

JACQUES TASSIN  
MICHEL HERMET  
CIRAD-Forêt

# LES DÉGÂTS DU CYCLONE HOLLANDA À LA RÉUNION



▲ Jeune filao affaibli par des insectes foreurs.  
*Young filao weakened by boring insects.*

Une essence sensible au vent :  
*Gmelina arborea.*  
*A wind sensitive species : Gmelina arborea.*



Quelques jours après le passage du cyclone Hollanda les 11 et 12 février 1994, des observations ont été faites dans le cadre du « Programme d'expérimentations forestières et agroforestières à la Réunion » (Convention CIRAD-Forêt/O.N.F./Région Réunion), afin d'évaluer la résistance aux cyclones de quelques essences ligneuses.

## ORIGINE ET TYPOLOGIE DES DÉGÂTS SUR LES ARBRES

Né au sud de l'archipel des Chagos, le cyclone Hollanda est passé à l'ouest de Maurice, puis s'est rapproché dans la matinée du 12 février au plus près de la Réunion, à 20 km environ au sud-est de la Pointe de la Table, pour continuer sa course en direction du sud-ouest.

Hollanda restera dans la mémoire des Réunionnais un cyclone « classique », d'intensité comparable à celle de Colina (1993), avec des rafales de vent atteignant souvent 120 à 150 km/h (235 km/h à Sainte-Rose) et des précipitations s'échelonnant entre 100 et 150 mm (maxima enregistrés : 671 mm en 24 h à Grand-Coude). Toutefois, à la différence de Colina, Hollanda a touché l'ensemble de l'île pendant une durée assez longue (une douzaine d'heures en moyenne). Les dommages forestiers causés par Hollanda se montrent donc plus importants que ceux provoqués par Colina.

L'île de la Réunion est régulièrement affectée par des cyclones qui se forment dans la zone de convergence intertropicale et empruntent le couloir dépressionnaire situé entre les anticyclones du Cap et des Mascareignes. Les vents violents, les fortes pluies et les embruns qui les accompagnent sont souvent à l'origine de nombreux dégâts sur une partie de la végétation ligneuse. Au travers de la littérature, ceux-ci restent toutefois peu détaillés et mal quantifiés, à l'exception cependant d'une intéressante évaluation entreprise par la Faculté des Sciences de Toulouse à la suite des cyclones d'avril 1944 et avril 1945 (RIVALS, 1948).

## MÉCANISMES D'APPARITION DES DÉGÂTS

Lors de cyclones, le complexe destructeur en cause est le plus souvent une combinaison de plusieurs paramètres du vent :

- sa vitesse (en partie liée au relief),
- son orientation, souvent modifiée, voire inversée, au cours du passage du cyclone,
- sa « charge » (vent sec ou accompagné de pluies ou d'embruns),
- sa durée.

Aux forces mécaniques en jeu, l'arbre vient opposer une résistance qui est fonction de :

- son architecture (forme et position du houppier et des racines, type de ramification et de foliation),
- la souplesse des organes qui le composent (feuilles, rameaux, tronc) et qui gouvernent sa déflexion au vent, des phénomènes de résonance pouvant également se manifester (F.A.O., 1986),
- son enracinement,
- la cohésion des agrégats du sol, souvent diminuée lors des épisodes pluvieux qui accompagnent un cyclone, qui détermine en partie les risques de déracinement.

L'ampleur des dégâts mécaniques provoqués sur les végétaux est grossièrement liée à la prise au vent de ces derniers et à la résistance qu'ils opposent aux forces éoliennes.

## TYPOLOGIE DES DÉGÂTS

Sous l'action directe du vent, les dégâts suivants peuvent apparaître :

- échaudage du feuillage,
- chute partielle ou totale de feuilles,
- cassure des rameaux terminaux,
- bris de branches,
- courbure du tronc (sur les jeunes individus),
- cassure du tronc,
- déracinement.

Lorsque le vent se charge d'eau de mer, une plasmolyse des tissus des feuilles et jeunes pousses peut se manifester et donner lieu à des dommages considérables (RIVALS, 1948).

### DÉGÂTS SUR DE JEUNES PEUPELEMENTS

Les dégâts provoqués par le passage de Hollanda ont été systématiquement inventoriés dans les parcelles expérimentales de la forêt de l'Etang-Salé. Les observations conduites les 15 et 16 février 1994, soit 4 jours après le passage de Hollanda, portent sur 16 espèces différentes et ont été faites sur de jeunes peuplements monospécifiques. Les données dendrométriques mentionnées avaient été enregistrées en septembre et octobre 1993 à l'occasion d'une évaluation des expérimentations conduites depuis 1988 dans cette zone (CHRETIEN, 1993).

#### • *Acacia auriculiformis* Age : 3 à 5 ans

Arbres observés : 1 132 (5 placeaux).

Hauteur moyenne : 3,45 m à 5,05 m.

Dégâts : arbres déracinés (0,4 %), cassés (3,2 %) ou présentant des branches brisées (0,5 %) ; rameaux et feuilles intacts.

#### • *Albizia caribaea* Age : 3 ans

Arbres observés : 192 (1 placeau).

Hauteur moyenne : 1,40 m.

Dégâts : aucun.

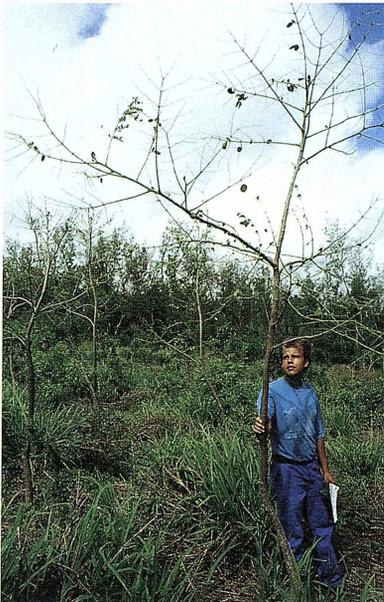
#### • *Albizia guachepele* Age : 3 à 4 ans

Arbres observés : 248 (2 placeaux).

Hauteur moyenne : 3,40 m.



*Acacia auriculiformis* : les arbres fourchus sont endommagés.  
*Acacia auriculiformis* : forked trees are damaged.



Perte totale des feuilles chez *Albizia guachepele*.  
*Total loss of leaves in Albizia guachepele.*

Dégâts : seules les folioles sont arrachées ; 18 jours après le passage du cyclone, tous les pétioles sont tombés et le feuillage s'est entièrement reconstitué.

#### • *Albizia lebbek* Age : 5 ans

Arbres observés : 76 (2 placeaux).

Hauteur moyenne : 2,20 m et 3,30 m.

Dégâts : 1 individu (1,3 %) déraciné.

#### • *Azadirachta indica* Age : 4 et 5 ans

Arbres observés : 616 (4 placeaux).

Hauteur moyenne : 3,90 m à 5,30 m.

Dégâts : arbres penchés ou déracinés (7,3 %), cassés en cime ou en fourche (2,1 %) ou présentant des branches brisées (5,2 %) ; feuillage intact.

#### • *Eucalyptus camaldulensis* Age : 4 ans

Arbres observés : 443 (4 placeaux).

Hauteur moyenne : 5 m.

Dégâts : arbres cassés (2,2 %), essentiellement en bordure de parcelle (80 % des cas) ; branches et ra-



Dégâts sur Neem (*Azadirachta indica*).  
Damage on Neem (*Azadirachta indica*).

meaux intacts ; feuilles déchirées à mi-longueur du limbe.

• ***Eucalyptus citriodora***  
Age : 3 ans

Arbres observés : 501 (1 placeau).  
Hauteur moyenne : 4,95 m.

Dégâts : arbres cassés (3,8 %), penchés (1,4 %) ou déracinés (0,6 %) ; 93 % des pieds dont le tronc est brisé ont préalablement abrité des insectes foreurs ; branches et rameaux intacts ; feuilles déchirées à mi-longueur du limbe.

• ***Eucalyptus tereticornis***  
Age : 5 ans

Arbres observés : 164 (2 placeaux).  
Hauteur moyenne : 4,50 m.

Dégâts : arbres penchés ou cassés (3,0 %) ; bris de branches sur 1,8 % des pieds ; feuilles déchirées à mi-longueur du limbe.

• ***Gliricidia sepium***  
Age : 4 ans

Arbres observés : 49 (1 placeau).  
Hauteur moyenne : 3,20 m.  
Dégâts : aucun.

• ***Gmelina arborea***  
Age : 3 et 5 ans

Arbres observés : 85 (2 placeaux).  
Hauteur moyenne : 3,30 et 3,50 m.  
Dégâts : arbres déracinés (3,5 %), cassés en cime (5,9 %) ou présentant des bris de branches (23,5 %) ; feuillage très endommagé.

• ***Grevillea robusta***  
Age : 3 à 5 ans

Arbres observés : 436 (3 placeaux).  
Hauteur moyenne : 2,40 m à 2,80 m.

Dégâts : 1 arbre cassé (0,2 %) ; branches, rameaux et feuillages intacts.

• ***Khaya senegalensis***  
Age : 3 à 5 ans

Arbres observés : 814 (4 placeaux).  
Hauteur moyenne : 2 m à 3,50 m.  
Dégâts : arbres déracinés, cassés ou penchés (1,9 %) ; bris de branches sur 1,8 % des pieds ; feuillage souvent endommagé (brûlures des limbes, pétioles cassés).



Dégâts dans les parcelles de *Khaya senegalensis*.  
Damage in *Khaya senegalensis*.

• ***Melia azedarach***  
Age : 4 et 5 ans

Arbres observés : 324 (5 placeaux).  
Hauteur moyenne : 3,50 m à 4,70 m.  
Dégâts : arbres cassés en cime (0,6 %).

- *Pithecellobium dulce*

Age : 4 ans

Arbres observés : 45 (1 placeau).

Hauteur moyenne : 2,90 m.

Dégâts : aucun.

- *Senna siamea*

Age : 4 à 6 ans

Arbres observés : 960 (7 placeaux).

Hauteur moyenne : 2,70 m à 5,60 m.

Dégâts : arbres couchés (0,6 %) ou présentant des bris de branches (1,2 %).

- *Terminalia bentzoe*

Age : 5 ans

Arbres observés : 49 (3 placeaux).

Hauteur moyenne : 1,50 m à 2,20 m.

Dégâts : aucun.

## DÉGÂTS SUR DES HAIES FOURRAGÈRES

Au lendemain du passage du cyclone, les haies fourragères à *Calliandra calothyrsus* et *Leucaena diversifolia* installées sur les Hauts de l'Ouest (station CIRAD de Cocâtre) présentaient un aspect dévasté. Les pousses terminales les plus exposées au vent avaient été très endommagées. Beaucoup de tiges avaient pris un port très incliné. Une évaluation conduite huit jours plus tard laissait toutefois apparaître qu'un bon nombre de tiges penchées avaient ensuite retrouvé sensiblement leur position initiale. L'aspect de ces haies ne devait cependant plus se modifier par la suite et demeurait semblable 20 jours après le cyclone.

Les dégâts causés au sein de bosquets ou « banques fourragères » à *Calliandra calothyrsus* aménagés

sur les flancs de ravines se sont montrés parfois importants.

Les comptages ont été entrepris le 21 février sur des haies de trois ou quatre ans présentant un écartement d'environ 40 cm entre deux pieds, et dont la dernière taille remonte à octobre 1993. La hauteur de ces haies est de ce fait assez régulière et se situe entre 2 m et 2,20 m.

- *Calliandra calothyrsus* (provenance : Patulul, Guatemala)

Sur 439 pieds observés et répartis sur 6 haies différemment orientées, 69 (15,7 %) présentent une ou plusieurs tiges brisées (en moyenne 1,5 tige brisée pour chaque pied présentant ce type de dégât).

Sur 145 pieds observés et répartis sur trois haies différemment orientées, 80 (55 %) présentent des tiges encore très penchées, voire couchées (en moyenne 2,3 tiges penchées ou couchées pour chaque pied présentant ce type de dégât).

- *Leucaena diversifolia* (provenance : Gitega, Burundi)

Sur 73 pieds observés sur une même haie, 4 (5,4 %) présentent une ou plusieurs tiges brisées (en moyenne 1,2 tige brisée par pied présentant ce type de dégât).

Parmi ces mêmes pieds, 35 (48 %) présentent des tiges nettement penchées (en moyenne 2,2 tiges penchées ou couchées pour chaque pied présentant ce même type de dégât).

Si, d'apparence, les haies de *Leucaena diversifolia* présentent sur le terrain un caractère plus dévasté que celles de *Calliandra calothyrsus*, ceci est dû au fait que pour les premières, les courbures des tiges affectées sont nettement plus élevées que pour les secondes, bien que restant à peu près aussi nombreuses (respectivement 106 et 126 tiges penchées ou couchées pour 100 pieds). En revanche, les relevés

effectués montrent que *Calliandra calothyrsus* « casse » davantage que *Leucaena diversifolia* (respectivement 23,5 et 6,5 tiges cassées pour 100 pieds).

## APPRÉCIATIONS VISUELLES COMPLÉMENTAIRES

- Dégâts provoqués par les vents chargés en eau de mer

Sur le littoral, certaines espèces ligneuses souffrent peu des entraînements d'eau de mer (*Pandanus utilis*, *Ficus bengalensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Coccoloba uvifera*). D'autres peuvent se montrer nettement plus sensibles (*Eucalyptus citriodora*, *Tamarindus indica*, *Terminalia catappa*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*).

- Le cas des essences forestières endémiques

Le 15 février 1994 (trois jours après le passage de Hollanda), des observations ont été conduites dans la forêt de Mare-Longue (région de Saint-Philippe) sur un massif primaire de « bois de couleurs des Bas », ainsi qu'à l'intérieur d'une parcelle de régénération faisant suite à une coupe pratiquée en 1965. Quelques espèces endémiques y sont particulièrement bien représentées : *Aphloia thaeiformis* (Change écorce), *Agauria salicifolia* (Bois de rempart), *Calophyllum tacamahaca* (Takamaka), *Labourdonnaisia calophylloides* (Petit Natte), *Nuxia verticillata* (Bois maigre), *Syzygium sp.* (Bois de pomme).

A cette même date, le sol est recouvert d'un tapis clairsemé de petits rameaux, mais aucun bris de branche important n'apparaît ailleurs que sur de vieux arbres. La parcelle de régénération se montre plus indemne que la partie primaire de la forêt, sans doute en raison de l'absence

d'individus âgés et fragilisés. Ces espèces endémiques présentent donc une remarquable résistance au vent, probablement en vertu des éléments suivants :

- caractère cassant des rameaux terminaux qui vient limiter la prise au vent lors de rafales ;
- houppier peu opaque, rarement en boule, soutenu par une branchaison peu sinueuse, souvent horizontale et parfois disposée en verticilles (*Terminalia bentzoe*).

## CONCLUSION

D'évidence, les éléments détaillant le comportement au vent des essences exotiques présentes depuis peu à la Réunion demeurent encore très partiels. Les relevés ci-dessus rapportés méritent d'être reconduits dans quelques années à l'occasion d'un prochain cyclone car ils porteront alors sur des peuplements plus âgés.

Cependant, au-delà des données quantitatives rassemblées à la suite de ces premières observations, certains éléments de conclusion de portée plus générale viennent se dessiner :

- Le caractère destructeur d'un cyclone dépend des événements mé-

téorologiques préalables. Notamment, une forte sécheresse affaiblit les arbres et peut provoquer des pulvulations d'insectes foreurs qui déterminent des zones de rupture privilégiées sur les troncs ou les branches. Cette observation avait déjà été faite sur *Eucalyptus camaldulensis* en forêt de l'Etang-Salé, suite à la sécheresse de 1992 et au passage de Colina (CHRETIEN, 1993).

- Une simple prise en compte des couloirs naturels de ventilation (routes et chemins forestiers, ravines) peut guider judicieusement le choix des essences et des formes d'aménagement de manière à limiter les risques de casse ou de déracinement.

□ Les observations conduites à Mare-Longue sur des peuplements d'essences endémiques relativement clairsemés attestent que ces espèces sont bien adaptées aux cyclones. Ce caractère semble provenir tant de leur faible prise au vent que de leur aptitude à perdre les rameaux terminaux.

D'un point de vue plus sylvicole :

- Une taille de forme trop tardive peut accroître la sensibilité au vent de certaines espèces exotiques (ex : *Acacia auriculiformis*, *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, qui sont parmi les essences les plus pro-

metteuses de la Forêt de l'Etang-Salé).

- Le recours à l'irrigation actuellement développée en forêt de l'Etang-Salé risque de diminuer la tenue au vent des essences forestières. Au lycée agricole de Saint-Paul, un brise-vent irrigué d'*Eucalyptus citriodora* a été ainsi entièrement détruit (nombreux arbres déracinés) par le cyclone Hollanda alors qu'il s'agit d'une espèce réputée pour son bon comportement au vent (RIVALS, 1948).

□ Des parquets de peuplements mélangés ont été installés depuis 1993 dans la forêt de l'Etang-Salé. Dans quelques années, il sera sans doute extrêmement intéressant d'apprécier la résistance au vent de ces plantations en fonction des diverses essences, de leurs proportions et des densités utilisées.

### Remerciements :

Nous remercions Eric RIVIERE, Technicien au CIRAD-Forêt, qui a effectué l'essentiel des comptages et mensurations présentés ci-dessus.

► Jacques TASSIN  
Michel HERMET  
CIRAD-Forêt  
7, chemin de l'IRAT  
Ligne Paradis  
97410 SAINT-PIERRE  
(Réunion)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHRETIEN (L.), 1993.

Bilan de 5 années d'expérimentations sylvicoles en forêt de l'Etang-Salé. Expérimentations forestières et agroforestières à la Réunion. CIRAD-Forêt/O.N.F./Région Réunion, Réunion, 49 p.

F.A.O., 1986.

Brise-vent et rideaux abris avec référence particulière aux zones sèches. Cahier F.A.O. Conservation, 15, Rome, 385 p.

RIVALS (P.), 1948.

Effets des cyclones sur les arbres à la Réunion. Travaux du Laboratoire Forestier de Toulouse, Tome V, Vol. 1, Art. 1., 8 p.

## R É S U M É

## LES DÉGÂTS DU CYCLONE HOLLANDA SUR QUELQUES ESSENCES LIGNEUSES À LA RÉUNION

Les dégâts provoqués sur 16 essences forestières présentes à l'état de jeunes peuplements monospécifiques âgés de 3 à 5 ans sont décrits et quantifiés. Les espaces les moins endommagés sont *Albizia sp. pl.*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *Grevillea robusta* et *Senna siamea*.

Des observations également conduites sur des haies fourragères attestent que *Calliandra calothyrsus* a une propension à casser supérieure à celle de *Leucaena diversifolia*.

La résistance au vent des essences endémiques est enfin évoquée.

**Mots-clés : Cyclone. Vent. Dégât dû au vent. Réunion.**

## A B S T R A C T

## DAMAGES FROM CYCLONE HOLLANDA ON SOME REUNION WOODY SPECIES

Damage on 16 forest species in 3 to 5 year-old monospecific plantations are described and quantified. The least damaged species are *Albizia sp. pl.*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Grevillea robusta* and *Senna siamea*.

Observations on fodder hedgerows show that *Calliandra calothyrsus* is more breakable than *Leucaena diversifolia*.

Wind resistance of endemic species is evoked.

**Key words : Cyclone. Wind. Wind damages. Reunion.**

## R E S U M E N

## LOS DAÑOS PROVOCADOS EN ALGUNAS ESPECIES MADERERAS DE LA REUNION POR EL CICLON HOLLANDA

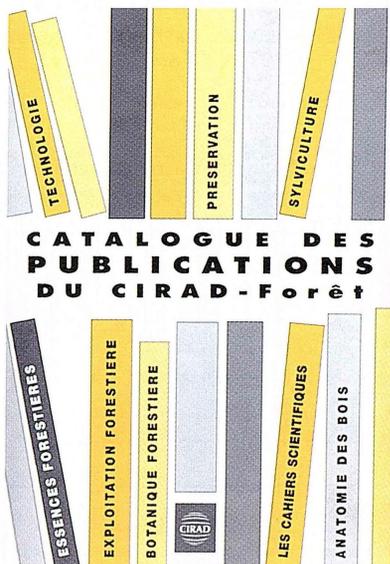
Se describen en este artículo los daños provocados en 16 especies forestales en estado de jóvenes masas monoespecíficas de 3 a 5 años de edad.

Las especies que han sufrido menores daños son *Albizia sp. pl.*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *Grevillea robusta* y *Senna siamea*.

Diversas observaciones llevadas a cabo en los setos forrajeros permiten comprobar una propensión más acusada para *Calliandra calothyrsus* que para *Leucaena diversifolia*.

Finalmente se evoca el caso de las especies endémicas y su resistencia al viento.

**Palabras clave : Ciclón. Viento. Daños por el viento. Reunión.**



## LE NOUVEAU CATALOGUE DES PUBLICATIONS DU CIRAD-Forêt EST PARU

*Il vous sera envoyé sur simple demande adressée au :*

SERVICE DES PUBLICATIONS

CIRAD-Forêt

45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle

94736 NOGENT-SUR-MARNE CEDEX (FRANCE)

## SYNOPSIS

## DAMAGES FROM CYCLONE HOLLANDA ON SOME REUNION WOODY SPECIES

JACQUES TASSIN, MICHEL HERMET

Reunion Island is hit regularly by cyclones. Often the damages are extensive even for ligneous vegetation. This aspect is not yet well characterized. Cyclone Hollanda (12/02/94) provided a good opportunity to observe the resistance of some ligneous species to cyclonic conditions.

### ORIGIN AND TYPE OF DAMAGES

#### Cyclone characterization

Hollanda was a middle strength cyclone with 120 to 150 km/h wind gusts and 100 to 150 mm rainfalls. The entire Island was affected for approximately 12 hours.

#### Origin of damage

Cyclone damage comes from a combination of different associated factors : wind specific factors (speed, direction, load, duration), tree specific factors (shape, flexibility, root pattern) and environment specific factors (soil cohesion).

#### Type of damage

During our observations we classified damages in seven groups :

- scald of foliage,
- partial or total leaf fall,
- breaking of terminal boughs,
- breaking of branches,
- bending of trunk (young trees),

- breaking of trunk,
- uprooting.

### FOREST PLANTING DAMAGE QUANTIFICATION

Observations were made on young monospecific plantations three days after the cyclone passed. Species rated as having a moderate to high cyclone resistance included *Albizia caribaea*, *Albizia guachepelle*, *Albizia lebbek*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Gliricidia sepium*, *Grevillea robusta*, *Melia azedarach*, *Pithecellobium dulce*, *Senna siamea*, *Terminalia bentzoe*. Some other more fragile species included *Acacia auriculiformis*, *Azadirachta indica*, *Eucalyptus citriodora*, *Gmelina arborea*, *Khaya senegalensis*.

### FODDER HEDGEROW DAMAGE QUANTIFICATION

Observations were also made on fodder hedgerow of *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena diversifolia*. Generally *Leucaena diversifolia* stems were bent whereas *Calliandra calothyrsus* stems were broken.

### ADDITIONAL VISUAL ESTIMATIONS

#### Damages from wind transporting sea water

Some species observed to exhibit high resistance to marine water included *Pandanus utilis*, *Ficus bengalensis*, *Casuarina equisetifolia*, *Coccoloba uvifera*.

*ra*. Species exhibiting obvious damage included *Eucalyptus citriodora*, *Tamarindus indica*, *Terminalia catappa*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*.

#### Endemic species

Observations were made on the primary forest « Bois de Couleur des Bas » and on a compartment currently being regenerated with mainly endemic species.

These species have very good wind resistance due to the fact that terminal boughs are breakable and foliage is not very compact, therefore wind hold is weaker.

### CONCLUSION

The destructive nature of a cyclone depends on previous meteorological events. Particularly, insect attacks that occur after a great drought can weaken trees (i.e. : *Eucalyptus camaldulensis*).

The choice of planting points should take into consideration natural ventilation passage.

Endemic species are well adapted to cyclonic conditions due to the fact that they « sacrifice » their terminal boughs.

A fork caused by late pruning can weaken a tree (i.e. : *Acacia auriculiformis*).

Irrigation can facilitate uprooting.

Mixed plantations were installed in 1993. In the coming years cyclone resistance of such plantations should be evaluated regarding the different species, their proportion of the total population and the density of the plantation.