored in international databases (1998-2002).
- Organisation of a second project workshop (2002).

References / Bibliographie

- ANON., 1997. Cocoa germplasm utilisation and conservation: a global approach. Final Appraisal Report. Amsterdam, Pays-Bas, Common Fund for Commodities (document interne).
- ANON., 1993. The world cocoa market: an analysis of recent trends and of prospects to the year 2000. Londres, Royaume-Uni, ICCO, 178 p.
- DESPRÉAUX D., 1996. Etude des bases génétiques de la résistance du cacaoyer à *Phytophthora* : lancement d'un nouveau projet international. *In*: 12th International cocoa research conference, Salvador, Bahia, Brésil, 17-23 novembre 1996. Lagos, Nigeria, Alliance des pays producteurs de cacao (sous presse).
- END M.J., WADSWORTH R.M., HADLEY P., 1994. The International cocoa germplasm database. 11th International cocoa research conference, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 juillet 1993. Lagos, Nigeria, Alliance des pays producteurs de cacao, p. 537-544.
- FRISON E.A., FELIU E., 1989. Technical guidelines on the safe movement of cocoa germplasm. Rome, Italie, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Board for Plant Genetic Resources, 29 p.
- IWARO A.D., SREENIVASAN T.N., UMAHARAN P., 1997. Foliar resistance to *Phytophthora palmivora* as an indicator of pod resistance in *Theobroma cacao*. *Plant Dis.* 81 (6) : 619-624.
- KENNEDY A.J., LOCKWOOD G.L., MOSSU G., SIMMONDS N.W., TAN G.Y., 1987. Cocoa breeding: past, present and future. *Cocoa Grow. Bull.* 38 : 5-22.
- LANAUD C., RISTERUCCI A.M., N'GORAN J.A.K., CLÉMENT D., FLAMENT M.H., LAURENT V., 1995. A genetic linkage map of *Theobroma cacao* L. *Theor. Appl. Genet.* 91 : 987-993.
- LOCKWOOD G.L., PANG J., 1994. Additive inheritance of yield in cocoa. *In*: 11th International Cocoa research conference, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 juillet 1993. Lagos, Nigeria, Alliance des pays producteurs de cacao, p. 415-423.
- NYASSÉ S., CILAS C., HÉRAIL C., BLAHA G., 1995. Leaf inoculation as an early screening test for cocoa (*Theobroma cacao* L.) resistance to *Phytophthora* black pod disease. *Crop Prot.* 14 (8) : 657-663.
- PAULIN D., ESKES A. B., 1995. Cocoa: breeding strategies. *Plant. Rech. Dév.* 2 (6) : 5-18.

Le projet CFC/ICCO/IPGRI : une nouvelle initiative sur l'utilisation et la conservation du germoplasme de cacao

Eskes B.¹, Engels J.², Lass T.³

¹ CFC/ICCO/IPGRI Projet Co-ordinator, c/o INIBAP, Parc Scientifique Agropolis 2, Montpellier, France

² IPGRI, Via delle Sette Chiese 142, 00145 Rome, Italie

³ Technical Development, Cadbury Ltd., PO Box 12, Bournville B30 2LU, Royaume-Uni

L'idée du projet CFC/ICCO/IPGRI (projet CFC) a été débattue en octobre 1994 à Kuala Lumpur entre les représentants de l'APPC (Alliance des pays producteurs de cacao), du Catie (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica), du Cru, du Cirad, de l'IPGRI et d'organisations américaines et européennes de l'industrie chocolatière (Acric, BCCCA et Caobisco). Il a été demandé à l'IPGRI de coordonner la rédaction d'une proposition, en étroite collaboration avec le Cirad-cp et la BCCCA. Les pays producteurs de cacao ont été contactés dans le courant de l'année 1995, et une proposition de projet a été soumise, par l'intermédiaire de l'International Cocoa Organization (Icco), au Fonds commun des produits de base (Common Fund for Commodities, CFC¹) en décembre 1995. Le Conseil d'administration du CFC a approuvé le projet, au mois d'octobre 1996. Les détails nécessaires à sa mise en œuvre ont été fournis par tous les partenaires au cours de l'année 1997 ; ils figurent dans le *Final Appraisal Report* (Anon., 1997), ainsi que dans les budgets et les plans à cinq ans individuels. L'accord de Projet a été signé le 9 décembre 1997 entre le CFC, l'Icco et l'IPGRI. De janvier à avril 1998, l'IPGRI a établi un protocole d'accord et une lettre d'agrément avec chacun des partenaires. Les premiers fonds de financement du projet ont été débloqués par le CFC, au début du mois d'avril 1998, date officielle de lancement du projet.

Les instituts de recherche de 10 pays producteurs de cacao (Brésil, Cameroun, Côte d'Ivoire, Equateur, Ghana, Malaisie, Nigeria, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Trinité-et-Tobago, et Venezuela) participent à ce projet, de même que le Cirad-cp et l'université de Reading (encadré 1). L'Icco est l'instance de supervision, et l'IPGRI l'organisme maître d'œuvre du projet. L'IPGRI a créé une Unité de coordination du projet au siège de son centre de la banane, l'Inibap, à Montpellier. Le budget total du projet, de l'ordre de 10 millions de \$US, se compose d'environ 30 %

¹ Le Fonds commun des produits de base est un organisme intergouvernemental dont le siège est situé à Amsterdam, Pays-Bas.

Encadré 1. Institutions et organisations participantes

Institutions nationales de recherche sur le cacao

- Cocoa Research Institute of Nigeria (Crin), Nigeria
- Cocoa Research Institute (Crig), Ghana
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), Brésil
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicit) et Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Fonaiap), Venezuela
- Centre national de recherche agronomique (CNRA), Côte d'Ivoire
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap), Equateur
- Institut de recherches agronomiques pour le développement (Irad), Cameroun
- Malaysian Cocoa Board (MCB), Malaisie
- Ministry of Agriculture, Land and Marine Resources (MALMR), Trinité-et-Tobago
- Cocoa & Coconut Research Institute (CCRI), Papouasie-Nouvelle-Guinée

Instituts internationaux de recherche

- Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement - département des cultures pérennes (Cirad-cp), France
- Cocoa Research Unit (Cru), Trinité-et-Tobago
- University of Reading, Royaume-Uni

Organisations de cofinancement

- American Cocoa Research Institute (Acric), Etats-Unis
- Biscuit, Cake, Chocolate and Confectionery Alliance (BCCCA), Royaume-Uni
- Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), France
- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Italie

Instance de supervision

- International Cocoa Organization (Icco), Royaume-Uni

Organisme maître d'œuvre du Projet

- IPGRI, Italie

Principale institution de financement

- Fonds commun des produits de base (CFC), Pays-Bas

provenant d'un financement du CFC, 50 % de contribution en installations assurés par tous les organismes participants, et 20 % de contribution en personnel assurés par l'Acric, le BCCCA, le Cirad et l'IPGRI. Cet article présente les grandes lignes du projet, telles que décrites dans l'*Appraisal Report*. L'accent est mis sur les principaux objectifs et résultats attendus.

Généralités sur le projet

La production cacaoyère et ses contraintes

L'accroissement de la production cacaoyère mondiale, passée de 1,5 millions de tonnes en

1984 à 2,7 millions de tonnes en 1988, est presque totalement due à l'augmentation des surfaces consacrées à la cacao-culture, alors que la productivité est restée faible (environ 400 kg/ha, Icco, 1993). Cette situation contraste avec l'augmentation spectaculaire des rendements dont font souvent l'objet d'autres plantes, tropicales ou non. La pression sur les terres disponibles augmentant, il devient urgent d'améliorer la productivité cacaoyère au niveau mondial.

La plupart des zones cacaoyères ont été plantées sous l'ombrage de forêts ou d'arbres de la famille des légumineuses. La culture en plein soleil assure des rendements élevés, mais elle implique des apports d'engrais et des traite-

ments pesticides importants pour lutter contre les fortes attaques des insectes. Les mirides causent de graves dommages en Afrique et en Asie, alors que les thrips sont plus courants en Amérique du Sud. En Asie du Sud-Est, le foreur des cabosses (*cocoa pod borer*, CPB) entraîne des pertes pouvant aller jusqu'à 90 %, et s'étend actuellement à l'Indonésie. L'incidence des maladies est généralement plus forte dans les cacaoyères ombragées et non entretenues. Les principales maladies sont la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora*, le balai de sorcière, le *vascular streak die-back* (VSD), la moniliose et le *swollen shoot* (CSSV). En Afrique centrale, *P. megakarya* entraîne des pertes pouvant aller jusqu'à 70 % ; cette maladie s'étend aujourd'hui au Ghana et menace la Côte d'Ivoire. Le balai de sorcière qui, à partir de la région amazonienne brésilienne, s'est récemment étendu à l'Etat de Bahia, est en partie responsable de la réduction de 50 % de la production cacaoyère enregistrée dans cet Etat. La moniliose s'étend en Amérique centrale et en Amazonie. On peut prévoir que ces déprédateurs et maladies vont continuer à se propager sur les continents déjà affectés, mais ils pourraient aussi s'étendre à d'autres continents. Il ne semble pas, par exemple, y avoir de raison évidente pour que le balai de sorcière n'affecte pas également l'Afrique de l'Ouest ou le Sud-Est asiatique où il est actuellement absent.

On estime que 86 % de la production cacaoyère mondiale sont assurés par les petits planteurs, notamment en Afrique. Les engrais y sont peu utilisés, contrairement aux insecticides et aux fongicides dont l'utilisation est plus courante en raison de l'important développement des maladies et déprédateurs. Néanmoins, la lutte chimique contre les maladies ou les parasites n'est pas toujours possible (cas du VSD, du balai de sorcière, et du CSSV) ou est trop onéreuse pour la plupart des planteurs (cas du CPB et de la pourriture brune des cabosses). En tout état de cause, les traitements chimiques doivent être aussi faibles que possible pour limiter la pollution de l'environnement et les risques sanitaires pour les planteurs. On ne dispose pas encore de matériel végétal doté d'une résistance réelle à la plupart de ces maladies et déprédateurs, bien que l'on observe généralement des différences génétiques significatives.

La durée de vie économique d'une cacaoyère est comprise entre 20 et 30 ans, mais elle peut être considérablement raccourcie par les attaques de parasites dévastateurs (mirides, balai de sorcière, *Phytophthora*). La replantation de cacaoyères ou la réhabilitation de cacaoyères âgées est un enjeu permanent auquel sont confrontés les cacaoculteurs. Plutôt que d'utiliser de nouvelles variétés améliorées, les petits planteurs emploient souvent des semences pro-

venant de leurs propres plantations, ce qui se traduit généralement par la dégénérescence du matériel végétal. Un accès réel des planteurs aux nouvelles variétés dépend donc de la recherche publique et des services de vulgarisation. La culture extensive du cacao est directement liée aux structures de production, parmi lesquelles prédomine la petite plantation. La classification du cacao est comme « culture de plantation » est d'autant moins justifiée que même en Malaisie les grandes plantations ont été récemment arrachées. Les petits planteurs restant prédominants, il est difficile d'introduire des modifications technologiques impliquant le recours à des intrants plus coûteux, et ceci d'autant plus en périodes de marasme du cours du cacao. L'introduction et l'utilisation de variétés améliorées est donc l'une des modifications technologiques les plus rentables et respectueuses de l'environnement qui puisse être proposée pour résoudre certaines des contraintes majeures de la cacaoculture. L'ambition de ce Projet est d'améliorer la fourniture du matériel végétal cacaoier dans les années à venir.

Stratégies d'améliorations génétique et variétale du cacaoier

Environ 40 % de la production cacaoyère mondiale proviennent de variétés améliorées (Paulin et Eskes, 1995). Il s'agit, pour la plupart d'entre elles, de mélanges d'hybrides de clones, mais l'utilisation de cacaoiers clonaux devient de plus en plus courante. Pratiquement toutes les variétés, sélectionnées ou non, sont très sensibles aux maladies et déprédateurs localement importants, à l'exception des variétés offrant une résistance effective au VSD en Asie, et au balai de sorcière à Trinité-et-Tobago.

L'amélioration du cacaoier a commencé au début de ce siècle, essentiellement par sélection clonale sur des populations de Trinitario (clones ICS et DR). Dans les années 30 et au début des années 40, des expéditions ont été organisées dans le haut bassin amazonien pour rechercher des cacaoiers résistants au balai de sorcière. Bien que peu d'arbres très résistants aient pu être identifiés, on a rapidement observé que la vigueur des hybrides s'exprimait dans les croisements entre ces Hauts-Amazoniens et des clones locaux. Des variétés hybrides ont par la suite été créées dans de nombreux pays ; elles offraient une meilleure aptitude à l'établissement de cacaoyères, étaient plus vigoureuses, plus précoces et avaient un potentiel de production plus élevé que les variétés traditionnelles (Amelonado, Trinitario). Les inconvénients de ces variétés ont été identifiés plus tard : hétérogénéité des mélanges d'hybrides, faible résistance aux maladies et aux déprédateurs, et, parfois, déclin précoce des rendements avec le vieillissement des plantations. La poursuite des progrès concernant

la sélection d'hybrides traditionnels dépend de l'identification ou de la création de clones parentaux combinant plusieurs caractères souhaitables (qualité, rendements et résistance aux maladies élevés) (Kennedy *et al.*, 1987).

Entre temps, les études génétiques sur le cacaoier ont fait apparaître une hérédité additive de caractères économiquement importants, parmi lesquels la résistance aux maladies et les rendements. Des corrélations significatives entre les performances des clones parentaux et de leur descendance ont été démontrées (Lockwood et Pang, 1994). Ces résultats ouvrent de nouvelles voies à la sélection du cacaoier (conclusions de l'International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994, Ingenic), qui sont exploitées dans le Projet CFC, notamment :

- reconnaissance de la validité de l'évaluation des clones, à utiliser directement comme variétés commerciales, ou comme parents pour les travaux de sélection à venir ;
- possibilité d'améliorer les caractères spécifiques, dont la résistance, grâce à l'accumulation de gènes dans les descendances d'hybrides (enrichissement du germoplasme, *germplasm enhancement*) ;
- mise en œuvre de stratégies d'amélioration des populations, grâce aux procédures de sélection récurrente, visant à l'amélioration à long terme de tous les caractères économiquement importants.

Des progrès ont été faits dans la mise au point de tests précoces de criblage plus fiables concernant la résistance aux maladies, en particulier au balai de sorcière et à la pourriture brune des cabosses. L'inoculation de jeunes plants ou de feuilles pour le contrôle de la pourriture brune des cabosses a, par exemple, donné de bons résultats au Cameroun et à la Trinité (Nyassé *et al.*, 1995 ; Iworo *et al.*, 1997). Une différence significative de résistance aux maladies et aux déprédateurs a, en outre, été identifiée dans les collections de cacaoiers et dans les cacaoyères. Cette différence peut être exploitée grâce à des méthodes classiques et appropriées de sélection, telles que celles proposées dans le présent Projet, pour progresser de façon relativement rapide et durable.

De nouvelles biotechnologies, récemment mises au point, peuvent, éventuellement, apporter une contribution considérable à la création de variétés améliorées. La technique du marqueur d'ADN sera utilisée dans le Projet CFC pour identifier les clones et mieux comprendre la diversité des populations de base pour l'enrichissement des germoplasmes et la sélection. La sélection assistée par marqueurs (SAM) peut être employée une fois que les corrélations entre les marqueurs d'ADN et les caractéristiques de sélection ont été identifiées (Lanaud *et al.*, 1995). La collaboration internationale dans ce domaine est actuellement

menée dans le Projet *Phytophthora* appuyé par Caobisco (Despréaux, sous presse). Les progrès de la transformation génétique devraient permettre d'utiliser de l'ADN étranger pour aborder des problèmes tels que la résistance au CSSV et au CPB. Mais la transformation génétique et les techniques de régénération doivent encore progresser avant de permettre des applications concrètes au cacaoyer.

De nombreux pays producteurs de cacao n'ont pu, pour des raisons financières, maintenir des activités de sélection à long terme, notamment au cours de la période récente pendant laquelle le cours du cacao a marqué le pas. De plus, de nombreux sélectionneurs travaillent dans des conditions de grand isolement, d'où la création, en 1993, de l'International Group for the Genetic Improvement of Cocoa (Ingenic). Il publie des lettres d'information (*Newsletter*) et a organisé, depuis sa création, deux ateliers : le premier, en 1994, sur les stratégies de sélection du cacaoyer, à Kuala Lumpur ; le second, en 1996, sur l'amélioration variétale pour la résistance aux maladies, à Salvador, au Brésil. Les membres d'Ingenic ont été consultés à l'occasion de l'élaboration du Projet CFC.

La base de données sur les ressources génétiques du cacaoyer

Les sélectionneurs et les gestionnaires des collections de cacaoyer ont créé des collections comprenant du matériel sauvage et du matériel cultivé ; on compte actuellement dans le monde environ 7 000 entrées originales. La diversité des collections de germoplasme est menacée, non seulement par les catastrophes naturelles (incendies, maladies), mais aussi par les irrégularités de financement. L'IPGRI a officiellement reconnu la valeur internationale des collections de base de germoplasme du Cru (environ 3 000 entrées) et du Catie (environ 800 entrées). D'importantes collections avec des géotypes originaux existent également au Brésil, en Colombie, en Equateur, en Guyane française, au Mexique et au Venezuela. Des collections ont aussi été créées dans les pays producteurs d'Afrique de l'Ouest et d'Asie du Sud-Est ; elles comprennent des sélections locales et des entrées provenant d'Amérique latine. Le germoplasme est transféré des centres internationaux vers les pays utilisateurs après mise en quarantaine intermédiaire, de deux ans, dans les installations de l'université de Reading (RU) ou du Cirad, à Montpellier (Frison et Feliu, 1989). Mais, au cours de ces dernières années, la demande de nouveau germoplasme par ces pays a été relativement faible, en raison de la méconnaissance générale de la valeur du matériel sélectionné, et de la capacité d'absorption limitée pour de nombreux instituts, situation qui s'inscrit dans le cadre de la réduction générale des activités de sélection

Encadré 2. Justifications du Projet CFC/ICCO/IPGRI

- Le cacao est, et devrait rester longtemps encore, une culture essentiellement extensive assurée par les petits planteurs.
- La création et l'utilisation de variétés améliorées peuvent jouer un rôle important dans le développement d'une production durable du cacaoyer. Le transfert de cette technologie aux petits planteurs est plus aisé que celui d'autres technologies plus exigeantes en moyens de production.
- Les variétés couramment utilisées en cacaoculture sont peu résistantes aux principaux déprédateurs et maladies.
- Des progrès génétiques pour maîtriser les principales contraintes de production peuvent être obtenus grâce à l'application de méthodes de sélection connues, et aussi par des travaux supplémentaires d'évaluation du germoplasme.
- Les techniques de sélection clonale permettent des progrès génétiques rapides et immédiats, et les techniques de sélection de populations des progrès durables sur le long terme.
- L'application de procédures centralisées d'enrichissement du germoplasme est complémentaire des activités locales de sélection visant à augmenter la résistance aux maladies.
- Une collaboration internationale est fondamentale pour coordonner la conservation, la caractérisation, la sélection et l'amélioration du germoplasme de cacaoyer, et le distribuer ensuite. Compte tenu de la division géographique qui existe entre les zones présentant une diversité génétique du cacaoyer, les zones productrices de cacao et celles le transformant, une approche mondiale est indispensable.

Depuis la fin des années 70, des efforts systématiques ont été entrepris pour caractériser le germoplasme dans les collections, essentiellement par l'observation des caractères morphologiques. Avec le développement de la technologie des marqueurs d'ADN, la diversité génétique de ces collections a été mieux comprise, mais aucun effort systématique n'a été mené depuis pour évaluer les collections sous l'angle des caractères agronomiques et de la résistance aux maladies. Il s'agit de caractères qui varient souvent en fonction de l'environnement, et une évaluation finale serait, en conséquence, nécessaire dans les pays utilisateurs. Il semble, néanmoins, que l'évaluation centralisée des collections de base concernant des caractères héréditaires tels que la qualité et la résistance aux maladies, est très rentable. Les résultats d'évaluation et de caractérisation disponibles ont été ajoutés dans certaines bases de données, en particulier l'*International Cocoa Germplasm Database* (ICGD), mise en œuvre depuis 1990 à l'université de Reading, au Royaume-Uni (End *et al.*, 1994). Le financement de cette base de données est assurée par le London Commodity Exchange. Le Projet utilisera largement cette source de données. On estime qu'à ce jour environ 5 % des géotypes de cacaoyer uniques, disponibles au niveau mondial, ont été évalués et utilisés comme parents pour la sélection de variétés plus productives (Paulin et Eskes, 1995). Mais la tendance est aujourd'hui à la sélection de cacaoyers associant rendements et autres caractères importants tels que la qualité et la résistance aux maladies. La plupart des petites collections nationales manquent de variabilité génétique suffisante concernant ces caractères. Il est donc fondamental d'identifier et de diffuser des clones intéressants pour leur utilisation dans les futurs programmes d'amélioration génétique. L'objectif

de ce Projet est de procéder à la caractérisation et à l'évaluation du germoplasme disponible en liaison avec les besoins des sélectionneurs.

Justifications et objectifs du Projet

Justifications

Les justifications du Projet indiquées dans l'information générale sont développées dans l'encadré 2.

Objectifs

L'objectif à long terme de ce Projet est de contribuer au bien être des petits planteurs de cacao en améliorant, de façon durable, la qualité et la productivité de leur culture, moyennant de moindres coûts de production, grâce à l'utilisation optimale des ressources génétiques disponibles.

Dans l'immédiat, les objectifs sont les suivants :

- renforcer les programmes nationaux d'amélioration, et la coopération internationale, en menant des activités coordonnées d'évaluation, de sélection et d'amélioration du cacaoyer ;
- rendre efficaces et plus rentables les travaux de conservation, caractérisation, et distribution du germoplasme de cacaoyer ;
- renforcer les activités d'utilisation et de conservation grâce à l'appui scientifique et technique, aux échanges d'informations et aux actions de formation comprenant l'organisation d'ateliers.

Composantes du Projet et résultats attendus

Les neuf composantes du projet et les résultats liés à ces trois objectifs sont détaillés ci-dessous et dans le tableau.

Essais clonaux internationaux

Les essais multiclonaux sont actuellement mis en place dans dix pays producteurs de cacao ; l'objectif en est la distribution et l'évaluation de nouveaux clones de cacaoyers intéressants, la sélection de variétés clonales supérieures et l'évaluation de la stabilité génétique de caractères économiquement importants. Vingt clones, fournis par des centres de quarantaine intermédiaire, seront comparés avec vingt clones locaux pour tous les caractères importants, notamment la résistance aux maladies et aux déprédateurs. Pour les maladies de la pourriture brune des cabosses et du balai de sorcière, des tests de résistance seront effectués pour étudier la stabilité de ces clones aux isolats fongiques de différentes origines géographiques. De plus, 100-150 arbres intéressants seront sélectionnés dans chaque pays par criblage précoce et plantés en parcelles d'observation.

Essais d'hybrides coordonnés au niveau international

Environ 40 descendances d'hybrides sont actuellement produites dans cinq pays par croisement entre des clones supérieurs sélectionnés localement faisant partie des essais clonaux. Ceci permet la sélection de variétés hybrides supérieures, la comparaison de la valeur des clones parentaux avec leurs descendances, et la sélection d'arbres individuels parmi les hybrides à utiliser ultérieurement en sélection. L'emploi de schémas de croisement permettra l'analyse génétique des résultats et l'amélioration des connaissances sur la transmission des caractères.

Enrichissement du germoplasme

Les caractères héréditaires seront évalués sur le site de l'*International Cocoa Germplasm Collection* du Cru, à Trinité-et-Tobago (ICG-T), particulièrement pour la résistance à la pourriture brune des cabosses et au balai de sorcière. Il s'agit d'identifier les plants les plus résistants parmi les croisements entre clones sélectionnés. Cette approche exploite l'importante diversité génétique existant dans cette collection afin de créer des populations améliorées. Au cours du projet on commencera à transférer dans les pays utilisateurs des clones ou des populations sélectionnés.

Sélection de populations

Des programmes de sélection de populations sont lancés ou renforcés dans quatre grands pays producteurs de cacao ; ils visent à l'amélioration à long terme de caractères économiquement importants, dont la résistance aux maladies. On utilise les connaissances sur le germoplasme local pour identifier les populations de base pour les programmes de sélection récurrente. Les populations de base peuvent être un groupe de

clones qui seront intercroisés pour obtenir de nouveaux clones, ou des populations génétiquement éloignées, dans l'optique de la sélection de nouveaux hybrides. Les échanges de matériel végétal de base (génotypes parentaux ou descendances) sont favorisés entre les pays rencontrant les mêmes problèmes de production, ce qui stimule les approches régionales et internationales de la sélection du cacaoyer.

Conservation, caractérisation et évaluation préliminaire du germoplasme

L'objectif de cette composante est l'intensification et la coordination de l'évaluation et de la caractérisation du germoplasme dans les collections internationales et locales, et la création de *core collections*. Le matériel sélectionné dans la collection de l'ICG-T sera caractérisé pour évaluer la diversité génétique de cette *core collection*. Les gestionnaires des collections seront mieux armés pour comprendre la présence (ou l'absence) de la diversité génétique des collections, ce qui permettra d'éviter les répétitions tant au niveau national qu'au niveau international. L'intégration, dans les banques de données nationales et internationales, des résultats d'évaluation et de caractérisation, existants ou nouvellement obtenus, est une nécessité préalable. On étudiera, en outre, les possibilités d'étendre les activités de collection et de conservation à du matériel provenant de nouvelles zones d'intérêt. Ces activités seront assurées par des contributions en installations et en personnel.

Distribution et quarantaine de génotypes

L'objectif de cette composante est la distribution, aux pays participants, de génotypes intéressants identifiés par le Projet, conformément à l'accord international intervenu et consigné dans le *Technical guidelines for the safe movement of cocoa germplasm*, publié par la FAO et l'IPGRI. Il concerne en particulier les clones de l'essai international, de la *core collection* du Projet, et des populations améliorées. Les intérêts que partagent les institutions favorisent les échanges de germoplasme de cacaoyer à travers des accords bi-latéraux.

Echanges d'informations et ateliers

Les échanges d'informations entre les partenaires du Projet seront assurés par la diffusion des documents de travail et l'élaboration de fiches d'information, comprenant des photos sur les clones sélectionnés dans le cadre du Projet. Toutes les données collectées sur les génotypes seront saisies dans la *Cocoa germplasm database* (End, 1994). Des notes sur le déroulement et les résultats du Projet seront présentées dans les *Newsletter*, les données pertinentes seront

saisies dans les banques de données disponibles, et une synthèse des résultats sera publiée sous forme de document final. Deux ateliers sont prévus : le premier s'est tenu en février 1998, et le second sera organisé à la fin du Projet. Le premier atelier a porté sur l'adoption de procédures uniformes d'évaluation et de sélection des génotypes de cacaoyer. A l'occasion du deuxième atelier, les résultats du Projet seront présentés, et son éventuelle poursuite sera étudiée. Le cacaoyer étant une culture pérenne, il serait fortement souhaitable que soit envisagée une seconde phase à ce Projet pour en consolider les activités.

Coordination et appui scientifique et technique

Cette composante fournit aux institutions partenaires les moyens de communiquer entre elles et de coopérer. Une unité de coordination du projet, chargée des affaires techniques et administratives, a été créée au centre de la banane de l'IPGRI, l'Inibap, à Montpellier ; elle assure la liaison entre les partenaires, permettant ainsi une mise en œuvre efficace des activités, et la vérification de la fiabilité des résultats. Des missions du coordinateur du Projet sur tous les sites du Projet sont régulièrement organisées. Les échanges d'informations, les ateliers et les transferts de technologie seront autant d'apports susceptibles d'enrichir les compétences humaines dans la sélection et la conservation du cacaoyer. Les analyses statistiques des données communes seront centralisées et les informations en retour seront diffusées à tous les participants.

Gestion, supervision et évaluation

L'IPGRI assure la gestion au jour le jour du Projet, alors que l'ICCO en est l'instance de supervision. L'évaluation du Projet se fera sous la forme de rapports d'activité et financiers semestriels. Une évaluation globale à mi-parcours sera organisée dans la troisième année du Projet.

Impact socio-économique

Les pays producteurs de cacao devraient tirer profit de l'utilisation d'un matériel végétal amélioré leur permettant de réduire les coûts de production. Même en supposant que la plus grande résistance aux maladies — obtenue grâce aux travaux du Projet — ne permettra de réduire les pertes mondiales dues aux maladies que de 2 % (soit 55 000 t/an), ceci se traduira par une augmentation du revenu des cacaoculteurs d'environ 75 millions de \$/an. Les investissements dans ce Projet, destiné à fournir aux petits planteurs du matériel amélioré, doivent en conséquence être considérés comme très bénéfiques.

Comme nous l'avons vu précédemment, les rendements mondiaux des petits planteurs ont, en moyenne, peu augmenté au cours des der-

nières décennies. L'identification de matériel amélioré, pour ces planteurs, et donc pour un nombre plus important de cacaoculteurs dans le monde, leur offrirait des revenus supérieurs à partir de moindres surfaces cultivées en cacaoyers, libérant ainsi des terres qu'ils pourraient consacrer à d'autres cultures d'exportation ou à des cultures vivrières débouchant sur des progrès sociaux significatifs. Par ailleurs, la limitation de l'emploi des fongicides et, éventuellement, des insecticides se traduirait par un plus grand respect de l'environnement.

Mise en œuvre et principales étapes du Projet

La mise en œuvre du Projet a officiellement pris effet le 9 décembre 1997, date de la signature de l'accord entre le CFC, l'Icco et l'IPGRI. Cependant, plusieurs partenaires avaient déjà entrepris des activités répondant à des impératifs de calendrier. Les principales étapes du Projet sont indiquées dans l'encadré 3. ■

■ Encadré 3. Principales étapes du Projet CFC/ICCO/IPGRI

Activités réalisées jusqu'en octobre 1998

- Etablissement des mécanismes de coordination du Projet par un mémorandum d'accord entre l'IPGRI et le Cirad (mars 1997) et création de l'unité de coordination du Projet à l'Inibap de Montpellier. Missions annuelles auprès de tous les partenaires du Projet (à partir d'avril 1997).
- Elaboration des plans et budgets annuels et pour la durée du Projet, et établissement d'un mémorandum d'accord avec chacun des partenaires du Projet (1997-1998).
- Premier atelier, organisé en février 1998, à Montpellier ; il a réuni plus de 35 chercheurs. Environ 25 procédures uniformes d'évaluation et de sélection de cacaoyer y ont été discutées et approuvées.
- Versement des premiers fonds du Projet par le CFC en avril 1998, et mise en route des activités par tous les partenaires.
- Multiplication des bois de greffe pour les essais clonaux internationaux dans les centres de quarantaine du Cirad-Montpellier et de l'université de Reading (1997-1998). Distribution aux partenaires (1998-1999).

Autres étapes

- Mise en œuvre d'essais clonaux et d'hybrides, respectivement sur 10 et 5 sites, sur une surface totale de 35 ha (1998-2003).
- Tests comparatifs sur la résistance à la pourriture brune des cabosses et au balai de sorcière (1999-2000).
- Amélioration de populations sur quatre sites. Evaluation de collections de base et identification de génotypes à plus forte résistance aux maladies. Plantation au champ de croisements ou de populations sélectionnés sur environ 25 ha (1998-2001).
- Identification, caractérisation et évaluation d'une *core collection* propre au Projet (1998-2003).
- Enrichissement du germoplasme de la collection du Cru. Identification d'arbres plus résistants, création de descendances, et sélection précoce pour la résistance aux maladies (1998-2002).
- Transfert, aux pays producteurs, de génotypes nouvellement sélectionnés, comprenant la *core collection* du Projet ou des descendances (1998-2002).
- Echanges d'informations par la diffusion des documents de travail et de publications. Introduction des résultats dans les banques de données internationales (1998-2002).
- Organisation d'un second atelier (2002).