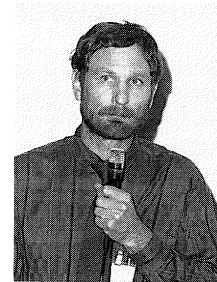


Australian acacias and their use in sub-saharan West Africa



Brian Gunn

B.V. Gunn & T.K. Vercoe

CSIRO Division of Forestry, PO Box 4008, Queen Victoria Terrace, ACT 2600, Australia

Abstract

Australia has many trees and shrubs, particularly in the genus *Acacia*, with characteristics useful for community forestry in areas subject to desertification. Over the last twenty years, there have been a series of species and provenance trials established in regions of sub-saharan west Africa using Australian acacias. A number of species have been successfully established along west African coastal regions in countries like Senegal. These species and other introductions have been less successful in the inland Sahelian region. However trials of the inland form of *Acacia holosericea* now referred to as *A. colei* (Maslin and Thomson, 1992) have been successful and a number of other species have also shown potential.

The introduction and use of Australian acacias in the sub-saharan region of Africa are discussed and the Australian Tree Seed Centre's (ATSC) activities in relation to collection, handling and distribution of *Acacia* seed from Australia's arid zone are outlined.

Résumé

L'Australie a beaucoup d'arbres et d'arbustes, du genre *Acacia* notamment, dont les caractéristiques sont utiles à la foresterie communautaire dans les régions victimes de la désertification. Ces vingt dernières années beaucoup d'espèces et d'essais de provenance utilisant des acacias australiens ont été introduits en Afrique occidentale sub-saharienne. Un nombre d'espèces ont été introduites avec succès le long des régions côtières d'Afrique dans des pays comme le Sénégal. Ces espèces et d'autres introductions ont connu moins de succès dans les régions intérieurs du sahel. Cependant les essais sur la variété intérieure de l'*Acacia holosericea* maintenant appelé *A. colei* (Maslin et Thomson, 1992) ont connu beaucoup de succès et un certain nombre d'autres espèces ont également montré des potentialités.

L'introduction et l'utilisation des acacias australien en Afrique sub-saharienne sont traitées dans la communication qui souligne par ailleurs les activités du Centre Australien de semences forestières (ATSC) en matière de récolte, manipulation et diffusion des semences d'*Acacia* à partir des zones arides de l'Australie.

Introduction

There are 0.6 billion hectares of arid and semi-arid woodlands in the world receiving less than 500 mm of annual rainfall (NAS 1980) and additional seasonally-dry tropical regions which experience six or more completely rainless months. This paper refers to the west African region which experiences these conditions and is defined by Gorse (1985). The total area (between the 10th and 20th parallels) is some 5.3 million km² in size and ranges from Senegal in the west to Chad in the east. Figure 1 gives a map generated by a climatic matching program developed by Booth *et al* (1989) showing the regions of Africa receiving less than 500mm rainfall and the zone of interest. The woodland areas in this region are shrinking at an alarming rate at a time when there is an unprecedented demand for their productive resources (Palmborg, 1981). This contraction has been increasing primarily because of increases in population, severe droughts and grazing and farming pressures (Toutain, 1986; Iyamobo, 1987). Deforestation of woody vegetation for fuel, fodder and other uses outstrips the rate of replanting and regrowth (Gorse, 1985).

Social or community forestry plantings which can assist in alleviating wood shortages are best undertaken with a range of multi-purpose species. This increases the range of products, provides better protection against moisture stress and disease and produces a more stable system (NRC, 1984). Exotic species with fast growth rates and suitability for degraded land may be needed to complement plantings of local species to reduce the pressure on natural forests. It is necessary to identify new species adapted to difficult environmental conditions and which provide a range of services and products. Reliable information on the ecological, silvicultural, botanical and utilisation characteristics of many potentially valuable species is still unavailable or limited, hampering species selection (Boland, 1986).

Australia is considered to be the world's driest continent with about 50% of the land area receiving less than 300 mm of annual rainfall. There is marked year to year variation in rainfall in the arid and semi-arid areas of the country and soils are generally infertile. In the tropical north there is a decrease in annual rainfall and an increase in the length of the dry season with increasing distance inland from the northern coast. A diverse tree and shrub flora adapted to prolonged drought and nutrient poor soils has evolved. Descriptions of the arid zone environment of Australia and species with potential for use in tropical arid zones are given in Cossalter (1986), Boland (1989), Thomson and Cole (1987) and Turnbull (1986, 1987). Figure 1 gives a comparison of the areas of Africa and Australia which receive less than 500mm rainfall.

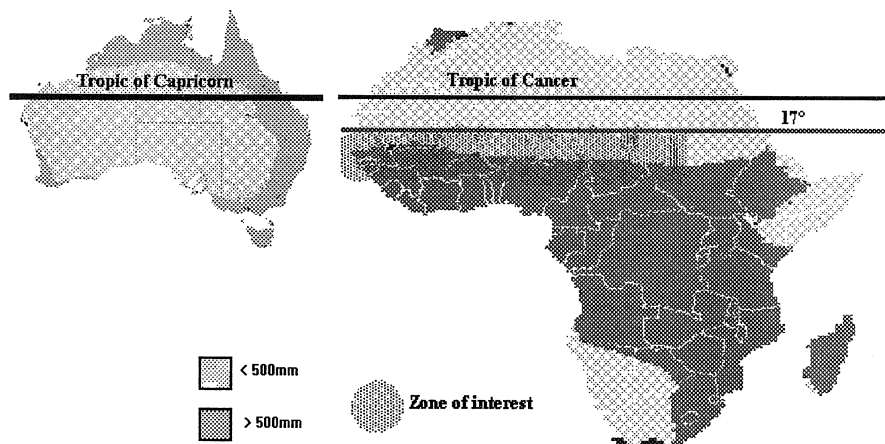


Fig. 1. Areas of Australia and Africa receiving less than 500 mm rainfall

The genus *Acacia* has great potential for tropical arid and semi-arid zone community forestry. There are about 1200 acacia species occurring worldwide of which 130 species occur naturally in tropical, arid areas of Australia north of latitude 24°S with median rainfall less than 500 mm per annum (Thomson, 1992). In West Africa, the genus *Acacia* is represented by about 30 species which rank amongst the most useful plants in the Sahel (Cossalter, 1986).

Tall shrub lands dominated by *Acacia* species extend over 1.5 million km² of inland Australia where the mean annual rainfall is less than 500mm. They occur on a wide range of soil types from infertile sands to heavy clays and duplex profiles. Soil reactions range from highly alkaline to acid and salinity levels range from nil to very high ($EC_e=30 \text{ ms cm}^{-1}$) (Vercoe and McDonald, 1987). Other tree and shrub genera of potential value include *Callitris*, *Cassia*, *Casuarina*, *Dodonaea*, *Geigeria*, *Grevillea*, *Melaleuca*, *Petalostigma*, *Templetonia*, *Terminalia* and *Lysiphillum*. To date, species from these genera have not demonstrated the same success as the acacias, however evaluation of Australia's arid zone flora is at a very early stage.

Introductions of Australian acacias to sub-saharan Africa

Collections and Introductions

Australian acacias were introduced into dry tropical regions in West Africa with a secondary introduction via north Africa during the 1970's. These species comprised *A. aneura*, *A. cyclops*, *A. dealbata*, *A. mearnsii*, *A. microbotrya*, *A. peuce*, *A. pycnantha*, *A. pruinocarpa*, *A. saligna* and one species introduced under the name of Gidgee (probably *A. cambagei*) (Cossalter, 1986).

In 1973 the Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) undertook collections of 20 acacias totalling about 40 provenances along the coast of northern Australia (Martin and Cossalter, 1974). This was amongst the first material sampled for use in drier parts of West Africa and trials were established mainly in Senegal. A number of additional trials were established during the period 1980 to 1984 with seed supplied by the ATSC.

In 1984 a CTFT-ATSC collaborative collection concentrated on the tropical inland dry-zone of Australia. A total of 38 *Acacia* species of which 20 had not been trialed previously were introduced to Africa with the emphasis on *A. colei* and *A. cowleana*. Introductions of species during the period 1974-1984 are given in Cossalter (1986). Trials were established by national forestry research institutes in co-operation with CTFT in Burkina Faso, Niger and North Cameroon and to a lesser extent Cape Verde, Mali and Mauritania using the new material (Souvannavong and de Framond, 1992).

Results of Introductions

The early second hand introductions from north Africa were characterised by poor survival and growth. With the exception of *A. aneura* and *A. peuce*, the species introduced were inappropriate for the Sahelian region being native to moist temperate regions of Australia.

Results from the trials established using material from the 1973 CTFT collections showed that whilst the coastal species were well suited to similar climatic regions of Senegal they did not adapt well to the continental interior of West Africa (Cossalter, 1986). Souvannavong and de Framond (1992) reported a similar situation for species collected in the 1984 collection. The best performing species are *A. colei*, a species formerly included under *A. holosericea* and confined to the inland drier regions (Moran *et al.*, 1992) and *A. holosericea*. Thomson (1989) reported on a number of other species and particular provenances with potential. These are summarized in Table 1.

Despite the progress made over the last twenty years in trialing Australian species, there is still considerable scope for improvement of survival, growth rate and utility through selection of species/provenances and breeding strategies. Development of nursery and establishment techniques, silvicultural practices and utilization studies will contribute to successful plantings in the longer term. Research on ecto-mycorrhizal and rhyzobium requirements for arid-zone acacias and their responses to inoculation in both the nursery and field situations has been carried out for many years by the Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM)/CTFT in Senegal and applications developed from this research may lead to further significant gains.

Table 1. Best performing species in west African trials (Thomson, 1989)

Species	Provenance	Soil type (soil reaction)	Potential utility (other than fuelwood)
<i>A. adsurgens</i>	Carranya, (Western Australia)	acid	human food, Wind-break, soil stabilisation
<i>A. cowleana</i>	SE of Hooker Creek Winnecke Creek (Northern Territory)	acid - alkaline	human food
<i>A. trachycarpa</i>		alkaline	stock fodder, wind-break
<i>A. torulosa</i>	Borroloola	acid - alkaline	shade, wind-break
<i>A. dimidiata</i>		acid - alkaline	wind-break, soil stabilisation, salinity tolerance
<i>A. sclerosperma</i>			
<i>A. ampliceps</i>		alkaline	fodder, human food, shade, windbreak, soil stabilisation, salinity tolerance
<i>A. tumida</i>		acid - alkaline	human food, wind-break, soil stabilisation
<i>A. montfordiae</i>		acid	fodder
<i>A. victoriae</i>		acid - alkaline	fodder, human food, live fence
<i>A. eriopoda</i>		alkaline	fodder
<i>A. hammondii</i>		acid	fodder
<i>A. maconchieana</i>		neutral	fodder, small posts and poles, salinity tolerance

Accessions held by ATSC

Following the 'Plan of Action' developed at the United Nations (UN) Conference on Desertification, Nairobi in 1977, the Food and Agriculture Organisation's (FAO) Forestry Department commenced work in 1979 on a project aimed at the conservation and better utilisation of genetic resources of arboreal species for the improvement of rural living (Palmberg, 1981). The main emphasis was on species with potential for fuelwood in arid and semi-arid regions. In collaboration with FAO, the ATSC made range-wide collections of *A. aneura*. The seed was used to establish international provenance trials in ten countries (Midgley and Gunn, 1985). More recent collections concentrated on a wide range of species from the tropical arid/semi-arid parts of Australia for use internationally. Since 1981, the ATSC has collected seed of 81 acacia species within the arid zone (500 mm rainfall) north of latitude 24°S. These collections were carried out in collaboration with FAO, CTFT and the National Biotechnology Program funded by the Australian Government. Table 2 summarizes the species and provenances currently held along with target species for collection in September/October 1992.

Table 2. Arid zone acacia seedlots held by ATSC

Species (number of seedlots held)*	Species (number of seedlots held)*
<i>acradenia</i> (4)*	<i>farnesiana</i> (6)
<i>adoxa</i> (1)	<i>georginae</i> (5)
<i>adsurgens</i> (3)*	<i>glaucocaesia</i> (1)*
<i>ampleiceps</i> (22)*	<i>gonoclada</i> (3)
<i>anaticeps</i> (5)*	<i>gonoleana</i> (2)
<i>ancistrocarpa</i> (8)*	<i>gracilima</i> (1)
<i>aneura</i> (17)	<i>hamersleyensis</i> (2)
<i>atkinsiana</i> (1)	<i>hilliana</i> (1)
<i>aphanoclada</i> (1)	<i>holosericea</i> (2)*
<i>argyraea</i> (1)	<i>inequilatera</i> (4)
<i>bidwillii</i> (2)	<i>jennerae</i> (4)*
<i>bivenosa</i> (8)	<i>julifera</i> (8)*
<i>bivenosa x ampleiceps</i> (1) (natural hybrid)	<i>kempeana</i> (2)
<i>cabbagei</i> (3)	<i>laccata</i> (1)
<i>chisholmii</i> (2)	<i>ligulata</i> (9)
<i>citrinoviridis</i> (6)*	<i>lysiphloia</i> (4)*
<i>colei</i> (24)*	<i>maconochleana</i> (1)
<i>coriacea</i> (9)*	<i>mailandii</i> (1)
<i>cowleana</i> (16)*	<i>monticola</i> (8)
<i>cretata</i> (1)	<i>neurocarpa</i> (2)*
<i>cuthbertsonii</i> (3)*	<i>neurocarpa x colei</i> (1)* (natural hybrid)
<i>cyperophylla</i> (2)	<i>oligophleba</i> (2)*
<i>delibrata</i> (1)	<i>orthocarpa</i> (2)
<i>dictyophleba</i> (6)*	<i>pachyacra</i> (2)*
<i>difficilis</i> (4)*	<i>pachycarpa</i> (4)
<i>dimidiata</i> (1)	<i>ptychophylla</i> (1)
<i>distans</i> (1)	<i>pyrifolia</i> (7)
<i>drepanocarpa</i> (1)	<i>retinervis</i> (0)*
<i>eriopoda</i> (6)*	<i>retivenia</i> (4)
<i>estrophiolata</i> (1)	<i>rhodophloia</i> (1)
<i>sabulosa</i> ms (3)	<i>torulosa</i> (2)*
<i>sclerosperma</i> (7)	<i>trachycarpa</i> (5)
<i>sclerosperma x ligulata</i> (1)	<i>translucens</i> (1)
<i>stipuligera</i> (6)*	<i>tropica</i> (1)
<i>stowardii</i> (1)	<i>tumida</i> (20)*
<i>strongylophylla</i> (1)	<i>valdinervia</i> (2)
<i>synchronicia</i> (1)*	<i>victoriae</i> (7)
<i>tenuissima</i> (6)*	<i>wanyu</i> (1)*
<i>tephrina</i> (1)	<i>xiphophylla</i> (3)
<i>tetragonophylla</i> (3)	

* Targeted for collection in Sep-Oct 1992

Collection times and techniques

Whilst there is variation in the stage of fruit development between species and districts, ATSC records for *Acacia* seed collections from arid parts of the Northern Territory, north west Western Australia and western Queensland indicate that the effective collection season is between mid September and early November (early spring) prior to the wet season. Optimal collection time is affected by rainfall pattern, amount and temperature particularly when the crop is nearing maturity e.g. hot dry winds can advance the maturation by more than two weeks. Maturity of pods is normally indicated by the dark colour and pod dehiscence but in some instances seed is viable when in a green pod and at high moisture content. In these cases the seed coat is still relatively soft and pale in colour. *A. aneura* flowering depends upon favourable environmental conditions and may occur at various times throughout the year or not at all (Preece, 1971). Only late summer flowering followed by winter rains leads to seed set (Davies 1976). In northern Australia, the peak flowering period for this species is June-July, but it may occur from May to September and seed set from mid-September to mid-November. Latz (1992) lists flowering times for a range of central Australian arid-zone acacias. Figure 2 summarises collection times for a range of species.

Species	Number of records	Month of Collection						
<i>A. acradenia</i>	4							
<i>A. adsurgens</i>	4							
<i>A. ampliceps</i>	24							
<i>A. anaticeps</i>	5							
<i>A. ancistrocarpa</i>	7							
<i>A. citrinoviridis</i>	8							
<i>A. colei</i>	16							
<i>A. coriacea</i>	6							
<i>A. cowleana</i>	13							
<i>A. cuthbertsonii</i>	2							
<i>A. dictyophleba</i>	10							
<i>A. difficilis</i>	10							
<i>A. glaucacaesia</i>	1							
<i>A. holosericea</i>	15							
<i>A. neurocarpa</i>	2							
<i>A. oligophleba</i>	1							
<i>A. pachyacra</i>	2							
<i>A. stipuligera</i>	4							
<i>A. tenuissima</i>	6							
<i>A. tumida</i>	20							
<i>A. victoriae</i>	9							
<i>A. wanvu</i>	1							
		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	
		Spring (Dry season)			Summer (Wet season)			

² Based on ATSC records.

Fig. 2. Seed collection times in Australia for arid zone acacias²

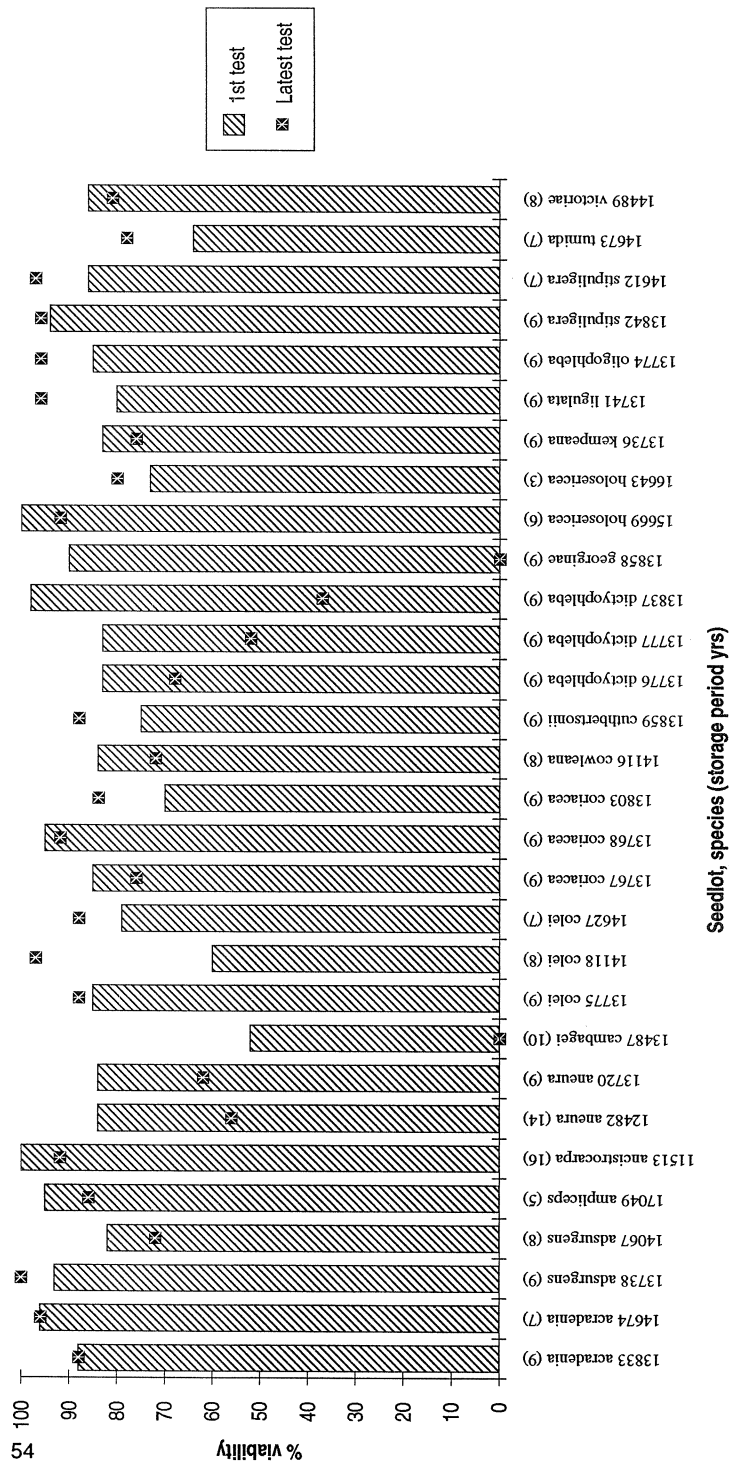


Fig. 3. Viability change in storage for ATSC seedlots

The techniques and materials used for collecting seed are described by Doran *et al.* (1983) and by Willan *et al.* (1990). Correct timing is essential for efficient and successful collections. For pods which have dehisced, branches can be shaken to dislodge the seed on to tarpaulins spread out under the base of the tree. For less mature crops, branches can be cut and then beaten or stripped over a tarpaulin. Green pods are more difficult to remove making it necessary to hand strip if the previous methods are found unsuitable. Some form of mechanical threshing is often required to separate the seed from the pods. Care must be taken with threshing to ensure that minimal damage is done to the seed.

The principal criterion for selection of trees for collection is the presence of seed in collectable quantities. Thomson and Cole (1987) described their strategy in which promising and widely distributed species were collected from several, geographically well separated (100 km apart) provenances with differing rainfall and soil conditions. Each collection represented the site sampled with a minimum of ten parent trees spaced at least 50-100 m apart. In most cases seed was then bulked by populations. In some cases, particularly where taxonomy is confused, it may be necessary to maintain seed from individual trees within a population as separate seedlots.

Seed storage

In general, acacia seeds, by virtue of their hard coat which minimizes moisture exchange and the loss of stored reserves through respiration, retain their viability for many years and present few problems in storage. Data for the longevity of arid zone species tested by the Centre are given in Figure 3. The seed was stored in an air-conditioned room at 20-25°C at a relative humidity of 30-50% in closed containers. While there was some loss in germination over time, most had retained their viability at an acceptable level (decline in viability of less than 10%).

A. cambagei, 2 seedlots of *A. dictyophleba* and *A. georginae* all showed a drop in viability reflecting the 'soft' coat on the seeds of these species. Other soft coated species such as *A. harpophylla* display similar behaviour although tests at the ATSC have shown variability depending on population and collection season. Species with the soft seeded character can be readily identified by the boiling water viability test pretreatment killing the seed while less severe treatment results in successful germination. 'Soft' seeded acacia species lose viability rapidly when stored at room temperature (see Figure 3) and they should be stored under controlled conditions in a cool room (2-4°C) or freezer (18°C). Other species displaying the 'soft' coat character include *A. argyrodendron*, *A. cyperophylla*, *A. latzii*, *A. maconochieana* and *A. xiphophylla*.

Future directions

A workshop was held in Australia in August 1991 to discuss the use of Australian acacias as a food resource. This meeting was convened as a result of growing interest and experimentation with Australian acacia seed for human food in parts of west Africa. The proceedings of this meeting (House and Harwood, 1992) are available from the ATSC. Amongst the recommendations of this meeting were further nutrition and toxicology research, species/provenance trials of target species, studies of the taxonomic status of the most promising species particularly the *A. tumida* group, studies of breeding systems and genetic variation, research on root symbionts and comprehensive seed collections of target species. The ATSC has sought funding to carry out or support work in these areas.

With financial support from the Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) and the Australian International Development Assistance Bureau (AIDAB), the Centre will commence work on seed collections in the tropical arid/sub-arid zones of northern Australia concentrating on the

Northern Territory, Western Australia and western Queensland during September and October 1992. The collections will target over thirty species (see list in Table 2) with five provenances per species sampled from the natural distribution of each species. Soil and root nodule samples will be taken for each species to enable isolation and culturing of *Rhizobium* and ecto-mycorrhizal fungi. The ATSC is committed to the exploration and evaluation of the Australian arid zone flora. Collaboration with researchers in west Africa will be an integral part of the evaluation process and the Centre is keen to work with interested institutions through its AIDAB funded 'Seeds of Australian Trees' project..

Acknowledgment

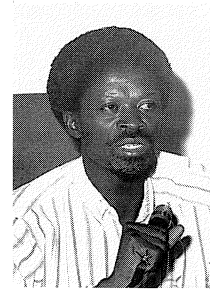
The authors would like to thank colleagues in the Australian Tree Seed Centre, particularly Dr Chris Harwood for his comments on the manuscript. Also Dr Lex Thomson for his review of the paper and many useful comments and advice.

References

- Boland, D.J. 1986. Selection of Species and Provenances for Tree Introduction. In: J.W. Turnbull, ed. Multipurpose Australian trees and shrubs: lesser-known species for fuelwood and agroforestry. ACIAR Monograph No.1: 45-57.
- Boland, D.J. 1989. Realising the Potential of Australia's Lesser-Known Trees and Shrubs: A Summary and Future Perspectives. In: D.J. Boland, ed. Trees For The Tropics: growing Australian multipurpose trees and shrubs in developing countries. ACIAR Monograph No. 10: 231-235.
- Booth, T.H., J.A. Stein, H.A. Nix and M.F. Hutchinson. 1989. Mapping regions climatically suitable for particular species: an example using Africa. *Forest Ecology and Management* 28:1 9-31.
- Cossalter, C. 1986. Introduction of Australian Acacias into Dry Tropical West Africa. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam 16: 367-389.
- Davies, S.J.F. 1976. Studies of the flowering season and fruit production of some arid zone shrubs and trees in Western Australia. *J. Ecol.* 64: 665-87.
- Doran, J.C., J.W. Turnbull, D.J. Boland and B.V. Gunn. 1983. Handbook on seeds of dry zone acacias. FAO, Rome. 92 pp.
- Gorse, J. 1985. Desertification in the Sahelian and Sudanian zones of west Africa. *Unasylva* 150. vol 37: 2-17.
- House, A.N.P. and C.E. Harwood. eds. 1992. Australian Dry-zone Acacias for Human Food: proceedings of a workshop held at Glen Helen, Northern Territory, Australia, 7-10 August 1991. 145 pp.
- Iyamobo, D.E. 1987. Africa: problems and opportunities for IUFRO. *IUFRO-news* No. 57: 2-6.
- Latz, P. 1992. Ecological attributes of central Australian *Acacia* species. In: House, A.N.P. & C.E. Harwood. ed. Australian dry-zone acacias for human food: proceedings of a workshop held at Glen Helen, Northern Territory, Australia. 7-10 August, 1991. p. 143-145.
- Midgley, S.J. and B.V. Gunn. 1985. *Acacia aneura* seed collections for international provenance trials. *Forest Genetic Resources Information* No.13: 21-29. FAO, Rome.
- Martin, B. and C. Cossalter. 1974. Rapport de la mission de recolte de semences d'especes et de provenances d'abres forestiers en Australie, en Papouasie Nouvelle Guinee, A Timor Portugais et en Indonesie. Centre technique Forestier Tropical (unpubl.). 140 pp.
- Maslin, B and L.A.J. Thomson. 1992. Reappraisal of the taxonomy of *Acacia holosericea* A. Cunn. ex Don, including the description of a new species, *A. colei* and the reinstatement of *A. neurocarpa* A. Cunn. ex Hook. *Aus. J. Sys. Bot.*, accepted, in press.
- Moran, G., L. Thomson, J. Grant and C. Bell. 1992. Distribution of genetic variation within two dry-zone *Acacia* species and implications for their genetic improvement. In: A.N.P. House, and C.E. Harwood. 1992. eds. Australian Dry-zone Acacias for Human Food: proceedings of a workshop held at Glen Helen, Northern Territory, Australia. 7-10 August 1991. p. 74-81.
- NAS. 1980. Firewood Crops: Shrub and Tree Species for Energy Production. (National Academy of Sciences: Washington, D.C.
- NRC. 1984. Agroforestry in the West African Sahel. Board on Science and Technology for Interna-

- tional Development, National Research Council. National Academy Press. 86 pp.
- Palmberg, C. 1981. A vital fuelwood gene pool is in danger. *Unasylva*. 33 (133): 22-29.
- Preece, P.B. 1971. Contribution to the biology of mulga. 1. Flowering. *Aust. J. Bot.* 19: 21-38.
- Souvannavong, O. and de Framond, H. 1992. Performance of dry-zone *Acacia* species and provenances recently introduced to the Sahel. In: House, A.N.P. & C.E. Harwood. eds. Australian dry-zone acacias for human food: proceedings of a workshop held at Glen Helen, Northern Territory, Australia, 7-10 August 1991. p. 82-89.
- Thomson, L.A.J. 1989. Report to AIDAB on "Seeds of Australian Trees". Advisory visit to Kenya and West Africa (Nigeria, Niger, Burkina Faso and Senegal) 27 March - 6 May 1989. AIDAB internal report.
- Thomson, L.A.J. 1992. Australia's subtropical dry-zone *Acacia* species with human food potential. In: A.N.P. House & C.E. Harwood. eds. Australian dry-zone acacias for human food: proceedings of a workshop held at Glen Helen, Northern Territory, Australia. 7-10 August 1991. p. 3-36.
- Thomson, L.A.J. and E.G. Cole. 1987. Woody plant seed collections in tropical, arid and semi-arid Australia and recommendations for international species trials. *Forest Genetic Resources Information* No.15: 37-48. FAO, Rome.
- Toutain, B. 1986. Recent vegetation changes and degradation in some sahelian pastoral ecosystems of western Africa. in *Rangelands: a resource under seige*. Proceedings of the 2nd international rangeland congress. Adelaide, Australia. 13-18 May 1984. p. 73-74.
- Turnbull, J.W. 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs: lesser-known species for fuelwood and agroforestry. ACIAR Monograph No. 1. 316 p.
- Turnbull, J.W. 1987. Australian acacias in developing countries: proceedings of an international workshop held at the Forest Training Centre, Gympie, Qld., Australia. 4-7 August 1986. ACIAR Proceedings No. 16. 196 pp.
- Vercoe, T.K. and McDonald, M.W. 1987. Seed collections of salt tolerant woody plant species in Australia. Australian Tree Seed Centre internal report. 420 pp.
- Willan, R.L., C.E. Hughes and E.B. Lauridsen. 1990. Seed collections for tree improvement. In: N. Glover and N. Adams. eds. Tree improvement of multipurpose species. Winrock F/FRED Multipurpose tree species network technical series Vol 2: 11-37.

Approvisionnement en semences forestières dans les pays du Sahel: cas du Burkina Faso



Soumayila Bancé

S. Bancé

Centre National de Semences Forestières, B.P. 2682, Ouagadougou 01, Burkina Faso

Résumé

L'importance que revêt la qualité des semences quant au succès des reboisements qui en sont issus a été négligée au départ à travers les nombreux projets de reboisement mis en oeuvre au Sahel. Néanmoins certaines initiatives ont été récemment engagées afin d'améliorer, tant sur le plan qualitatif que quantitatif, les approvisionnements en semences forestières destinées aux actions de plantation. Mais les stratégies engagées ne sont pas sans problème et la question se pose de savoir comment garantir l'utilisation permanente des semences améliorées dans le cadre de la reconstitution du couvert végétal ligneux.

Abstract

The significance of seed quality for successful reforestation has initially been overlooked in many reforestation projects in the Sahel. Nevertheless, initiatives have recently been undertaken to improve, qualitatively and quantitatively, the provision of tree seeds for forestation projects. However, the used strategies are not without problems and the question arises how to guarantee the permanent use of improved seed for the re-establishment of forest vegetation.

Introduction

Le reboisement représente l'une des grandes préoccupations des états sahéliens qui tentent par ce biais de palier à la dégradation persistante de leurs terroirs. La réalisation des plantations nécessite la disponibilité des semences forestières en quantité suffisante et de bonne qualité physiologique, génétique et sanitaire.

Malheureusement la situation en matière d'approvisionnement en semences dans les pays du sahel est loin d'être satisfaisante. Aussi, le bilan global des reboisements réalisés fait état d'échecs imputables à un certain nombre de facteurs dont:

- l'utilisation de semences de faibles qualités
- l'usage d'espèces (exotiques notamment) à usages peu variés
- le faible niveau d'utilisation des espèces autochtones
- la non prise en charge par les populations bénéficiaires des plantations réalisées par les projets de développement rural

- le très faible niveau d'implication et de responsabilisation des paysans dans la conception et la réalisation des plantations.

Néanmoins des efforts sont déployés depuis un certain temps au niveau des pays sahéliens pour remédier à ces insuffisances. C'est ainsi que les 9 pays membres du CILSS ont formulé un Programme Régional de Semences Forestières (PRSF) destiné à renforcer les efforts entrepris dans le cadre des approvisionnements en semences et/ou à permettre aux pays membres, dépourvus de structure spécialisée en matière de production et de diffusion de semences forestières, de s'en procurer. Par ailleurs le Burkina Faso s'est doté en 1983 d'un Centre National de Semences Forestières (CNSF) dont la mission principale est d'approvisionner les structures de recherche et de développement en semences forestières en quantité suffisante et surtout de qualité physiologique, génétique et sanitaire améliorées. A l'instar du Burkina Faso d'autres pays de la communauté sahélienne possèdent également des unités de production et de diffusion du matériel végétal forestier.

Par la présente communication nous nous proposons de donner certaines informations générales sur le système des approvisionnements en semences dans les pays du sahel en insistant sur le cas du Burkina Faso.

Justification des besoins d'approvisionnement en semences au Sahel

Les grandes sécheresses des années 1968, 1973, 1974 et 1983-1984 qui ont sévi dans la sous région sahélienne ont eu pour conséquence la dégradation du couvert végétal ligneux et herbacé, éléments essentiels du maintien de l'équilibre de l'écosystème environnemental. Dès lors cette situation a nécessité la mise en oeuvre d'actions destinées à juguler les effets de la sécheresse et de la désertification.

Au nombre des actions engagées figure la reconstitution du couvert végétal ligneux par le biais du reboisement. En amont de cette activité se situent les approvisionnements des acteurs du développement rural en semences. En effet, les besoins en plants nécessaires pour les opérations de plantation impliquent une accessibilité et une disponibilité des semences. Mais comment pouvait-on et qui pouvait satisfaire à ces besoins?

Sources et modes d'approvisionnement en semences forestières

La production des semences peut se faire à partir de trois sources principales:

- de sources sauvages, c'est-à-dire de peuplements ou d'individus naturels ou artificiels mais n'ayant pas pour objet premier la production des semences;
- de peuplements ou d'individus sélectionnés sur la base de critères phénotypiques;
- de vergers à clones testés et sélectionnés.

Dans les deux premiers cas l'application de normes scientifiques et techniques lors de la récolte est absolument nécessaire afin d'obtenir du matériel végétal adéquat.

Plusieurs modes d'approvisionnement en semences peuvent être adoptés. Ce sont:

- les récoltes sauvages de matériel tout venant non identifié. Dans ce cas on se contente de récolter ce qui est disponible dans les environs immédiats sans application des règles en matière de production de matériel de reproduction. Cela présente des inconvénients tels que la limitation des quantités de semences et le nombre des espèces, l'étranglement de la base génétique des lots récoltés, les risques d'apparitions de maladies liées à la consanguinité au niveau des plants en pépinière et/ou en plantation, les risques d'obtention de semences de faible qualité physiologique.
- les approvisionnements auprès de structures organisées qui n'appliquent que le principe de la supériorité phénotypique des peuplements ou des individus comme seul critère d'amélioration. Dans ce cas les lots obtenus n'échappent ni à l'étranglement de la base

- génétique, ni à la faiblesse de la qualité physiologique et sanitaire.
- les approvisionnements auprès d'institutions étrangères; ce mode d'approvisionnement s'avère aléatoire car il ne garantit pas la disponibilité de toutes les espèces répondant aux besoins et pouvant s'adapter aux conditions locales de croissance.
- les approvisionnements auprès de structures organisées et effectuant des récoltes à partir des sources identifiées et d'après des critères scientifiques et techniques rigoureux. Ce stade d'amélioration est appréciable mais il ne résoud pas d'emblée le problème des techniques de production (levée de dormance par exemple) et d'adaptation du matériel végétal.
- les approvisionnements en semences de sources identifiées et dont la biologie et la physiologie sont maîtrisées et la qualité génétique améliorée; le mieux serait d'utiliser un tel matériel car on a l'occasion d'adapter le choix au besoin et partant d'assurer un meilleur avenir aux plantations.

Diagnostic en matière des approvisionnements en semences au sahel

D'une manière générale la situation en matière des approvisionnements en semences forestières dans les états sahéliens se caractérise par l'absence dans la plupart des pays de structures spécialisées, opérationnelles et fonctionnelles dans le domaine des semences. Cela se traduit par la pratique de mode d'approvisionnement peu fiables. En effet les récoltes locales sont réalisées par les agents de pépinière qui, du reste, n'ont pas reçu de formation appropriée, ce qui induit des lacunes scientifiques et techniques en matière des prescriptions pour la production du matériel végétal forestier.

Pour ce qui est des approvisionnements en semences d'espèces exotiques à partir de l'étranger il n'existe pas une législation adéquate d'importation des semences dans les pays. Pour l'essentiel, la situation globale sus indiquée se résume en des contraintes scientifiques, techniques, humaines, matérielles et financières rencontrées dans les pays du sahel. Cependant il convient de signaler l'existence au Burkina Faso, et dans une certaine mesure au Sénégal, de structure spécialisée opérationnelle et fonctionnelle dans le domaine des semences forestières.

Dans certains pays les actions ont récemment démarrées sans que de véritables centres nationaux aient été créés (au Niger, en Mauritanie, et au Mali). Pour résoudre d'une manière globale les contraintes déjà évoquées, les états membres du CILSS ont formulé un Programme Régional de Semences Forestières opérationnel depuis avril 1992 et dont l'objectif est à moyen et long terme d'assister les états dans l'organisation et l'amélioration des approvisionnements en semences de bonne qualité physiologique, sanitaire et génétique et à court terme de satisfaire la demande en quantité suffisante de semences aux besoins réels et aux attentes des utilisateurs.

Dans le concret le PRSF est appelé à donner son appui d'une part à la mise en place de centres nationaux là où cela n'existe pas, et d'autre part au renforcement des centres ou projets spécifiques existant, traitant des semences forestières. La concrétisation de l'objectif global sus indiqué suppose la réalisation d'objectifs spécifiques à travers les quatre composantes ci-après.

- a) Appui à la mise en place ou au renforcement des centres nationaux
- b) La production des semences: il s'agit des activités qui permettent de disposer de semences de qualité appréciable et en quantité suffisante.
- c) L'amélioration des semences: définir et exécuter des stratégies d'amélioration de la qualité génétique et physiologique des semences.
- d) La conservation des ressources génétiques: mise en place de conservatoires in situ et ex situ en vue de sauvegarder la variabilité génétique par l'utilisation du maximum de gènes.

Situation en matière d'approvisionnement en semences forestières au Burkina Faso

La situation passée, actuelle et future en matière d'approvisionnement en semences forestières au Burkina Faso trouve son origine dans la politique de lutte contre la désertification engagée par ce pays à l'instar des autres pays sahéliens. Dès 1963 le Centre Technique Forestier Tropical a entrepris,

dans le cadre de la convention entre la République Française et le Burkina Faso en appui aux programmes nationaux de reboisement, des travaux relatifs à l'approvisionnement en semences forestières, notamment la collecte et le prétraitement des semences, le stockage de graines de quelques espèces et l'amélioration génétique de certaines espèces exotiques telles que les Eucalyptus.

Les besoins en semences forestières ont été accentués avec la mise en oeuvre des projets destinés à la protection de l'environnement. Mais force nous est de reconnaître que bon nombre de ces projets n'ont pas eu les effets escomptés du fait surtout que les populations qui devraient en être les bénéficiaires n'ont pas été associés à leur conception et à leur réalisation. Les exemples suivants illustrent cet état de fait: en guise de sensibilisation certains projets distribuaient les semences ou les plants aux populations, tandis que d'autres rémunéraient les paysans en argent ou en vivre en échange des travaux réalisés. Par la suite il a été établi que dans beaucoup de cas les populations refusent d'assurer par elles-mêmes l'entretien des plantations réalisées dont elles ne perçoivent pas l'intérêt, dans la mesure où les espèces plantées (exotiques dans leur quasitotalité) leur sont inconnues ou offrent peu d'usages.

La création en 1983 du Centre National de Semences Forestières (CNSF) est venue traduire de manière plus éloquente la volonté politique du Burkina Faso de rendre les actions de reboisement très efficaces. Le CNSF du Burkina Faso, opérationnel depuis 1984 a pour objet principal d'assurer les approvisionnements des structures de développement et de recherche en semences de bonnes qualités physiologique, génétique et sanitaire.

Pour ce faire le CNSF doit produire les semences répondant aux besoins et en quantité suffisante, mener la recherche pour l'amélioration progressive des qualités des semences produites et contribuer à une meilleure utilisation du matériel végétal et à la formation des agents de terrain.

En plus du CNSF, d'autres structures nationales contribuent, à travers leurs activités, à la production et à l'amélioration des semences. Parmi elles nous pouvons citer l'Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET) et l'Institut du Développement Rural (IDR) de l'Université de Ouagadougou, etc. La tendance adoptée par l'ensemble de ces structures travaillant dans le domaine des semences forestières tend essentiellement à:

- promouvoir les espèces locales sur la base des besoins réels des populations,
- responsabiliser les paysans dans le choix des espèces à planter,
- renforcer la valeur de l'arbre par la vente des semences produites.

Activités mises en oeuvre

Les activités en matières de semences forestières sont l'émanation de programmes nationaux qui concourent tous à l'approvisionnement des utilisateurs en matériel végétal performant. Si les activités directement liées à la production et à la diffusion des semences sont essentiellement menées par le CNSF, celles relatives à la recherche fondamentale et d'accompagnement font également intervenir les autres structures impliquées dans les activités de matériel végétal ligneux. Les différents programmes nationaux mis en oeuvre au Burkina Faso sont ci-après libellés avec en regard les objectifs poursuivis:

- * Production et diffusion des semences:
 - satisfaire la demande courante
 - prodiguer des conseils relatifs au bon choix et à l'utilisation optimum des semences.
- * Amélioration des semences:
 - accroître progressivement la qualité génétique physiologique et sanitaire des semences à diffuser
 - sauvegarder les espèces menacées de disparition
- * Appui aux utilisateurs:

- suivi des activités: service après vente des semences
- amélioration des techniques d'utilisation des semences

A travers ces programmes un accent particulier est mis sur la promotion et la valorisation des espèces forestières locales à buts multiples, agroforestières notamment. L'exécution des programmes bénéficie de la participation active des autres structures de développement et d'encadrement du monde rural qui sont par ailleurs bénéficiaires des semences produites. La mise en oeuvre des programmes a également nécessité la coopération et la collaboration avec les institutions nationales, multinationales et internationales.

Les acquis enregistrés à travers l'exécution des différents programmes sont mis à la disposition des autres pays sahéliens dans le cadre de la mise en oeuvre du PRSF. Cela permet aux bénéficiaires d'éviter la répétition.

Impact des approvisionnements en semences forestières sur le développement des activités de plantation

La production et la diffusion des semences améliorées par le CNSF a un impact positif sur le développement des activités de plantation dans les pays bénéficiaires en général, au Burkina Faso en particulier. Le bilan global des quantités de semences diffusées par le CNSF de 1984 à 1991 fait état de 10272 kg au Burkina Faso et 1596 kg à l'étranger.

Si d'une manière générale l'impact des approvisionnements en semences sur le développement des activités de plantation est difficile à établir sur la base de données fiables, une certaine estimation peut être faite dans les cas spécifiques du Burkina Faso. Ainsi des travaux menés par les services du Ministère de l'Environnement et du Tourisme ont permis d'établir qu'annuellement environ 4.200.000 plants sont produits dans l'ensemble des pépinières et que 90 % de ces plants sont issus des semences distribuées par le CNSF. Les autres 10 % des plants produits proviennent de l'auto-approvisionnement des pépiniéristes (Traoré, 1989). Une autre étude menée sur le terrain a abouti aux conclusions suivantes:

- la qualité des semences et les techniques de prétraitement préconisées par le CNSF donnent satisfaction en pépinière,
- la qualité des plantations est bonne dans l'ensemble; cependant des études beaucoup plus précises devront être menées pour confirmer cette conclusion,
- la diffusion d'une large gamme d'espèces a permis la diversification des plantations,
- la réussite des plantations a contribué à motiver davantage les populations qui sont les principaux acteurs de la lutte contre la désertification.

Difficultés et orientations en matière d'approvisionnement en semences forestières de bonne qualités

L'intérêt porté aux semences forestières améliorées, particulièrement à celles des espèces autochtones au Sahel est récent. Au Burkina Faso les travaux en matière de semences forestières qui n'ont débuté qu'en 1963 ne se sont intensifiés que suite à la création du CNSF en 1983. Depuis lors des acquis importants ont été enregistrés mais des difficultés existent. Ce sont:

- l'insuffisance des connaissances sur l'écologie et les conditions pseudo-climatiques des espèces;
- la fragilité des écosystèmes due d'une part aux activités humaines et d'autre part aux caprices pluviométriques se traduisant ainsi par la dégradation et/ou la disparition des peuplements d'arbres;
- les difficultés d'approvisionnement des populations en semences de certaines espèces en raison de la non maîtrise des techniques de conservation de celles là;
- l'insuffisance des connaissances sur les potentialités génétiques de la plupart des espèces locales, ce qui ne permet pas un usage optimal de ces potentialités;
- la concurrence entre les populations et le CNSF autour de la collecte des fruits de certaines

espèces présentant un intérêt économique important, ce qui peut compromettre la récolte des fruits dans certains peuplements;

- la limitation des capacités financières des paysans, est un frein à l'achat des semences améliorées par cette couche sociale, les pépiniéristes privés quant à eux sont tentés d'économiser au mieux en utilisant les semences de qualité médiocre, plutôt que d'investir dans l'achat de matériel performant; ces deux problèmes hypothéquent l'utilisation permanente des semences améliorées.

La résolution des problèmes ci-dessus énumérés est entreprise à travers les stratégies ci-après développées:

- la mise en oeuvre de programmes d'études approfondies et l'intensification des échanges scientifiques et techniques dans un cadre régional et international;
- la sensibilisation plus accrue des masses à la sauvegarde de l'environnement et des usagers potentiels des semences forestières pour une utilisation plus intensive du matériel ligneux amélioré;
- l'organisation des paysans en groupements capables de constituer des ressources financières nécessaires à l'achat des semences améliorées, dans la mesure où la paysannerie a manifesté son aptitude à gérer son environnement;
- la formulation et l'exécution d'étude visant à permettre à la structure spécialisée en semences forestières (le CNSF notamment) d'autofinancer les activités de productions et de diffusion des semences;
- la promotion de la vente des semences.

L'aboutissement des stratégies sus développées requiert l'appui et le soutien de l'Etat ainsi que tous les intervenants dans le monde rural.

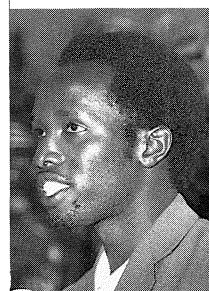
Conclusion

La lutte contre la désertification par le biais des plantations est de longue haléine et, de ce fait, n'autorise pas de négliger les aspects à prendre en compte en vue de son succès. Les efforts engagés au Sahel pour améliorer les approvisionnements en semences forestières sont louables et doivent être renforcés. Cependant force est de constater que de nombreux projets de reboisement sont mis en oeuvre grâce à l'appui des bailleurs de fonds étrangers et que cet appui tend présentement à s'amenuiser. Des solutions conséquentes doivent alors être trouvées en vue de garantir l'utilisation permanente du matériel végétal amélioré dans le cadre de la lutte contre la désertification.

Bibliographie

- Bancé, S. 1992. Diffusion des semences améliorées: quelle approche pour son maintien et son renforcement? Actes finaux (Version provisoire) des 1ères Journées Scientifiques du CNSF. Ouagadougou.
- CILSS. 1988. Séminaire régional sur les semences forestières, Janvier 1988. SRSF/SEE/CILSS/004/88. Ouagadougou. 15 pp.
- CILSS. 1988. Séminaire régional sur les semences forestières. Rapport National du Burkina Faso. Ouagadougou.
- CILSS/FAO/IUFRO. 1989. Programme Régional de Semences Forestières. (Volet d'appui et de coordination Régionale). PRSF/CILSS, Avril 1989. Ouagadougou. 96 pp.
- CNSF. 1990. Bilan de trois (3) ans d'activités (Avril 1989-Avril 1990). MET/SG/CNSF, PAN/CNSF. Ouagadougou. 38 pp.
- Dufumier, M. 1990. Environnement et développement Rural. Rapport de synthèse/session d'échange cycle "Analyse comparée d'expériences de développement rural. Ouagadougou 25 Juin-7 Juillet 1990. ACCT/EIB. 37 pp.
- Traoré, A. 1989. Impact de la diffusion des semences forestières sur le développement des activités de plantation au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, ISN/IDR, Univ. Ouagadougou/CNSF, Option Eaux et Forêts: 55 pp.

Les activités de recherche, production et diffusion de semences forestières au sein de la Centrale de Graines Forestières au Rwanda



Wherny Namara

W. Namara

Centrale de Graines Forestières de l'ISAR, Rwanda

Résumé

Dans le cadre de la politique de reboisement, une Centrale de Graines Forestières et agroforestières (C.G.F) a été créée en 1978 au sein du Département de Foresterie de l'Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (I.S.A.R) à Butaré avec comme objectifs de:

- regrouper les commandes de graines forestières,
- récolter des graines dans les peuplements et vergers à graines,
- importer des semences d'essences exotiques,
- gérer le stockage du matériel de reproduction forestière,
- mener des recherches en amélioration génétique des arbres forestiers et en traitement des graines.

La C.G.F a déployé un effort considérable dans le domaine de la recherche sur les graines: méthodes de conservation, techniques de germination, observations phénologiques et techniques de récolte. Pour ce qui concerne la recherche sur l'amélioration génétique des arbres, l'effort fourni par la Centrale consiste en la sélection de peuplements à graines, l'installation d'essais comparatifs de provenances convertibles en vergers à graines de semis de provenances; création de parcelles semencières ainsi que la sélection individuelle pour la création de vergers de clones, accompagnés de tests de descendance.

Pour ce qui concerne la production de semences: la C.G.F. réalise les récoltes locales et les importations, mais vu le coût de ces dernières, la politique de la C.G.F. est de choisir dans la mesure du possible, le matériel de reproduction de qualité dans le pays, pour la grande majorité des espèces importées.

Afin de concrétiser sa bonne réputation sur le plan commercial, la Centrale de Graines Forestières aspire à une reconnaissance internationale par l'intermédiaire d'une adhésion au système de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (O.C.D.E) pour le contrôle de matériels forestiers de reproduction destinés au commerce international.

Abstract

Within the framework of reforestation, a centre for tree seed (C.G.F.) was founded in Butaré (Rwanda) in 1978 in order to

- regroup the seed orders,
- harvest seed in natural stands and seed orchards,
- import seeds of exotoxic species,
- control the storage of seeds,
- carry out research in genetic improvement of tree species and seed pretreatment.

The C.G.F. has shown considerable efforts in seed research, i.e. storage methods, germination techniques, phenological observations and harvest techniques. As to research on genetic improvement of tree species, the C.G.F. has made a selection of seed stands, establishment of provenance trials which can be converted into seed orchards, and creation of orchards with clonal material.

As to the seed production the centre deals with local harvests and imports but owing to the high costs of the latter, the C.G.F. is trying - as far as possible - to select grade A seeds, also of exotic species, within the country.

In order to establish a good reputation in trading, the C.G.F. is aiming at international recognition through the O.E.C.D. for control of reproductive material in international trading.

Introduction

Le Rwanda est un pays d'Afrique Centrale où l'arbre occupe une place importante dans le paysage. Il couvre près de 28 % du territoire dont environ 141.200 ha de forêts naturelles de montagne, 388.400 ha de savanes boisées, 115.400 ha de boisements artificiels et 91.500 ha d'arbres isolés ou en associations agroforestières (citation Godi, 1991). Toutefois la production forestière rwandaise n'arrive pas à satisfaire les besoins, notamment en bois de feu, de la population à forte croissance démographique (3,7%/an) (Kalinganire, 1988; Minagri, 1990 repris par Godi, 1991).

Dès le début du siècle, de nombreuses espèces exotiques, en particulier l'*Eucalyptus* furent introduites pour la production du bois de chauffage. Dès 1980, le reboisement s'est réalisé au rythme de 10.000 à 15.000 ha/an. C'est dans le cadre de cette politique de reboisement que la Centrale de Graines Forestières fut créée en 1978.

Cette contribution a comme objectif de partager l'expérience acquise par la C.G.F au cours des quatorze dernières années quant à la recherche, la production et la diffusion des semences forestières.

Centrale de Graines Forestières(CGF)

Historique

La CGF fut créée en Février 1978 à l'Arboretum de Ruhande au sein du Département de Foresterie de l'ISAR, en collaboration avec la Direction de la Coopération au Développement et l'aide humanitaire Suisse.

Dans un premier temps, l'objectif de la CGF était:

- regrouper les commandes de graines pour tous les pays;
- organiser l'importation d'espèces exotiques;
- contrôler les récoltes locales;
- conserver la production excédentaire.

En 1979, la CGF a intensifié ses activités dont:

- sélection des peuplements semenciers;

Tableau 1. Résultats de germination pour les espèces étudiées de 1982 à 1991

Espèce	Date de récolte	% de germination initial 1992	POURCENTAGE DE GERMINATION																			
			en 1985					en 1986					en 1987					en 1988				
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Eucalyptus saligna (Prov. Kibuya)	8/82	95	62	58	56	61	74	74	57	57	59	59	48	45	42	46	54	61	44	47	44	42
Eucalyptus grandis (Prov. Butare)	8/82	90	95	91	87	85	82	81	88	90	72	87	94	87	75	87	86	79	56	85	89	76
Eucalyptus tereticornis (Prov. Arboratum)	7/82	89	80	70	58	85	59	72	49	49	34	59	48	41	42	42	47	29	38	33	29	33
Eucalyptus globulus var. maidenii (Prov. Crete Zaïre Nil)	2/82	85	52	62	66	58	63	51	61	57	57	61	49	37	49	55	55	79	48	50	51	54
Acacia melanoxylon Inde	7/82	96	69	48	71	75	63	90	84	81	82	83	83	80	71	79	78	82	86	88	88	83
Cupressus lusitanica Mibirizi	8/82	22	9	11	14	8	11	12	8	7	8	11	8	10	12	9	10	11	6	6	10	6
Pinus patula Zimbabwe	7/82	88	73	71	73	58	74	69	46	67	74	67	39	54	48	46	52	48	40	50	48	51

Espèce	Date de récolte	% de germination initial 1992	POURCENTAGE DE GERMINATION																			
			en 1989					en 1990					en 1991					Période optimale de conservation	Meilleur emballage			
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V					
Eucalyptus saligna (Prov. Kibuya)	8/82	95	34	38	44	37	49	31	33	17	18	27	17	28	8	8	24					I
Eucalyptus grandis (Prov. Butare)	8/82	90	83	73	82	88	86	68	84	69	65	82	42	73	53	41	72					I
Eucalyptus tereticornis (Prov. Arboratum)	7/82	89	34	38	29	29	33	22	19	11	9	23	15	15	4	5	6					I
Eucalyptus globulus var. maidenii (Prov. Crete Zaïre Nil)	2/82	85	44	54	55	58	46	37	44	26	27	42	17	35	13	23	24					I
Acacia melanoxylon Inde	7/82	96	81	83	95	98	95	84	87	88	88	89	83	85	88	87	88					IV
Cupressus lusitanica Mibirizi	8/82	22	0	9	8	9	11	2	5	5	1	5	3	3	7	7	9					III
Pinus patula Zimbabwe	7/82	88	43	37	53	42	37	25	31	21	24	26	8	13	8	9	9					I

I: Bidon en aluminium, II: Bouteille en verre, III: Sac américain, IV: Sac en jute, V: Sachet plastique

- création des parcelles semencières et des vergers à graines;
- étude de la conservation des semences;
- contrôle régulier de la qualité des semences avant la diffusion;
- vulgarisation auprès des utilisateurs d'une bonne utilisation des semences forestières.

Organisation

La CGF est placée sous la responsabilité de l'ISAR en tant que "Service d'action du Département de Foresterie". Deux programmes de recherche attribués à la CGF, c'est-à-dire la recherche sur les graines et l'amélioration génétique des arbres forestiers, font encore partie du programme de recherche "Sylviculture des reboisements" du Département de Foresterie de l'I.S.A.R.

Sur le plan financier, la CGF a sa propre comptabilité. Les bénéfices de la CGF sont principalement réinvestis dans le cadre de ses activités.

Activités

Méthodes de conservation des graines

- Détermination du matériel d'emballage économiquement rentable et efficace. Les matériels d'emballage testés sont: bidons en aluminium, bouteille en verre, sac américain, sac en toile de jute, sachet plastic.
- Durée de conservation pour les principales espèces utilisées au Rwanda.

Quelques résultats

Les périodes de conservation sont actuellement connues pour *Acrocarpus fraxinifolius*, *Albizia spp.*, *Callitris spp.*, *Cassia spp.*, *Cedrela serrata*, *Cupressus spp.*, *Eucalyptus spp.*, *Maesopsis eminii*, *Pinus spp.*

Les résultats varient fortement d'une espèce à l'autre. L'*Acacia melanoxylon* et l'*Eucalyptus grandis* se conservent très bien dans chaque type d'emballage précité. Par contre le *Cupressus lusitanica* et le *Cedrela serrata* donnent des résultats médiocres pour tous les types d'emballages (Tableau 1).

Commentaires: Pour toutes les observations effectuées annuellement, c'est le pourcentage le plus élevé, obtenu dans une année quelconque qui nous conduit à déterminer la période optimale et le meilleur matériel de conservation.

La période optimale maximale de conservation pour les espèces testées est la suivante:

- 7 ans pour *Acacia melanoxylon* (98%),
- 6 ans pour *Eucalyptus globulus* var. *maidenii* (79%),
- 4 ans pour *Eucalyptus saligna*, *E. tereticornis* et *Pinus patula* (respectivement 74%, 72%, 74%),
- 3 ans pour *Eucalyptus grandis* (95%).

Selon le même critère, le meilleur matériel de conservation a été déterminé comme suit:

- bidon en aluminium pour toutes les espèces d'*Eucalyptus* testées,
- sac en toile de jute pour *Acacia melanoxylon* et *Pinus patula*,
- sac "américain" pour *Cupressus lusitanica*.

Techniques de germination

Les techniques de germination ont été définies pour *Acacia sieberiana*, *Grevillea robusta*, *Maesopsis eminii*, *Podocarpus usambarensis*. Des recherches se poursuivent pour *Sesbania sesban*, *Croton megalocarpus*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Calliandra calothyrsus*, *Callitris calcarata*.

Quinze prétraitements ont été utilisés pour chaque espèce chaque année.

Le tableau 2 nous révèle les résultats obtenus en 1991.

Tableau 2. Résultats pour les techniques de germination

Essence	Prétraitement	Germination
Sesbania sesban	Scarification mécanique	94%
Croton megalocarpus	" "	13,5%
Acrocarpus fraxini-folius	Trempage dans l'acide sulfurique pendant 10' plus trempage dans l'eau pendant 24 heures	84%
Calliandra	Scarification mécanique	95%
Calothyrsus		
Callitris calcarata	Scarification mécanique	51%

Observations phénologiques

- Définir les périodes de récolte des graines par espèce et par région semencière
- Rassembler certaines données sur les phénomènes physiologiques pour une manipulation génétique ultérieure.

Techniques de récolte

Cette étude vise à améliorer les conditions actuelles de travail et la production des graines récoltées du point de vue quantitatif.

Recherche sur l'amélioration génétique des arbres

Débutée en 1982, sa stratégie se base sur la sélection de peuplements à graines, des essais comparatifs de provenances convertibles en vergers à graines de semis de provenances, la création de parcelles semencières et la sélection individuelle pour la création de vergers de clones, accompagné de tests de descendance. Cette stratégie d'amélioration génétique s'applique aux diverses espèces suivant leur importance écologique et économique dans chaque région semencière, suivant les actions d'amélioration engagées dans le pays et à l'étranger, suivant les possibilités de réunir des provenances valables, les urgences et la biologie de l'espèce.

Sélection des peuplements à graines

L'objectif est la production de semences forestières de bonne qualité pour le reboisement. Les différents peuplements sélectionnés, environ 400 ha, sont enregistrés dans le "Catalogue National des matériels de base forestiers". Ce catalogue est actuellement en revision enfin d'être adapté aux exigences de l'O.C.D.E.

Essais comparatifs de provenances

Vingt-deux essais comparatifs de provenances convertibles en vergers à graines de semis de provenances ont été installés à travers le pays depuis 1983. Ces essais représentent une superficie d'environ 22 ha. Les essences principales sont *Eucalyptus camaldulensis* (5 essais), *Pinus patula* (4 essais) et *Grevillea robusta* (4 essais). Tous ces essais sont régulièrement observés et les premiers résultats sont publiés dans les rapports annuels.

Création de parcelles semencières

La création de différentes parcelles se base sur les résultats des tests internationaux de provenances réalisés dans des conditions écologiques semblables et sur les premiers résultats des essais

comparatifs de provenances installés au Rwanda. La superficie totale occupée est 40 ha, réparties sur différentes régions semencières. Les essences principales utilisées sont *Eucalyptus camaldulensis* (12,5 ha), *Pinus patula* (10,5 ha), *Pinus kesiya* (8,5 ha) et *Grevillea robusta* (4,0 ha).

Sélection individuelle pour la création de verger de clones, accompagnée de tests de descendance

Débutée en 1989 avec le *Cupressus lusitanica*, 6 arbres "plus" sont sélectionnés dans les différents peuplements du Rwanda, 18 clones de Kenya, 2 clones de l'Uganda, 1 clone de la Tanzanie, sélectionnés dans le parc à pieds-mères de *C. lusitanica* de Muguga au Kenya.

Le verger à graines de clones a été installé fin Novembre 1989 à l'Arboretum de Ruhande. En parallèle, un test de descendance a été installé en mars 1990 sur la Crête-Zaire-Nil afin d'en étudier les caractéristiques.

Production de semences forestières

La C.G.F. peut obtenir les graines soit par elle-même (en organisant la récolte locale) soit par l'achat avec des fournisseurs locaux, soit par l'importation.

Actuellement la C.G.F. travaille dans l'optique de réduire les importations et de augmenter les exportations (adhésion au système OCDE). La figure montre l'état des importations de semences depuis l'année 1985.

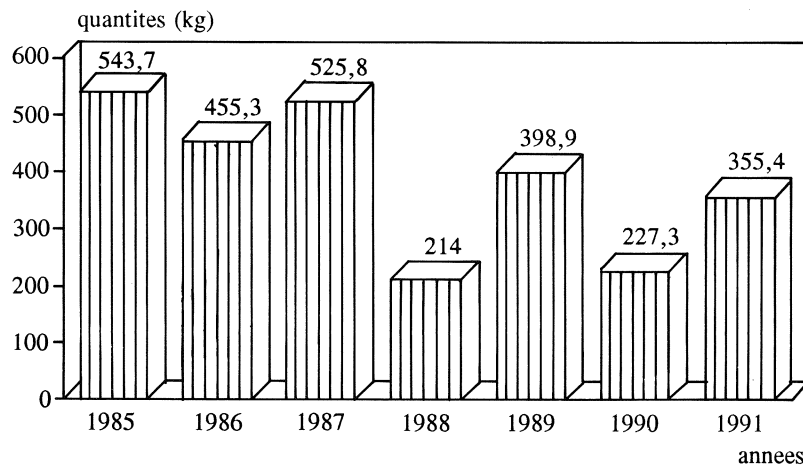


Fig. 1. État des importations de semences depuis 1985

Diffusion de semences forestières

Les semences forestières, qu'elles soient importées ou récoltées localement, sont diffusées à partir de la CGF. Avant la diffusion, les semences récoltées localement subissent un nettoyage adéquat pour augmenter leur degré de pureté avant d'effectuer des tests de germination pour évaluer leur viabilité.

Les semences importées quant à elles, ne subissent qu'un test de germination. Toutes les

informations nécessaires accompagnant les semences (provenance, taux de germination, quantité fournie, date de récolte, prétraitements conseillés) sont fournies au moment de l'enlèvement des graines. Ces informations vont augmenter selon les exigences du système OCDE.

La quantité diffusée se figure dans le tableau 3.

Tableau 3. Livraisons de semences forestières par le CGF de 1988-1991 (kg)

Essence	1988*	1989*	1990*	1991*
<i>Eucalyptus grandis</i>	55,8	47,2	55,0	38,4
<i>Eucalyptus saligna</i>	177,8	90,9	89,7	159,5
<i>Grevillea robusta</i>	1378,9	879,0	937,2	908,7
<i>Maesopsis eminii</i>	4290,5	3768,8	2413,8	2109,9
<i>Cedrela serrata</i>	162,1	112,7	65,5	151,2
<i>Sesbania sesban</i>	48,9	104,5	103,6	113,2
<i>Leucaena leucocephala</i>	254,5	270,7	216,0	370,5
<i>Casuarina equisetifolia</i>	44,9	39,7	35,5	42,9
<i>Acacia melanoxylon</i>	119,3	71,6	94,5	116,7
<i>Pinus patula</i>	190,1	94,5	89,5	87,2
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	78,5	74,2	43,5	25,1
<i>Podocarpus sp.</i>	144,7	82,7	247,5	68,3
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	58,4	32,4	48,8	56,5
<i>Pinus oocarpa var. Och.</i>	32,6	27,1	21,0	24,9
<i>Eucalyptus maidenii</i>	122,5	88,0	106,5	93,4
<i>Acacia mearnsii</i>	68,1	73,4	112,9	43,3
<i>Callitris calcarata</i>	212,8	101,5	69,1	47,5
Autres espèces	746,9	669,3	552,1	482,8
Total	8187,3	6628,2	5301,7	4940,0

* Période du 1er juillet au 30 juin de l'année suivante.

Sur ce tableau, on constate la baisse des livraisons de 1988 à 1991. Les raisons de cette décroissance sont multiples:

- les demandes d'approvisionnement en semences ont diminué parce qu'il n'y aurait plus de grandes superficies à reboiser;
- les projets à volet forestier qui étaient nombreux pendant les années antérieures sont arrivés à leurs termes et les projets à volet agroforestier sont encore peu nombreux en surface touchée par les projets;
- l'exercice 1991 a connu des problèmes particuliers résultant de la guerre d'octobre qui n'a pas permis un déplacement facile.

Malgré ces contraintes, la CGF a enregistré des résultats encourageants quant à la diffusion des essences agroforestières. Citons à titre d'exemple *Maesopsis eminii*, *Grevillea robusta*, *Leucaena leucocephala* et *Cedrela serrata*. Les livraisons d'autres espèces de reboisement telles que *Eucalyptus saligna*, *Acacia melanoxylon* ont augmenté l'année 1991 par rapport à l'année 1990. Quant aux espèces comme *Pinus patula*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus tereticornis*, la quantité livrée s'est plus ou moins maintenue.

Concernant les livraisons faites à l'extérieur du Rwanda, la quantité livrée l'année 1991 s'est maintenue à 326 kg contre 330 kg pour l'année 1990 et ces livraisons étaient essentiellement composées de *Grevillea robusta*, d'*Acacia mearnsii*, d'*Eucalyptus sp.* et de *Cedrela serrata*.

L'adhésion de la CGF au système de l'OCDE

La demande officielle d'adhésion au système de l'OCDE a été transmise en Avril 1992. L'OCDE a été envoyé une mission d'évaluation au Rwanda qui avait comme objectif d'assurer de l'existence de moyens techniques et administratif suffisants pour permettre l'application du système de l'OCDE. Il s'agissait également d'expliquer les exigences d'ordre techniques et administratives qui découlent des règles et directives du système.

Beaucoup de précisions ont été fournies par la mission quant au processus de certification des semences forestières. Actuellement la CGF est en train de mettre à jour son catalogue des matériels de base pour les Matériels de Reproduction Identifié (MRI), de revoir les fiches de reconnaissance des peuplements semenciers enfin de les adapter aux exigences de l'OCDE. Ce travail prend fin d'ici fin de l'année 1992 et ainsi la CGF prend un élan sur la diffusion de semences de qualité au niveau international.

Promising Australian Acacias for Indian arid regions



Laxmi Harsh

L.N. Harsh, J.C. Tewari and U. Burman

Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur 342003, Rajasthan India

Resumé

L'Environnement hostile et la végétation indigène dégradée et clairsemée qui pousse en général très lentement ont conduit à la nécessité d'identifier dans d'autres régions du monde ayant les mêmes conditions climatiques des espèces ligneuses adaptables et à croissance rapide qui pourraient être utilisées dans des activités de reboisement dans les régions arides de l'Inde.

Le travail d'acclimatation de ces essences exotiques a été entrepris depuis 1958, cependant ce n'est que depuis une vingtaine d'années qu'il a acquis un dynamisme réel. Un certain nombre d'Acacias australiens ont été introduits jusque là. Parmi eux, l'*Acacia bivenosa* et l'*A. ampliceps* se sont avérés très prometteurs dans les conditions climatiques et édaphiques des régions arides de l'Inde.

L'*Acacia bivenosa* et l'*A. ampliceps* se sont montrés très adaptés pour les brise-vents et la fixation des dunes. Outre les études sylvicoles sur ces deux espèces australiennes, des observations ont été menées sur leur efficacité dans les plantations de brise-vents et de fixation des dunes.

Il est apparu qu'en plantant ces espèces, la vitesse du vent de 2 h et 5 h a pu être réduite respectivement à 25-33% et 15-18%.

Au bout de trois ans, l'*Acacia ampliceps* a atteint une taille moyenne de 3 m par arbre avec un diamètre d'environ 3,6 m pour le houppier. Quant à l'*Acacia bivenosa* il atteignait une taille de 2 m par arbre et un diamètre de houppier de 2,5 m.

Bien qu'elles ne soient pas utilisées comme fourrage dans leur habitat d'origine, les deux espèces sont cependant modérément consommées dans les conditions d'environnement arides de l'Inde. Par ailleurs il a été prouvé que l'on peut raisonnablement prédire plusieurs autres utilisations par une estimation précise du diamètre de tronc juste au dessus du sol.

Toutes les deux espèces ont commencé à porter des fruits deux ans après leur plantation sur le terrain.

Au cours de la troisième année la production moyenne de gousses de ces espèces était de l'ordre de 2,5 kg/arbre.

Il fallait soumettre les graines à un prétraitement afin d'obtenir une germination plus massive et plus rapide en pépinière. Le simple traitement à l'eau bouillante s'est avéré très prometteur dans la mesure où il produit 92% de taux de germination au bout de 7 jours pour toutes les deux espèces.

Introduction

Acacia species from many parts of Australia have already been successfully introduced to other countries (Fox, 1987). Hostile environmental conditions of the arid tract of Rajasthan State (India) restrict the much required growth of woody vegetation (Tewari et al., 1991). Moreover, the tree species in the region are very limited in number. Indigenous woody species existing in the region are intensively utilised for a wide variety of products. The pressure on existing woodlands for the supply of essential commodities is resulting increasingly in rapid declining resources and environmental degradation. In the arid western Rajasthan, a great gap exists between demand and supply of forest produce, especially fuel wood and fodder.

Owing to such state of affair, it was strongly felt to introduce fast growing woody species in the area from the iso-climatic regions of the world. Since 1961, Central Arid Zone Research Institute (CAZRI), has introduced a number of Australian *Acacia* species to assess their adaptability and growth performances in arid climatic conditions of western Rajasthan (Kaul and Ganguli, 1965; Sharma et al., 1991; Tewari et al., 1992). This paper summarizes the experience gained in introduction of certain Australian *Acacia* species in the arid tract of western Rajasthan.

Description of the trial region

Location

Lying between 24°-29°N Lat. and 70°-76° E Long., the Indian arid region covers an area of 317,909 sq. km spread over seven states viz., Rajasthan, Gujarat, Punjab, Haryana, Maharashtra, Karnataka and Andhra Pradesh. Of these seven states, Rajasthan alone accounts for 62% of the Indian arid zone. The arid tract of western Rajasthan is better known as *Thar* desert. It extends from the Aravalli ranges in the east to the Sulaiman Kirthar ranges in the west. It has a surface of about 640 km from north to south-east with an average width of 300 km from west to east.

Climate

The climate of the regions is characterized by extremes of temperatures ranging from below freezing point in winter (mid December to February) to as high as 48°C in summer (April to June). Rainfall is precarious and erratic, ranging from 120 mm in the extreme west (Jaisalmer area) to 375 mm in the eastern part (Jodhpur and Pali). As in other parts of the country, south west monsoon dominates the scene and 90% of total annual rainfall is received during this period (July to September). The mean monthly wind speed ranges from 7.3 km/hr (December) to 20 km/hr (May) but it may suddenly go up to 100 km/hr, resulting in severe dust storms, a common phenomenon in summer season.

Soils

The soils in the region are generally sandy to sandy loam in texture. The consistency and depth vary according to topographic features of the area. In general, they are poorer in organic matter (0.04-0.02%) and low to medium in phosphorus content (0.05 to 0.10%). The nitrogen content is mostly low ranging between 0.02% and 0.07%. The infiltration rate is very high (7 to 15 cm/hr).

Biotic stress and requirement of woody biomass

Due to heavy population pressure of humans (13 million) and livestock (23 million), the biotic stress in the area is of a very high order. In fact, *Thar* is the most densely populated desert in the world. Evidently, requirement of woody biomass has increased to 178% from 1951 to 1971. The present fuel wood requirement of 5 million tons per annum is estimated to go up to 6.8 million tons by the year

2001. At present only 0.7 million tons is the availability of fuel wood from legitimate resources. This wide gap in demand and supply of woody biomass is in itself a pointer that a large chunk of wood is being harvested by unauthorized felling and lopping of trees to meet out the growing demand of fuel wood in the region.

Forest cover and vegetation types

Rajasthan state has a total surface area of about 34 million ha. of which 3.1 million ha is said to be under forest cover of one or other type. However, in the arid tract of the state, the forest cover is not more than 1.5% of the total land area. For whole Rajasthan state, on hectare basis the ratio between man and forest is 1: 0.09, however the same for the arid tract is 1: 0.03. The forest of arid western Rajasthan is classified as dry tropical thorn forest. The vegetation in the area is very sparse and consists of scattered trees, shrubs, and grasses. Dominant tree/shrub species of the areas are *P. cineraria*, *Tecomella undulata*, *Capparis decidua*, *Calligonum polygonoides*, *Acacia jacquemontii*, *A. senegal*, *Prosopis juliflora*, etc.

Introduced Acacias

The introduction of Australian *Acacia* species at CAZRI, Jodhpur was accomplished in several steps. The introduction was started in 1961 and continued up to 1989. The details of these introductions are shown in Table 1.

Table 1. Introduction of Australian Acacias at Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur-India during 1961-1989

S.No. Species	Seed source	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1981	1984	1989	% survival in 1990
1. <i>Acacia aneura</i>	Aust.	+	-	-	-	-	+	+	+	+	15
2. <i>A. calicina</i>	Aust.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
3. <i>A. peuce</i>	H.B.G Aust.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
4. <i>A. calicina</i>	WAIL	-	+	-	-	-	-	-	-	-	0.42
5. <i>A. peuce</i>	Aust.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	0.0
6. <i>A. victoria</i>		-	+	-	-	-	-	-	-	-	0.0
7. <i>A. pycnanthii</i>	Aust.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	8.0
8. <i>A. tetragonophylla</i>	"	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0.0
9. <i>A. cyclipsis</i>	"	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0.0
10. <i>A. glandiformis</i>	B.H. Aust.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0.0
11. <i>A. pendula</i>		-	-	+	-	-	-	-	-	-	0.0
12. <i>A. aneura</i>	N.T. Alice Spring	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0.25
13. <i>A. calanifolia</i>	B.H. Aust.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
14. <i>A. constricta</i>	Aust.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	0.0
15. <i>A. aneura</i>	F.T.B.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	25.0
16. <i>A. cambugii</i>	-do-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	8.0
17. <i>A. pendula</i>	-do-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	0.0
18. <i>A. victoria</i>	-do-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	17.0
19. <i>A. suberosa</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	58.0
20. <i>A. salicina</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	23.0
21. <i>A. bivenosa</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	79.0
22. <i>A. selerpserma</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	92.0
23. <i>A. pachyacra</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	8.0
24. <i>A. ligulata</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	16.0
25. <i>A. estrophiolata</i>	CSIRO	-	-	-	-	-	-	-	+	-	33.0
26. <i>A. ampliceps</i>	CSIRO	-	-	-	-	-	-	-	-	+	100.0
27. <i>A. auriculi formis</i>	CSIRO	-	-	-	-	-	-	-	-	+	23.0
28. <i>A. pellita</i>	CSIRO	-	-	-	-	-	-	-	-	+	92.0
29. <i>A. pachyacra</i>	Aust.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	8.0
30. <i>A. holosericea</i>	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+	8.0
31. <i>A. criopoda</i>	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+	77.0
32. <i>A. aulacocarpa</i>	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+	77.0
33. <i>A. crussicarpa</i>	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+	15.0
34. <i>A. maithndii</i>	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+	0.0
No. of tree species introduced / year		2	3	5	2	1	4	3	4	9	

In the first half of the sixties 45 exotic *Acacia* species were introduced, of which 17 were from Australia (Kaul and Ganguli, 1965). On the basis of germination studies they were classified into three groups viz. (i) species having low germination energy index (GEI) (1-5): *A. aneura*, *A. pence* and *A. legulata*; (ii) species having medium GEI (6-10): *A. auriculiformis*, *A. cynophylla*, *A. hakeoides*, *A. notabilis*, *A. pacantha*, *A. snowdenii* and *A. victoria* and (iii): species having high GEI (10): *A. continuata*, *A. calamifolia*, *A. cyclopis*, *A. glandiformis*, *A. melanoxyton*, *A. pendula* and *A. tetragonophylla*. However, their field performance and survival was of a very poor order. The survival on the field ranged from 7% (*A. pacantha*) to 31% (*A. aneura*) only.

Next large scale introduction of Australian *Acacia* species was done in the first half of the eighties (1981-85). In this phase of introductory trial, maximum (85%) survival on the field was recorded for *A. sclerosperma* followed by *A. bivenosa* (69%) and *A. subrosa* (54%). The last introduction of Australian *Acacia* species dates back to 1989, when nine more species were introduced. In this very introduction the overall performance of *A. ampliceps* was found to be best followed by *A. pallita* and *A. eriopoda*. The performances of the rest of the introductions were not very encouraging.

For all the introductions, seeds were provided by CSIRO, Australia, from known provenances. A number of Australian *Acacia* species have been introduced into the arid conditions of western Rajasthan but the performance of *A. ampliceps* outcompeted all other Acacias.

Acacia ampliceps in the Indian arid tract

Turnbull (1986) has briefly described the performance of this species in Australia. The species was introduced at CAZRI, Jodhpur during the year 1989. Since then experimentations on the species are continued. Its nursery and planting techniques have been standardized.

Nursery techniques

Seeds were sown in polythene bags during February. Seed germination started within a week and the whole process was completed in to 12-15 days. Nursery observations indicated that in the first two weeks of growth the seedlings are highly delicate and this period appeared prone to casualties. It is therefore necessary to provide ample shade and adequate irrigation during this period in the nurseries located in arid environmental condition. The seedlings raised during February-March were ready for out planting in the month of July. On the basis of three years nursery observations, it was found that the seedlings averagely attained a height of 50 cm. Regular watering of 12 l per set of 50 polythene bags is essential for better growth of seedlings. The nursery substrate consisted of sand, clay and farm yard manure in a ratio of 1:1:1.

Field out planting and establishment

Five months old seedlings were planted in the field at a spacing of 4.5 x 4.5 m in July 1989. This was done after the first effective rainfall. Field observations were taken at the end of the growing season. The observations included per cent survival, height, crown diameter and collar diameter. The initial establishment on the field was 92% during the first year which declined to 70% by the end of third year.

Growth behaviour

After three years, the average height attained by the species ranged between 170 cm 350 cm. On an average, across all the plants, the height attained during a span of three years was 270 cm per plant. These values were not much different from those observed by Ray and Bell (1989) and Turnbull (1986)

in Australia.

The annual increment in height was also found to be quite different in different years. In the second year of the experiments it was 140 cm/plant (average), while during the third year the increment was only 81 cm/plant. This height variation appeared to be correlated with rainfall. During 1990 the total annual rainfall was 866 mm, whereas in 1991 it was around 270 mm.

The crown diameter of the plants ranged between 145 cm and 380 cm after three years of experimentation. On an average, the crown diameter after three years was 282 cm. During the same period of growth the average collar diameter of the plants was 10.88 cm.

In the edapho-climatic condition of the arid tract, it started flowering profusely in two years age. On an average the pod production was around 10 kg/plant. The pod length ranged between 2.5 cm to 10 cm and the number of seeds per pod varied from 2 to 10. The weight of 100 seeds was 2.1 g.

Biomass production

The biomass assessment was carried out after the third year of planting. Three plants of same the age were selected randomly for assessing biomass production. The vertical distribution of the biomass (at every 50 cm interval) was estimated by a destructive sampling procedure. Further partitioning of these into leaves, wood and pods/flower was also done at each level (Fig. 1). After three years of planting aerial phytomass (green) was 26.0 kg/plant, of which 35.4%, 53.0% and 11.6% was distributed in leaves, stem and floral parts, respectively.

Estimation of the vertical biomass distribution pattern revealed that maximum biomass was

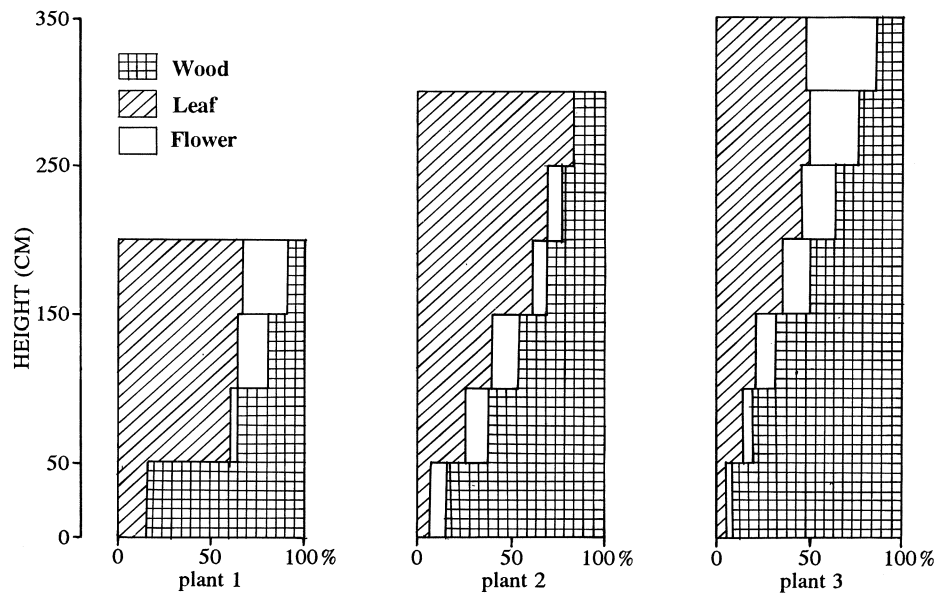


Fig. 1a. *Acacia ampliceps*: biomass distribution in three plants at various height

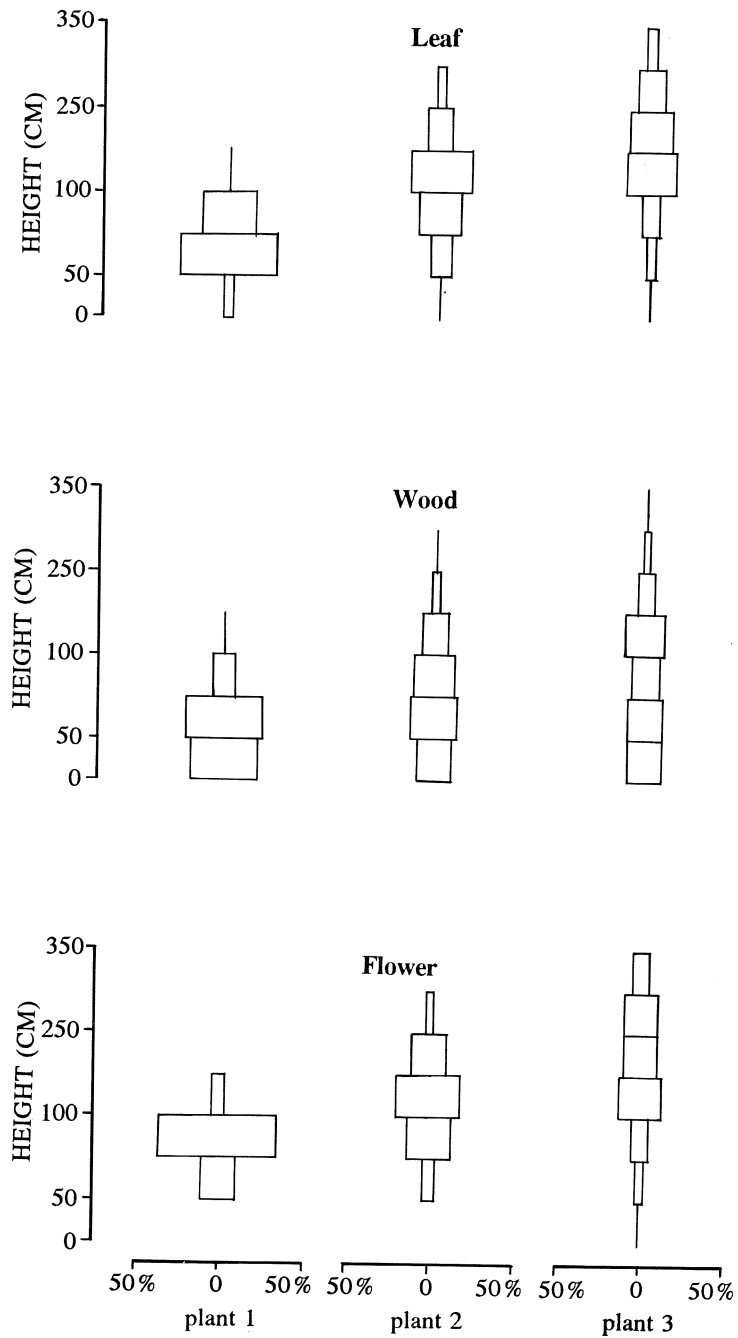


Fig. 1b. *Acacia ampliceps*: distribution of leaves, wood, and flowers in % of their total biomass in three plants

accumulated between 1.5 m to 2 m of stem height, whereas the leaves and the rest of the portion of stem contributed equally. Maximum wood was produced up to 2 m height. Flowers were produced from 50 cm above ground level to the top of the trees.

Potential use

A. ampliceps is a multipurpose woody species and generally forms a low height tree. The major use of this species has been reported for shelterbelt plantations (Turnbull et al., 1986; Thomson, 1986). As a shelterbelt species, its potential has also been worked out at CAZRI. On the leeward side of the rows of this plant, the wind velocity was reduced by 38%. At 2H and at 5H distances the reduction in wind speed was 15%, respectively.

Further, the species has a great potential as animal feed. Among all the Australian Acacias it has been reported to have maximum in vivo DMD (45.6%) and crude protein value is 15.6%. The dry lands (sum dried) are highly preferred by sheep and goats. Besides its use in shelterbelts and as a fodder tree, its wood also forms excellent fuel.

Conclusions

A large number of Australian *Acacia* species have been tried in arid climatic condition of India so far and many of them performed satisfactorily (Mann and Muthana, 1984). However, none of them have been found as much promising as *A. ampliceps*. In this preliminary assessment it was found that the species is excellently adaptable to arid environmental conditions of western Rajasthan and can play an important role in rural afforestation programmes. For this reason, research on calorific values, coppicing ability, nitrogen fixation and compatibility of this tree species with agricultural crops (agroforestry) needs to be expended.

References

- Fox, J.E.D. 1987. Potential of Australian Acacias from arid and semi-arid zones. In: Australian Acacias in Developing countries. John W. Turnbull (Ed.), CSIRO, Canberra, Australia. p. 17-28.
- Kaul, R.N. and B.W. Ganguli. 1965. Trials in the introduction of Acacias in the arid zone of Rajasthan. Indian Forester 91: 554-558.
- Mann, H.S. and K.D. Muthana. Arid Zone Forestry. CAZRI Monograph 23 CAZRI, Jodhpur. pp. 48.
- Sharma, S.K., J.C. Tewari, L.N. Harsh and L.N. Sharma. 1991. Australian Babul Registan Men Bhu-Sank varshan men upyogi (In Hindi) KHETI 85 (7): 31-32.
- Thomson, L.A.J. 1986. Australian acacias for saline, alkaline soils in hot, dry subtropics and tropics. In: Australian acacias in developing countries. ACIAR Proceeding 16: 66-69.
- Tewari, J.C., L.N. Harsh and J. Venkateswarlu. 1991. Some aspects of Plantation Forestry Research in Western Rajasthan. Proc. Seminar on Afforestation of arid lands. IAZ FR, Jodhpur.
- Tewari, J.C., L.N. Harsh, S.K. Sharma and G.C. Meena. 1992. *Acacia binenosa*. An Australian Plant for Indian arid zone. Indian Farming (in press).
- Turnbull, J.W. 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs, lesser known species for fuelwood and Agroforestry. J.W. Turnbull (Ed.), Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1986. p. 1-316.
- Turnbull, J.W., P.W. Martensz and N. Hall. 1986. Notes on lesser-known Australian Trees and shrubs with potential for fuelwood and Agroforestry. In Multipurpose Australian trees and shrubs (Ed.) J.W. Turnbull. ACIAR, Canberra, Australia. p. 81-90.

Qualité génétique des semences
Genetic quality of seed

Factors affecting genetic quality of seed



Chris Harwood

C.E. Harwood

Australian Tree Seed Centre, CSIRO Division of Forestry

Abstract

Major gains in productivity of tree and shrub species can be obtained by taking advantage of variation between provenances. It is important to distinguish between natural and derived provenances, although this distinction is often difficult in partly domesticated species. Most tree species are primarily outcrossing but with a capability for self-fertilization. Self-fertilization, and inbreeding arising through mating of close relatives, leads to depression of growth. Where a species has had its range extended by informal introduction, genetic deterioration is frequently observed, usually as a consequence of inbreeding from a narrow and/or inappropriate genetic base. There are many examples of poor performance of resulting land races. Production of improved seed in-country, starting from a broad and appropriate genetic base, is the best long-term option, while in the interim the best available seed source should be used. Techniques such as isozyme studies may be helpful for investigations of the genetic quality of seed.

Résumé

La productivité des espèces ligneuses peut être largement améliorée en s'appuyant sur les variations entre les provenances. Il importe de distinguer les provenances naturelles et les provenances dérivées bien que cette distinction soit souvent difficile à faire avec les espèces partiellement domestiquées. La plupart des espèces ligneuses sont allogames bien qu'ayant la capacité d'autofécondation.

L'autofécondation, comme la consanguinité résultant du croisement de parents proches provoquent une chute de la croissance. Bien souvent l'on observe une détérioration génétique des espèces, là où elles se sont multipliées suite à une introduction informelle. Cette détérioration est généralement la conséquence d'une consanguinité due à une base génétique étroite et/ou inadéquate. Il existe plusieurs cas de mauvais rendements des races locales qui en résultent. La production locale de semences améliorées à partir d'une base génétique large et adéquate est la meilleure option à long terme, tandis qu'à court ou moyen terme on devrait utiliser les meilleures sources disponibles de semences. Des techniques telles les études d'isozymes peuvent être utiles dans les recherches sur la qualité génétique des semences.

Introduction

Use of tree seed of high genetic quality presents the opportunity for substantial gains in growth and other desired outputs of tree-planting programs, but this opportunity is frequently overlooked. Where seed is purchased, its cost is typically less than 2% of the total cost of plantation establishment (Midgley, 1990). A planting program using the best available seed therefore costs virtually the same as one based on an inferior seed source, while increases in yield of 20% or greater from improved seed sources, relative to routine seed are not uncommon (Eldridge et al., 1993). Once seed of mediocre quality is in use, it may be very difficult to replace it with higher-quality sources, so that production continues to be lost for several harvesting cycles. The availability and quality of seed frequently receives inadequate attention in the planning of tree-planting projects, especially in agroforestry (Turnbull, 1984).

Provenance is usually defined as the geographic place of origin of a population of seed or plants, or as the population of plants growing at a particular geographic location (Turnbull and Griffin, 1986). It is a useful, but general and imprecise term with no relation to formal taxonomic categories, applied to both small (km^2) and large areas (whole regions or countries) and their associated tree populations. Where a species has a continuous distribution, the definition of provenances may be arbitrary. It is useful to bear in mind the distinction between a natural provenance which has evolved in and become adapted to a particular part of the species' natural environment, usually with little or no human influence, and a derived provenance introduced to an area by human activity and often cultivated or growing in a highly modified environment (it is possible to have a derived provenance within a species' natural range). Derived provenances that are well-established in a region are often referred to as land races (Willan et al., 1990). Selection pressure by human use may have developed particular varieties such as the upright, narrow-crowned *Acacia nilotica* var. *cupressiformis* (Fagg and Greaves, 1990). The concept of provenance variation within a species, and the gains which can be made by using seed of the most appropriate provenance, is now widely appreciated in forestry (Zobel and Talbert, 1984), although large plantation programs using seed of inferior provenances are still common, and even less attention may be given to seed quality in small community or domestic plantings. Less well understood is the importance of the breeding system in determining growth performance, and the procedures necessary to maintain genetic quality in derived provenances.

Breeding systems of tree species

Most forest tree species investigated to date have been found to have mating systems featuring high rates of outcrossing. They are essentially wild, undomesticated species with high levels of genetic variability (Sedgley and Griffin, 1989; Muona, 1990; Moran, 1992). For example, eucalypts reproduce by a mixed mating system, with both outcrossing and selfing. The proportion of outcrossed and self-fertilized seed in seed collected from natural populations of twelve species studied to date ranges from 59% to 83% outcrossing with a mean of 74% outcrossing. These species figures are means of ten or more trees: outcrossing rates of individual trees of *E. grandis* in natural populations ranged from 16% to 100% (I.P. Burgess, pers. comm. 1992). Less is known about acacias, but those examined to date appear to be largely self-incompatible and reproduce mainly by outcrossing. However, there are indications that the Australian dry-zone species *Acacia holosericea* and *A. cowleana* are self-fertile (Moran et al. 1992). Most casuarina species are dioecious (male and female trees) and hence they are obligate outcrossers (Barlow, 1981). *Leucaena leucocephala* is an exception among forest tree species, being largely or completely self-fertilizing (Brewbaker, 1983), and therefore requiring a different improvement strategy to the general strategy for outcrossing species discussed below (Matheson, 1990).

Characteristics such as dichogamy (differential timing of maturation of the male and female sexual organs of the flowers), dioecy, and pre- and post-zygotic mortality of selfs, increase the effective outcrossing rate in tree species (Sedgley and Griffin, 1989). Many species which are predominantly

outcrossing in natural populations are, however, capable of self-fertilization; their breeding systems may be disrupted in the process of domestication, leading to an increase in self-fertilization and inbreeding. This has major implications for productivity of planted trees in forestry and agroforestry (Griffin, 1990).

Inbreeding depression of yield

The following data from a controlled crossing experiment on Petford provenance *Eucalyptus camaldulensis* (J.C. Doran pers. comm. 1992) illustrates the importance of inbreeding depression of growth and survival in this species.

Table 1. Mean height and survival of *Eucalyptus camaldulensis* Petford provenance full-sib families (selfed and outcrossed) at age 12 months

Family cross	Mean height (m)	Survival (%)
82 selfed	1.7	50
58 selfed	1.7	70
10 selfed	2.2	95
82 x 58	2.8	95
82 x Ir8	3.0	100
82 x 87	2.7	90
58 x 82	3.0	100
58 x 87	2.6	100
58 x 96	3.1	95
10 x 58	3.1	100
10 x 87	2.8	90
Mean of selfs	1.9	72
Mean of out-crosses	2.9	96

Notes:

1. Controlled selfing and outcrossing carried out on trees in natural *E. camaldulensis* woodland at Petford, Queensland
2. Seedlings assessed 12 months after planting out in a trial at Gympie, Queensland. Means are based on 5 replications of 4-tree plots for each cross, except for selfs of family 82 for which 5 replications of 2-tree plots were used.

The outcrossed seeds produced much faster-growing seedlings which show better survival. This greatly inferior performance of selfed relative to outcrossed progeny has also been demonstrated experimentally for *E. regnans* and *E. grandis*, for *Acacia decurrens* and *A. mearnsii*, and for a number of temperate-zone conifer species (Griffin, 1990). It is believed to be a very general phenomenon (Muona, 1990).

Factors affecting the proportion of inbreeding

Seed crops collected from single, isolated trees will tend to have a high proportion of selfed seed, because of the limited influx of pollen from other trees of the same species. The exact proportion depends on the pollination ecology of the species, but for largely insect-pollinated species such as the majority of eucalypts and acacias, most of the seed produced by trees more than a few hundred

metres from the nearest neighbours will be selfed. Seed collected from natural or planted stands after a poor flowering season, where only a few trees flower well, will tend to be more inbred than seed collected after a heavy flowering when the likelihood of outcrossing is higher. Clearly, these situations should be avoided if at all possible when collections are made: seed should be collected from healthy stands showing good flowering and seed set on most trees.

Matings between full sibs and other close relatives will also produce a substantial degree of inbreeding, particularly if they continue over several generations. The critical factor is the number of individuals of the less frequent sex in the breeding population (Griffin, 1990). Repeated selection of one or a few of the best phenotypes, either informally by farmers for agroforestry, or in a breeding program based on a narrow introduction such as an arboretum or small provenance trial, will lead quickly (within 2-3 generations) to a severely inbred population in which any gains from selection will be more than outweighed by losses from inbreeding depression. An even worse situation will obtain if a single clone of an outcrossing species is propagated vegetatively (e.g. by cuttings), and seed is collected from the resulting mono-clonal stands. All seed produced in such a situation will be self-fertilized, and all the progeny will perform poorly.

Adjacent trees in natural forests will often be closely related (e.g. they may be descended from the same seed parent), so there is a degree of "neighbourhood inbreeding" present in the seed from natural provenance collections. Levels of inbreeding can be reduced in well-designed seed orchards or seed production areas of broad genetic base, in which neighbouring trees are unrelated. In a seed orchard of *Eucalyptus regnans*, the outcrossing rate was estimated to be 91%, compared with 74% in a nearby natural population (Moran et al., 1989). This removal of the neighbourhood inbreeding effect, which is expected to give an increase of about 10% in volume production for many eucalypt species, is quite independent of any genetic improvement obtained through selection (Eldridge et al., 1993).

Poor performance of exotic land races

The term "land race" was used by Zobel and Talbert (1984) to describe an exotic population that has become adapted to an environment outside its natural distribution through several generations of natural and/or artificial selection. These authors cite several examples of the superior performance of such land races. They also outline the preconditions required to obtain such improvement, critical among these being a broad and appropriate genetic base in the initial introduction. In the following discussion, "land race" is used to describe a population of a tree species which has become well-established and widespread in an exotic location, with no a-priori assumption made about its genetic worth.

Many land races of trees have been established from very small base populations of a sub-optimal provenance (in many cases, from a few trees in an arboretum or botanical garden). This poor start is well-documented for many introductions of *Eucalyptus* species (Eldridge et al., 1993), and has in some cases been followed by several generations of inbreeding and negative selection. Seed of land races collected by local commercial seed merchants is often subject to negative selection for form and growth. Untrained collectors favour those trees with low, heavy-branching crowns (easily collected) and a propensity for early and heavy seeding, and may collect from scattered trees with easy roadside access, rather than large stands of trees. This process may be repeated over several generations. The result is a land race and commercial seed sources with very poor performance, relative to the better natural provenances of the species, let alone what might be achieved by outcrossed seed from a genetic improvement program.

In a provenance trial in the Punjab, the local Indian land race of *Eucalyptus tereticornis* had a stem volume only 38% of that of the best Australian natural provenance (Lakeland Downs, Queensland) at age 3.5 years (Kapur and Dogra, 1987). An Indian land race also grew poorly relative to natural

provenances of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. tereticornis* in trials in Andhra Pradesh (Chaturvedi et al., 1989). Most of the hundreds of thousands of hectares of plantings of the Indian land races of *E. tereticornis*, commonly known as Mysore Gum or eucalyptus hybrid, appear to be derived from a single planting of about 20 trees in the garden of a palace in the Nandi Hills, Mysore (Pryor, 1966). Poor land races of *Eucalyptus* are also common in Africa and Latin America. For example, a limited introduction of *E. nitens* to South Africa in 1930 produced a land race which was so severely inbred after several generations that it was discarded in favour of new importations of seed from Australia (Purnell, 1986).

Bulgannawar and Math (1991) reported on the growth of the Indian land race of *Acacia auriculiformis* and three natural provenances of the species at three trial sites in Karnataka, India. At age 5 years, the Indian land race had achieved only 41, 53 and 74% of the volume growth of the best natural provenance at the three trial sites (Table 2). Its form was also much poorer, most trees being multi-stemmed at breast height in contrast to the mainly single-stemmed form of the Springvale, Queensland provenance. Table 2 also illustrates the wide range of performance among natural provenances of this species.

Table 2. Growth and form of *Acacia auriculiformis* at three trial sites in Karnataka, India at 5 years of age (after Bulgannawar and Math, 1991)

Trial site	Seedlot	Volume (m ³)	No. of stem at breast ht.
1	Balamuk, Papua New Guinea	91	1.3
	Springvale, Queensland	96	1.0
	Oenpelli, Northern Territory	34	2.0
	Local (Indian) land race	39	2.1
2	Balamuk, Papua New Guinea	67	1.4
	Springvale, Queensland	70	1.2
	Oenpelli, Northern Territory	39	1.8
	Local (Indian) land race	37	1.8
3	Balamuk, Papua New Guinea	99	1.2
	Springvale, Queensland	100	1.1
	Oenpelli, Northern Territory	92	1.7
	Local (Indian) land race	73	1.7

Most of the large areas of *Acacia mangium* planted in South East Asia used, until recently, seed from a land race which developed in Sabah from an initial introduction of seed from a single tree of the inferior Mission Beach, Queensland provenance. Inbreeding depression of yield is evident in the land race, and five generations of potential genetic improvement, as well as substantial yield from operational plantings, were lost by permitting planting programs to develop from this narrowly-based introduction. The situation has now been rectified by comprehensive sampling and introduction of natural provenances (Sim, 1984; Griffin, 1990).

Similarly poor performance of land races relative to the better natural provenances has been reported for many other species: for example *Gliricidia sepium* land races in Nigeria and the Philippines (Willan et al., 1990). Poor performance of land races, relative to natural provenances, appears to be the rule unless the initial introduction was a reasonably broad sample of a good provenance and steps were taken to avoid subsequent inbreeding.

Scientifically based introduction and evaluation

Selecting and testing exotic species can be made more efficient by review of species trials in environments similar to the target environment (see for example the many trials reported in Turnbull (1991)), and modern techniques of climatic matching of species and sites (Booth and Pryor, 1991). Use of computerised databases of species' characteristics (Webb et al., 1984; von Carlowitz, 1991) aids the process. Willan et al. (1990) thoroughly discuss sampling strategies for seed collections to enable effective introduction and reliable evaluation of multi-purpose tree species.

Australian researchers (Boland et al., 1980) generally recommend 10-tree bulk seedlots as sufficient to evaluate a provenance in trials, with the proviso that individual seed trees should be separated by at least 100 m to minimise the extent of common descent, and that the bulk be comprised of approximately equal numbers of viable seeds from each seed tree. A standard of 25 trees per provenance was specified for the FAO/IBPGR collections of arid-zone species (Palmberg, 1981), but this may be hard to achieve for species with small local population sizes, and is probably not optimal if pursued at the expense of number of provenances of a wide-ranging species. Generally, there will be a compromise between number of provenances collected and number of trees per provenance, to achieve the best overall sampling with limited available resources. For the first rangewide collections of *Grevillea robusta*, a species which occurs naturally in many separate small populations, a collection target was set of 4 trees from each of 40 local provenances across the geographic and altitudinal range in eastern Australia (Harwood, 1990).

For evaluation in species trials (trials which compare a number of promising species new to the area of interest), a natural provenance from that part of the species' range showing the finest development is usually recommended if only one seedlot can be tested. Testing three natural provenances is often recommended, one from the best developed part of a species' range, one from the closest environmental match to the trial area, and one which extends the range sampled in a direction likely to be important in the target country (Doran et al., 1983; Boland, 1986; Willan et al., 1990).

When a species is selected for intensive investigation and more detailed provenance trials are planned, remember to include the local land race (or other seed sources currently used in, or proposed for, operational planting). Without such standards for comparison, it is difficult to relate trial results to those obtained from current practice. If available, one or more improved seed sources from genetic improvement programs in similar environments should also be included, as these might prove the best seed sources for operational planting in the short term, or make a valuable contribution to breeding programs.

For species with wide natural distributions, it may not be necessary to test provenances from across the entire natural range. For example, it is now clearly established that southern Australian provenances of *Eucalyptus camaldulensis* outperform tropical provenances in Mediterranean climates, while the reverse is true in tropical environments (Midgley et al., 1989).

Species which have some utility to humans have in many instances gradually spread over centuries outside their original natural range, partly through the agency of humans and their grazing animals, perhaps with the assistance of deliberate planting, or by farmers leaving seedlings to grow in their cultivated fields. Good examples are *Acacia nilotica* and *Dalbergia sissoo* in India and Pakistan (Troup, 1921; White, 1990), and *Casuarina equisetifolia* along the east African coast (Boland, 1986). In many such cases it is hard to distinguish between natural provenances and naturalized populations, or to be sure of the original natural range of the species. Clearly, it would be inappropriate to weight sampling simply according to the total population sizes without consideration of their history. The area and population size of the naturalized populations and exotic plantations may greatly exceed that of the remaining natural populations (e.g. *Dalbergia sissoo* - White, 1990). However, the natural populations, if reasonably well conserved, will probably hold the largest proportion of the species' genetic diversity and will warrant more intensive sampling than large areas of plantation established from a narrow genetic base. Even small remnant natural populations may be very important stores of variation. Presence of different ploidy levels in a species, for example in *A. nilotica* and *A. tortilis* (Fagg and Barnes, 1990) further complicates sampling and improvement strategy.

Sampling and evaluation of the root symbionts of tree species is increasingly becoming integrated with species introduction and provenance testing (Roughley, 1987; Reddell and Warren, 1987; Reddell, 1990; Dart et al., 1991). Evaluation of Acacia and Casuarina at trial sites where their nitrogen-fixing symbionts Rhizobium and Frankia are absent results in poor performance and inconclusive provenance comparisons unless the seedlings are inoculated with the appropriate symbiont. It is usually not practical to culture and evaluate the symbionts associated with each tree provenance and test the interaction: a sensible approach is to use a pure culture of a single inoculant which has been identified as a good performer with each tree species under study. However, as interaction between strains and provenances has been observed, for example in *Casuarina cunninghamiana* and Frankia (Fleming et al., 1989), the best symbiont strain for important tree species may only be determined with some effort.

Agencies active in the field of tree genetic resources development such as the ASEAN-Canada Forest Seed Centre, CSIRO's Australian Tree Seed Centre, Centre Technique Forestier Tropical, DANIDA Forest Seed Centre, FAO Forest Genetic Resources Branch, F/FRED network headquarters in Bangkok and the Oxford Forestry Institute have all assisted in the assembling and international distribution of provenance collections, and can advise on an appropriate selection of provenances for testing. In general, such agencies are not able to provide sufficient quantities of seed for operational planting once the best seed sources are identified.

Large-scale production of genetically improved seed

All too often, the opportunity for improved performance is identified through provenance trials, but no action is taken, and the use of inferior seed continues. Users therefore need to plan for provision of large quantities of good-quality seed. Ideally, this will be done in the long run by producing their own genetically improved seed; the scientific collections used for provenance evaluation will often be adequate for establishing seed production areas and breeding programs, if used appropriately. There will usually be a period of several years during which an interim "best seed source" should be used. This may involve purchase of seed from the best natural provenance or land race, from an appropriate seed orchard, or seed production from selected local plantations with known genetic history.

In discussing tree domestication and improvement strategies; it is helpful to identify four types of populations (Eldridge, 1984; Griffin, 1990; Shelbourne, 1991; Eldridge et al., 1993):

- The base population - a large, genetically unimproved sample of the natural gene pool of the species;
- The breeding population - derived in the first instance by mating selected individuals from the base population, and improved through successive cycles of selection, breeding and testing;
- The propagation population - a subset of the breeding population used for producing commercial quantities of seed or vegetative propagules; and
- The production population - the operational plantations using genetically-improved material.

The four populations need not be separate entities in simple improvement strategies. For the simple, low-cost strategy of mass selection, the base, breeding and propagation populations are all represented in a single seed production area.

The planting stock to establish a seed production area should be derived from a bulk seedlot comprised of approximately equal quantities of seed from at least 25 unrelated parent trees of one or more good provenances. The provenance bulk seedlots commonly used in provenance trials are not usually adequate. They are frequently comprised of seed from 10 or fewer parent trees. The parent trees are often unequally represented in the bulk, and differences in fecundity between parent trees may contribute further to inbreeding in subsequent generations by favouring a subset of the parent trees. It may be possible to combine two or more provenance bulk seedlots that show above-average performance to give a sufficiently broad base for establishment of seed production areas. However, provenances from different geographic regions may flower at different times in some environments,

making some of such combinations ineffective.

Heavy selective thinning during stand development will open up the stand and enable the development of wide, deep, heavy crowns on the retained trees so that flowering and seed production is maximised. It also provides some degree of genetic improvement in the selected traits, for example vigour and/or form. Local plantations that are known to have been established from a suitable genetic base can be selectively thinned for conversion to seed production areas. In some cases, it may be possible to convert provenance trials of a promising species to seed production areas by heavy thinning after assessment, retaining the best trees of the best provenances. Provenance trials are typically grown at plantation density until assessment at half-rotation age, producing narrow high crowns, so seed production may be poor even after heavy thinning following the identification of the best provenances. Careful reference to provenance seedlot records should also be made to ensure that a sufficiently broad genetic base remains after thinning the trial.

It would be quite feasible to purposely set up many small seed-production areas across a region or country to produce genetically improved seed of desired species for local use, provided appropriate genetic bases are used (Eldridge, 1984). This approach would provide locally-available, low-cost supplies of seed suitable for individual farmers and government and non-government organizations involved in tree-planting. An effective extension service would be required to draw the attention of potential users to the availability and benefits of using seed from the areas.

A larger base population (ideally, separate individual-tree seedlots from at least 200 unrelated parent trees of one or more good provenances) is required to form the foundation of an intensive breeding program involving many cycles of selection and breeding (Eldridge et al., 1993). Family pedigrees are retained in such programs to control the level of inbreeding. The propagation populations will be seedling seed orchards or clonal seed orchards of well-tested genotypes (or a selection of well-tested elite clones, in the case of clonal forestry).

Large gains in productivity, relative to that of the best natural provenances, are obtainable through well-conceived and well-managed genetic improvement programs. For example, two generations of mass selection of *Eucalyptus grandis* from a broad genetic base in southern Florida yielded an 84% increase in volume production of third generation families, relative to the mean of the 232 families in the original base population (Franklin and Meskimen, 1984).

Ideally, species will be ranked in priority for improvement, and there will be a corresponding ranking of effort and resources, from full-scale improvement programs leading to advanced-generation seed orchards or clonal forestry for the most important species, down to identification of good natural or planted seed production areas for species of minor importance. The listing and classification of Rwanda's seed orchards and seed production areas by that country's National Seed Centre (Kalinganire, 1988) provides a good example of this type of planning.

Stands planted for seed production should be established in environments where good flowering and seed set is anticipated. Particular attention should be paid to pollination ecology - active management of pollinators, such as the introduction of hives of honey bees in the flowering season, may be required for good seed set and outcrossing in animal-pollinated species. Boland et al. (1980), Zobel et al. (1987), Griffin and Sedgley (1989), Granhof (1991), and Eldridge et al. (1993) provide information on management of stands for seed production. Well-managed seed production areas and seed orchards can provide secure supplies of genetically improved seed for many years.

Use of isozyme variation and other genetic study methods in assessing genetic variation

Isozyme variation has been used to quantify the breeding systems of tree species (Muona, 1990). This has helped to provide the insights into inbreeding depression referred to above. Isozyme and cytological studies can also be helpful in developing sampling strategies for provenance collections. *Acacia holosericea*, an Australian dry-zone species which has performed well in many countries, was shown by Moran et al. (1992) to include at least three geographic races with distinctive isozyme

patterns and chromosome levels (diploid, tetraploid and hexaploid). The two polyploid races were judged to be allopolyploids resulting from hybridization of a diploid species with two other species. The three races were subsequently found to be morphologically distinct and have now been reclassified as separate species (Maslin and Thomson, 1992). The three species perform differently in field trials (Souvannavong and de Framond, 1992), but there appears to be minimal genetic variation, and minimal variation in field performance, within each species. This knowledge will greatly simplify the domestication strategy for *A. holosericea*.

Isozymes can be valuable for assessing genetic changes accompanying domestication (Muona, 1990). The level of variability in natural populations is a standard against which land races and the various populations involved in genetic improvement programs can be assessed. Harwood et al. (1992) examined the variability at nine isozyme loci of seven African land races of *Grevillea robusta*. They found marked reductions in genetic diversity, relative to that in natural Australian provenances, for Central African and Madagascar land races. Major changes in allele frequencies, including loss of an allele dominant in all natural provenances, suggested that the Madagascar land race of the species was descended from an initial introduction of seed from only one tree. Provenance trials in Rwanda (Kalinganire and Zuercher, 1992) showed that the local land race grew more slowly than Australian natural provenances. While *G. robusta* is outcrossing in natural populations (Harwood et al., 1992), there is evidence that the Kenyan land race is largely or completely self-fertilizing (Owuor and Oduol, 1992), perhaps because of loss of protandry in floral development, and/or absence of suitable pollinating agents. This change in breeding system, if confirmed, will have a major bearing on genetic improvement strategy for this important agroforestry tree species.

Caution is needed in interpreting isozyme studies, however. *Acacia mangium*, an important species for plantation forestry in the lowland tropics, has very low genetic diversity as measured by isozyme variation (Moran et al., 1989), and might on this basis be classed as a species with little or no variability and hence little potential for genetic improvement. However, large and consistent genetically-based provenance differences in growth potential are evident from many international provenance trials (Harwood and Williams, 1992). Natural provenances of *A. mangium* from Papua New Guinea and Claudie River in far north Queensland show superior growth to those further south in Queensland (latitude 15-18 °S) and outlier populations in Indonesia.

Conclusions and recommendations

Figure 1 shows the changes in productivity (or other traits such as tree form) that may occur during domestication of a tree species, as affected by the practices and standards that are followed. It is a synthesis of the many examples discussed in this paper: the values shown are considered a representative average of the actual results recorded for a range of species.

The following recommendations are made to those charged with securing seed supplies for planting programs:

1. Take steps to produce your own genetically improved seed. This need involve no more than planting seed production areas of a broad and appropriate genetic base.
2. Don't assume that the local land race of a species exotic to your area is well-adapted and incapable of improvement. This is rarely the case.
3. Identification of the best seed source (either natural provenance, land race or genetically improved seed source) is a necessary, but not sufficient, condition for substantial genetic improvement. A strategy to mass-produce seed of equivalent or better quality is required, and should be coupled to any program of species and provenance trials.
4. Lack of attention to the deleterious effects of inbreeding in most tree and shrub species can negate any gains made by selection and breeding.
5. In provenance trials of a species, always include local land races (and seed orchard seed from similar environments to your own, if available), as standards for comparison with natural provenances.

6. In some cases, it may be appropriate to convert provenance trials of a promising species to seed production areas by heavy thinning which retains the best trees of the best provenances. However, it is preferable to move quickly to obtain a broader genetic sample (seed from a minimum of 25 unrelated parent trees per provenance) from the best provenances and use this to establish seed production areas, whether or not an intensive breeding program for the species is planned.
7. Identify the best interim seed source to use until your seed production areas are functional.
8. It is much easier to introduce high-quality seed at the start of a planting program than to displace sub-optimal material in widespread use.

Acknowledgements

The author is grateful to A.G. Brown, I. P. Burgess, J.C. Doran, K.G. Eldridge and L.A.J. Thomson for helpful comments on a draft of this paper.

References

- Boland, D.J. 1986. Selection of species and provenances for tree introduction. In: J.W. Turnbull ed. *Multipurpose Australian Trees and Shrubs*. ACIAR, Canberra. p. 45-58.
- Boland, D.J., M.I.H. Brooker, J.W. Turnbull and D.A. Kleinig. 1980. *Eucalyptus Seed*. CSIRO, Melbourne.
- Booth, T.H. and L.D. Pryor. 1991. Climatic requirements of some commercially important eucalypt species. *Forest Ecology and Management* 43: 47-60.
- Brewbaker, J.L. 1983. Systematics, self-incompatibility, breeding systems and genetic improvement of *Leucaena* species. In: *Leucaena research in the Asian Pacific Region*. IDRC, Ottawa.
- Bulgannawar, G.N. and B.B.M. Math. 1991. The role of *Acacia auriculiformis* in afforestation in Karnataka, India. In: J.W. Turnbull ed. *Advances in Tropical Acacia Research*. ACIAR, Canberra. p. 100-115.
- Carlowitz, P. von. 1991. *Multipurpose Trees and Shrubs: Sources of Seeds and Inoculants*. ICRAF, Nairobi.
- Chathurvedi, A.N., P. Sivaji and D.V. Jayaram Prasad. 1989. Eucalyptus trials in Andhra Pradesh. *Indian Forester* 115: 445-454.
- Dart, P.J., M. Umlí-García and A. Almendras. 1991. Role of symbiotic associations in nutrition of tropical acacias. In: J.W. Turnbull ed. *Advances in Tropical Acacia Research*. ACIAR, Canberra. p. 13-19.
- Doran, J.C., Turnbull, J.W., Boland, D.J. and B.V. Gunn. 1983. *Handbook on seeds of dry-zone acacias*. FAO, Rome.
- Eldridge, K.G. 1984. Breeding trees for fuelwood. Vol.4. In: V.L. Chopra, B.C. Hoshi, R.P. Sharma and H.C. Bansal eds. *Genetics: New Frontiers, Proceedings XV International Congress of Genetics*. Oxford and IBH, Bombay. p. 339-349.
- Eldridge, K.G., J. Davidson, G. van Wyk and C.E. Harwood. 1993. In press. *Domestication and Breeding of Eucalypts*. Oxford University Press.
- Fagg, C.W. and R.D. Barnes. 1990. *African acacias: study and acquisition of genetic resources*. Final Report, ODA Research Scheme R.4348. Oxford Forestry Institute, Oxford.
- Fagg, C.W. and A. Greaves. 1990. *Acacia nilotica*. Annotated bibliography no. F42. C.A.B. International, Oxford.
- Fleming, A.I., E.R. Williams and J.W. Turnbull. 1988. Growth and nodulation of a range of provenances of *Casuarina cunninghamiana* inoculated with a range of *Frankia* sources. *Australian Journal of Botany* 36: 171-181.
- Franklin, E.C. and G. Meskimen. 1984. Choice of species and provenances in cold summer rainfall climates. In: *Proceedings, IUFRO Colloque International sur les eucalyptus résistants au froid*, Bordeaux. 341-358. September, 1983. AFOCEL, Paris.
- Granhof, J. 1991. Lecture Note No. D-8. November, 1991. *Mass Production of Improved Material (2)*. Seed Orchards. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark.
- Griffin, A.R. 1990. Effects of inbreeding on growth of forest trees and implications for management of seed supplies for plantation programs. In: K.S. Bawa and M. Hadley, eds. *Reproductive Ecology*

- of Tropical Forest Plants. UNESCO, Paris, and Parthenon, Cornforth. p. 363-382.
- Harwood, C.E. 1990. Provenance collections of *Grevillea robusta* (silky oak). FAO Forest Genetic Resources Information. p. 17-20.
- Harwood, C.E. and E.R.W. Williams. 1992. A review of provenance variation in growth of *Acacia mangium*. In: L.T. Carron and K. Aken eds. Breeding Technologies for Tropical Acacias. ACIAR, Canberra. p. 22-30.
- Harwood, C.E., J.C. Bell and G.F. Moran. 1992. Isozyme studies on the breeding system and genetic variation in *Grevillea robusta*. In: C.E. Harwood ed. *Grevillea robusta* in Agroforestry and Forestry. ICRAF, Nairobi. p. 165-176.
- Kalinganire, A. 1988. Regions Semencieres, Peuplements et Vergers à Graines au Rwanda. Note Technique no. 3. I.S.A.R. Butare, Rwanda.
- Kalinganire, A. and E. Zuercher. 1992. Provenance trials of *Grevillea robusta* in Rwanda: interim results. In: C.E. Harwood ed. *Grevillea robusta* in Agroforestry and Forestry. ICRAF, Nairobi. p. 103-110.
- Kapur and A.S. Dogra. 1987. Provenance trial of *Eucalyptus tereticornis* in Punjab. Indian Forester 113: 2-5.
- Maslin, B.R. and L.A.J. Thomson. 1992. In press. Reappraisal of the taxonomy of *Acacia holosericea* A. Cunn ex Don, including the description of a new species, *A. colei*, and the reinstatement of *A. neurocarpa* A. cunn. ex Hook. Australian Systematic Botany.
- Matheson, A.C. 1990. Breeding strategy for MPTS. In: N. Glover and N. Adams eds. Tree Improvement of Multipurpose Species Winrock. Winrock International F/FRED Project, Kasetsart University, Bangkok. p. 67-100.
- Midgley, S.J., K.G. Eldridge and J.C. Doran. 1989. Genetic resources of *Eucalyptus camaldulensis*. Commonwealth Forestry Review 68: 295-308.
- Midgley, S.J. 1990. Tree seed in forest development. In: J.W. Turnbull ed. Tropical Tree Seed Research. ACIAR, Canberra. p. 10-12.
- Moran, G.F. 1992. In press. Patterns of genetic diversity in Australian tree species. New Forests.
- Moran, G.F., J.C. Bell and A.R. Griffin. 1989. Reduction in levels of inbreeding in a seed orchard of *Eucalyptus regnans* F. Muell. compared with natural populations. Silvae Genetica 38: 32-36.
- Moran, G.F., L.A.J. Thomson, J. Grant and J.C. Bell. 1992. Distribution of genetic variation within two dry-zone *Acacia* species and implications for their genetic improvement. In: House, A.P.N. and Harwood, C.E. eds. Australian Dry-Zone Acacias for Human Food. CSIRO, Canberra. p. 74-81.
- Muona, O. 1990. Population genetics in forest tree improvement. In: Brown, A.H.D., Clegg, M.T., Kahler, A.L. and Weir, B.S. eds. Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources. Sinauer, Massachusetts. 282-298.
- Namkoong, G. 1990. Seed orchard management. In: N. Glover and N. Adams eds. Tree Improvement of Multipurpose Species. Winrock International F/FRED Project, Kasetsart University, Bangkok. p. 101-109.
- Owuor, B. and P. Oduol. 1992. Early observations on floral biology of *Grevillea robusta* A. Cunn. in relation to controlled cross pollination. In: C.E. Harwood ed. *Grevillea robusta* in Agroforestry and Forestry. ICRAF, Nairobi. p. 177-182.
- Palmberg, C. 1981. A vital fuelwood gene pool is in danger. Unasylva 33: 22-30.
- Pryor, L.D. 1966. A report on past performance and some current aspects of the cultivation of quick-growing species (mainly *Eucalyptus*) in India. Indian Forester 92: 615-622.
- Purnell, R.C. 1986. Early results from provenance/progeny trials of *Eucalyptus nitens* in South Africa. In: Proceedings, IUFRO conference on breeding theory, progeny testing and seed orchards, Williamsburg, Virginia. 1986. North Carolina State University, Raleigh. p. 500-513.
- Reddell, P. 1990. Increasing productivity in plantings of *Casuarina* by inoculation with *Frankia*. In: M.H. Lakany, J.W. Turnbull and J.L. Brewbaker eds. Advances in *Casuarina* Research and Utilization. Desert Development Center, Cairo, Egypt. p. 133-140.
- Reddell, P. and R. Warren. 1987. Inoculation of acacias with mycorrhizal fungi: potential benefits. In: J.W. Turnbull ed. Australian Acacias in Developing Countries. ACIAR, Canberra. p. 50-53.
- Roughley, R.J. 1987. Acacias and their root nodule bacteria. In: J.W. Turnbull ed. Australian Acacias in Developing Countries. ACIAR, Canberra. p. 45-49.
- Sedgley, M. and A.R. Griffin. 1989. Sexual Reproduction of Tree Crops. Academic Press, London.
- Shelbourne, C.J.A. 1991. Genetic gains from different kinds of breeding population and seed or plant production populations. In: A.P.G. Schonau ed. Intensive Forestry: the Role of *Eucalypts*. IUFRO

- Symposium, published by South African Institute of Forestry, Pretoria. p. 300-317.
- Sim, B.L. 1984. The genetic base of *Acacia mangium* in Sabah. In: Barnes, R.D. and G.L. Gibson. Eds. Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees. Commonwealth Forestry Institute, Oxford. p. 597-603.
- Souvannavong, O. and H. de Framond. 1992. Performance of dry-zone Acacia species and provenances recently introduced to the Sahel. In: House, A.P.N. and C.E. Harwood eds. Australian Dry-Zone Acacias for Human Food. CSIRO, Canberra. p. 82-92.
- Subramanian, K.N. et al. 1992. Casuarinas - Trees of Multiple Utility. Institute of Forest Genetics and Tree Breeding, Coimbatore, India.
- Troup, R.S. 1921. The Silviculture of Indian trees. Clarendon Press, Oxford.
- Turnbull, J.W. 1984. Tree seed supply - a critical factor for the success of agroforestry projects. In: J. Burley and P. von Carlowitz eds. Multipurpose Tree Germplasm. ICRAF, Nairobi. p. 279-298.
- Turnbull, J.W. 1991. Advances in Tropical Acacia Research. ACIAR, Canberra.
- Turnbull, J.W. and A.R. Griffin. 1986. The concept of provenance and its relationship to infraspecific classification in forest trees. In: B.T. Styles ed. Intraspecific Classification of Wild and Cultivated Plants. Clarendon Press, Oxford. p. 157-189.
- Webb, D.B., P.J. Wood, J.P. Smith and G.S. Henman. 1984. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. Tropical Forestry Papers 15 (2nd. edition). Commonwealth Forestry Institute, Oxford.
- White, K. 1990. *Dalbergia sissoo*: an annotated bibliography. F/FRED Winrock International, Bangkok.
- Willan, R.L., C.E. Hughes and E.B. Lauridson. 1990. Seed collection for tree improvement. In: N. Glover and N. Adams eds. Tree Improvement of Multipurpose Species. Winrock. Available from F/FRED Project, Kasetsart University, Bangkok. p. 11-38.
- Zobel, B.J. and J.T. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons, New York.
- Zobel, B.J., G. van Wyk and P. Stahl. 1987. Growing Exotic Forest Trees. John Wiley and Sons, New York.

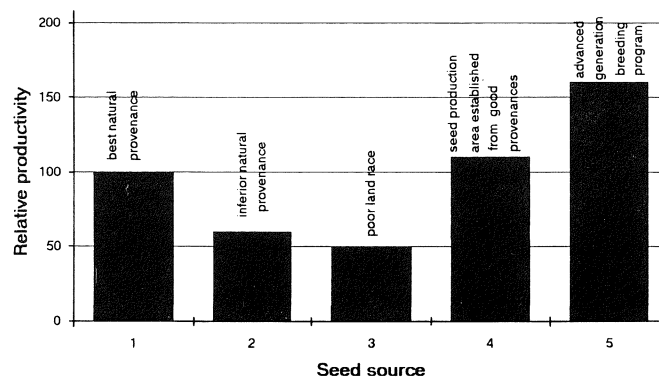
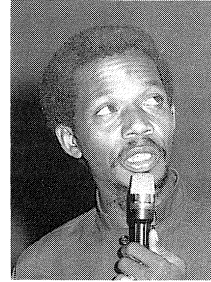


Fig. 1. Relative productivity of different seed sources used in the domestication of a species - generalised from results obtained from a range of species.

Notes:

1. Unselected seed from best natural provenance
2. Unselected seed from an inferior natural provenance
3. Seed from a poor, inbred land race derived from a narrow and inappropriate genetic base
4. Seed from a seed production area established in the planting region, using a broad genetic base of unselected and unrelated families from the best provenance or provenances and selectively thinned during stand development
5. Seed from the third generation of a well-managed genetic improvement programme located in the planting region

Essai de mise en place d'un verger à graines d'*Eucalyptus camaldulensis* au Burkina Faso



Boukary Diallo

B.O. Diallo

CNRST Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET), 03 BP 7047, Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé

Depuis 1960 *Eucalyptus camaldulensis* fait l'objet de nombreux travaux de recherche au Burkina Faso telsque: la maîtrise des techniques de multiplication végétative, le test de résistance des perches à la flexion, l'amélioration de matériel végétal par des essais comparatifs de provenances/descendants et des tests clonaux. L'objectif de ces derniers essais est la mise à la disposition des sylviculteurs de matériel végétal génétiquement amélioré pour la production " d'arbres performants". La première phase qui a consisté à la sélection des provenances a permis de retenir 4 zones Australiennes (Gilbert River, Katherine River, May River et Lennard River) comme intéressantes, pour les critères de productivité de bois, de rusticité et de la forme, dans les conditions écologiques du Burkina Faso. Ces provenances ont été mises en place sous forme de parcelles conservatoires servant de nouvelles population d'amélioration. La provenance Gilbert River s'est montrée particulièrement performante par rapport aux trois autres. A partir des parcelles conservatoires, trois vergers à graines ont été mis en place. Ces derniers sont destinés à fournir, à court terme des semences améliorées et, à long terme des semenciers performants. Des tests clonaux seront effectués, afin d'opérer des tris dans les parcelles conservatoires.

Abstract

Since 1960 *Eucalyptus camaldulensis* is frequently used for experiments in Burkina Faso. Experiments have been carried out on vegetative propagation, on resistance of branches to flexion and on genetic improvement by comparing provenances and descendants and by clonal tests. The aim of those tests is to provide the foresters with plant material of good genetic origin. The first phase was the selection of provenances and has resulted in the choice of 4 interesting australian zones (Gilbert River, Katherine River, May River and Lennard River) for the following selection criteria, wood production rusticity and shape under Burkina Faso conditions. Those provenances have been planted in 'conservation stands' to serve as improved populations. Gilbert River appeared to be the best as compared to the other provenances. Starting from the conservation stands three seed orchards have been established, serving (at short term) to produce improved seed

and (at long term) as improved seed sources. Clonal tests will be carried out, the results of them being used to select further in the conservation stands.

Introduction

Un certain nombre d'essences locales et exotiques ont été retenues comme prioritaires, lors du VIème Comité de la Recherche Forestière, tenu du 12 au 15 décembre 1989 à Ouagadougou. Celles-ci font l'objet actuellement de travaux d'amélioration génétique, à l'Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET) et au Centre National des Semences Forestières (CNSF).

Les espèces locales à vocation bois d'oeuvre, de service et de chauffe, subissent une exploitation abusive de la part des populations riveraines des forêts. Il s'ensuit une déforestation rapide, insuffisamment compensée par la régénération naturelle. Les espèces locales pour la plupart lentes en croissance, ne permettent ni de rétablir dans de brefs délais l'équilibre écologique rompu, ni d'inciter les populations au reboisement malgré, les multiples services qu'elles leur rendent. Les plantations artificielles offrent une solution alternative pour répondre aux besoins en produits ligneux des populations et limiter les prélèvements sur les formations naturelles. Il s'agit de trouver des espèces locales ou exotiques répondant à l'attente des silviculteurs. Parmi les espèces exotiques l'Eucalyptus camaldulensis, est une espèce qui offre de multiples possibilités. Elle est d'ailleurs de longue date acceptée par les paysans du Burkina Faso.

Selon les statistiques fournies par le ministère de l'Environnement et du Tourisme, elle est la première espèce de reboisement au Burkina (Rapport annuel 1990-1991).

C'est à dire donc l'intérêt qu'il y a à mettre à la disposition des services de développement des semences améliorées de cette espèce.

L'objectif des essais mis en place par le programme d'amélioration génétique de l'IRBET est d'aboutir à la création de vergers à graines, susceptibles de fournir à terme des arbres performants sur la base des critères suivants: croissance rapide, bonne adaptation aux conditions écologiques sahéliennes, forte productivité, tiges droites à double vocation (construction et poteaux de ligne).

Les essais de descendances, de clones bouturés et greffés mis en place en 1989 à Dindéresso permettront de vérifier la qualité génétique des parents dans les parcelles conservatoires.

Matériel d'étude

Aires de récolte

Les provenances introduites jusque là au Burkina sont originaires de 3 grandes régions climatiques Australiennes (Queensland, Western Australia, Northern Territory), qui ont des conditions climatiques plus ou moins identiques à celle du Burkina (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des sites de récoltes (source: Ouédraogo, 1986)

la zone climatique correspondant à ces régions est le climat tropical	QUEENSLAND		NORTHERN TROPICAL		WESTERN AUSTRALIA	
	Sol	Végétation	Sol	Végétation	Sol	Végétation
	latéritique + podzols	forêt tropicale mixte	cuirasse latéritique et podzols latéritique	forêt sèche	squeletiques à texture légère	savans sèche + forêt claire décidue

Sites d'essai au Burkina

Les premiers essais de comportement avaient été installés dans diverses zones écologiques du pays. Deux de ces stations ont été retenues pour la mise en place des premiers vergers à titre conservatoire. Il s'agit de Gonsé à 25 km à l'Est de Ouagadougou et Dindéresso à 18 km à l'Ouest de Bobo Dioulasso (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques des sites d'études

Site d'étude	Domaine phyto géographique	Climat	Sol	Altitude (m)	Longitude latitude	Pluviométrie annuelle (mm)	Température moyenne (°C)
GONSE	Savane Arbustive et Savane Arborée	Soudano-Sahélien	Ferrugineux Tropicaux	290	1°20'W 12°25 N	750	28
DINDERESSO	Savane Arborée et Savane Boisée	Soudanien	Ferraltiques tropicaux	400	4°22'W 11°15 N	1000	27

Matériel végétal

A partir des essais comparatifs d'écotypes, 4 provenances ont été identifiées comme "provenances plus" (Gilbert River, Katherine River, Lennard River et May River). Les récoltes ont été faites en Australie sur des individus, ayant montré une supériorité phénotypique au sein des essais comparatifs de provenances. Les 4 "provenances plus" ont été mis en place comme verger à graines pour constituer la nouvelle population d'amélioration.

Méthodologie

La mise en place des vergers à graines d'*Eucalyptus camaldulensis* au Burkina s'est déroulé en plusieurs étapes chronologiques (Figure 1).

Test d'élimination

Introduite au Burkina comme espèce de reboisement en 1960 l'*Eucalyptus* n'a pas répondu entièrement à l'attente des utilisateurs. C'est en 1963 que furent mis en place les premiers essais de comportement de différentes espèces d'*Eucalyptus*. Retenue comme prometteuse, dans le contexte général de lutte contre la désertification au Burkina, l'espèce *camaldulensis* va servir à partir de 1975 d'appui à plusieurs projets de reboisement.

Essais comparatifs de provenances

Sur les 150 écotypes d'*Eucalyptus camaldulensis* introduites au Burkina 4 provenances se sont révélées supérieures, à la provenance 8035 initialement vulgarisée par le CIRAD-FORET ex-Centre Technique Forestier Tropical (CTFT). Il s'agit de Gilbert River, Katherine River, Lennard River et May River. A partir de ces 4 provenances installées en parcelles conservatoires, des travaux de sélection et de clonage ont été effectués. Ce qui a abouti à la mise en place de nouvelles plantations d'individus améliorés à partir d'arbres sélectionnés dans les vergers à graines.

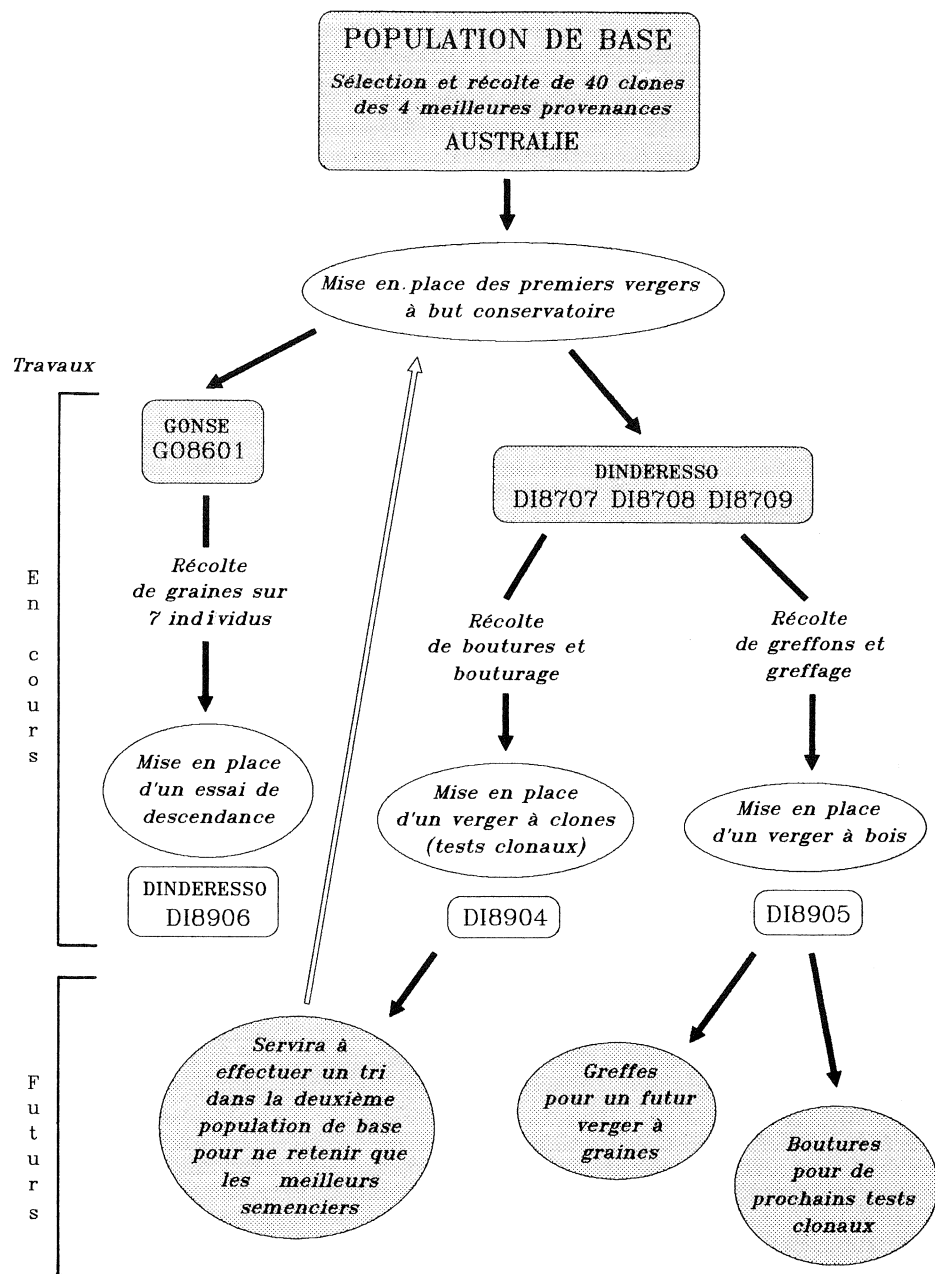


Fig. 1. Étapes chronologiques de la mise en place des vergers à graines d'*Eucalyptus camaldulensis* au Burkina Faso

Parc à bois

La comparaison des 4 "provenances plus" a permis d'identifier la provenance Gilbert River comme la plus performante vis-à-vis de la productivité et de la conformité du tronc. C'est ainsi que 40 clones de cette provenance ont été sélectionnés en 1988 dans l'essai de Dindéresso. Des greffons récoltés par grimpage ont été greffés fin 1988 et mis en place en juillet 1989 à Dindéresso. Cet essai constitue un parc à bois destiné à fournir des greffons pour un futur verger à graines et des boutures des tests clonaux.

Verger à clones bouturés

40 clones d'origines diverses sélectionnés en 1985 avaient été mis en place sous forme de vergers à graines à Gonsé et à Dindéresso. Ces clones n'avaient jamais été testés jusqu'en 1989. Des boutures prélevées sur ces 40 clones ont été bouturées et mises en place en juillet 1989 à Dindéresso. Les individus bouturés serviront à tester la qualité génétique des parents afin d'opérer un tri dans les vergers à graines en ne retenant que les semenciers les plus performants vis-à-vis des critères de sélection.

Essai comparatif de descendance F1

Cet essai a pour but de comparer indirectement les performances génétiques des arbres mères. Une récolte de graines a été effectuée par arbre-mère en 1988 dans le verger à graines de Gonsé mis en place en 1986. Les arbres de cet essai fructifient depuis 1987. Sur les 40 clones mis en place suivant un dispositif en monoarbre randomisé avec 20 répétitions/clones seuls 7 individus ont fourni des semences en quantité suffisante pour réaliser un essai. C'est à partir des graines récoltées sur ces 7 individus qu'un essai comparatif de 7 descendance a été mis en place en juillet 1989 à Dindéresso.

Dispositifs expérimentaux

Tableau 3. Caractéristiques des différents conservatoires d'*Eucalyptus camaldulensis* en essai de descendance séparées. (Source: Billand & Diallo, 1991)

Essais descendance/ Clonage	code	année de mise en place	nombre de descendance	nombre de répétitions/ descendance	nombre de n° commun	nbr de plants/ placeau
Gilbert River	DI8501	1985	20	40	20	20
	DI8608	1986	25	36	20	25 et 20
	DI8708	1987	25	28	25	25
Katherine River	DI8504	1985	20	18	20	20
	DI8607	1986	20	40	20	20
	DI8709	1987	30	15	20	30
May River	DI8502	1985	12	20	12	12
	DI8606	1986	15	35	12	15 et 12
Lennard River	DI8707	1987	40	35	-	40
Clones Bouturés	DI8904	1989	20	21 à 40	-	10 à 20
Clones Greffés	DI8905	1989	42	2 à 11	-	2 à 13
Descendance F1	DI8906	1989	7	40	-	7

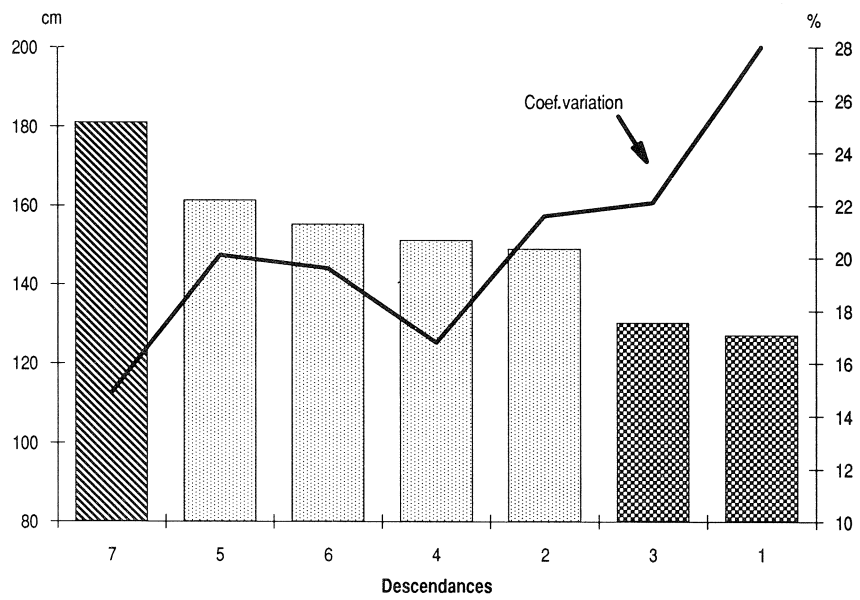


Fig. 2. Comparaison des hauteurs à l'age de six mois

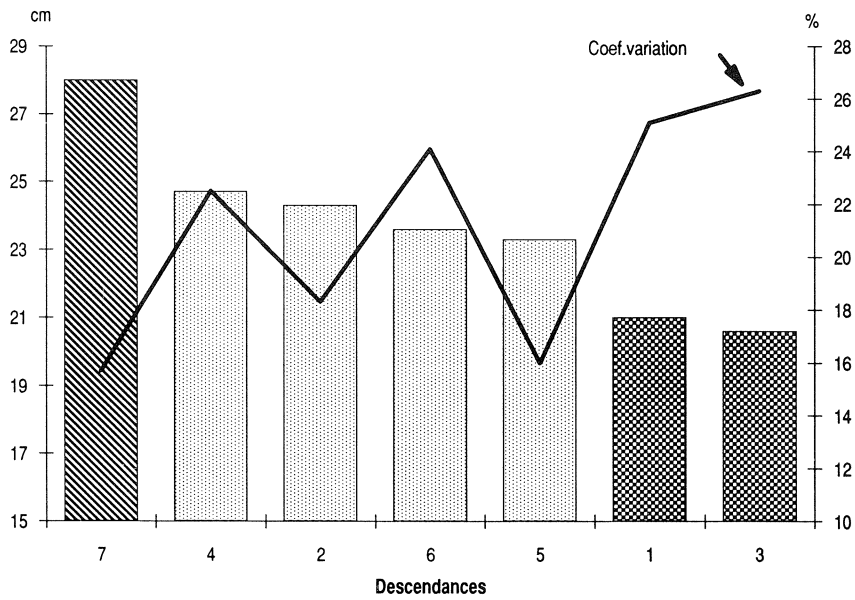


Fig. 3. Comparaison des diamètres à l'age de six mois

Le tableau 3 résume les dispositifs expérimentaux utilisés dans les parcelles conservatoires. Dans les trois nouvelles parcelles mises en place en 1989 les dispositifs expérimentaux sont en monoarbre randomisé, avec 40 blocs. Les écartements utilisés sont de 4 m x 4 m.

Résultats et discussions

Les mensurations dans le jeune âge ont porté sur l'essai de descendance F1. Les premières mesures dans les vergers à clones bouturés et greffés commenceront vers l'âge de 36 mois. Les taux de survie à 6 mois des 7 descendance était 100%. Ce taux est resté identique jusqu'à l'âge de 30 mois.

Hauteur

Dès l'âge de 6 mois une variabilité élevée entre les descendance a été observée. Il y avait un écart de 54 cm entre les deux descendance extrêmes soit plus que 40% (Tableau 4 et Figure 2,3). Cette variabilité demeure jusqu'à l'âge de 30 mois (Tableau 5 et Figure 4).

Tableau 4. Hauteur et Coefficient de variation de 7 descendance d'*Eucalyptus camaldulensis* à 6 mois

N° descendance	HAUTEUR TOTALE (CM)	COEFFICIENT DE VARIATION (%)
7	181.1	14.9
5	161.3	20.1
6	155.2	19.6
4	151.2	16.8
2	149.0	21.6
3	130.3	22.1
1	127.2	28.0

Au seuil de 5%: F bloc: 1.642 N.S.; F hauteur: 19.03 **

Tableau 5. Diamètre au collet et Coefficient de variation de 7 descendance d'*Eucalyptus camaldulensis* à 6 mois

N° descendance	Diamètre au collet (cm)	Coefficient de variation (%)
7	28.0	15.70
4	24.7	15.99
2	24.3	24.07
5	23.7	22.53
6	26.6	18.32
1	21.0	26.29
3	20.6	25.15

Au seuil de 5%: F bloc: 1,279 N.S.; F diamètre: 11.40 **

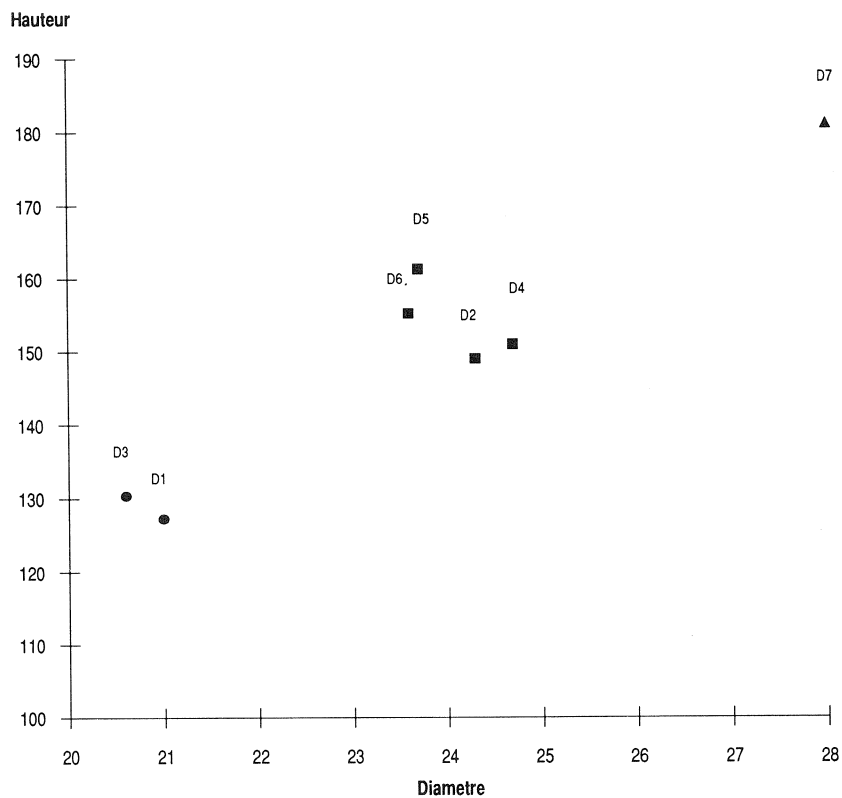


Fig. 4. Hauteur et diamètre des 6 descendance à 6 mois

L'observation des coefficients de variation montrent que l'hétérogénéité pour les hauteurs à l'intérieur des descendance augmente au fur et à mesure que la hauteur diminue. Celle-ci s'explique par la présence de quelques individus aux performances particulièrement médiocres. Les histogrammes de fréquence par classe de hauteur permettent d'observer la présence de ces individus dans les descendance 1 et 2. D'autre part la descendance 3 montre une distribution décalée vers les faibles valeurs de hauteurs. Inversement des individus remarquablement performants pour leur hauteur totale élevée sont observés dans les descendance 3 et 4. La descendance 7 se distingue par sa hauteur moyenne particulièrement élevée. Cette performance est d'ailleurs maintenue jusqu'à 30 mois.

Diamètre au collet

Le classement des descendance pour les diamètres au collet est le même que celui pour les hauteurs totales. L'évolution des coefficients de variation est semblable à celle observée pour les hauteurs (Tableau 5). Le classement des descendance à 30 mois est resté le même qu'à l'âge de 6 mois. Le

graphique des hauteurs en fonction des diamètres au collet $\{H = f(D)\}$ permet d'identifier nettement 3 groupes de descendance qui se distinguent par leurs écarts de vigueur (Figure 4). Les groupes de descendance observés à 6 mois sont les mêmes que ceux observés à 30 mois.

Conclusion

Ces mesures dans le jeune âge d'un petit nombre de descendance montrent une forte hétérogénéité de leur vigueur de croissance juvénile. Les plants issus d'une pollinisation libre dans un verger à graines de clones greffés non encore arrivés à maturité sont probablement en proportion élevée, issus d'autofécondations. En effet, les rares semenciers ayant fructifiés (une dizaine au total sur 800 arbres) sont distants de parfois plusieurs dizaines de mètres et le nombre de fleurs sur chaque arbre est resté réduit.

Néanmoins le nombre d'individus abérants rabougris, ("dwarfs") apparaît très réduit: environ 2% des plants en place.

Les différences entre les descendance ont diminuées avec l'âge. De plus ce dispositif permet d'augurer des résultats intéressants dans la perspective d'un éventuel programme d'hybridation contrôlée intraspécifique chez *Eucalyptus camaldulensis*. Une forte variabilité s'observe en effet parmi les premières descendance F1 du verger à graines de clones mis en place en 1986 à Gonsé. Déjà la descendance 7 montre des performances en hauteur supérieures de 30% en 6 mois et de 20% en 30 mois à la moyenne des plants de l'ensemble de l'essai.

References bibliographiques

- Bonkougou, E.G., H. De Framond et A. Grolleau. 1986. Acquis de la Recherche Forestière en matière de bouturage de l'*Eucalyptus camaldulensis* au Burkina Faso. Note 86/01.
- Centre Technique Forestier Tropical. 1984. Essais d'Élimination d'*Eucalyptus* au Burkina Faso.
- Centre Technique Forestier Tropical. 1982. Essais d'Introduction d'*Eucalyptus* ornementaux.
- Centre Technique Forestier Tropical. 1979. Essais d'Introduction d'*Eucalyptus* au Burkina Faso. Note Technique.
- Centre Technique Forestier Tropical. 1987. Sylviculture de l'*Eucalyptus*.
- Framond, H. de, B. Neya et P. Kibora. 1987. Acquis de la recherche Forestière en matière de préservation de bois d'*Eucalyptus camaldulensis* par trempage.
- Grolleau, A. et H. de Framond. 1987. Récents acquis sur le bouturage de l'*Eucalyptus camaldulensis* au Burkina Faso.
- Ouédraogo, L.G. 1986. Amélioration du matériel végétal forestier par la voie génétique au Burkina Faso. Étude de cas. Mémoire de fin d'étude. Université de Ouagadougou.
- Roussel, J. et P. Danthu. 1992. Le repiquage des semis d'*Eucalyptus*, cause de malformations du système racinaire.