

ESPÈCES ENDÉMIQUES ET RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Le site de la Madeleine (Nouvelle-Calédonie), très visité, connaît une dégradation importante du milieu naturel. Une opération de restauration de la flore originale et d'aménagement pour un meilleur accueil du public a été engagée, dans le cadre d'une politique de valorisation touristique de cette biodiversité exceptionnelle.

Alain CORNU

BP 345
98828 Tadine
Maré
Nouvelle-Calédonie

Jean-Michel SARRAILH

Cirad-forêt
BP 10001
98805 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie

France MARION

Siras-Pacifique
Société internationale
de réhabilitation
et d'aménagement
des sites du Pacifique
BP 8176
98807 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie



Araucaria muelleri.
Photo J.-M. Sarrailh.

RÉSUMÉ

ESPÈCES ENDÉMIQUES ET RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EN NOUVELLE-CALÉDONIE

La province Sud de la Nouvelle-Calédonie a confié au Cirad-forêt et à la société SIRAS-Pacifique la restauration écologique d'une réserve botanique, la chute de la Madeleine. Le site, soumis à une pression du public incompatible avec son statut de réserve, a nécessité une restauration de la flore originale, exceptionnelle en ces lieux en termes d'endémisme et de rareté de certaines espèces. À partir des récoltes effectuées par le Cirad-forêt autour de la réserve, l'étude de la multiplication et de l'élevage de ces espèces a permis la plantation de plusieurs gymnospermes rares comme *Retrophyllum minor*, *Araucaria muelleri* et *Neocallitropsis pancheri*. En s'appuyant sur la connaissance des différents groupements végétaux présents sur le site, un plan d'aménagement a été réalisé, qui prévoit l'accueil du public, en donnant la priorité à la restauration et à la protection du milieu naturel. Au total, 13 330 plants endémiques ont été mis en place en 1998 et 1999, représentant 36 espèces, toutes endémiques, dont quatre gymnospermes. Cet aménagement s'inscrit dans une politique de valorisation touristique de la biodiversité de la Nouvelle-Calédonie et de sensibilisation du public au patrimoine inégalable que constitue la flore unique de ce territoire.

Mots-clés : restauration écologique, biodiversité, espèce endémique, gymnospermes, sols ferrallitiques, Nouvelle-Calédonie.

ABSTRACT

ENDEMIC SPECIES AND ECOLOGICAL REHABILITATION IN NEW CALEDONIA

Sud province in New Caledonia assigned CIRAD-forêt and the SIRAS-Pacifique company the task of managing the ecological rehabilitation of the Chute de la Madeleine botanical reserve. The public has had free access to this site, and this is inconsistent with its reserve status. There is an urgent need to restore the original endemic and often rare flora in the reserve that has been endangered by this human pressure. Propagation and breeding studies of species collected by CIRAD-forêt in the vicinity of the reserve have led to the planting of several rare gymnosperm species such as *Retrophyllum minor*, *Araucaria muelleri* and *Neocallitropsis pancheri*. A management plan was drawn up on the basis of information on the different plant groups at the site. This will provide public access, while stressing rehabilitation and conservation of the natural environment. A total of 13 330 plants belonging to 36 different endemic species, including four gymnosperms, were planted in 1998-99. This management plan complies with policies to promote the biodiversity of New Caledonia as a tourist attraction, along with public awareness of the territory's unique flora heritage.

Keywords: ecological rehabilitation, biodiversity, endemic species, gymnosperms, ferrallitic soils, New Caledonia.

RESUMEN

ESPECIES ENDÉMICAS Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN NUEVA CALEDONIA

La Provincia Sur de Nueva Caledonia confió al CIRAD-forêt y a la sociedad Siras-Pacifique la restauración ecológica de una reserva botánica: "la chute de la Madeleine". La zona, sometida a una presión del público incompatible con su estatuto de reserva, precisó una restauración de la flora original, excepcional en estos lugares por el número de endemismos y la rareza de algunas especies. Partiendo de las recolecciones efectuadas por el CIRAD-forêt alrededor de la reserva, el estudio de la multiplicación y cría de estas especies permitió la plantación de varias gimnospermas raras como *Retrophyllum minor*, *Araucaria muelleri* y *Neocallitropsis pancheri*. Basándose en el conocimiento de las diferentes agrupaciones vegetales presentes en la zona, se realizó un plan de ordenación que prevé la apertura al público pero otorgando la prioridad a la restauración y a la protección del entorno natural. En total, se plantaron 13 330 plantas endémicas de las que cuatro eran gimnospermas. Esta ordenación se enmarca dentro de una política de valorización turística de la biodiversidad de Nueva Caledonia y de sensibilización del público respecto del patrimonio único que constituye la flora de este territorio.

Palabras clave: restauración ecológica, biodiversidad, especie endémica, gimnospermas, suelos lateríticos, Nueva Caledonia.

INTRODUCTION

La Nouvelle-Calédonie doit à sa séparation du Gondwana, il y a des dizaines de millions d'années, et à une longue histoire géologique tourmentée une flore unique et insolite. Cela se traduit en particulier par une diversité floristique exceptionnelle dans la formation végétale arbustive inféodée aux sols latéritiques dérivés des roches ultrabasiques, parfois sur des périmètres très réduits.

Un des exemples de cette biodiversité végétale est le site de la chute de la Madeleine. Celui-ci est, sur le plan botanique, tout à fait remarquable puisqu'il comporte 168 espèces de phanérogames et de fougères appartenant à 53 familles, dont près de 95 % des espèces sont des endémiques néo-calédoniennes, une vingtaine étant localisées uniquement à l'extrême sud de Grande-Terre (JAFFRÉ, 1988). La grande originalité du site tient à la présence de conifères primitifs endémiques de la flore calédonienne, vestiges de la flore de l'ère secondaire, notamment de deux espèces rares, *Retrophyllum minor* et *Neocallitropsis pancheri*, et une espèce très rare, *Dacrydium guillauminii*. À cette végétation extraordinaire s'ajoute un groupement aquatique original, lieu de vie d'un poisson fossile du Gondwana : le galaxias.

Le projet de restauration et d'aménagement du site de la Madeleine fait suite à des études préliminaires (SICRE, ROUQUET, 1994 ; AUBEPART, 1995).

LA RÉSERVE BOTANIQUE

UN SANCTUAIRE MENACÉ

La chute de la Madeleine est située sur la rivière des Lacs, à l'extrême sud de Grande-Terre. Les lacs occupent un plateau marécageux, appelé plaine des Lacs (figure 1), qui constitue un cirque délimité par des chaînons montagneux. Cette vaste étendue sauvage, de par sa configuration et l'ambiance qu'elle dégage, est sans équivalent en Nouvelle-Calédonie. Dès sa découverte au début du siècle, la chute de la Madeleine, accessible par une piste carrossable, est devenue une destination de promenade et de détente. La fréquentation des lieux s'est rapidement traduite par une dégradation du milieu naturel : recul de la végétation, détritrus, feux, piétinement, etc.

Auparavant, l'exploitation forestière avait déjà largement contribué, sans doute, à la destruction de la forêt primaire. En particulier, l'exploitation de *Neocallitropsis pancheri*, pour ex-

traire de son bois une huile essentielle recherchée en parfumerie, était encore très active jusqu'en 1958 (WOLTZ, CHERRIER, 1984). Parallèlement, les botanistes et les responsables de la province Sud ont pris conscience de la valeur de la flore de ce site, qui a été classé en 1990 « Réserve spéciale de flore de la chute de la Madeleine », sur une surface d'environ 400 ha (le site de la chute, très fréquenté, n'occupe que 6 ha), avec pour objectif la préservation de *Neocallitropsis pancheri*, ainsi que celle des formations ripicoles où sont localisées *Dacrydium guillauminii* et *Retrophyllum minor*.

En dépit de ce classement, la fréquentation du site s'est accrue, entraînant des dégradations supplémentaires du milieu naturel et le recul de la végétation, malgré la mise en place de structures pour l'accueil du public (paillotes, toilettes, etc.).

Devant la mobilisation croissante des scientifiques et des associations de protection de la nature, la Direction des ressources naturelles de la province Sud a pris la décision de réhabiliter le



Vue de la chute de la Madeleine avec au premier plan *Neocallitropsis pancheri* (cupressacées).
View of Chute de la Madeleine with *Neocallitropsis pancheri* (Cupressaceae) in the foreground.
Photo J.-M. Sarrailh.

site et d'en changer l'utilisation. Cela a permis de le transformer en un site touristique de valeur qui a fait l'objet d'un aménagement de qualité, respectueux du milieu naturel.

UN CONTEXTE PHYSIQUE DÉTERMINANT

Le grand massif du sud de Grande-Terre est constitué de roches basiques et ultrabasiques. La rivière des Lacs, sur laquelle se trouve la chute de la Madeleine, traverse principalement des formations alluviales fluvio-lacustres et localement des formations indurées de cuirasse ferrugineuse intacte. La topographie du site de la Madeleine est

fortement marquée par la présence de la chute. Le secteur concerné par les aménagements constitue un plateau orienté ouest-est, affecté à l'est par un premier décrochement, puis un second au niveau inférieur de la rivière, en aval de la chute. C'est au niveau des deux décrochements que les pentes sont les plus fortes et que l'érosion se manifeste lorsque le couvert végétal est supprimé.

Les sols développés sur les roches ultrabasiques au droit du site sont de nature ferrallitique ferritique, caractérisés du point de vue chimique par une nette prédominance du fer, de fortes teneurs en chrome et en aluminium, et par des concentrations plus ou moins importantes en magnésium et en nickel. Leur granulométrie comporte une majorité de

sables grossiers dans l'horizon supérieur (« chrome de fer »). L'horizon plus profond se trouve mieux pourvu en éléments fins. Les sols en présence ont donc un comportement drainant, retenant peu l'eau, au moins dans l'horizon gravillonnaire.

Ces sols sont désaturés, sévèrement carencés en éléments majeurs, azote, phosphore, potassium, ainsi qu'en calcium. S'ils présentent parfois un taux de matière organique relativement acceptable, cette matière organique se trouve peu disponible pour les plantes (rapport C/N élevé). On note également un fort déséquilibre calcium/magnésium (rapport de 0,5 à 0,8). Ces sols montrent donc des capacités phyto-nutritionnelles faibles (JAFFRÉ, 1976).

Dans le cas des zones dénuées concernées par les aménagements, en particulier les opérations de plantation, la typologie pédologique suivante a été établie :

- sols profonds (> 40 cm) sur les surfaces hautes situées sur le plateau ;
- sols intermédiaires localisés sur la pente, au niveau du premier décrochement ;
- sols superficiels présents en aval de la rupture de pente, intermédiaire entre le plateau et le niveau de cuirasse ;
- cuirasse formant une dalle affleurante, plus ou moins fracturée, présente dans la partie basse de la topographie, en bordure de la rivière.



Dacrydium araucarioides.
Photo J.-M. Sarrailh.

UNE BIODIVERSITÉ RECONNUE MONDIALEMENT

La végétation du secteur de la Madeleine est typique des formations végétales sur roches ultrabasiques, avec un maquis (nommé localement maquis minier) plus ou moins développé. Les caractéristiques des sols ont, très tôt, induit une spéciation adaptative déterminant l'apparition d'une flore inféodée aux milieux ultrabasiques et, en l'absence de pression de compétition, une conservation de formes archaïques disparues dans d'autres types de milieux, en particulier chez les gymnospermes. De nombreux scientifiques classent la Nouvelle-Calédonie parmi les dix lieux les plus riches et les plus menacés au monde sur le plan de leur biodiversité végétale (MYERS, 1998).

À la suite d'un inventaire floristique détaillé effectué sur le site de la réserve de la Madeleine par les chercheurs du laboratoire de botanique de l'Ird (ex-Orstom), plusieurs groupements végétaux ont été différenciés sur la base de critères physiologiques liés aux espèces dominantes. On observe ainsi la répartition suivante des groupements végétaux en fonction de la topographie (JAFFRÉ, 1988).

Le groupement à *Gymnostoma deplancheanum* occupe le plateau ferrallitique gravillonnaire dominant la chute et présente un double faciès :

- un faciès haut sous la forme d'une formation paraforestière en périphérie du site ;
- un faciès bas, dans la zone centrale aux alentours des aménagements existants, arbustif à

ligno-herbacé sur les pentes dégradées, et à tendance hygrophile dans les points bas et au droit des thalwegs.

Le groupement à *Neocallitropsis pancheri* est situé entre le plateau gravillonnaire et la berge de la rivière.

Le groupement à *Retrophyllum minor* et *Dacrydium guillauminii* occupe la zone alluviale étroite de quelques mètres le long de la rivière, sur une faible distance. Il s'agit d'une formation ripicole hygrophile, immergée lors des hautes eaux de la rivière.

Le groupement aquatique, pauvre en espèces, possède toutefois au droit du site trois espèces intéressantes :

- *Utricularia* sp., espèce carnivore de la famille des lentibulariacées ;
- *Blechnum francii*, une fougère aquatique relativement rare qui a la particularité de se développer jusqu'à 10 m de profondeur ;
- *Eriocaulon* sp., espèce endémique au sud de Grande-Terre.

L'entrée du site avec les nouveaux aménagements d'accueil.
Entrance to the site showing some results of the new management plan. Photo F. Marion.



LE PLAN D'AMÉNAGEMENT

ACCUEIL DU PUBLIC

Le principal objectif du projet était de réaliser un aménagement du site en accord avec son classement en réserve (figure 1). L'aménagement, en donnant la priorité à la restauration et à la protection du milieu naturel, devait toutefois concilier ces priorités indiscutables avec la valorisation du site d'un point de vue touristique, celle-ci étant fondée sur la contemplation d'un paysage remarquable et une action pédagogique vis-à-vis du milieu naturel, en particulier de la flore.

Il convenait donc de trouver un compromis entre absence et excès d'aménagement, d'une part, protection et accueil, d'autre part.

Pour détourner les activités ludiques de la réserve, une aire d'accueil et de loisirs a été réalisée à 4 km en aval de la chute de la Madeleine, doté d'équipements permettant au public de profiter de l'agrément de la rivière (baignade et camping). En revanche, sur le site de la chute, les aménagements se limitent à un faré (paillote océanienne) d'accueil, des parkings intégrés dans la végétation et à l'écart des sec-

teurs replantés, des chemine-ments piétons balisés avec belvé-dères d'observation et passe-relles. Tous les ouvrages sont en bois. Des panneaux pédago-giques informent sur la faune et la flore du Grand Sud et de la ré-serve de la Madeleine. Pour les plus motivés, un sentier de dé-couverte botanique de 2,5 km chemine le long de la rivière, dans le maquis, puis rejoint le faré d'accueil à travers la forêt.

Photo du haut, vue du plateau en janvier 1996 : pistes et paillotes.
View of the plateau in January 1996 with trails and huts.
Photo A. Cornu.

Photo du bas, vue du plateau en octobre 1999 : zone revégétalisée en arbustes et arbres endémiques.
View of the plateau in October 1999. Zone replanted with endemic shrubs and trees.
Photo J.-M. Sarrailh.



ZONES À RESTAURER

Leprojet de réintroduction d'espèces endémiques s'appuie sur les résultats d'études préa-lables, l'écologie des différents groupements végétaux naturels concernés et tient compte des considérations paysagères. Cinq zones sont ainsi délimitées, repré-sentant une surface totale d'envi-ron 3 ha.

La zone de réintroduction de *Neocallitropsis pancheri* se situe entre le plateau et la chute. Cette espèce est caractéristique du lieu, toutes les cartes postales mon-trant la chute avec cet arbre au pre-mier plan. Sa petite taille permet de ne pas masquer la chute au re-gard du promeneur.

Dans la zone pentue d'enri-chissement de la végétation en place par des espèces arbustives, les plantations d'arbustes ne mas-quent pas le point de vue sur la chute. Des espèces assez faciles à multiplier sont introduites (*Grevillea exul*, *G. gillivrayi*, *Xanthostemon aurantiacus*) ; d'autres sont envisagées sans cer-titude de pouvoir maîtriser leur multiplication (*Metrosideros oper-culata*, *Bikkia campanulata*).

La zone d'enrichissement de la végétation en place et de planta-tion sur sol nu d'espèces fores-tières est la partie la plus impor-tante en surface. Suivant le degré de dégradation, on pratique un en-richissement de la végétation en place (plantation localisée dans les espaces découverts) ou, sur sol nu, la plantation en plein d'espèces fo-restières. Pour les gymnospermes, l'introduction de deux araucaria-cées présentes sur le site est envi-sagée. Il s'agit de *Agathis ovata*, le seul kaori de Nouvelle-Calédonie qui ne soit pas strictement fores-tier (kaori nain ou kaori de mon-tagne), et de *Araucaria muelleri*.

La Podocarpaceae *Dacrydium arau-carioides* sera également réintro-duite dans cette zone.

La zone d'enrichissement de la végétation en place et de planta-tion sur sol nu d'espèces arbus-tives et forestières en mélange est située à l'ouest de la chute. On y réalise, selon la végétation en place, un enrichissement ou une plantation d'arbres et d'arbustes.

La zone de réintroduction du bois bouchon se trouve en bordure de rivière qu'il s'agit d'enrichir avec les arbustes précédemment dé-crits, mais surtout avec une autre espèce emblématique de la réser-ve, le bois bouchon (*Retrophyllum minor*), qui a la faculté de croître dans les zones submergées.

TABLEAU I
Évaluation générale
des résultats

Genre et espèce	Famille
<i>Agathis ovata</i>	Araucariacées
<i>Araucaria muelleri</i>	Araucariacées
<i>Arillastrum gummiferum</i>	Myrtacées
<i>Baeckea leratii</i>	Myrtacées
<i>Bikkia campanulata</i>	Rubiacées
<i>Dacrydium araucarioides</i>	Podocarpacees
<i>Dacrydium guillauminii</i>	Podocarpacees
<i>Deplanchea speciosa</i>	Bignoniacées
<i>Garcinia neglecta</i>	Guttifères
<i>Hibbertia pancheri</i>	Dilléniacées
<i>Melaleuca gnidioides</i>	Myrtacées
<i>Metrosideros operculata</i>	Myrtacées
<i>Montrouzieria sphaeroidea</i>	Guttifères
<i>Nageia minor</i>	Podocarpacees
<i>Neocallitropsis pancheri</i>	Cupressacées
<i>Psychotria rupicola</i>	Rubiacées
<i>Scaevolla beckii</i>	Goodéniacées
<i>Scaevolla cylindrica</i>	Goodéniacées
<i>Solmsia calophylla</i>	Thymélacées
<i>Storckia pancheri</i>	Légumineuses
<i>Tarennia leiloba</i>	Rubiacées
<i>Xanthostemon aurantiacum</i>	Myrtacées

RÉCOLTE ET MULTIPLICATION DES ESPÈCES

RÉCOLTE

Les différentes récoltes effectuées par le Cirad l'ont été uniquement sur des terrains présentant les mêmes conditions édaphiques que le site de la Madeleine, dans la région de la plaine des Lacs (CORNU *et al.*, 1996). Elles concernent uniquement des espèces inventoriées dans la réserve. Les récoltes de semences se font :

- sur les fruits mûrs libérant leurs graines ;
- sur le fruit sec déhiscent (graines récupérées par séchage et tamisage) ;
- sur le fruit charnu (graines récupérées après dépulpage).

Les plantules ont été repiquées dans des conteneurs forestiers renfermant un mélange de sol minier et de tourbe, le plus rapidement possible, c'est-à-dire le jour même ou le lendemain matin au plus tard en pépinière.

Les boutures sont choisies sur des individus le plus souvent jeunes et en bon état sanitaire. Ce sont des boutures de tête avec une base semi-ligneuse.

MULTIPLICATION

Il s'agit en premier lieu de cinq gymnospermes dont deux Podocarpaceae, deux Araucariaceae et une Cupressaceae. Parmi les angiospermes, on a tenté de multiplier seize espèces (tableau I) avec plus ou moins de succès. On ne détaillera ici que les résultats concernant les gymnospermes.

Podocarpacees

L'espèce *Dacrydium guillauminii*, particulièrement rare et menacée, n'a pas donné de fruits ; étant donné sa rareté, on a préféré ne pas prélever de boutures.

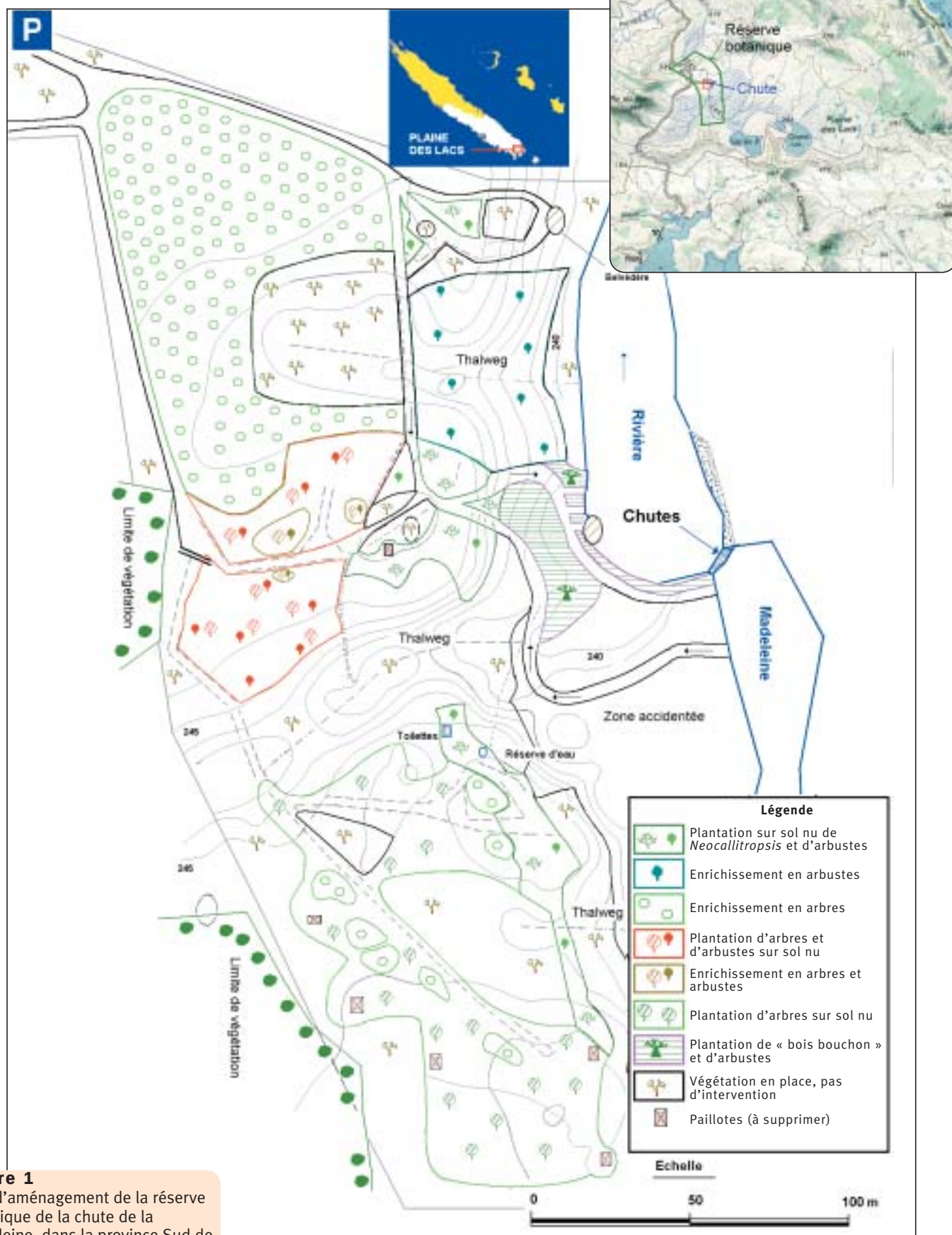
La récolte de *Retrophyllum minor* (bois bouchon) s'effectue depuis les cours d'eau à bord d'une barque, puisque cette espèce rivulaire fructifie lorsque le niveau des eaux est élevé.

G : graine
Fsd : fruit sec déhiscent
Fc : fruit charnu

Pl : plantule
F : fruit
B : bouture

++ : très satisfaisant
+ : satisfaisant
- : difficile à multiplier
— : aucun résultat

Récolte	Mode de production		Plantules	Résultats	Observations
	Semis	Bouturage			
G	G			++	100 % de germination
Pl, G	G		Pl	+	Récolte aléatoire
Fsd	G			++	Production maîtrisée
Pl				++	Très bonne croissance en pépinière
Fsd	G			—	Croissance quasi nulle
Pl, G	G		Pl	— G ; + Pl	Germination difficile
					Espèce très rare
G	G			+	Bonne croissance en pépinière
B		B		—	Semences difficiles à trouver
G, B	G	B		— G ; — B	Germination difficile
B		B		—	Taux d'enracinement médiocre
B		B		+	Succès relatif avec bouturage
F	G			—	Latence de plusieurs mois
Fc	G			++	Production maîtrisée
G, B, Pl	G	B	Pl	— G ; — B ; + Pl	Production difficile, croissance très lente
B		B		—	Taux d'enracinement médiocre
Pl			Pl	—	Forte mortalité en pépinière
Fc	G			+	Bonne croissance en pépinière
B		B		—	Échec des tests de bouturage
G	G			++	Production maîtrisée
G	G			+	Taux de germination satisfaisant
Fsd	G			++	Récolte et multiplication faciles

**Figure 1**

Plan d'aménagement de la réserve botanique de la chute de la Madeleine, dans la province Sud de la Nouvelle-Calédonie.

Management plan for the Chute de la Madeleine botanical reserve, Sud province, New Caledonia.

Les fruits mûrs peuvent se conserver plusieurs mois à une température de 5-6 °C. La germination nécessite un dépulpage puis une scarification des graines avec une râpe à bois, suivis d'un trempage dans une solution de gibbérellines à 0,25 g/l pendant 48 heures. Après 17 jours, le taux de germination est de 35 %, pour atteindre 75 % après trois mois.

La récolte de graines de *Dacrydium araucarioides* s'effectue manuellement sur les pieds femelles dans la plaine des Lacs. Le taux de germination n'atteint que 10 % au bout de trois mois et les plantules sont parmi les plus fragiles et les plus lentes à croître.

Araucariacées

Pour *Agathis ovata*, ou kaori de montagne, la difficulté consiste à trouver des cônes fertiles, les fructifications pouvant être rares ou nulles suivant les années. Les graines se conservent mal, même en chambre froide. En revanche, la germination des graines fertiles est rapide et, dès le dixième jour, 100 % des graines ont germé.

Pour *Araucaria muelleri*, la récolte de graines est encore plus problématique que celle des kaoris, en raison de sa plus grande rareté (même si la conservation des graines est un peu plus longue).

Cupressacées

La récolte des graines de *Neocallitropsis pancheri* s'effectue manuellement lorsque les cônes femelles s'ouvrent à maturité. Les graines sont généralement très vite libérées puis tombent au sol ; la difficulté est de les récolter avant. La disponibilité en semences de *Neocallitropsis* s'en trouve souvent réduite. Plusieurs traitements pour la germination

ont été testés (trempage dans l'acide gibbérellique, eau de Javel et nitrate de potassium). Le meilleur résultat a été obtenu avec le nitrate de potassium (KNO_3) mais le taux de germination ne dépasse pas 20 %.

Aucune rhyzogenèse n'a été observée sur les quelques boutures testées. Les plantules prélevées sur le terrain résistent relativement bien en pépinière mais affichent une croissance très lente.

PLANTATION

Sur le plateau, un travail du sol a été réalisé préalablement sur les trente à cinquante premiers centimètres, pour les sols exempts de végétation, notamment à l'emplacement des anciennes paillotes, en prenant soin de ne pas blesser les végétaux en place. Un amendement organique a été mélangé de façon homogène aux produits de la fouille. Au fond du trou de plantation, un apport d'engrais minéral (17.17.17) a été pratiqué de façon à favoriser la colonisation racinaire en profondeur. La localisation en fond de fosse améliore la croissance racinaire et ne devrait pas favoriser la prolifération d'espèces indésirables. Après plantation et ameublissement manuel, le cas échéant, l'ensemble de la surface traitée a été recouvert de paille de cypéracées endémiques (*Costularia comosa*, *Lepidosperma perteres*) en graine, afin de favoriser l'implantation d'une végétation spontanée entre les plants.

Premier plan : plantules de *Neocallitropsis pancheri* âgées d'un mois ; hauteur : 6 cm. Deuxième plan : plantules de *Retrophyllum minor* âgées de 1,5 mois ; hauteur : 8 cm.

Foreground: 1 month old *Neocallitropsis pancheri* plantlets (6 cm height).

Behind: 1.5 month old *Retrophyllum minor* plantlets (8 cm height).

Photo A. Cornu.

CONCLUSION

L'étude de la réhabilitation du site de la Madeleine en vue d'une restauration écologique marque une étape importante pour la conservation de la biodiversité en Nouvelle-Calédonie. Par rapport à d'autres aménagements de réserve réalisés précédemment avec succès (parc de la Rivière bleue), la priorité est ici donnée à la restauration du milieu naturel, avec une première réintroduction en milieu naturel de gymnospermes endémiques rares. La réhabilitation de cette réserve marque, de la part des responsables de la province Sud, une volonté de protection mais aussi de promotion de la biodiversité néo-calédonienne. En effet, cette richesse végétale peut créer une nouvelle dynamique en matière d'écotourisme, celui-ci étant jusqu'ici principalement tourné vers le lagon et le milieu marin.



DESCRIPTION SUCCINCTE DES GYMNOSPERMES ENDÉMIQUES ÉTUDIÉES

Neocallitropsis pancheri (Carrière) de Laubenfels

Neocallitropsis pancheri est un petit arbre de 2 à 10 m de hauteur, à ramure dense se développant en candélabre. Les feuilles sont lancéolées, aiguës, coriaces, plus ou moins imbriquées les unes dans les autres. Elles sont longues de 4-5 cm et larges d'environ 2 mm. Les cônes à pollen (ou cônes mâles) sont terminaux, globuleux. Les cônes à graines (ou cônes femelles) sont également terminaux, portés en général par un rameau court dont les dernières feuilles couvrent en partie le cône qui contient à maturité une à quatre graines ailées.

L'espèce se développe uniquement sur terrain ferrallitique, ferrique généralement près d'une rivière, entre 150 et 950 m d'altitude. Les arbres peuvent être isolés

mais constituent le plus souvent des peuplements grégaires. Il n'a été découvert que quatre populations dont trois sont situées dans le massif du Sud. *Neocallitropsis pancheri* a été surexploité jusqu'à son classement comme espèce protégée interdisant la coupe d'arbres vivants. En effet, cet arbre contient une huile aromatique pouvant servir de base fixatrice aux parfums.

Dacrydium araucarioides Brongniart et Gris

Dacrydium araucarioides est un petit arbre de 3 à 6 m de hauteur. Les rameaux s'écartent et se dressent en candélabres assez ouverts. Les feuilles adultes sont imbriquées, avec la pointe se courbant brusquement vers l'axe du rameau. Elles mesurent 3-5 mm sur 1-1,4 mm.

Les cônes à pollen sont cylindriques, terminaux, portés par des rameaux latéraux courts. Les cônes à graines terminaux sont portés par des rameaux avec de petites écailles (3 mm) fortement courbées. Le cône est à maturité quand il est rouge et charnu.

Cette espèce assez commune est localement abondante dans le maquis minier de la moitié sud de Grande-Terre. Elle croît entre 100 et 1 000 m d'altitude.

Agathis ovata (Moore) Warburg (kaori de montagne)

En sujet isolé, *Agathis ovata* est un petit arbre de 8 m de hauteur au maximum, ramifié à partir de la base. En forêt, il peut atteindre 25 m, avec un tronc net sur la moitié de sa hauteur. La cime de l'arbre est très étalée, parfois même aplatie.

Les feuilles du feuillage adulte sont disposées en quatre rangées et se recouvrent plus ou moins. Elles sont ovales, particulièrement larges à la base de l'unité de croissance et devenant plus étroites au sommet de l'entre-nœud. Leurs dimensions sont de 4-8 cm par 1,5-5 cm.

Les cônes à pollen sont cylindriques, portés par des rameaux fins. Les cônes à graines sont globuleux. Les écailles de ces cônes ont leur extrémité recourbée. Cela est surtout visible pendant la première année. Les cônes, qui restent verts à maturité, se désarticulent sur l'arbre pour libérer une cinquantaine de graines ailées par cône.

Agathis ovata est une espèce confinée au sud de Grande-Terre. Il pousse généralement sur serpentine, en bosquets clairs dans le maquis. On peut également le rencontrer dans des forêts plus sèches où il atteint une belle taille. Il croît en basse et moyenne altitude (jusqu'à 800 ou 1 000 m). Comme tous les kaoris, il donne un beau bois apprécié en menuiserie.



Agathis ovata.
Photo A. Cornu.



Retrophyllum minor (podocarpacees) : sujets adultes et réintroduction de jeunes plants sur les berges.
Retrophyllum minor (Podocarpaceae).
 Adult plants and reintroduction of plantlets along the embankments.
 Photo J.-M. Sarrailh.

***Retrophyllum minor* (Carrière) de Laubenfels (bois bouchon)**

Retrophyllum minor est un petit arbre de 2 à 3 m de hauteur dont la base du tronc est renflée, ce qui le fait un peu ressembler à un baobab. Du fait de la densité très faible de son bois, il était utilisé autrefois dans les campements miniers pour la confection de bouchons.

Les feuilles adultes sont presque imbriquées, coriaces, ovales, elles ont une longueur de 7 à 20 mm pour une largeur de 2,5 à 5 mm.

Les cônes à pollen sont en général solitaires, parfois groupés par cinq ou plus. Ils sont ovales, longs de 4-8 mm sur 2-2,5 mm de diamètre.

L'organe femelle est formé de deux à trois paires de bractées stériles suivies de deux bractées inégales dont l'une est fertile.

La graine obtenue est globuleuse, en forme de poire, mesurant 20 mm de longueur pour un diamètre de 11 à 12,5 mm. La surface de cette graine est rugueuse et poreuse, ce qui favorise la flottaison.

Retrophyllum minor vit les pieds dans l'eau, au bord des rivières. C'est une espèce rivulaire endémique, implantée dans le haut bassin de la rivière Yaté et le long des petites rivières près de la côte. Il fait partie des plus rares espèces néo-calédoniennes.

***Araucaria muelleri* (Carrière) Brongniart et Gris**

Araucaria muelleri est un arbre de 10 à 25 m de hauteur, avec une cime en forme de candélabre. Il possède une tête plate due à des branches courbées vers le haut. Les feuilles adultes sont plus ou moins imbriquées, coriaces, longues de 30 à 35 mm et larges de 15 à 20 mm. C'est l'espèce calédonienne qui a les feuilles les plus longues et le rameau le plus large.

Les cônes à pollen mesurent de 13 à 25 cm de longueur pour un diamètre de 15 à 20 mm. On observe à leur base des écailles étroites et longues de 14 mm.

Les cônes à graines sont longs de 11 à 15 cm sur 8 à 10 cm de diamètre.

Araucaria muelleri vit en bosquets clairs le long des crêtes humides de serpentine, au milieu du maquis. Il a été observé à 150 m d'altitude, mais il peut également vivre vers 1 000 m à la montagne des Sources.

***Dacrydium guillauminii* Buchholz**

Dacrydium guillauminii est un arbuste de 1 à 2 m de hauteur aux rameaux abondants.

Les feuilles, de 13 à 17 mm de longueur pour une largeur de 1 mm, sont aiguës, en aiguille, imbriquées et touffues.

Les cônes à pollen, terminaux et latéraux, ont une longueur de 8 à 14 mm et s'effilent depuis la base. Les cônes à graines sont terminaux, parfois sur des rameaux latéraux courts.

Les graines, de une à cinq par cône, longues de 4 à 5 mm, ovales, sont plus larges qu'épaisses et dépassées par les bractées qui les entourent.

Dacrydium guillauminii ne se rencontre que le long de la rivière des Lacs, dans quelques endroits isolés, au bord de l'eau. Elle est quasi inféodée au site de la chute de la Madeleine. Cette espèce est l'un des plus rares conifères au monde.

Dacrydium guillauminii
(Podocarpacees) : une des gymnospermes parmi les plus rares et menacées au monde.
Dacrydium guillauminii
(Podocarpaceae). One of the rarest and most endangered gymnosperms in the world.
 Photo A. Cornu.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUBEPART S., 1995. Le Parc de la Rivière Bleue. La Chute de la Madeleine. Des aménagements paysagers pour l'accueil touristique et la protection du milieu naturel. Étude. Province Sud, Nouvelle-Calédonie, 84 p.

BRADSHAW A.D., 1995. Restoration after mining for metals. An ecological view. In : Actes de la deuxième conférence internationale sur l'écologie des milieux serpentiniques, Nouméa, 31 juillet-5 août 1995. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, p. 239-248.

CORNU A., DE GRANCOURT A., SARRAILH J.-M., 1996. Étude sur la réhabilitation du site des chutes de la Madeleine. Cirad-forêt, Nouvelle-Calédonie, 44 p.

JAFFRÉ T., 1976. Composition chimique et conditions de l'alimentation minérale des plantes sur roches ultrabasiques (Nouvelle-Calédonie). Cah. Orstom, série Biologie 11 (1) : 53-63.

JAFFRÉ T., 1988. Végétation et flore de la Chute de la Madeleine. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Orstom, Laboratoire de botanique, 11 p.

DE LAUBENFELS D. J., 1972. Flore de la Nouvelle-Calédonie et Dépendances. Gymnospermes. Paris, France, Muséum national d'histoire naturelle, tome IV, 167 p.

MYERS N., 1988. Threatened biotas : « hot spots » in tropical forests. The Environmentalist 8 : 107-208.

SICRE M., ROUQUET J.-L., 1994. Le milieu naturel Un espace de tourisme pour la Province Sud. Étude. Province Sud, Nouvelle-Calédonie, 80 p.

SIRAS-Pacifique, 1996. Aménagement du site de la Madeleine. Direction du développement rural de la province Sud, Nouvelle-Calédonie, 90 p.

WOLTZ P., CARRIER J.-F., 1984. À propos de *Neocallitropsis pancheri*, Cupressaceae endémique de Nouvelle-Calédonie, et de l'évolution vasculaire de la plantule. Bull. Soc. Bot. Fr. 131, Lettres Bot. 1984 (3) : 191-199.

SYNOPSIS

ENDEMIC SPECIES AND ECOLOGICAL REHABILITATION IN NEW CALEDONIA

ALAIN CORNU
JEAN-MICHEL SARRAILH
FRANCE MARION

New Caledonia is known for its original and highly diversified flora, especially in mining areas. This uniqueness is clearly exemplified at the Madeleine site, where there are 168 spermatophyte species, 95% of which are endemic to New Caledonia. This site is an important world showcase of biodiversity due to the presence of primitive conifers, including two rare species (*Retrophyllum minor* and *Neocallitropsis pancheri*), and another very rare species (*Dacrydium guillauminii*). Unfortunately, the site—despite its reserve status—was quickly degraded after becoming an attraction for public outings. Sud province, where environmental awareness is promoted, thus asked CIRAD-Forêt and the SIRAS-Pacific company to manage ecological rehabilitation of this site and reduce human pressure in compliance with its reserve status.

Propagation methods

CIRAD-Forêt developed special techniques for the collection, propagation and breeding of species to be replanted. This led to the planting of several rare gymnosperms such as *Retrophyllum minor* (corkwood), *Araucaria muelleri* and *Neocallitropsis pancheri*. Once the techniques were perfected, excellent germination rates were obtained for some species (corkwood). Some other species were recalcitrant and required propagation by cuttings (*Metrosideros operculata*), or sometimes even transplantation (*Dacrydium araucarioides*).

Rehabilitation and management plan

A management plan was drawn up on the basis of information on the different plant groups at the site. This will provide public access, while stressing rehabilitation and conservation of the natural environment. Five different zones were mapped and replanting programmes were designed specifically for each of these zones.

In zone A, *Neocallitropsis pancheri*, a typical species at this site, is the main species to be planted. In zone B, the plan is to enrich the existing vegetation with shrubs (*Grevillea* sp.), whereas forest species (*Agathis ovata*, *Araucaria muelleri*) will be chiefly planted in zone C. In zone D, trees and shrubs are to be planted or existing vegetation enriched according to the prevailing vegetation. In zone E, which is along the river, corkwood—another emblematic species in this reserve—is to be replanted. For the efficient ecological rehabilitation of the site to enhance soil fertility, care will be taken to hamper the growth of exogenous species that could benefit from fertilizer inputs. Fertilizers will thus be buried at the bottom of planting holes and the entire treated area will be covered with straw from endemic Cyperaceae trees.

Within the framework of this plan, a total of 13 330 plants belonging to 36 different endemic species collected within the vicinity of the reserve, including four gymnosperms, were planted in 1998-99.

One key objective is to develop the site and provide public access in accordance with its reserve classification. This management plan complies with policies to promote the biodiversity of New Caledonia as a tourist attraction, along with public awareness of the territory's unique flora resources.