

Les forêts de montagne de la Nouvelle-Calédonie

Même si ses sommets ne dépassent guère

1 600 m, la Nouvelle-Calédonie possède des forêts de montagne, en raison de conditions écoclimatiques insulaires. Malgré leur faible extension, ces forêts sont d'un grand intérêt pour la biodiversité et la compréhension de la phytogéographie et phylogénie de certains groupes, tels les gymnospermes ou les genres *Metrosideros* (Myrtaceae) et *Cunonia* (Cunoniaceae).

Robert NASI

Cifor
PO Box 6596 JKPWB
10065 Jakarta
Indonésie

Tanguy JAFFRÉ

IRD
BP A5
Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie

Jean-Michel SARRAILH

Cirad-forêt
Station de Mon Caprice
7, chemin de l'IRAT
Ligne Paradis
97410 Saint-Pierre-Réunion



Xeronema moorei et *Dicranopteris linearis* (fougère) dans le maquis de la montagne des Sources, à 900 m d'altitude.

Xeronema moorei and *Dicranopteris linearis* (fern) growing in maquis on the Montagne des Sources, at 900 m above sea level.

Photo R. Nasi.

RÉSUMÉ

LES FORÊTS DE MONTAGNE
DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

L'existence d'un gradient local de température plus prononcé près des montagnes isolées abaisse l'altitude moyenne de formation des masses nuageuses, créant ainsi des conditions propices au développement des forêts de montagne en Nouvelle-Calédonie à des altitudes inférieures à 1 600 m. Ces forêts sont d'une grande importance pour la biodiversité et la compréhension de la phytogéographie et phylogénie de certains groupes, comme celui des conifères ou ceux des genres *Metrosideros* (Myrtaceae) et *Cunonia* (Cunoniaceae). Elles constituent aussi des refuges pour la faune menacée et jouent un rôle de régulateur hydrologique non négligeable. Relativement bien protégées, elles sont peu menacées par l'exploitation forestière, un peu plus par les activités minières. Le plus grand risque semble, toutefois, être le réchauffement climatique global, qui pourrait entraîner une disparition des conditions écologiques particulières nécessaires à leur existence.

Mots-clés : forêt de montagne, biodiversité, écologie, Nouvelle-Calédonie.

ABSTRACT

MONTANE FORESTS
IN NEW CALEDONIA

Higher local temperature gradients near isolated mountains (*inselbergs*) result in continuous cloud cover at below normal elevations, creating the right conditions for the development of montane forests in New Caledonia at altitudes below 1 600 m. These forests are especially important for biodiversity and to improve our understanding of the phytogeography and phylogeny of groups such as conifers or genera such as *Metrosideros* (Myrtaceae) and *Cunonia* (Cunoniaceae). They provide vital refuge areas for endangered fauna and play a significant role in water regulation. These forests are relatively well protected, with few threats from logging though slightly more from mining activities. The main threat seems to be the global warming phenomenon, which could cause the disappearance of the very specific ecological conditions that are vital to their survival.

Keywords: montane forest, biodiversity, ecology, New Caledonia.

RESUMEN

LOS BOSQUES DE MONTAÑA
DE NUEVA CALEDONIA

La existencia de un gradiente local de temperatura más pronunciado cerca de las montañas aisladas, reduce la altitud media de formación de las masas nubosas creando así condiciones propicias para el desarrollo de los bosques de montaña en Nueva Caledonia a altitudes inferiores a 1 600 m. Estos bosques son de una gran importancia para la biodiversidad y la comprensión de la fitogeografía y filogenia de algunos grupos, como el de las coníferas o los de los géneros *Metrosideros* (Myrtaceae) y *Cunonia* (Cunoniaceae). Constituyen también refugios para la fauna amenazada y desempeñan una función de regulador hidrológico nada desdeñable. Relativamente bien protegidos, están poco amenazados por la explotación forestal y un poco más por las actividades mineras. Sin embargo, el mayor riesgo parece venir del calentamiento climático global, que podría acarrear la desaparición de las condiciones ecológicas particulares necesarias para su existencia.

Palabras clave: bosque de montaña, biodiversidad, ecología, Nueva Caledonia.



Forêt du mont Panié.
Forest on Mont Panié.
Photo J.-M. Sarrailh.

Introduction

Les Nations unies ont proclamé l'an 2002 « Année internationale de la montagne », afin de promouvoir une meilleure prise de conscience, à l'échelon international, de l'importance des écosystèmes de montagne pour l'ensemble de la planète. Les travaux, à une échelle globale, sur les forêts tropicales de montagne ont débuté dans les années 1990 par la publication d'ouvrages de synthèse (STADTMULLER, 1987 ; HAMILTON *et al.*, 1995 ; ALDRICH *et al.*, 1997) et la tenue de diverses réunions : Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium (1993, à New York), International Symposium « Biodiversity of Tropical Montane Forests » (1994, à Amsterdam), etc. Selon les « normes » internationales, la Nouvelle-Calédonie ne possède pas vraiment de forêts de montagne puisque celles-ci sont censées apparaître au-dessus de 2 000 m et que les plus hauts sommets du territoire dépassent à peine 1 600 m. Cependant, en raison des conditions

écoclimatiques spéciales qui prévalent dans les écosystèmes insulaires, la Nouvelle-Calédonie possède bien des forêts de montagne (carte 1). Il était donc intéressant de faire un bilan rapide de l'état des connaissances sur ces formations végétales. Malgré leur faible extension géographique, elles sont d'une grande importance pour la biodiversité et la compréhension de la phytogéographie et phylogénie de certains groupes comme celui des conifères ou ceux des genres *Metrosideros* (Myrtaceae) et *Cunonia* (Cunoniaceae).

Écologie et conditions d'existence

En Nouvelle-Calédonie, dont les plus hauts sommets avoisinent 1 600 m, les formations végétales montagnardes se développent généralement au-dessus de 900-1 000 m mais se trouvent aussi à partir de 700-800 m d'altitude, notamment sur les façades orientales les plus arrosées. Dans certains cas particuliers, on observe même des formations de transition (enrichies en orophiles vraies) dès 500 m (VIROT, 1956). L'existence de formations végétales de type montagnard au-dessous de 1 200 m est liée à l'effet de « *Massenerhebung* » (GRUBB, 1971 ; BRUIJNZEEL *et al.*, 1993), à savoir l'apparition sur les massifs, ou les pics isolés, de formations montagnardes à des altitudes nettement inférieures à celles rencontrées dans les grands massifs montagneux. Cet effet initialement décrit dans les Alpes au début du siècle est

Carte 1.
Forêts d'altitude
en Nouvelle-Calédonie.
Montane forest in New Caledonia.



particulièrement bien illustré en Océanie. Ainsi, à Kosrae (Micronésie), les forêts oro-néphéliques¹ se développent dès 500-600 m sur les monts Finkol et Mutunte, alors que dans les monts Arfak (Papua, Indonésie) elles apparaissent généralement au-dessus de 2 000 m (MERLIN, JUVIK, 1995). Au Vanuatu, situé à environ 400 km au nord-est de la Grande Terre, SCHMID (1975) signale des formations néphéliques (« forêts basses de crêtes et sommets ») au-dessus de 500 m, et à des altitudes encore plus basses sur l'île d'Anatom.

Ce phénomène semble lié à l'existence d'un gradient local de température plus prononcé près des montagnes isolées (0,8 °C par 100 m au lieu de 0,6 °C en moyenne) qui abaisse l'altitude moyenne de formation des masses nuageuses, lesquelles prédominent alors entre 600 et 1 500 m au cours de la journée et créent les conditions propices au développement des formations végétales oro-néphéliques (FLENLEY, 1995).

Les massifs montagneux néocalédoniens sont nettement plus arrosés que les parties basses. Cela se vérifie pour les massifs miniers de la côte ouest, sous le vent, qui reçoivent des quantités annuelles de pluie dépassant probablement 3,5 m dans la plupart des cas. Ce phénomène est exacerbé au nord-est du territoire, dans le massif du Panié (où le pluviomètre totalisateur a déjà enregistré



Metrosideros nitida dans la forêt des monts Dzumac, à 1 000 m d'altitude.
Metrosideros nitida in the forests of the Dzumac range, at 1 000 m above sea level.
Photo R. Nasi.

des précipitations annuelles supérieures à 10 m), et au sud, dans le massif du Humboldt. Tous deux sont situés sur la côte est au vent. Les brouillards fréquents sont une caractéristique des conditions climatiques entre 600 et 1 500 m d'altitude, en Nouvelle-Calédonie. Ils sont d'une grande importance pour plusieurs raisons :

- La présence quasi permanente des nuages peut réduire de 10 à 50 % l'insolation moyenne.

- La présence le matin d'une mer de nuages autour des pics isolés crée un phénomène de réflexion quasi totale du rayonnement solaire dans la bande des UV-b. Celle-ci peut aussi être le fait d'une réflexion sur la surface de la mer pour certains massifs insulaires de petite taille (FLENLEY, 1995).

- Le développement de la masse de nuages dans le cours de la journée augmente l'humidité atmosphérique jusqu'à saturation, provoquant des précipitations « occultes » importantes qui représentent l'équivalent de plusieurs centaines de millimètres de pluie par an (BRUIJNZEEL, PROCTOR, 1995), en fonction de la couverture nuageuse et du vent.

- La composition chimique de ces précipitations occultes est généralement différente de celle de la pluie directe. Les gouttelettes nuageuses sont plus acides et plus riches en nutriments que les gouttelettes de pluie (ASHBURY *et al.*, 1994).

Les températures minimales des mois les plus froids (juillet et août) peuvent approcher voire descendre sous 0 °C au-dessus de 1 000 m, comme cela a été enregistré à 1 100 m dans le massif du Boulinda (LATHAM, JAFFRÉ, 1976). Elles réduisent l'activité photosynthétique et la croissance pendant plusieurs mois, de mai à septembre, où elles sont inférieures à 15 °C.

Sur la base d'expérimentations en phytotron (BRUIJNZEEL, VENEKLAAS, 1998), ces conditions hyperhumides et globalement peu ensoleillées devraient conduire à l'existence de plantes « étiolées », hautes avec de longs entre-nœuds et de grandes feuilles fines et pâles. Or l'observation montre le contraire, la

Metrosideros humboldtiana.
Metrosideros humboldtiana.
Photo T. Jaffré.



¹ Le terme oro-néphélique est utilisé pour caractériser les forêts de montagne situées dans des zones à forte couverture nuageuse (équivalent des *mountain cloud forests*, *Nebelwald*, *bosque de ceja montaña*, etc.).

Les différentes formations végétales montagnardes

végétation étant généralement rabougrie, avec des entre-nœuds courts et des feuilles coriaces fortement pigmentées. Plusieurs auteurs ont essayé d'expliquer cette contradiction apparente en fonction des caractéristiques de sol (BRUIJNZEEL *et al.*, 1993), du taux d'UV-b reçu (FLENLEY, 1995), etc. Aucun facteur ne semble, cependant, à même d'expliquer parfaitement le phénomène et il semblerait qu'il faille en fait invoquer tout un ensemble de facteurs plus ou moins interdépendants dont le rayonnement UV, les variations brutales de température et d'éclairement, la richesse des litières en composés phénoliques, etc. (BRUIJNZEEL, VENEKLAAS, 1998).

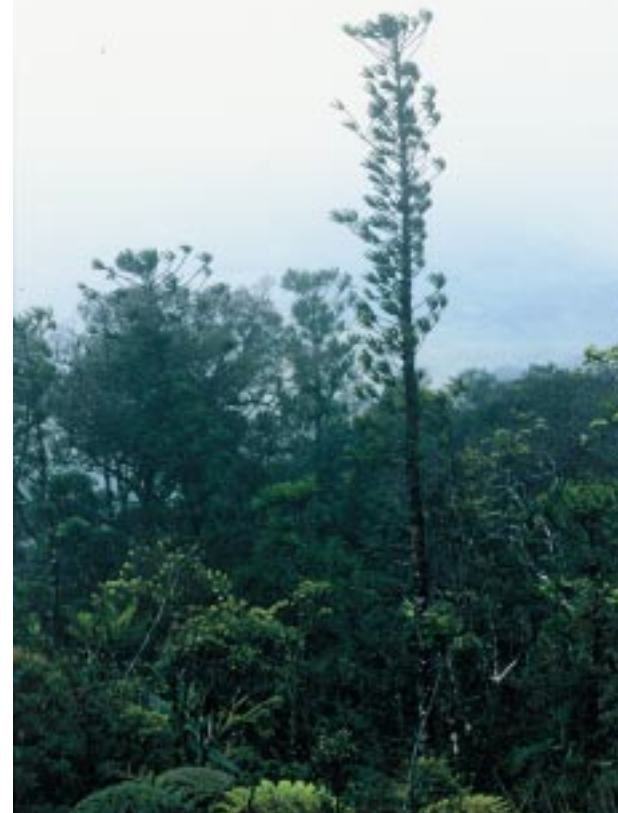
En Nouvelle-Calédonie, on trouve les formations montagnardes, encore appelées « forêts oro-néphéliques » (VIROT, 1956), ou « forêts denses sempervirentes humides d'altitude » (MORAT *et al.*, 1981), sur deux grands types de substratums : des roches plus ou moins acides contenant une forte proportion de silice et d'alumine et des roches ultrabasiques relativement pauvres en silice et en alumine, qui donnent des sols particuliers, extrêmement pauvres en certains éléments majeurs et anormalement enrichis en certains métaux (nickel, manganèse et chrome).

La physionomie de la végétation, quoique assez constante, varie cependant en fonction de l'altitude, du type de roche mère (acide ou ultrabasique) et de la nature du sol, plus ou moins humifère, sur roches ultrabasiques. En outre, bien qu'on puisse noter des points de convergence floristique à l'échelon familial et générique dans les diverses forêts de montagne, des différences importantes interviennent dans la composition spécifique de la flore en fonction de l'altitude et de la nature géologique et pédologique du substrat.

Les formations sur roches ultrabasiques

Les roches ultrabasiques occupent toute la partie sud de la Grande Terre, formant le « Grand Massif du Sud », qui compte plusieurs sommets au-dessus de 1 000 m d'altitude et un point culminant à 1 618 m au mont Humboldt. Ces roches sont, par ailleurs, représentées par des massifs isolés, le long de la côte ouest et dans la partie centrale de la Grande Terre, dont plusieurs sommets culminent à plus de 1 000 m d'altitude (Me Maoya, 1 508 m, Tchingou 1 330 m, Boulinda, 1 330 m, etc.). Tous ces massifs sont caractérisés par une végétation et une flore très particulières (JAFFRÉ, 1980). Les sols d'altitude peuvent être grossièrement séparés en deux groupes : sols ferrallitiques ferritiques² entre 650 et 1 400 m et rankers à mor³ au-dessus de 1 200 m (LATHAM, 1975 a et b).

Sur les sols ferrallitiques ferritiques se développent des forêts denses mixtes riches en gymnospermes et Myrtaceae. Les formes non dégradées montrent une végétation très dense avec un sous-bois totalement ligneux et quasi impénétrable. La canopée se situe entre 8 et 15 m de hauteur, en fonction des contraintes édaphiques locales, et est généralement surcimée par une strate dominante constituée majoritairement d'*Araucaria*. Parmi les ligneux les plus fréquents dans la canopée, nous pouvons citer les angiospermes, *Apiopetalum velutinum* (Araliaceae), *Austrobuxus brevipes* (Euphorbiaceae), *Endiandra neocaledonica* (Lauraceae), *Hibbertia baudouinii* (Dilleniaceae), *Metrosideros engleriana*, *M. humboldtiana*, *M. punctata* (Myrtaceae), *Rapanea* sp. (Myrsinaceae),



Araucaria laubenfelsii dans la forêt sommitale du mont Do, à 900 m d'altitude.
Araucaria laubenfelsii in the forest crowning Mont Do, à 900 m above sea level.
Photo R. Nasi.

Schefflera sp. (Araliaceae), et les gymnospermes : *Callitris neocaledonica*, *Decussocarpus comptonii*, *Podocarpus sylvestris*, *Prumnopitys ferruginoides*. La présence d'une strate dominante d'*Araucaria* permet de définir trois faciès forestiers distincts : faciès à *Araucaria laubenfelsii* (massif du Sud entre 800 et 1 100 m), faciès à *A. humboldtensis* (massif du Sud entre 1 100 et 1 400 m), faciès à *A. montana* (massifs miniers de la côte ouest au-dessus de 900 m). Certaines espèces particulières sont strictement inféodées à ces forêts ; c'est le cas de *Canacomyrca monticola*, seule représentante de la famille des Myricaceae en Nouvelle-Calédo-

² Sols ferrallitiques présentant une accumulation relative du fer dans le profil.

³ Qui sont en fait des sols constitués par une accumulation (> 30 cm) de matière organique peu évoluée sur un substrat varié, horizon d'altération ou profil ferrallitique plus ou moins tronqué et cuirassé.



Araucaria laubenfelsii dans le maquis dégradé du mont Do, à 900 m d'altitude.

Araucaria laubenfelsii growing in degraded maquis on Mont Do, at 900 m above sea level.

Photo R. Nasi.

nie, de *Strasburgeria robusta*, unique représentant de la famille endémique des Strasburgeriaceae et de *Platy-spermatium crassifolium*, espèce demeurée longtemps énigmatique, d'un genre endémique monospécifique de la famille des Escalloniaceae.

Par le passé, ces forêts ont énormément souffert des effets de l'exploitation minière et des incendies répétés, et elles n'existent plus qu'à l'état relictuel ou sous des formes dégradées très ouvertes dans bien des zones.

Ces formes dégradées (maquis miniers) ne doivent pas être confondues avec certaines formations sommitales particulières aux maquis orophiles à caractère climacique. Ces derniers (VIROT, 1956 ; JAFFRÉ, 1980), là où ils existent encore, montrent aussi des traces de dégradation et de secondarisation indiquées par la présence d'espèces secondaires des maquis miniers. Ces formations ligneuses basses se développent essentiellement sur les crêtes et dans les situations les plus exposées. Elles se caractérisent par une abondance de nanophanérophytes⁴ à port ombelliforme ou prostré, *Apiopetalum velutinum* (Araliaceae), *Cunonia*

bullata (Cunoniaceae), *Hibbertia altigena*, *H. baudouinii*, *H. nana* (Dilleniaceae), *Metrosideros humboldtiana*, *M. tetrasticha* (Myrtaceae), *Logania imbricata* (Loganiaceae), etc., et deux gymnospermes rares, *Libocedrus chevalieri* et *Podocarpus gnidioides*.

Les rankers organiques au-dessus de 1 200 m sont constitués par une accumulation de matière organique peu évoluée sur un substrat varié qui peut être soit un horizon d'altération, soit un profil ferrallitique plus ou moins complet pouvant contenir de très nombreux blocs de cuirasse ferrugineuse (LATHAM, 1975 a). L'épaisseur de l'horizon organique est d'au moins 20 cm. Sur ces sols se développe une formation végétale particulière. Elle a été décrite sur le Humboldt par VIROT (1956) et par LATHAM et JAFFRÉ (1976) dans le massif du Boulinda. Et bien qu'il soit plutôt étonnant de caractériser une forêt par des végétaux herbacés, la dénomination forêt « à mousses » ou « à lichens, bryophytes et hyménophyllacées » est une assez bonne description de la réalité. Cette forêt, qui ne dépasse pas une dizaine de mètres de hauteur, se développe dans les zones sommitales relativement abritées et plongées dans des brouillards quasi permanents. La végétation et le sol sont totalement recouverts de manchons d'hyménophyllacées, de lichens et de bryophytes. La flore ligneuse est relativement pauvre.

L'étage dominant est souvent constitué d'une strate de *Metrosideros* à racines-échasses, plus ou moins épiphytes (*M. brevistylis*, *M. dolichandra*, *M. oreomyrtus*), dominant un sous-bois riche en *Freycinetia* (Pandaceae) et *Dracophyllum* (Eparcridaceae) où les espèces *Cunonia pulchella*, *Weinmannia dichotoma* (Cunoniaceae), *Quintinia minor* (Saxifragaceae) sont relativement communes. Les épiphytes véritables sont abondantes, comprenant de nombreuses ptéridophytes, quelques orchidées et une liliacée robuste : *Astelina neocaledonica*.

Les formations d'altitude sur roches acides

Ces formations n'existent pratiquement que dans la chaîne du Panié-Colnett-Ignambi-Ouaième, dans le nord-est du territoire. Dans la région centre, seuls quelques massifs atteignent 1 000 m d'altitude (Aoupinié). Les sols appartiennent à la classe des sols peu évolués d'érosion sur roches métamorphiques et sont fréquemment associés à des sols ferrallitiques rajeunis. La pluviosité est très élevée et les sols sont quasi hydromorphes dès la surface.

Entre 900 et 1 200 m, la forêt est de composition floristique relativement variée, comprenant des Cunoniaceae (*Cunonia pulchella*, *C. aoupiniensis*, *Weinmannia dichotoma*), des Lauraceae du genre *Endiandra*, des Araliaceae du genre *Schefflera*, des Euphorbiaceae du genre *Austrobuxus*. À cette altitude, *Agathis montana* est présent mais ne forme pas encore de véritables peuplements. Le caractère le plus remarquable de cette forêt est l'abondance des palmiers : *Basselinia gracilis*, *B. velutina*, *Brongniartikentia lanuginosa*, *Chambeyronia lepidota*.

Au-dessus de 1 200 m, *Agathis montana* domine très largement dans la canopée, au point que celle-ci paraît monospécifique. Le sous-bois riche en Myrtaceae, *Metrosideros brevistylis*, *M. paniensis*, *M. cacuminum* est floristiquement plus proche des formations homologues sur roches ultrabasiques que des forêts de moyenne altitude sur roches acides. La présence de bouquets d'*Araucaria schmidii* au-delà de 1 400 m permet de définir un faciès sommital particulier. Les forêts d'altitude sur roches acides sont généralement plus hautes que celles sur roches ultrabasiques, et ne possèdent pas de faciès à lichens, bryophytes et hyménophyllacées typiques, même si les espèces appartenant à ces trois groupes sont localement plus abondantes qu'à moyenne altitude.

⁴ Phanérophytes (plantes à bourgeons dormants aériens à plus de 50 cm de la surface du sol) de 2 à 4 m de hauteur.

Conservation : intérêt et statut

Fonctions écologiques

Les forêts de montagne jouent un rôle important dans la régulation des phénomènes hydrologiques. Les forêts oro-néphéliques, en particulier, « capturent » dans la couverture nuageuse une eau qui serait autrement perdue.

Ces formations réduisent aussi l'érosion grâce à la forte capacité d'infiltration des sols (HAMILTON *et al.*, 1995) et à l'interception des précipitations directes. L'abondance des mousses et autres épiphytes augmente la capacité de stockage de l'eau pendant les périodes humides et permet la restitution de cette eau lors des périodes sèches (BRUIJNZEEL *et al.*, 1993 ; PENAFIEL, 1995).

Les formations végétales de montagne de Nouvelle-Calédonie se caractérisent souvent par une dominance des gymnospermes dans la strate supérieure. Cette strate émergente, sous forme de bouquets ou d'arbres isolés, constitue une caractéristique structurale particulière qui augmenterait la capacité d'interception des brumes et brouillards (MUELLER-DOMBOIS, FOSBERG, 1998).

Tableau I.
Conifères néo-calédoniens, distribution altitudinale et roche mère.

	Espèce	Famille	Végétation	Altitude		Roche mère
				Min	Max	
Grande amplitude écologique	<i>Falcatifolium taxoides</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	100	1 400	Ultrabasique
	<i>Dacrydium balansae</i>	Podocarpaceae	Maquis et forêt dense humide	150	900	Indifférente
	<i>Neocallitropsis pancheri</i>	Cupressaceae	Maquis	150	950	Ultrabasique
	<i>Araucaria muelleri</i>	Araucariaceae	Maquis et forêt dense humide	150	1 000	Ultrabasique
	<i>Parasitaxus ustus</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	150	1 100	Ultrabasique
	<i>Agathis ovata</i>	Araucariaceae	Maquis et forêt dense humide	150	1 150	Ultrabasique
	<i>Araucaria rulei</i>	Araucariaceae	Maquis et forêt dense humide	150	1 200	Ultrabasique
	<i>Podocarpus sylvestris</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	150	1 200	Ultrabasique
	<i>Prumnopitys ferruginoides</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	150	1 400	Ultrabasique
	<i>Agathis lanceolata</i>	Araucariaceae	Forêt dense humide	200	1 000	Ultrabasique
	<i>Dacrydium araucarioides</i>	Podocarpaceae	Maquis	200	1 000	Ultrabasique
	<i>Podocarpus lucienii</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	200	1 100	Ultrabasique
	<i>Agathis moorei</i>	Araucariaceae	Forêt dense humide	250	1 000	Ultrabasique
	<i>Araucaria biramulata</i>	Araucariaceae	Forêt dense humide	250	1 150	Ultrabasique
	<i>Araucaria subulata</i>	Araucariaceae	Forêt dense humide	300	1 000	Ultrabasique
Grande amplitude écologique mais plutôt orophiles	<i>Araucaria montana</i>	Araucariaceae	Maquis et forêt dense humide	300	1 350	Ultrabasique
	<i>Araucaria laubenfelsii</i>	Araucariaceae	Maquis et forêt dense humide	400	1 300	Ultrabasique
Orophiles vraies	<i>Austrotaxus spicatus</i>	Taxaceae	Forêt dense humide	500	1 350	Autre
	<i>Podocarpus gnidioides</i>	Podocarpaceae	Maquis	600	1 600	Ultrabasique
	<i>Podocarpus polyspermus</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	650	950	Ultrabasique
	<i>Libocedrus austrocaledonica</i>	Cupressaceae	Forêt dense humide	700	1 300	Ultrabasique
	<i>Nageia comptonii</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	750	1 450	Ultrabasique
	<i>Podocarpus decumbens</i>	Podocarpaceae	Maquis	800	1 000	Ultrabasique
	<i>Araucaria humboldtensis</i>	Araucariaceae	Maquis et forêt dense humide	800	1 550	Ultrabasique
	<i>Dacrydium lycopodioides</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	900	1 400	Ultrabasique
	<i>Callitris neocaledonica</i>	Cupressaceae	Maquis et forêt dense humide	950	1 350	Ultrabasique
	<i>Agathis montana</i>	Araucariaceae	Forêt dense humide	1 000	1 600	Autre
	<i>Podocarpus longifoliolatus</i>	Podocarpaceae	Forêt dense humide	1 100	1 200	Ultrabasique
	<i>Libocedrus chevalieri</i>	Cupressaceae	Maquis	1 450	1 600	Ultrabasique
	<i>Araucaria schmidii</i>	Araucariaceae	Forêt dense humide	1 500	1 600	Autre

Tableau II.
Distribution des espèces orophiles du genre *Metrosideros*
(Myrtaceae) de la flore de Nouvelle-Calédonie.

Espèces	Formations végétales	Altitude (m)	Substrats
<i>M. brevistylis</i>	F	600-1 600	U, A
<i>M. cacuminum</i>	F, M	700-1 200	U, A
<i>M. cherrieri</i>	M	950	A
<i>M. dolichandra</i>	F	550-1 400	U
<i>M. engleriana</i>	M, (F)	750-1 150	U
<i>M. humboldtiana</i>	M	850-1 600	U
<i>M. longipetiolata</i>	F, M	700-900	A
<i>M. microphylla</i>	F, M	700-1 400	U
<i>M. nitida</i>	F, M	150-1 400	U, A
<i>M. operculata</i>	F, M, R	80-1 200	U, A
<i>M. oreomyrtus</i>	F	900-1 200	U, A
<i>M. paniensis</i>	F, M	800-1 500	A
<i>M. porphyrea</i>	F, M	650-1 600	U, A
<i>M. punctata</i>	F, M	500-1 200	U
<i>M. rotundifolia</i>	F, M	700-900	A
<i>M. tetrasticha</i>	M	1 300-1 600	U
<i>M. whitakeri</i>	M	640-970	A

Formations végétales

F : forêt dense humide

M : maquis

R : formation rivulaire

Substrats

U : roches ultrabasiques

A : autres roches (principalement acides)

Refuges

Les forêts de montagne constituent aussi des refuges importants pour la flore et la faune. Elles sont riches en espèces endémiques et espèces particulières (encore que, pour la Nouvelle Calédonie, cela soit vrai pour l'ensemble de la végétation) et, lorsque les forêts situées à des altitudes inférieures ont été détruites ou dégradées, les espèces de faune menacées trouvent souvent refuge dans les forêts de montagne.

Flore

La flore orophile de Nouvelle-Calédonie est caractérisée par un très fort taux d'endémisme et par sa richesse spécifique en quelques groupes originaux.

Parmi les 43 conifères néo-calédoniens, 33 peuvent être trouvés dans les formations montagnardes – espèces à large amplitude altitudinale ou vraies orophiles (tableau I). Toutes ces espèces sont des endémiques et certaines comptent parmi les gymnospermes les plus rares du monde. *Libocedrus chevalieri* n'existe

que sur les sommets les plus élevés du massif du Humboldt (monts Humboldt et Kouakoué) ; *Agathis montana* et *Araucaria schmidii* sont restreints aux sommets de la chaîne du Panié-Colnett ; les formations montagnardes sur sols ferrallitiques ferritiques entre 700 et 1 000 m abritent l'unique gymnosperme parasite connue, *Parasitaxus ustus*, dont la plante hôte est une autre gymnosperme, *Falcatifolium taxoides*, etc.

Le genre *Metrosideros* (Myrtaceae), omniprésent dans la flore montagnarde du Pacifique, est un élément floristique et structural essentiel des forêts de montagne néo-calédoniennes (tableau II). Bon nombre d'espèces néo-calédoniennes débute leur vie comme épiphytes et développent des enchevêtrements de racines-échasses qui constituent des zones épaisses d'accumulation de matières organiques facilitant ainsi la formation des rankers à mor sur lesquels se développe la forêt à lichens, bryophytes et hyménophyllacées.

Parmi les espèces quasi exclusivement orophiles, *Metrosideros dolichandra*, *M. engleriana*, *M. humboldtiana*, *M. microphylla*, *M. punctata* et *M. tetrasticha* croissent sur substrats ultrabasiques alors que *M. cherrieri*, *M. longipetiolata*, *M. paniensis*, *M. rotundifolia* et *M. whitakeri* sont inféodées aux substrats acides ; *M. brevistylis*, *M. cacuminum*, *M. oreomyrtus* et *M. porphyrea* semblent indifférentes.

Certaines de ces espèces, toutes endémiques, ne sont connues que d'une seule récolte ou d'une seule localité. On citera, à ce propos, la richesse en espèces rares de la Roche Ouaième, où se trouvent les seuls peuplements connus de *M. cherrieri*, *M. longipetiolata*, *M. rotundifolia* et *M. whitakeri*.

Il serait d'ailleurs possible de continuer, pour d'autres familles ou genres, cette énumération de plantes orophiles connues d'une seule localité : *Austroboxus montis do* (Euphorbiaceae), *Cunonia alticola* (Cunoniaceae), *Hibbertia moratii* (Dilleniaceae), *Scaevola macropyrena*

Tableau III.
Distribution des espèces orophiles des genres *Cunonia* et *Weinmannia* (Cunoniaceae) de la flore de Nouvelle-Calédonie.

Espèces	Formations végétales	Altitude (m)	Substrats
<i>C. alticola</i>	F, M	1 450	U
<i>C. aoupiniensis</i>	F	500-1 400	A
<i>C. atorubens</i>	M	500-1 450	U
<i>C. balansae</i>	F, M	150-1 000	U
<i>C. bernieri</i>	F	1 000-1 200	U
<i>C. bullata</i>	F, M	850-1 600	U
<i>C. lenormandii</i>	M	800-1 500	U
<i>C. macrophylla</i>	M	150-1 150	U
<i>C. montana</i>	F	200-1 300	U, A
<i>C. nervosa</i>	F	950	A
<i>C. pseudoverticillata</i>	M	850-1 300	U
<i>C. pterophylla</i>	F, M	100-1 250	U
<i>C. pulchella</i>	F	500-1 610	U, A
<i>C. rotundifolia</i>	M	1 000-1 400	U
<i>C. rupicola</i>	M	700-900	A
<i>C. schinziana</i>	M	1 000-1 200	U
<i>C. varijuga</i>	F, M	250-1 200	U, A
<i>C. vieillardii</i>	F, M	100-980	U
<i>W. dichotoma</i>	F	400-1 550	U, A
<i>W. ouaiemensis</i>	F	700-1 150	A
<i>W. paitensis</i>	F	500-1 300	U, A

Formations végétales

F : forêt dense humide

M : maquis

R : formation rivulaire

Substrats

U : roches ultrabasiques

A : autres roches (principalement acides)

et *S. racemigera* (Goodeniaceae), *Syzygium boulindaensis* (Myrtaceae), *Rauvolfia spathulata* (Apocynaceae), *Xylosma boulindae* (Flacourtiaceae)...

La famille des Cunoniaceae joue aussi un rôle important dans la physionomie des forêts de montagne, en raison du nombre et de l'abondance des espèces représentées (tableau III), appartenant principalement aux genres *Cunonia* et *Weinmannia*. Aux orophiles strictes appartiennent *Cunonia bernieri*, *C. bullata*, *C. mon-*

tana, *C. nervosa*, *C. rotundifolia*, *Weinmannia ouaiemensis*, tandis que *Cunonia aoupiniensis*, *C. atorubens*, *C. pulchella*, *C. pterophylla*, *C. varijuga*, *Weinmannia dichotoma*, *W. paitensis* ont une distribution altitudinale plus large.

Plusieurs espèces de la famille des Cyatheaceae (fougères arborescentes) sont représentées dans les forêts de montagne mais une seule, *Cyathea cicatricosa*, serait cantonnée à ces formations orophiles. Les plus



Oxera sp., plante parasite dans la forêt sommitale de la montagne des Sources, à 1 000 m d'altitude.

Oxera sp., a parasite plant in the forest crowning the summit of the Montagne des Sources, at 1 000 m above sea level.

Photo R. Nasi.

fréquentes sont *Cyathea alata*, *C. albifrons*, *C. vieillardii* et *Dicksonia baudouini*, qui contribuent à l'originalité physionomique de ces forêts.

La répartition des palmiers en fonction des conditions écologiques a fait l'objet de plusieurs études (JAFRÉ, VEILLON, 1989 ; PINTAUD *et al.*, 1999, 2001). Quatre des espèces du genre *Basselinia* se comportent en orophiles strictes (*Basselinia Humboldtiana*, *B. sordida*, *B. tomentosa* et *B. vestita*). Deux autres espèces, *Basselinia porphyrea* et *Brongnartientia lanuginosa*, ne se rencontrent pas en dessous de 700 m d'altitude et se développent préférentiellement à des altitudes plus élevées. Deux espè-

Tableau IV.
Distribution des palmiers orophiles de la flore
de Nouvelle-Calédonie.

Espèces	Altitude (m)	Substrats
<i>Actinokentia divaricata</i>	10-1 100	U
<i>Actinokentia huerlimannii</i>	700-900	U
<i>Alloschmidia glabrata</i>	10-1 200	A
<i>Basselinia deplanchei</i>	400-1 500	U
<i>Basselinia gracilis</i>	50-1 600	U, A
<i>Basselinia humboldtiana</i>	800-1 000	U
<i>Basselinia iterata</i>	970-1 080	A
<i>Basselinia pancheri</i>	50-1 000	U
<i>Basselinia porphyrea</i>	700-980	U
<i>Basselinia sordida</i>	1 000-1 500	U
<i>Basselinia tomentosa</i>	1 000-1 100	A
<i>Basselinia velutina</i>	400-1 620	U, A
<i>Basselinia vestita</i>	900-1 000	U
<i>Brongniartikentia lanuginosa</i>	700-1 250	A
<i>Brongniartikentia vaginata</i>	100-1 000	U
<i>Burretiokentia vieillardii</i>	300-1 250	U, A
<i>Campecarpus fulcitus</i>	10-1 000	U
<i>Chambeyronia lepidota</i>	400-1 500	A
<i>Chambeyronia macrocarpa</i>	500-1 000	U, A
<i>Clinosperma bracteale</i>	20-1 200	U, A
<i>Cyphosperma balansae</i>	400-1 000	U, A

Substrats

U : roches ultrabasiques

A : autres roches (principalement acides)

C : roches calcaires

ces (*Burretiokentia grandiflora* et *Kentiopsis piersoniorum*) ont de larges amplitudes altitudinales mais demeurent plus fréquentes en forêt montagnarde qu'en forêt de moyenne altitude. Enfin, cinq espèces sont également représentées dans les forêts montagnardes et dans les forêts de basse et moyenne altitudes : *Basselinia deplanchei*, *B. gracilis*, *B. velutina*, *Burretiokentia vieillardii* et *Chambeyronia lepidota*. Ce sont donc 13 des 37 espèces de palmiers, soit plus du tiers, qui se développent dans les forêts de montagne (tableau IV).

Faune

La faune mammalienne de Nouvelle-Calédonie est naturellement pauvre. Avant l'arrivée des Européens (apportant cochons, cerfs, chiens, chats, etc.), les plus gros mammifères étaient des chauves-souris frugivores (roussettes) et il n'existe pas vraiment de mammifères inféodés aux formations d'altitude.

Les autres groupes vertébrés (amphibiens, reptiles, oiseaux) sont plus ou moins bien connus. Le nombre total d'espèces est relativement faible mais les taux d'endé-

misme sont élevés (environ 86 % des reptiles et 34 % des oiseaux sont endémiques).

Les invertébrés terrestres sont généralement mal connus, à l'exception de certains groupes comme les gastéropodes ou les lépidoptères. Le nombre d'espèces d'invertébrés décrites avoisine les 4 500, mais ne constitue qu'une sous-estimation de la richesse réelle. Les taux d'endémisme sont généralement élevés : 100 % chez les psocoptères et éphéméroptères, quelques familles de coléoptères comme les psélaphides, 80 % chez les blattes, 70 % chez les phasmes, et près de 40 % chez les lépidoptères (RICHER DE FORGES *et al.*, 1998).

Même pour les groupes les mieux étudiés, la connaissance de l'écologie ou de la distribution géographique est souvent imprécise. Dans la plupart des cas, il est difficile de dire si telle ou telle espèce est inféodée aux forêts d'altitude ; cependant, une grande partie des oiseaux et des reptiles endémiques n'existe que dans les forêts denses humides, dont font partie les forêts de montagne.

Parmi les oiseaux « terrestres indigènes » néo-calédoniens (BARRÉ, DUDSON, 2000), plusieurs sont menacés et leurs populations déclinantes trouvent refuge dans les formations de montagne. Tel est le cas du cagou (*Rhynochetos jubatus*), unique représentant d'une famille d'oiseaux coureurs (Rhynochetidae) endémique du territoire, menacé par les chiens errants, ou du carpophage géant ou notou (*Ducula goliath*), victime de la chasse. Une autre espèce, l'égothèle calédonien (*Aegothelues savesi*), semblait avoir disparu, mais des individus ont été récemment observés dans une zone montagneuse à l'ouest du massif du Kouakoué.

La plupart des 71 espèces de reptiles endémiques, dont les plus remarquables sont les geckos, se trouvent uniquement en forêt humide. De nombreuses espèces font preuve d'un degré remarquable de micro-endémisme, de sorte qu'un

Tableau V.
Liste des aires protégées des montagnes néo-calédoniennes.

Aire protégée en montagne	UICN	Superficie (ha)	Coordonnées	Date
Réserve spéciale botanique du mont Panié	IV	5 000	20,37°S - 164,47°E	1950
Réserve spéciale de faune de l'Aoupinié		5 400	21,10°S - 165,17°E	1975
Réserve spéciale de faune et de flore de Nodela		935	21,26°S - 165,20°E	1996
Réserve spéciale de faune et de flore du mont Do	IV	300	21,45°S - 165,59°E	1981
Réserve spéciale botanique du pic Ningua		350	21,45°S - 165,08°E	1970
Réserve spéciale botanique du mont Humboldt	IV	3 200	21,53°S - 166,25°E	1950
Réserve spéciale botanique du mont Mou	IV	675	22,04°S - 166,20°E	1970
Réserve naturelle intégrale montagne des Sources	la	5 870	22,07°S - 166,33°E	1950
Réserve spéciale de faune et flore Haute Pourina		4 480	22,30°S - 166,40°E	1995
Réserve spéciale de faune et flore du mont Kouakoué		7 480	21,57°S - 166,32°E	1995

même type d'habitat peut héberger, dans différentes zones du territoire, des associations très différentes de reptiles. Certaines espèces (*Bavayia validiclavis* et *Bavayia sp. nov. Ignambi*) ont leur répartition limitée à la forêt des étendues montagneuses du nord-est, alors que d'autres (telles *Graciliscincus shonea*, *Sigaloseps deplanchei*, *Rhachodactylus sarasinorum* et *Bavayia septuiclavis*) sont trouvées seulement dans la forêt humide à sol ultrabasique du sud (BAUER, SADLIER, 2000).

Protection, statut

Il existe trente réserves terrestres en Nouvelle-Calédonie, toutes situées sur la Grande Terre dont dix en montagne (tableau V). Ainsi s'explique le fait que de nombreuses espèces orophiles aient été classées « LRcd » (espèce rare à faible risque d'extinction, car protégée dans une réserve), selon les critères de l'Union mondiale pour la nature (JAFFRÉ *et al.*, 1998). Cependant, ce classement ne doit pas faire illusion car une seule de ces réserves (le parc provincial de Rivière Bleue) bénéficie d'une gestion continue. Beaucoup d'aires protégées ne bénéficient pas d'une véritable surveillance et certaines ne font l'objet d'aucune protection légale vis-à-vis de la menace causée par d'éventuelles activités minières.

De larges et précieuses étendues de formations de montagne ne bénéficiant d'aucune protection légale subsistent en Nouvelle-Calédonie. Une amélioration considérable du réseau existant de réserves et de la gestion de celles-ci est requise : nécessité d'une meilleure représentativité de la diversité floristique et faunistique, simplification de la classification des aires protégées, meilleur contrôle du feu, etc.

Menaces

La plus grande menace directe semble être la déforestation pour l'exploitation minière. Des zones comme le mont Panié ou le mont Humboldt, bien que situées dans des aires protégées, ne sont pas à l'abri d'une exploitation minière future. Les formations sommitales des massifs miniers de la côte ouest (Boulinda, Koniambo, Kopéto, Mé Maoya, etc.) comme du sud (Poro, Humboldt, etc.) ont déjà été fortement dégradées ou détruites par l'exploitation à ciel ouvert du nickel.

L'exploitation forestière de bois d'œuvre n'est pas une menace directe, sauf peut-être pour quelques sites particuliers (peuplements d'*Agathis lanceolata* du massif de Ni-Kouakoué, en limite supérieure de son aire de distribution). L'agriculture



Vue du mont Krape.
View of Mont Krape.
Photo J.-M. Sarrailh.

n'est pas non plus une menace pour les forêts de montagne de Nouvelle-Calédonie. Compte tenu de la faible pression anthropique et de l'absence de gros mammifères indigènes, le braconnage ne semble pas un danger pressant. La plupart des espèces chassées (cochon, cerf) ont été introduites ou bien (roussette, notou, pigeon vert) ne sont pas véritablement inféodées aux formations végétales d'altitude bien qu'elles puissent y trouver refuge.

L'invasion par des animaux exotiques semble un danger plus sérieux, en particulier pour la faune qui est directement menacée par les chiens errants (le cagou est particulièrement vulnérable) et les rats. Lorsque leur

densité dépasse un certain seuil, mal connu, cerfs et cochons ont aussi un effet destructeur sur la régénération des ligneux. Cependant, leur présence se limite souvent aux altitudes inférieures à 1 000 m. À notre connaissance, il n'y a pas de plantes exotiques invasives dans les formations de montagne néo-calédoniennes (contrairement aux forêts des altitudes inférieures dont les trouées sont souvent envahies par *Lantana camara* sur substrat non ultrabasique).

Les changements climatiques globaux paraissent, par contre, être une menace plus sérieuse pour les forêts de montagne de Nouvelle-Calédonie (et du reste du Pacifique). De par leur écologie très particulière, les formations montagnardes seraient particulièrement vulnérables au réchauffement climatique global. Une augmentation de la température risquerait de créer un relèvement de la hauteur de formation des plafonds nuageux, limitant ainsi l'épaisseur de la zone propice au développement des forêts néphéliophiles. Et ce d'autant plus que les montagnes sont peu élevées en Nouvelle-Calédonie et que ces forêts se développent déjà dans une bande étroite entre 1 200 et 1 500 m.

Un autre phénomène global, représentant un risque réel pour les formations de montagne (et pour la plupart des formes de vie en général), est l'augmentation de la quantité de rayons UV qui atteignent le sol du fait de la réduction de la couche d'ozone. Selon certains auteurs, les forêts à mousses et Hymenophyllaceae sont relativement jeunes et n'existaient pas au pléistocène, car à cette époque les conditions (température et rayonnement UV) n'étaient pas adéquates. L'augmentation des UV dans des zones qui en reçoivent déjà de fortes doses (montagnes de l'hémisphère Sud) peut aussi induire un déclin de certains groupes sensibles (le déclin global des amphibiens est ainsi souvent lié à cette augmentation du rayonnement UV).

Quel futur pour les forêts de montagne de Nouvelle-Calédonie ?

L'exploitation forestière ne s'exerce que sur une faible partie de leur superficie, sans grand projet d'extension. L'exploitation minière – actuelle ou future – est plus préoccupante. De ce fait, on peut regretter que les aires protégées (parcs et réserves) ne représentent pas suffisamment la variabilité floristique des milieux concernés. Au-delà de la protection de quelques espèces menacées, c'est bien évidemment la conservation des écosystèmes qui doit faire l'objet de mesures de protection, non pas simplement sous forme de décrets mais sous forme de véritable gestion de ces réserves.

Il convient aussi de noter que les orophiles strictes sont le plus souvent des espèces très localisées, n'existant que dans des sites peu nombreux et de faible superficie qui, de ce fait, mériteraient des mesures de protection très strictes. Mais elles ne sont pas les seules, car il est probable que les individus « orophiles » des espèces à plus large distribution altitudinale ou édaphique constituent des écotypes particuliers que des études génétiques moléculaires devraient permettre de caractériser.

Le plus grand risque nous semble une modification possible, due au réchauffement climatique global, du délicat équilibre entre climat et rayonnement UV qui crée les conditions nécessaires à l'existence de ces formations végétales fascinantes que sont les forêts tropicales humides de montagne.

Forêt d'altitude à *Araucaria humboldtensis* et *Callitris neocaledonica* du mont Humboldt, à 1 350 m d'altitude.

Montane forest with Araucaria humboldtensis and Callitris neocaledonica on Mount Humboldt, at 1 350 m above sea level.

Photo J.-M. Sarrailh.



Références bibliographiques

- ALDRICH M., BILLINGTON C., EDWARDS M., LAIDLAW R., 1997. A Global Directory of Tropical Montane Cloud Forests. World Conservation Monitoring Center, Royaume-Uni, 268 p.
- ASHBURY C. E., MCDOWELL W. H., TRINIDAD-PIZARRO R., BEERIOS S., 1994. Solute deposition from cloud water to the canopy of a Puerto Rican montane forest. *Atmospheric Environment*, 28 : 1773-1780.
- BARRÉ N., DUDSON G., 2000. Liste commentée des oiseaux de Nouvelle-Calédonie. *Alauda*, 68 (3) : 1-48.
- BAUER A. M., SADLER R. A., 2000. The herpetofauna of New Caledonia. Ithaca, New York, États-Unis, Society for the Study of Amphibians, 310 p.
- BRIJNZEEL L. A., WATERLOO M. J., PROCTOR J., KUITERS T. A., KOTTERINK B., 1993. Hydrological observations in montane rain forests on Gunung Silam, Sabah, Malaysia, with special reference to the « Massenerhebung » effect. *Journal of Ecology*, 81 : 145-167.
- BRIJNZEEL L. A., PROCTOR J., 1995. Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests : what do we really know ? *In* Tropical montane cloud forests. Proceedings of an international symposium. Hamilton L. S., Juvik J. O., Scatena F. N. (éd.). Honolulu, Hawaii, États-Unis, East-West Center, 25-46.
- BRIJNZEEL L. A., VENEKLAAS E. J., 1998. Climatic conditions and tropical montane forest productivity : the fog has not lifted yet. *Ecology*, 79 : 3-7.
- FLENLEY J. R., 1995. Cloud Forest, the Massenerhebung Effect, and Ultraviolet Insolation. *In* Tropical Montane Cloud Forests. Hamilton L. S., Juvik J. O., Scatena F. N. (éd.). New York, États-Unis, Springer-Verlag, Ecological Studies, vol. 110, 94-96.
- GRUBB P. J., 1971. Interpretation of the Massenerhebung effect on tropical mountains. *Nature*, 229 : 44-45.
- HAMILTON L. S., JUVIK J. O., SCATENA F. N. (éd.), 1995. Tropical Montane Cloud Forests. New York, États-Unis, Springer-Verlag, Ecological Studies, vol. 110, 407 p. Re-edition of the book published by the East-West Center (1993).
- JAFFRÉ T., 1980. Étude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiqes en Nouvelle-Calédonie. Paris, France, Orstom, 274 p. (coll. Travaux et Documents, 124).
- JAFFRÉ T., LATHAM M., 1974. Contribution à l'étude des relations sol-végétation sur un massif de roches ultrabasiqes de la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie : le Boulinda. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, série 4, section B, Adansonia, 14 : 311-336.
- JAFFRÉ T., VEILLON J.-M., 1989. Morphology, ecology and distribution of palms in New Caledonia. *In* Palms of the South-West Pacific. Dowe J. L. (éd.). Brisbane, Australie, The Palm and Cycad Societies of Australia, 158-168.
- JAFFRÉ T., BOUCHET P., VEILLON J.-M., 1998. Threatened plants of New Caledonia : Is the system of protected areas adequate ? *Biodiversity and Conservation*, 7 (1) : 36.
- LATHAM M., 1975 a. Les sols d'un massif de roches ultrabasiqes de la côte ouest de Nouvelle-Calédonie : le Boulinda. Généralités. Répartition des sols dans le massif. Les sols à accumulation humifère. *Cahiers Orstom, série Pédologie*, 13 : 27-35.
- LATHAM M., 1975 b. Les sols d'un massif de roches ultrabasiqes en Nouvelle-Calédonie : le Boulinda. Les sols à accumulation ferrugineuse relative. *Cahiers Orstom, série Pédologie*, 13 : 150-172.
- LATHAM M., JAFFRÉ T., 1976. Pluviométrie affectant un massif de la Côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie : le Massif du Boulinda. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Orstom, 6 p. (multigr.).
- MERLIN M. D., JUVIK J. O., 1995. Montane cloud forests in the Tropical Pacific : some aspects of their floristics, biogeography, ecology and conservation. *In* Tropical Montane Cloud Forests. Hamilton L. S., Juvik J. O., Scatena F. N. (éd.). New York, États-Unis, Springer-Verlag, Ecological Studies, vol. 110, 234-253.
- MORAT P., JAFFRÉ T., VEILLON J.-M., MACKEE H. S., 1981. Végétation. Planche 15. *In* Atlas de la Nouvelle-Calédonie. Paris, France, Orstom.
- MUELLER-DOMBOIS D., FOSBERG R. F., 1998. Vegetation of the Tropical Pacific Islands. New York, États-Unis, Springer-Verlag, Ecological Studies, vol. 132, 773 p.
- PENAFIEL S. R., 1995. The Biological and Hydrological Values of the Mossy Forests in the Central Cordillera Mountains, Philippines. *In* Tropical Montane Cloud Forests. Hamilton L. S., Juvik J. O., Scatena F. N. (éd.). New York, États-Unis, Springer-Verlag, Ecological Studies, vol. 110, 266-273.
- PINTAUD J.-C., JAFFRÉ T., VEILLON J.-M., 1999. Conservation status of New Caledonia palms. *Pacific Conservation Biology*, 5 : 9-15.
- PINTAUD J.-C., JAFFRÉ T., PUIG H., 2001. Chorology of New Caledonian palms and possible evidence of pleistocene rain forest refugia. *Comptes rendus Académie des Sciences de Paris, Sciences de la vie/Life Sciences*, 324 : 1-11.
- RICHER DE FORGES B., JAFFRÉ T., CHAZEAU J., 1998. La Nouvelle-Calédonie, vestige du continent de Gondwana. Sauve qui Peut, *Courrier de l'Environnement de l'Institut national pour la recherche agronomique*, 10 (L'espèce dans le monde végétal). Disponible en-ligne, URL : http://www.inra.fr/Internet/Produits/dpe_nv/richies10.htm
- SCHMID M., 1975. La flore et la végétation de la partie méridionale de l'Archipel des Nouvelles-Hébrides. *Phil. Trans. R. Soc. London, B*, 272 : 329-342.
- STADTMULLER T., 1987. Cloud forests in the humid tropics : a bibliographic review. Tokyo, Japon, The United Nations University, Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 81 p.
- VIROT R., 1956. La végétation canaque. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, série B, Botanique, 7 : 1-398.

Synopsis

MONTANE FORESTS IN NEW CALEDONIA

Robert NASI,
Tanguy JAFFRÉ,
Jean-Michel SARRAILH

The United Nations has declared 2002 as the International Year of Mountains to increase international awareness of the global importance of mountain ecosystems. At global level, research on tropical montane forests began in the 1990s with a series of synoptic publications and international seminars (New York, Amsterdam).

Strictly speaking, New Caledonia has no real montane forests since its highest mountains are below the conventional 2 000 m limit. However, because of specific eco-climatic conditions, tropical montane forests do occur in New Caledonia. These ecosystems are characterised by a high level of endemism and are of great value for conservation.

Ecology

In New Caledonia, montane forests flourish above 900 m but can be found as low as 500 m. Their existence is directly linked to the Massenerhebung effect, which is characterised by the presence on isolated or island mountains of dense, continuous cloud cover at elevations below those of large or continental mountain ranges. This phenomenon seems to be linked to an accentuated temperature gradient that lowers the average elevation of cloud cover formation.

New Caledonian mountains receive more rainfall than lowlands and are frequently covered in fog or cloud. The presence of fog has various effects on ecosystems. Fog provides extra hydrological input ("horizontal" or "occult" precipitation) which may amount to several hundred millimetres of water per year, depending on cloud characteristics, wind speed and vegetation structure. Fog also contributes distinct types of chemical input, since cloud droplets generally have higher acid and nutrient concentrations than rain. Finally, fog can reduce irradiance by 10-50% compared to levels in sunny conditions.

New Caledonian montane forests exist on both ultrabasic soils (poor in silica) and acidic soils (rich in silica). Although the general physiognomy of the forests is similar on both substrates, there are important differences in their flora as well as specific structural features linked to each substrate.

Montane vegetation

Two main types of tropical montane forests can be found on ultra-alkaline soils, depending on soil characteristics. Ferralitic soils support dense mixed forests with abundant gymnosperms and *Myrtaceae*. Vegetation is very dense and mostly ligneous. The canopy, rising to 8-15 m, is often dominated by emergent gymnosperms (*Araucariaceae* and *Podocarpaceae*). These forests are home to very distinctive species belonging to endemic genera or families. Having been severely degraded by open-cast mining in the past, most only exist nowadays as relict fragments. Locally, the forest has been replaced by low-growing vegetation (maquis), which is not a degraded form but true climatic vegetation. Organic rankers above 1 200 m are covered in moss forest characterised by an abundance of bryophytes, lichens and ferns covering the trunks and stilt-roots of trees belonging to the genus *Metrosideros*.

Montane forests on acidic soils are found only on the north-eastern range. Between 900 and 1 200 m, forests are structurally similar to those on ultra-alkaline ferralitic soils, rich in *Cunoniaceae* and *Lauraceae* and characterised by an abundance of palm trees. Above 1 200 m, the canopy is dominated by gymnosperms (*Araucariaceae*) and very rich in small *Metrosideros* in the understorey.

Conservation value and status

Montane forests play an important role by regulating hydrological regimes and reducing erosion. Moss forests in particular fix water from clouds that would otherwise be "lost". Abundant mosses and ferns store moisture and release it during dry periods.

They are also ecological refuge areas for flora and fauna. With an abundance of endemic plant species, they remain the only safe place for animals that are threatened by disturbance in forests at lower

elevations. The montane flora is characterised by its richness in species belonging to the genera *Cunonia* and *Metrosideros*, in Gymnosperms (33 out of the 43 New Caledonian gymnosperms are found in montane forests), in palms (13 out of 37 species) and in tree ferns. The fauna is not very well known, but rich in endemic reptiles (geckos), birds (especially the cagou, an endemic flightless bird which has been taken as the emblem of the Territory) and invertebrates.

Of the 30 existing protected areas, 10 are located in mountains. Most species, therefore, seem only marginally threatened and montane forests are, in theory, among the best-protected ecosystems in New Caledonia. However, few reserves are properly managed and several are potentially threatened by mining activities. There is a need to review the network of protected areas to fill gaps by adding new reserves, and to improve the management of existing ones.

Threats

The main threat seems to be mining, as some of the protected areas could be opened up to mining under existing legislation. As mentioned earlier, in the past mining was the main cause of destruction of montane forests on ultra-alkaline soils. Logging *per se* does not seem to be a real threat, as, generally speaking, these forests have little economic value except for some very specific populations of *Agathis*. Agriculture is absent and the low population density does not encourage people to climb high to plant crops. Hunting remains marginal and focused on large introduced mammals (deer and feral pigs), although some large birds may be threatened. Invasive alien species can be a serious threat. Feral dogs and cats destroy birdlife and if densities are too high, deer and feral pigs hinder forest regeneration. Climate change could also be a threat, as global warming could destroy the delicate balance that sustains the ecological conditions allowing montane forests to survive.