



RECONSTITUTION D'UNE COUVERTURE FORESTIERE ENDEMIQUE DANS LE MASSIF DU SUD DE NOUVELLE-CALEDONIE



Compilation et premières
analyses de données passées et de
nouveaux relevés

Stage réalisé au sein de l'entreprise industrielle minière
Vale Nouvelle-Calédonie entre le 8 mars et la 23 juillet
2010, sous la tutelle de Thomas Le Borgne, Ingénieur en
botanique.



Vale Nouvelle-Calédonie, Immeuble Malawi
52 avenue Foch
B.P. 218 – 98845 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie

Ecouter la forêt qui pousse plutôt que l'arbre qui tombe.

Friedrich Hegel



SOMMAIRE

INTRODUCTION ET CONTEXTE	1
1. Origine et objectifs du projet.....	1
2. Cadre général : La Nouvelle-Calédonie, archipel au milieu du Pacifique.....	1
3. Région à l'étude : Le Grand Massif du Sud	2
a. Rôle majeur des roches ultramafiques.....	3
b. Climat dans le Grand Massif du Sud	3
c. Caractéristique de la forêt dense humide.....	4
d. Causes et conséquences de la fragmentation de la forêt dense humide.....	5
4. Définitions, principes et état actuel des connaissances sur la restauration forestière.....	7
MATERIEL ET METHODE	10
1. Méthode générale.....	10
2. Choix des espèces.....	10
3. Compilation de données : autoécologie, phénologie et répartition géographique.....	10
a. Recherche bibliographique.....	10
b. Observation d'échantillons d'herbiers.....	12
4. Etude de la structure diamétrique et de la régénération des peuplements en zone accessible ...	12
a. Etude pilote.....	12
b. Zones d'étude	12
c. Protocole de terrain	13
d. Données de terrain.....	14
5. Analyse de l'ensemble des données.....	16
a. Période de floraison et de fructification.....	16
b. Répartition géographique	16
6. Analyse statistique	17
a. Comparaison des facteurs mesurés entre les deux habitats prospectés.....	17
b. Analyse de la structures diamétrique et de la régénération de chaque peuplement	17
c. Les facteurs influençant la germination et la croissance des plantules.....	18
d. Création de posters de sensibilisation.....	19

RESULTATS	20
1. Compilation des données recueillies sur les espèces	20
a. Données biologiques, autoécologiques et économique.....	20
b. Etude des périodes de floraison et de fructification.....	22
c. Analyse de la répartition géographique	24
2. Structure diamétrique des peuplements et régénération.....	24
a. Facteurs différenciant les forêts denses humides des maquis pré-forestiers.....	24
b. Analyse et comparaison des structures diamétriques spécifiques et des taux de régénération entre les peuplements.....	26
c. Etude des facteurs influençant la germination et la croissance des plantules.....	34
d. Poster de Sensibilisation	35
 DISCUSSION ET PERSPECTIVES	 36
1. Validité des données d'herbier.....	36
2. Zones de prospection sélectionnées suite à l'étude pilote.....	36
3. Phénologie des espèces forestières en zone tropicale et en Nouvelle-Calédonie.....	36
4. Structure diamétrique et régénération spécifiques : quelles zones de récoltes ?.....	37

Compte tenu d'un vocabulaire parfois spécifique à la Nouvelle-Calédonie un **glossaire** est disponible à la fin du rapport. Certains mots relatifs au programme de restauration forestière sont aussi définis. Les mots présents dans ce glossaire sont signalés par « * » au cours du rapport

De même, compte tenu du fait que cette étude constitue une étude préliminaire à un projet sur le long terme, un **annuaire** des personnes ressources rencontrées ou contactées est présenté en fin de rapport. Cet annuaire pourra être consulté par les futures personnes en charge du programme.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Stéphane McCoy pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de son équipe "Préservation de l'Environnement" et Thomas Le Borgne, mon maître de stage, pour son encadrement et ses conseils. Un merci tout particulier à Jean-Pierre Poigoune, technicien botanique, pour sa motivation, son soutien et son aide sur le terrain ainsi que pour le souvenir inoubliable du Sud de la Nouvelle-Calédonie qu'il m'a offert.

Je remercie aussi Manina Tehei (Ingénieur conservation Faune) pour son aide au sujet des analyses statistiques et ses précieux conseils pour la rédaction du rapport. Je remercie également Mickaella Bouquet et Edouard Landao (Service des Ressources Minières) pour leur aide et leurs conseils de traitements statistiques de mes données.

Je remercie l'ensemble de l'équipe: Olivier Ruiz, Tony Seremele, Gabriel Tauotaha, Max Atinoua, Davina Naaoutchoue, Miguel Homou, Jerry Wede, Audrey Sarijoen et Zoé Foullonneau pour leur bonne humeur toujours au rendez-vous et leur agréable compagnie.

Je remercie également Fabrice Wacalie et Channel Atti pour m'avoir permis de travailler, dans le temps qui m'était imparti, avec les populations de Yaté, et Léon Atti et sa famille pour leur accueil et leur aide dans la prospection de leur forêt à Touaourou.

Je remercie Laurent L'Huillier, directeur adjoint de l'IAC pour ses conseils et sa disponibilité, Richard Gallois et Gildas Gateblé pour m'avoir accueillie au sein des locaux de l'IAC de Saint Louis plusieurs fois pour réaliser des statistiques.

Je remercie Jacqueline Tinel, responsable de l'herbier de l'IRD de Nouméa pour sa gentillesse et Tanguy Jaffré pour avoir répondu à mes questions pendant ses vacances.

Je remercie Hubert De Foresta, chercheur à l'AMAP de Montpellier pour avoir répondu à ma demande quant à la validation ou non de mon protocole de terrain et pour ses conseils de pistes de recherche.

Je remercie bien sûr ma grande sœur, Hélène, qui m'a accueillie en Nouvelle-Calédonie et m'a soutenue tout au long de mon stage ainsi que ma famille pour m'avoir donnée les moyens de faire des études et permis de faire mon stage sur le territoire désiré.

INTRODUCTION ET CONTEXTE

1. Origine et objectifs du projet

Vale Nouvelle-Calédonie (VNC) est l'entreprise responsable de l'exploitation commerciale du gisement de nickel-cobalt du plateau de Goro [ANNEXE 1]. Cette entreprise est consciente de ses responsabilités sur le plan de la protection de l'environnement et s'est engagée à tout mettre en œuvre pour minimiser sinon éviter l'impact environnemental de son projet. Elle développe notamment des programmes de restauration des sites affectés. Des programmes de recherche sur la **sauvegarde de la biodiversité** sont également mis en place dans le cadre de mesures compensatoires, où VNC initie des projets sans que soit nécessairement lié l'impact direct du projet minier. En 2009, une convention nommée « **Plan de sauvegarde de la Biodiversité** » a été établie entre VNC et la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie. Dans le cadre de cette convention il est notamment prévu de mettre en place dès 2010 une étude sur la **reconstitution de la couverture forestière des zones de maquis** dans le Grand Massif du Sud. Par des plantations d'espèces forestières cicatricielles* endémiques dans le maquis, l'objectif est de générer à moyen terme une canopée forestière qui permettra à long terme de créer des conditions favorables à l'extension des forêts primaires existantes. L'étude est conduite par VNC en collaboration avec l'Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC) [ANNEXE 2].

2. Cadre général : La Nouvelle-Calédonie, archipel au milieu du Pacifique

L'archipel néo-calédonien s'étend dans l'Océan Pacifique à environ 1500 km à l'est de l'Australie [Carte 1]. L'île principale appelée Grande Terre a une superficie de 18 575 5 km², elle est divisée en deux provinces : La Province Nord et La Province Sud. Très isolé géographiquement et soumis au courant des alizés, l'archipel bénéficie d'un climat relativement tempéré, que l'on peut qualifier de "tropical océanique".



Carte 1: La Nouvelle-Calédonie, archipel au milieu du Pacifique (B. Berger)

L'année est rythmée par deux saisons principales (saison chaude et humide et saison fraîche), séparées par deux intersaisons [Tableau 1].

Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août
Saison sèche			Saison chaude et humide, dite « saison des Cyclones »				Saison de transition		Saison fraîche		

Tableau 1 : Les saisons en Nouvelle-Calédonie

La diversité spécifique néocalédonienne animale et végétale est exceptionnellement élevée, très souvent largement supérieure à celle observée dans les écosystèmes continentaux [63]. L'originalité de la flore de l'île est remarquable : 2423 espèces de la flore des plantes vasculaires y sont confinées, ce qui correspond à un taux d'endémisme spécifique d'environ 74,3 % [38]. Cette haute valeur de biodiversité est reconnue au niveau mondial puisque l'archipel est classé parmi les principaux « Hotspots de Biodiversité »* [52].

3. Région à l'étude : Le Grand Massif du Sud

La région à l'étude est le **Grand Massif du Sud de Nouvelle-Calédonie** [Carte 2], dans la Province Sud. Cette région a pour particularité et pour identité son sol, son climat -avec une pluviométrie importante et supérieure au reste du territoire-.



Carte 2: Le Sud de la Nouvelle-Calédonie (geoportail.fr)

Les terrains miniers de Nouvelle-Calédonie occupent 5500 km², soit près du tiers de l'île [34]. Le Grand Massif du Sud est le massif de roches ultramafiques* le plus imposant de la Grande Terre (3015 km²). A lui seul, il occupe 43% de la surface de la Province Sud [30]. C'est ce massif qui est exploité par VNC [Photo 1].



Photo 1: Usine de Vale Nouvelle-Calédonie en 2009

a. Rôle majeur des roches ultramafiques

Les **roches ultramafiques** sont constituées de silicates de magnésium renfermant du fer et des traces de nickel, cobalt, manganèse, sources de la richesse minière du territoire [35, 63]. Les sols de ce massif sont particulièrement enrichis en métaux lourds (Ni, Mn, Co¹) et très pauvres en éléments majeurs (P, K, N, Ca¹). La présence de ces métaux en forte concentration, présentant pour la plupart un caractère toxique, a constitué une contrainte environnementale forte pour les végétaux enracinés dans ces sols, favorisant une spéciation active par radiation adaptative de groupes pré-adaptés à ces conditions [50]. Les 2200 espèces de végétaux qui y sont actuellement recensées comprennent 80% d'endémiques ; 35% de ces dernières sont présentes uniquement sur ce milieu [63]. Ainsi, la Nouvelle-Calédonie est reconnue comme un des principaux « **World's metallophytes hotspots** » [79].

b. Climat dans le Grand Massif du Sud

Dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, la pluviométrie moyenne annuelle comprise entre **1700 et 4000 mm** a favorisé la mise en place d'un réseau hydrographique particulièrement bien développé [51]. Les précipitations dans cette zone sont en moyenne 2,5 fois supérieures à celles observées sur Nouméa avec des maximales observées en mars. Les températures dans le sud oscillent au cours de l'année entre **18°C** (juillet-août) et **26°C** (janvier-février). Le rayonnement solaire (en joules/cm²) oscille entre 39610 en juillet et 77647 en décembre. Il est **inférieur de 20%** en moyenne à celui observé à Nouméa [A].

¹ Ni : Nickel ; Mn : Manganèse ; Co : Cobalt ; P : Phosphore ; K : Potassium ; N : Azote ; Ca : Calcium

c. Caractéristique de la forêt dense humide

De tous les écosystèmes calédoniens, la **forêt dense humide** [Photo 2] contient la flore indigène la plus riche, à tous les échelons taxonomiques avec 2011 espèces de plantes vasculaires. Cette formation végétale est la seconde au niveau du taux d'endémicité (82,5 %), derrière le maquis (88,8 %) [38]. On la retrouve sur sol acide, calcaire et ultramafique.

Avant l'arrivée de l'Homme, vers 1100 avant J.C., la forêt couvrait les trois quarts de la superficie de l'île [69]. Aujourd'hui, elle recouvre moins de 20% du territoire néo-calédonien dont 30 % localisés sur sols ultramafiques (1200 km²) [36, 37]. Dans le Grand massif du Sud, la forêt dense humide se présente aujourd'hui uniquement sous la forme de petits lambeaux relictuels dispersés le long des flancs de colline, près des cours d'eau, sur de fortes pentes et dans le fond des talwegs* [3, 38, 51].

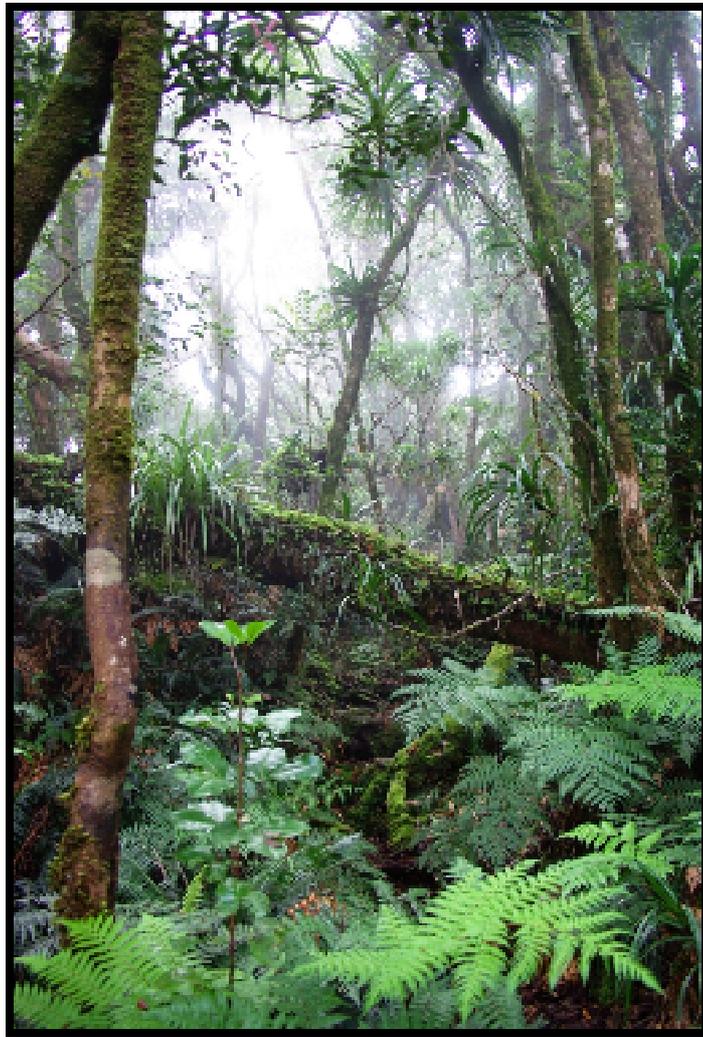


Photo 2: Forêt dense humide du Mont Mou (A. Legoff)

La flore des forêts sur roches ultramafiques a des taux d'endémisme plus élevés à tous les niveaux taxonomiques que celles des forêts sur roches acides ou calcaires [39], elle contribue donc largement à la richesse et à la particularité de la flore du territoire. Ces forêts contiennent des espèces très rares, en danger d'extinction, tant au niveau de la flore [39] que de la faune [18]. Il est notamment admis qu'aucune région au monde d'une si petite superficie ne possède une flore de conifères aussi riche et aussi diversifiée [36].



Photo 3: *Ducula goliath* (Notou) (dumbea.net)

La pérennité d'une fraction non négligeable des conifères de la planète (plus de 7%) dépend donc de la **gestion environnementale** des écosystèmes des terrains miniers de Nouvelle-Calédonie [39, 76]. En ce qui concerne la faune, les massifs forestiers sur terrain minier servent de zones refuges, de lieux de reproduction, et de noyaux de dispersion pour certaines espèces d'oiseaux. Ils ont probablement un rôle majeur dans le maintien de métapopulations du Grand Sud en étant des corridors de circulation pour des oiseaux comme le Notou (*Ducula goliath*) [Photo 3], oiseau endémique à forte valeur culturelle et patrimoniale [18].

Les formations pré-forestières, présentant des taxons forestiers dans leurs cortèges floristiques, ont également un rôle important dans la conservation des forêts denses humides car elles constituent le potentiel d'expansion des forêts actuelles et les forêts futures [40, 51].

d. Causes et conséquences de la fragmentation de la forêt dense humide

La fragmentation des habitats est une cause importante de perte de biodiversité globale [20, 45], notamment lorsque les espèces affectées ont des aires de répartition et des effectifs de population réduits [8, 57]. Les forêts denses humides du Grand Sud entrent dans cette catégorie et sont soumises à plusieurs menaces [Photo 4].



Photo 4: Fragments de Forêt dense humide séparés par du maquis pré forestier au niveau du Pic du Grand Kaori (N. Udo)

Tout d'abord, les **incendies** [Photo 5 et photo 6] détruisent chaque année des centaines d'hectares de forêt [42], réduisant le couvert forestier initial de 80 à 90% selon les massifs, au profit de maquis et de forêts secondaires [39, 48]. Ils constituent la menace la plus importante pour la préservation de la forêt dense humide [30].



Photo 5: Incendie dans la chaîne (Conservatoire botanique de Nouvelle-Calédonie)

L'**exploitation minière** moderne [Photo 7], depuis sa mécanisation dans les années 50, a provoqué la destruction du couvert végétal par des décapages, des ouvertures de pistes et des déversements de déblais sur les pentes des massifs et dans les talwegs, où subsistent précisément les lambeaux de forêts [39].



Photo 6: Incendie dans le maquis (Conservatoire botanique de Nouvelle-Calédonie)

Enfin, l'**exploitation forestière**, qui au cours du siècle précédent a contribué à appauvrir les populations de plusieurs espèces de conifères [39] et de feuillus [27], ce sont les forêts du Sud qui ont fourni la plus grande partie de la production forestière de la Nouvelle-Calédonie [29].



Photo 7: Mine de Vale Nouvelle-Calédonie en 2007 (Photos Vale)

De nombreuses études [32, 39, 53, 66, 81] ont montré le dépérissement des espèces réparties en petites populations isolées par la perte de diversité génétique et la dépression de consanguinité. De plus, l'érosion de la variation génétique conduit à diminuer le potentiel adaptatif des espèces en cas de modification du milieu pouvant entraîner à court terme l'extinction d'un peuplement, et à long terme d'une espèce [80]. En 2009, la précarité de nombreuses espèces de la forêt dense humide néocalédonienne a été mise en évidence suite à l'étude de la distribution et de la réduction des populations de Conifères [39].

4. Définitions, principes et état actuel des connaissances sur la restauration forestière

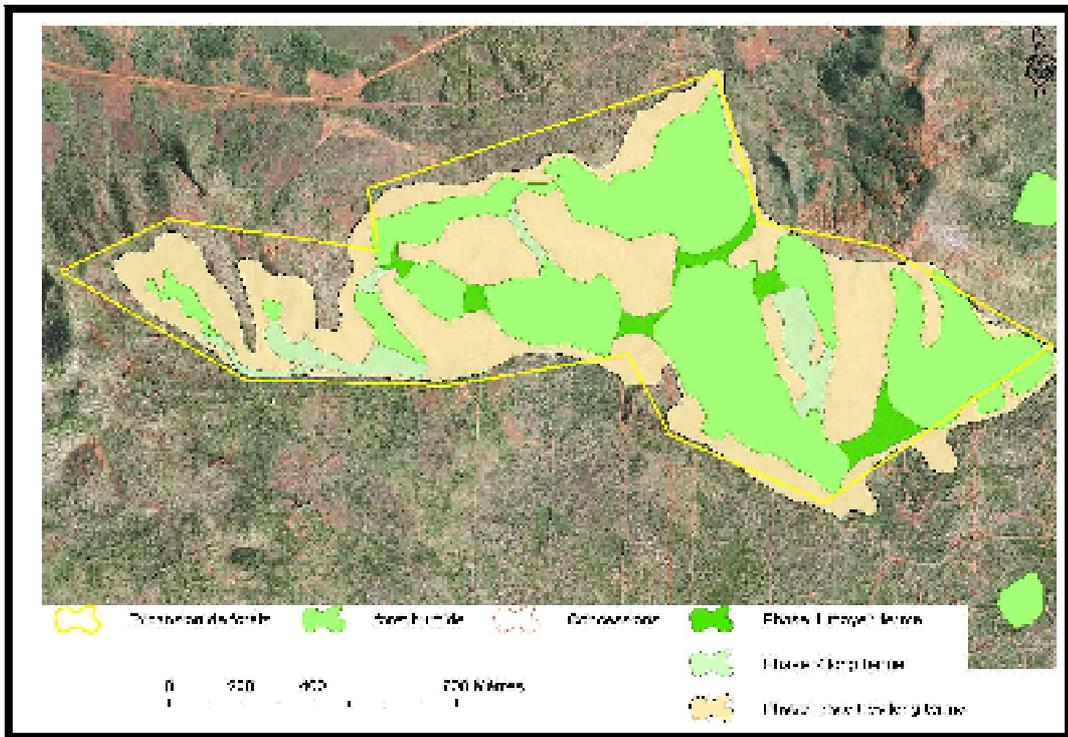
Pour contrecarrer l'effet d'isolement de certaines populations forestières et ainsi prévenir des risques d'extinction, il convient de conduire des opérations de restauration visant à connecter et reconstituer des zones forestières de taille viable à long terme et des habitats pour les espèces rares et menacées [23, 24, 25, 73, 82], en d'autres termes des **corridors forestiers** [26]. Ces opérations rendraient possible un brassage génétique naturel, une dispersion plus optimale des graines et donc un meilleur état génétique des populations [64, 77]. Elles seraient également bénéfiques pour la protection de l'avifaune néocalédonienne [18] et celle d'autres groupes zoologiques.

La reconstitution forestière consiste à planter des individus d'espèces forestières dans des zones dégradées. Les espèces sélectionnées doivent répondre à des critères spécifiques, selon l'objectif du projet (sylviculture, conservation de la biodiversité).

Afin d'éviter des confusions, il est important de distinguer la reforestation de la restauration forestière. La **reforestation** consiste à re-créeer une couverture forestière, peu importe la constitution spécifique [55]. A l'inverse, la **restauration forestière** a pour objectif le ré-établissement de l'intégrité de l'écosystème forestier, au plus près de l'originel [23, 24].

A l'instar du programme de recherche **FORRU** (Forest Restoration Research Unit) basé en Thaïlande [4], VNC initie le projet de restauration forestière entre des lambeaux de forêts de la Kué Nord où de premiers tests de plantations dans le maquis pré-forestier de piedmont seront réalisés d'ici à cinq ans [Carte 3].

La « Framework species method » [25] [Figure 1], développée dans les années 80 en Australie [31,43], est la méthode sélectionnée pour répondre aux objectifs de restauration fixés dans cette étude. En effet, elle combine divers aspects écologiques essentiels : utilisation **d'espèces indigènes**, respect du processus de **succession naturelle** (accéléré par la plantation d'espèces du climax), optimisation de la restauration dans le temps (prise en compte des phénomènes de dispersion des graines). Cette méthode a été éprouvée par plusieurs études [24, 72].



Carte 3: Projet de Restauration de la Kué Nord en 3 phases principales (T. Le Borgne)

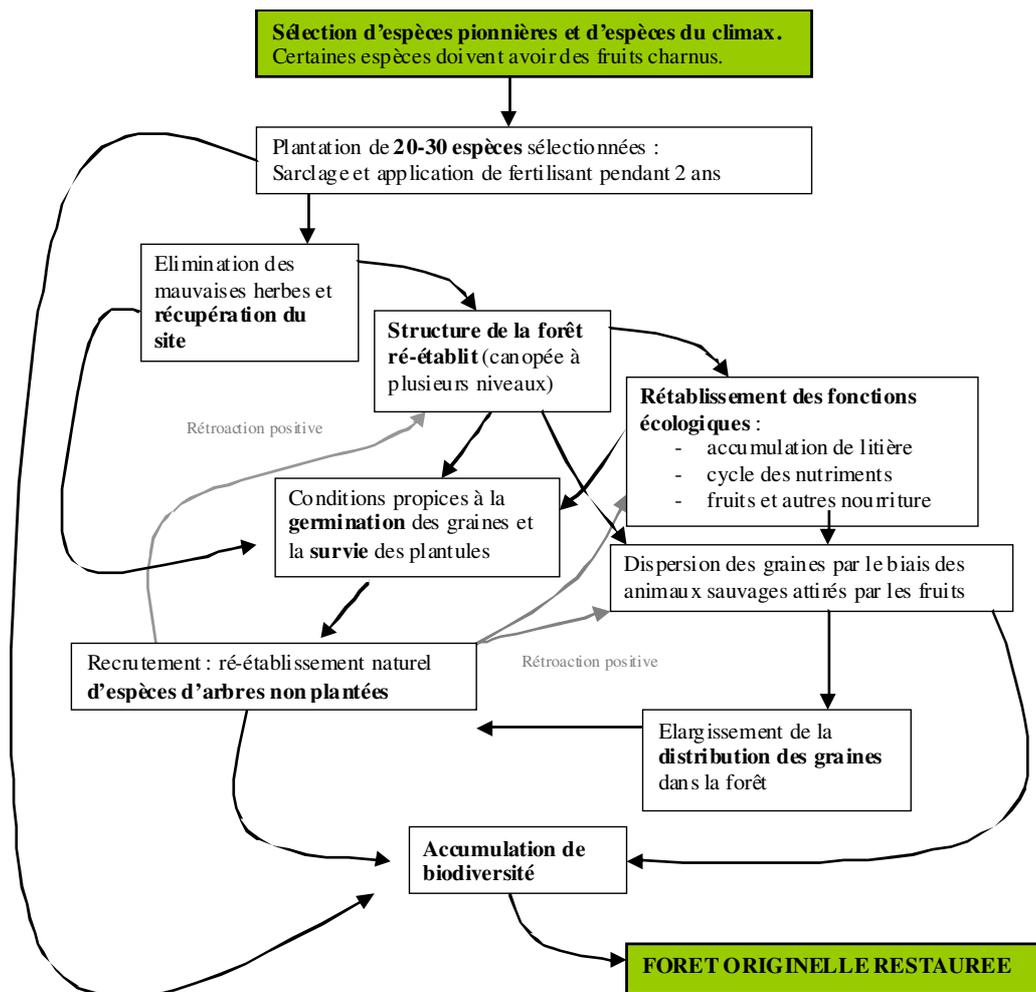


Figure1: Détail du principe de la "Framework species method" d'après Elliott et al. en 2004 [24]

De plus, certaines espèces utilisées pour la construction de cases kanak traditionnelles ont été sélectionnées afin d'impliquer les populations locales dans le projet. En effet, l'intégration et la compréhension d'un tel programme de restauration par les communautés locales sont indispensables pour la bonne conduite du projet, notamment lorsqu'entre en jeu leur mode de vie (coupe de bois, construction, chasse, culture sur brûlis, etc.) [49].

Par ailleurs, en vue de la restauration pour la conservation de la biodiversité, il est primordial de varier les localités de récolte de graines par espèces afin de maintenir une diversité génétique intra-spécifique [59]. Un minimum de 15-25 individus récoltés est également préconisé pour la conservation *in-situ*, provenant de divers peuplements [4, 20, 74]. En prime abord d'un tel projet, certaines données essentielles sont à recueillir : la **répartition de l'espèce** et la **localisation de sites accessibles** pour les récoltes de graines, la **phénologie des espèces** (les dates de floraison et surtout de fructification) [21, 68], la **biologie de l'espèce** (monoïque/dioïque, mode de reproduction, fréquences des reproductions) et enfin, leur **écologie** (habitat, substrat, interactions, répartition, régénération).

L'étude conduite ici, étude préliminaire au projet de restauration des lambeaux de forêts denses humides du Massif du Grand Sud, s'attèlera à apporter des informations quant à chaque aspect brièvement présenté ci-dessus. L'objectif est d'apporter des pistes de travail et de recherche pour la suite du programme, notamment au niveau du planning de récolte d'espèces supposées cicatricielles (localité et période de récolte, suivi des peuplements, nécessité ou pas d'un planning propre à chaque espèce). L'autre objectif est de faire ressortir des paramètres édaphiques et climatiques lié à la régénération, afin d'optimiser les productions en pépinière et la réussite des plantations dans la zone de restauration.

MATERIEL ET METHODE

1. Méthode générale

Les objectifs de la présente étude ont été réalisés en plusieurs étapes. Après avoir participé au choix des espèces étudiées, il a été nécessaire de commencer par la recherche bibliographique et la compilation d'informations (biologie, autoécologie, utilisation économique). Une phase de terrain a suivi, couvrant une superficie potentielle de récolte supérieure à 40 Ha, afin d'étudier la structure diamétrique et la régénération de plusieurs peuplements. La dernière étape de l'étude a été l'analyse par plusieurs méthodes (cartographie, statistique) de l'ensemble des données collectées. En parallèle, un travail de sensibilisation a été mené auprès de la population locale via la réalisation d'un poster.

2. Choix des espèces

Pour l'étude de restauration forestière, un total de 43 espèces réparties en 22 familles [Tableau 2] a été sélectionné par S. McCoy (Docteur en botanique) et T. Le Borgne (Ingénieur en botanique). Ce choix a été guidé par des critères de sélection [ANNEXE 3] basé sur des résultats de recherches [40, 48, 62], des documents et ouvrages de conseils et de méthodes sur la restauration forestière [24] et des observations de terrain. La présente étude concerne un échantillon de 14 espèces répondant le mieux aux critères précédents. De plus, les botanistes de la pépinière de VNC possèdent des connaissances plus développées sur certaines de ces espèces dont des essais de germination et de bouturage en pépinière [75].

3. Compilation de données : autoécologie, phénologie et répartition géographique

a. Recherche bibliographique

La recherche d'informations biologiques, autoécologiques et économiques disponibles pour les espèces forestières étudiées a été effectuée à partir de différents ouvrages édités par l'IRD et le CIRAD, dans des articles scientifiques et des rapports sur la flore et les groupements végétaux des terrains miniers du territoire [11, 12, 14, 27, 47, 51, 58, 61, 62, 67]. Elle a reposé aussi très largement sur la compilation des informations contenues dans *La Flore de Nouvelle-Calédonie et Dépendances* [1, 7, 16, 17]. Divers entretiens avec des professionnels de la flore et de la production végétale néocalédonienne (S. McCoy, G. Gateblé, L. L'huillier, T. Seremele, T. Le Borgne) ont également permis d'apporter de nombreuses informations fondamentales.

Famille	Espèce
<u>Apocynaceae</u>	<u>Cerberiopsis candelabra</u>
Aquifoliaceae	<i>Ilex sebertii</i>
Araliaceae	<i>Myodocarpus lanceolatus</i> et <i>Myodocarpus fraxinifolius</i>
Araliaceae	<i>Polyscias dioica</i>
Araucariaceae	<i>Araucaria bernieri</i> et <i>Araucaria biramulata</i>
Bignoniaceae	<i>Deplanchea speciosa</i>
Burseraceae	<i>Canarium oleiferum</i>
Caesalpiniaceae	<i>Instia bijuga</i>
Casuarinaceae	<i>Gymnostoma poissoniana</i>
Cunoniaceae	<u>Codia spatulata</u> et <u>Codia jaffrei</u>
Cunoniaceae	<i>Geissois racemosa</i> et <i>Geissois hirsuta</i>
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus angustifolius</i>
Euphorbiaceae	<i>Neoguilauminia cleopatra</i>
Euphorbiaceae	<i>Macaranga alchorneoides</i>
<u>Fagaceae</u>	<u>Nothofagus aequilateralis</u>
<u>Flindersiaceae</u>	<u>Flindersia fourneri</u>
Clusiaceae	<i>Garcinia balansae</i> et <i>Garcinia neglecta</i>
Clusiaceae	<i>Calophyllum caledonicum</i>
Hernandiaceae	<i>Hernandia cordigera</i>
Icacinaceae	<i>Apodytes clusiifolia</i>
Labiataeae	<i>Vitex sp</i>
Malvaceae	<i>Maxwellia lepidota</i>
Mimosaceae	<i>Archidendropsis granulosa</i>
Mimosaceae	<i>Serianthes calycina</i> et <i>Serianthes sachettae</i>
<u>Myrtaceae</u>	<u>Syzygium wagapense</u> , <u>Syzygium macranthum</u> et <u>Syzygium frutescens</u>
Myrtaceae	<i>Pleurocalyptus pancheri</i>
Myrtaceae	<i>Piliocalyx laurifolia</i>
Myrtaceae	<i>Carpolepis laurifolia</i>
Myrtaceae	<i>Xanthostemon multiflorus</i>
Sapotaceae	<i>Planchonella sphaerocarpa</i> , <i>Planchonella endlicheri</i> , <i>Planchonella wakere</i> et <i>Planchonella thiensis</i>
Sapotaceae	<i>Manilkara dissecta</i> var <i>pancheri</i>
Stemonuraceae	<i>Gastrolepis austrocaledonica</i>

Tableau 2 : Liste des espèces forestières à caractère potentiellement cicatriciel choisies pour l'étude de restauration forestière. Les espèces en bleu correspondent aux espèces de la liste prioritaire, leur phénologie et leur aire de répartition sont étudiées dans la présente étude. Les espèces en bleu et soulignées ont également été sujettes à l'étude de la dynamique des peuplements.

b. Observation d'échantillons d'herbiers

Pour chaque espèce, la totalité des échantillons de l'herbier du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris [D], de l'herbier de Zurich [B, C], de l'herbier du Missouri Botanical Garden [E], et en partie ceux de Nouméa² ont été consultés et répertoriés. Les informations collectées sont le nom et le numéro du botaniste, la date et le stade phénologique de l'échantillon, la localité, ainsi que l'habitat et le substrat lorsque ceux-ci sont indiqués.

4. Etude de la structure diamétrique et de la régénération des peuplements en zone accessible

Objectifs: Localiser des zones de récoltes et connaître les facteurs édaphiques et climatiques favorables à la germination et croissance des plantules

a. Etude pilote

Elle a permis de sélectionner sur une surface de 40 ha les zones d'étude à partir de plusieurs critères: l'accessibilité³, la présence d'espèces d'intérêt, le nombre d'individus, le potentiel régénératif. Pour chaque espèce, trois sites présentant un peuplement important ont été sélectionnés en collaboration avec S. McCoy, T. Le Borgne, et J-P. Poigoune. Le choix de trois peuplements par espèces est dicté par l'étude de Blakesley [5]. Ces études ont également mis en évidence le temps à passer sur chaque zone, pour chaque espèce.

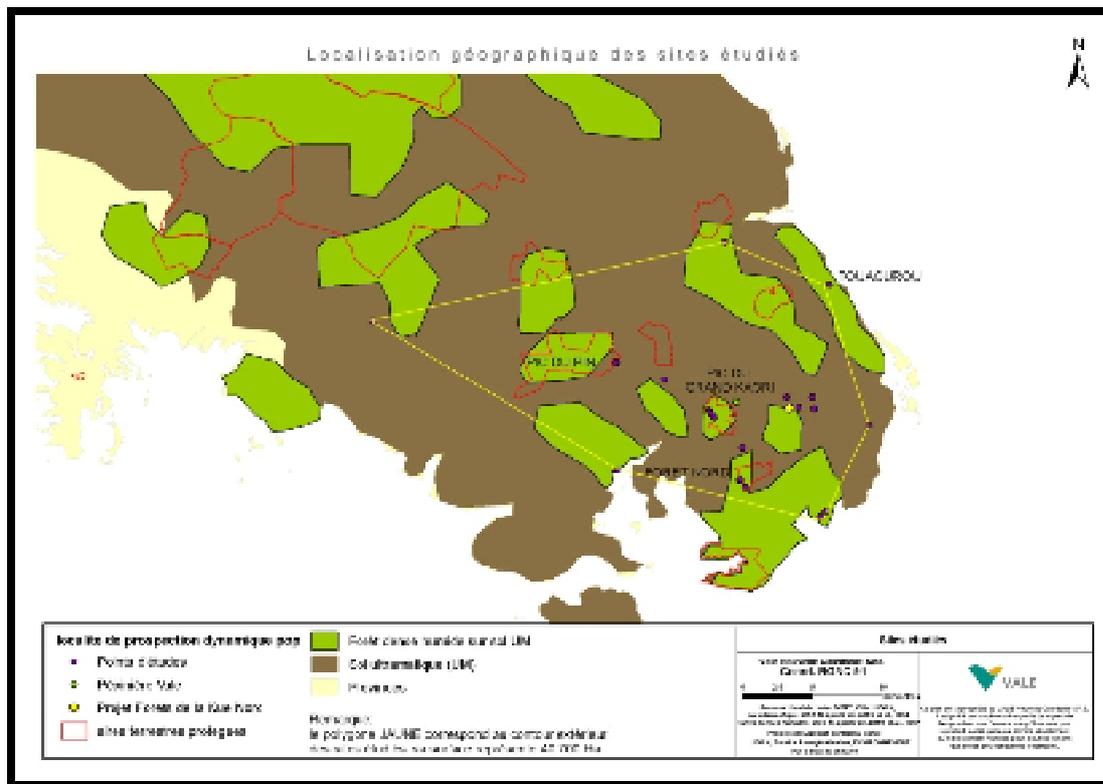
b. Zones d'étude

Les zones d'étude [Carte 4] sont toutes incluses dans le **Grand Massif péridotique du Sud de la Grande Terre**. Il s'agit de fragments de forêts denses humides de basse et moyenne altitude ou de maquis pré-forestier généralement impactés par l'exploitation forestière et/ou les incendies [51]. Certaines zones sont des **réserves spéciales botaniques** (Forêt Nord, Pic du Pin, Pic du Grand Kaori), d'autres des forêts sans statut de protection mais n'étant pas vouées à être décapées dans le cadre du projet minier. D'autre encore sont situées sur des terres coutumières* de Touaourou (Yaté). Cette phase du projet s'intègre dans le « **Pacte pour un Développement Durable du Grand Sud** », signé entre VNC et les

² L'herbier de Nouméa (IRD) possède une base informatisée de l'ensemble de ses échantillons. Une extraction a été demandée au responsable mais notre demande n'a pas abouti. Pour des raisons de temps, il ne nous a pas été possible de consulter l'ensemble des échantillons de toutes les espèces étudiées. Notre effort a été concentré sur les espèces pour lesquelles nous n'avons aucune information dans les autres herbiers, informatisés et en libre accès sur internet.

³ L'accessibilité des stations en toute période de l'année est indispensable pour considérer le suivi potentiel et des récoltes au niveau de ces zones, et ce sur plusieurs années.

habitants de Yaté, en valorisant le travail, le développement local, la coordination et la transparence de VNC.



Carte 4 : Localisation géographique des sites d'étude et de la zone concernée par le projet de restauration forestière (Kué Nord)

c. Protocole de terrain

Suite à l'étude pilote, le protocole a été établi par moi-même, sous les conseils de T. Le Borgne, et avec l'approbation de H. De Foresta. Pour des raisons de temps et de contraintes de terrain, les zones occupées par les peuplements ne peuvent être entièrement prospectées.

La première étape du travail consiste à délimiter la **zone de prospection** qui correspond à une partie accessible de chaque peuplement. La méthode employée sera donc un sous-échantillonnage des individus du peuplement [Figure 2]. La superficie des peuplements étudiés n'est pas connue, puisque l'ensemble des forêts n'est pas prospecté.

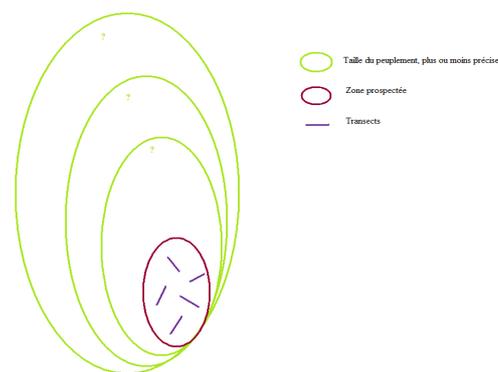


Figure 2: Relativité de la zone prospectée en rapport à la taille éventuelle du peuplement

Au niveau de l'effort d'échantillonnage, la même surface pour tous les peuplements est échantillonnée pour l'étude des pieds adultes : 5 transects de 20 m, avec une observation de 4 mètres de largeur (surface de 400 m²). Afin de respecter la sélection aléatoire, les transects sont disposés au hasard dans les zones prospectées. L'échantillonnage est conduit de façon à pouvoir estimer la taille, la densité, et la structure diamétrique spécifique (mesure du **Diameter Breast Height** (d.b.h)*) de chaque peuplement. Un exemple de fiche de terrain (pour *C. jaffrei*) est présenté en **ANNEXE 4**.



Photo 8 : Comptage des plantules de *N. balansae* dans la Réserve Botanique du Pic du Pin selon la méthode des quadrats. Pour plus de précision au niveau des comptages, le quadrat de 16m² est divisé en 4 quadrats de 4m² (N. Udo).

En ce qui concerne l'étude de la régénération, des comptages des plantules sur 5 quadrats de 16m² (surface de 80m²) placés aléatoirement sur les transects sont réalisés [Photo 4].

Des mesures et informations édaphiques, climatiques et écologiques sont également prises sur ces parcelles dans l'objectif de mettre en évidence leur impacts et leur corrélation avec la régénération

d. Données de terrain

Les paramètres appréciés sur le terrain sont la pente (pourcentage et forme), le pourcentage de recouvrement du sol par la strate 0-50 cm.

Les paramètres mesurés sur le terrain sont l'altitude (GPSmap Garmin 60CSx) [Matériel présenté sur la **Photo 8**], le pourcentage d'humidité et le pH du sol sur les 10 premiers centimètres (Soil tester Kelway) (moyenne de 3 mesures par quadrat), la profondeur maximum de l'humus (cm), le ratio de luminosité⁴ mesuré en uM (luxmètre Hansatech PEA meter) et le pourcentage d'humidité de l'air (station météo anémomètre Kestrel 3000). Ces variables sont quantitatives, continues et aléatoires.

⁴ Ratio de luminosité = lumière sur le quadrat (moyenne de 3 mesures) / luminosité hors de la forêt (sur la piste la plus proche)

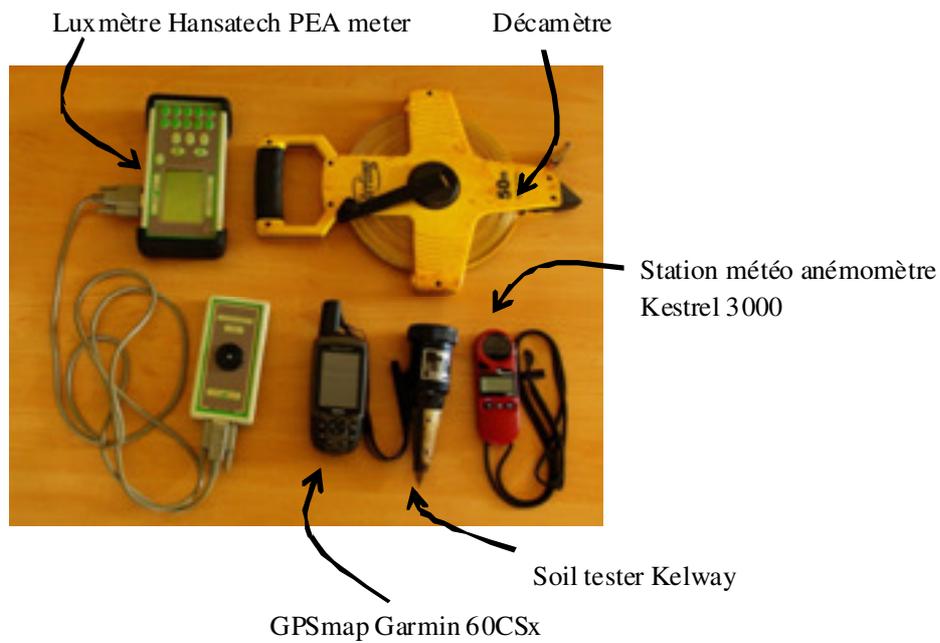


Photo 9: Matériel utilisé pour les mesures des paramètres édaphiques et climatiques et pour la prise des points GPS et de l'altitude (N. Udo).

Des données relatives à la zone sont disponibles sur les fiches de terrain comme la présence de blocs rocheux décimétriques [Photo 9] ou métriques, de cuirasses, la proximité d'un creek ou d'une doline, la présence de perturbations ou encore l'état de la litière (parfois difficile à apprécier). Ces données n'ont pas pu être quantifiées du fait du manque de précision que cela aurait engendré.



Photo 10: Blocs rocheux décimétrique dans la Réserve Botanique de Forêt Nord (J.P. Poigoune)

5. Analyse de l'ensemble des données

- ✘ La cartographie est réalisée avec le logiciel ArcGis version 9.3.
- ✘ Les tests statistiques sont réalisés avec le logiciel XLstat version 2010.
- ✘ Les graphiques (box plot) sont réalisés sous le logiciel R version 2.10.0

a. Période de floraison et de fructification

Objectif de l'analyse: Etablir un planning annuel de récolte des espèces forestières

Les échantillons dont la phénologie est indiquée et la date de récolte est précisée au mois permettent de mettre en évidence les périodes de floraison et de fructification. On pose l'hypothèse que plus une espèce a été récoltée en fleur ou en fruit à une époque de l'année, plus il y a de probabilité de la retrouver à ces stades à cette même période. Les fréquences des échantillons récoltés en fleur ou en fruit au cours de l'année est présentée sous forme d'histogrammes. Afin de déterminer des périodes où la floraison ou la fructification sont *a priori* plus importantes et donc des périodes propices aux récoltes, un test de **Kruskal-Wallis** est réalisé. Il compare les distributions de nombre d'échantillons en fleurs et en fruits en fonction des saisons (déc.-mars/avril-mai /juin-août/sept.-nov.). Suite à ce test, une **procédure de Dunn-Sidak** pour réaliser les comparaisons par paire est engagée. L'avantage de cette procédure est le contrôle de l'inflation du risque α (présente lors de l'utilisation multiple du test de comparaison de moyenne de type Mann-Whitney ⁵ [15]).

b. Répartition géographique

Objectifs de l'analyse: Connaître la répartition des espèces ainsi que leurs exigences édaphiques et climatiques afin d'optimiser les plantations.

Les échantillons d'herbiers dont le lieu de récolte est précisé sont utilisés pour créer des cartes de répartition géographique. Les dates de récolte des échantillons sont comprises entre 1855 (Viellard 520 pour *Syzygium frutescens*) et 2009 (Grignon 220 pour *Codia Spatulata*). Il ne s'agit donc pas d'une carte de distribution géographique actuelle incluant la totalité des peuplements. Il s'agit d'une carte faisant ressortir les localités où cette espèce a été observée au moins une fois depuis 155 ans. Les localités de récolte pour chaque espèce sont placées sur

⁵ Le seuil de signification du test de Dunn-sidak est calculé par la formule : $\alpha' = 1-(1-\alpha)^{1/2}$

une nouvelle carte à partir de la carte IGN de Nouvelle-Calédonie et grâce à l'Index Géoréférencé du MNHN des localités de prospection botanique en Nouvelle-Calédonie [F].

Afin d'apporter une information supplémentaire sur la répartition des différentes espèces et leur écologie, deux cartes sont créées à partir d'illustrations d'articles scientifiques de Jaffré : les sols ultramafiques [36] et les forêts denses humides sur sol ultramafique, calcaire et acide [37]. Ces cartes sont des tendances, les limites des polygones ne sont pas géoréférencées.

6. Analyse statistique

a. Comparaison des facteurs mesurés entre les deux habitats prospectés

Problématique : Les facteurs édaphiques et climatiques mesurés sont-ils significativement différents entre les zones pré-forestières et les zones forestières ?

La normalité des valeurs des paramètres mesurés, testée avec le test de Shapiro, n'est pas systématiquement validée. Le test de comparaison de deux moyennes (échantillons indépendants) non paramétrique de **Wilcoxon-Mann-Whitney** est choisi comme alternative au test de Student. L'hypothèse H_0 stipule que les deux échantillons proviennent de population de même loi, il n'y a pas de différence de position entre les rangs. L'hypothèse alternative H_1 stipule qu'il y a un écart de position des rangs entre les échantillons. Le test est utilisé de manière unilatérale selon les appréciations de terrain.

b. Analyse de la structures diamétrique et de la régénération de chaque peuplement

Problématiques : Pour chaque espèce, la répartition des individus au sein des classes de d.b.h. et le nombre de plantules sont-ils significativement différents entre les peuplements ?

Les structures diamétriques spécifique des peuplements sont illustrées par des histogrammes (nombre d'individus (en log) en fonction des classes de d.b.h.). Un test de **khi²** est réalisé afin de comparer les distributions des individus dans les classes entre les peuplements et ceci pour chaque espèce. Afin de respecter les conditions de validité du test, à savoir un minimum de 5 observations par catégorie, des regroupements des classes sont opérés. Le nombre de classes est réduit de 7 à 2: « plantules » (nombre d'individus < 25 cm relevés sur les quadrats) et « adultes » (nombre d'individus > 25 cm, au diamètre compris entre 2 et plus de 60 cm) . Dans le test, lorsque la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha (0,05), on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse

alternative H1 qui stipule qu'il existe au moins un peuplement dont les individus se répartissent d'une façon différente entre les 2 classes.

De façon à identifier le ou les peuplements ayant une distribution différente, il faut considérer les résultats des χ^2 comparant les peuplements deux à deux. En parallèle, un **test de Kruskal Wallis** comparant le nombre de plantules entre les différents peuplements est réalisé. Suite à ce test, une **procédure de Dunn-Sidak** pour réaliser la comparaison par paire des peuplements est engagée.

c. Les facteurs influençant la germination et la croissance des plantules

Problématique : Pour l'ensemble des espèces, quel(s) facteur(s) abiotique(s) influence(nt) significativement le nombre de plantules dans les peuplements ?

Le but de cette analyse est **d'estimer l'association** entre le nombre de plantules et les variables mesurées sur le terrain. De ce fait, l'analyse statistique porte sur une corrélation. Compte tenu de la non-normalité des paramètres **le test de corrélation non paramétrique de Spearman** est sélectionné. La méthode employée consiste à réaliser **un enchaînement de matrices de corrélation par niveau [Figure 3]**.

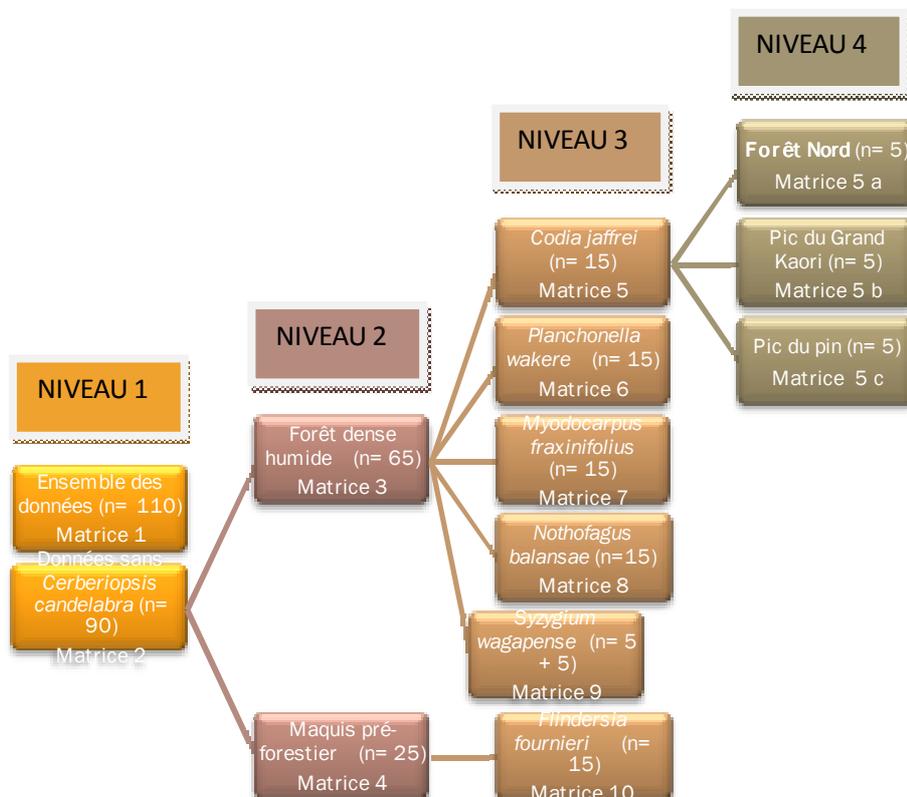


Figure 3 : Niveaux et numéro des différentes matrices de corrélation générées pour l'étude des paramètres édaphiques et climatiques sur le nombre de plantules

Plus le niveau des matrices augmente, plus des paramètres, inconnus et non mesurés, sont supposés homogènes. La première matrice (niveau 1) prend en compte l'ensemble des valeurs. La seconde matrice (niveau 1) se fait en l'absence de l'espèce monocarpique *Cerberiopsis candelabra*, en raison de son mode de reproduction spécifique (cf. Résultats 1-a.). Puis, 2 nouvelles matrices sont générées, une pour chaque habitat. Ensuite, 6 matrices de corrélation (niveau 3) sont créées, une pour chaque espèce puisque toutes les espèces n'ont peut-être pas les mêmes facteurs contrôlant la régénération. Enfin, 17 matrices de corrélation sont créées (niveau 4), une pour chaque espèce pour chaque zone. Cette analyse, plus fine, permet d'identifier des corrélations pour une espèce, dans une zone particulière. Pour les matrices de niveau 1 et 2, les coefficients entre les variables mesurées sont aussi calculés et analysés.

d. Création de posters de sensibilisation

Des posters de sensibilisation sur certaines espèces cicatricielles présentes sur les terres coutumières des tribus de Yaté doivent être réalisés en collaboration avec le service des relations communautaires de VNC. Ces posters ont pour vocation d'informer les habitants et les motiver à participer au projet en récoltant des graines sur leurs terres. De potentiels contrats entre des personnes intéressées et Vale sont à l'étude.

RESULTATS

1. Compilation des données recueillies sur les espèces

a. Données biologiques, autoécologiques et économique

La recherche de données sur les espèces forestières concernées par l'étude a permis de générer un tableau regroupant une somme d'informations pertinentes pour le projet [Tableau 3]. Il est le résultat des recherches bibliographiques, des données d'herbier, de l'extrapolation des cartes de répartition et des discussions établies avec des professionnels.

Par ailleurs, il apparaît nécessaire d'apporter des informations supplémentaires ne rentrant pas dans le cadre du tableau pour trois espèces :

C. candelabra : Sa particularité réside dans sa monocarpie, elle ne produit dans sa vie qu'une seule floraison et une seule fructification qui affectent l'arbre en entier, entraînant irrémédiablement sa mort [62, 67]. Le déclenchement de la floraison est encore inconnu; il peut survenir à n'importe quel moment de la vie d'un individu, souvent après un stress (feu, blessures). Cette espèce est le seul cas au monde d'arbre ramifié à présenter cette particularité.

C. jaffrei : C'est une nouvelle espèce du genre *Codia* qui n'a été que récemment décrite [33]. Bien qu'elle soit localement abondante (Pic du Grand Kaori, Forêt Nord) cette espèce a une distribution restreinte et serait à classer en vulnérable (VU) sur la liste de l'UICN compte tenu de la forte régression des forêts qu'elle fréquente (incendie, projet minier) [33, 58].

En outre, des erreurs d'identifications ont conduit à analyser la dynamique de peuplements *a priori* de *Nothofagus balansae* au lieu de *Nothofagus aequilateralis*. Les localités prospectées sont tantôt indiqués comme dominé par l'une puis par l'autre des espèces dans les ouvrages, documents et rapports consultés. Le dernier rapport en date (Munzinger et al., 2008), malheureusement accessible le 23 juillet seulement, spécifie qu'il s'agit de *Nothofagus balansae*, nous nous fondons donc sur cette information. Les identifications à l'herbier de Nouméa ne nous permettent pas de connaître avec certitude l'espèce puisque les arbres sont actuellement stériles.

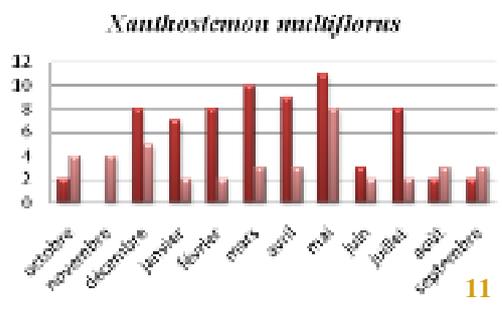
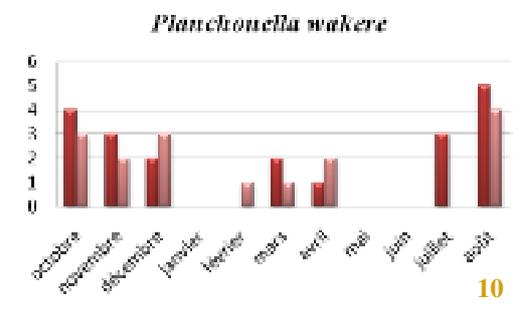
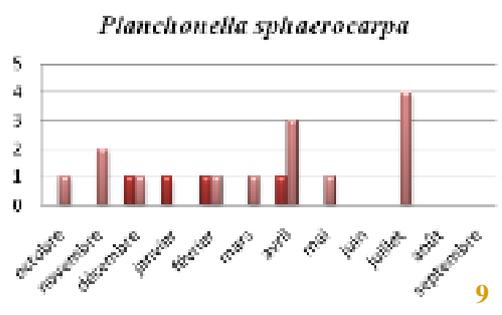
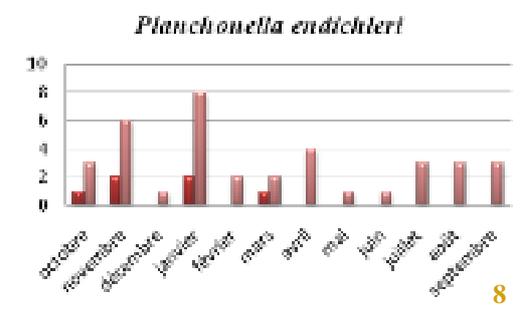
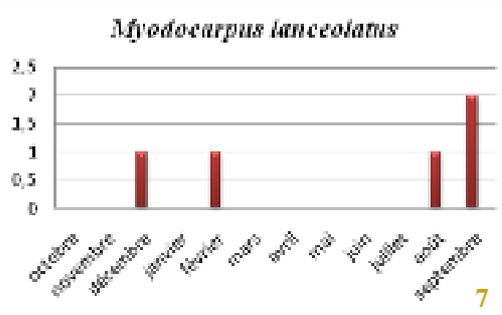
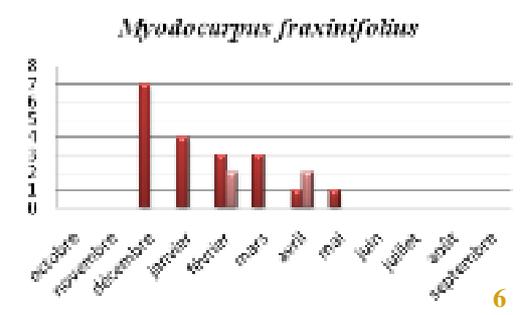
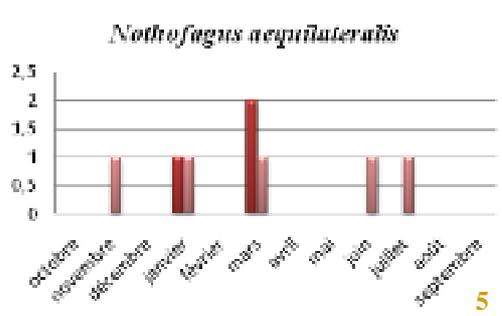
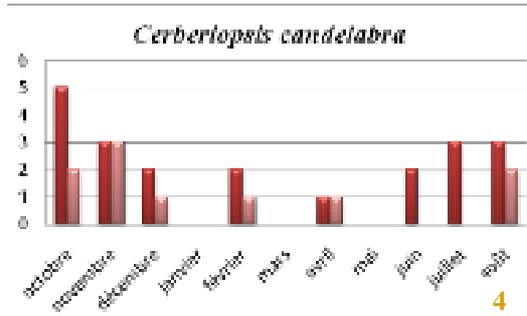
Espèce	Famille	Hauteur des individus adultes (mètres)	Substrat	Habitat	Répartition (NC : Nouvelle-Calédonie)	Période de Fructification	Type de fruit	Dissemination des graines	Age première floraison	Fréquence des périodes de reproduction	Essai de culture en pépinière	Utilisation économique
SOURCES	B, I, T	B, C	B, H, C, T	F, L	B, C	B, H, I	B, I	B, I	I	B, I	I	B, I
<i>Cerberiopsis candelabra</i>	Apocynaceae	UM	UM	F, L	NC mais surtout dans le Sud	juin-décembre	Fruit sec indéhiscant : Sarnaire	A	10 ans	6-7 ans	G, T	Chapente de cas
<i>Myriocarpus faxinifolius</i>	Araliaceae	UM	UM	F, L, M, M.P.	NC mais surtout dans le Sud	Décembre-mars	Fruit sec indéhiscant : Sarnaire	A	5-10 ans	Annuel	G	
<i>Myriocarpus lanceolatus</i>	Araliaceae	UM	UM	L, M, M.P.	Sud	Décembre-mars	Fruit sec indéhiscant : Sarnaire	A	20-30 ans	2-3 ans?		
<i>Calophyllum calocedricum</i>	Guttiferae	UM Non UM	UM Non UM	F, L	NC	Octobre-janvier	Fruit charnu	O	50 ans	2-5 ans	G	Menuiserie et charpente des cas
<i>Flindersia foumkeri</i>	Flindersiaceae	UM	UM	F, L, M.P.	NC mais surtout dans le Sud	Septembre-janvier	Fruit déhiscant : graine ailée	A, B	5-10 ans	2-5 ans	G, B	
<i>Xanthosyon nubilosus</i>	Myrtaceae	UM Non UM	UM Non UM	F, L, M	NC	Toute l'année	Fruit déhiscant : graine non ailée	A	5-10 ans	1-2 ans	G	
<i>Syzygium wagnerense</i>	Myrtaceae	UM Non UM	UM Non UM	F, L, M.P.	NC mais surtout dans le Sud	Décembre-avril	Fruit charnu	O, B	5-10 ans	2-5 ans	G, T	
<i>Syzygium frutescens</i>	Myrtaceae	UM Non UM	UM Non UM	F, L	NC	Décembre-août	Fruit charnu	O	5-10 ans	2-5 ans	G	
<i>Planchonella walkeri</i>	Sapotaceae	UM Non UM	UM Non UM	F, L	NC mais surtout dans le Sud	Août-Décembre	Fruit charnu	O, B	? (probablement long)	1-2 ans	G	
<i>Planchonella endlicheri</i>	Sapotaceae	UM Non UM	UM Non UM	F, L	NC mais surtout dans le Sud	Toute l'année	Fruit charnu	O, A	? (probablement long)	1-2 ans	G	
<i>Planchonella sphaerocarpa</i>	Sapotaceae	UM Non UM	UM Non UM	F, L	NC mais surtout dans le Nord	Septembre-mai	Fruit charnu	O, A	? (probablement long)	1-2 ans	G	
<i>Nothofagus acuminata et N. balansae</i>	Fagaceae	UM	UM	F, L	NC mais surtout dans le Sud	Novembre-mars	Fruit déhiscant : graine légèrement ailée	A	? (probablement long)	5-10 ans	T	
<i>Cordia alliodora</i>	Cunoniaceae	UM	UM	F, L	Extrême Sud	Décembre-mars	Fruit indéhiscant : graine ailée, kineuse	A	? (probablement long)	?		
<i>Cordia spatulata</i>	Cunoniaceae	UM (Non UM)	UM (Non UM)	F, L, M.P.	NC mais surtout dans le Sud	Toute l'année	Fruit déhiscant : graine ailée	A	5-10 ans	1-2 ans	G, B	

Sources : B (bibliographie), C (cartographie), H (herbier), T (terrain), I (interview)

Tableau 3 : Synthèse des informations récoltées dans la bibliographie, dans les herbiers et dans les entretiens avec des professionnels

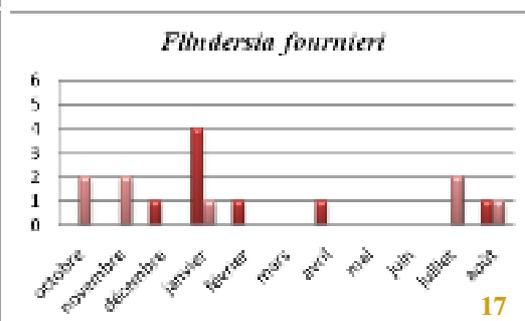
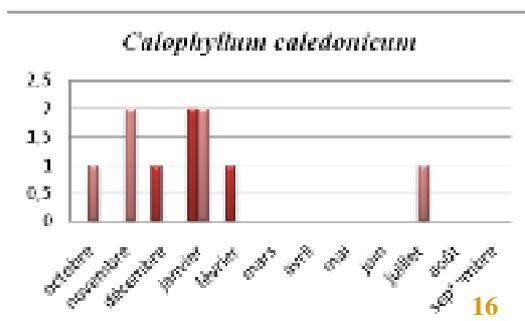
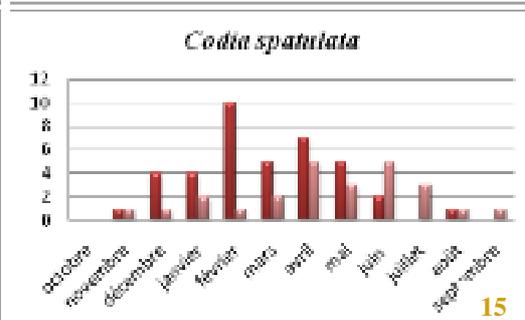
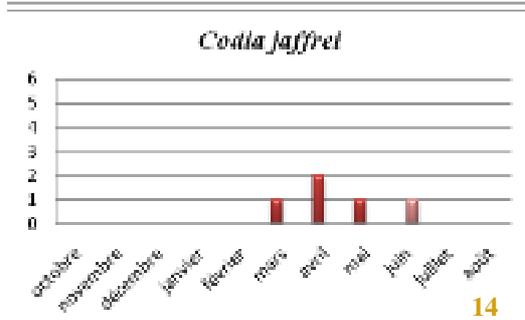
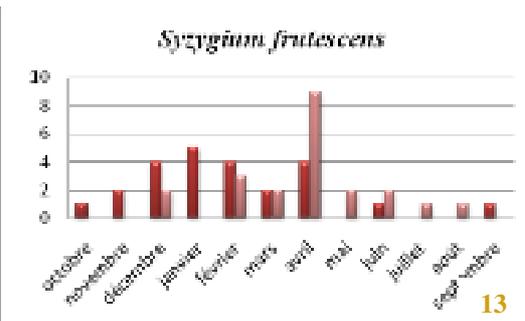
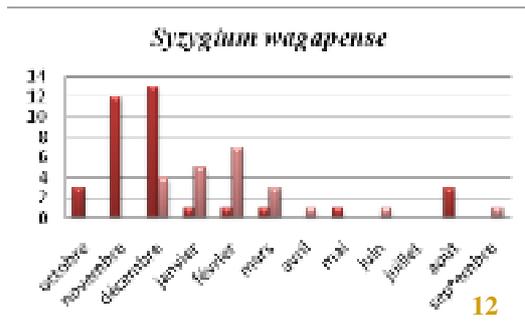
b. Etude des périodes de floraison et de fructification

La phénologie, à savoir les périodes de floraison et de fructification, est représentée sous forme d'histogramme [Figures 4 à 17]. Pour certaines espèces tant la floraison que la fructification ont lieu tout au long de l'année (ex : *Xanthostemon multiflorus*). Pour d'autres espèces, ces épisodes ont lieu à des saisons précises de l'année (ex : *Codia jaffrei*).



■ Nombre d'échantillons en fleur

□ Nombre d'échantillons en fruit



■ Nombre d'échantillons en fleur ■ Nombre d'échantillons en fruit

Figures 4 à 17 : Histogrammes représentant le nombre d'échantillons d'herbier en fleurs et en fruits recensés pour chacune des espèces étudiées.

Si l'ensemble des espèces cicatricielles de forêt étudiées est pris en compte, il y a au risque 0,05 %, une différence significative du nombre d'échantillons observés en fleurs entre les saisons de l'année (Kruskal-Wallis, p-value = 0,007). La saison chaude et humide (déc.-mars) se distingue des autres [Tableau 4].

	dec-mars	avril mai	juin-août	sept-nov
dec-mars	1	0,006	0,003	0,006
avril mai	0,006	1	0,777	0,967
juin-août	0,003	0,777	1	0,809
sept-nov	0,006	0,967	0,809	1

Tableau 4 : Floraison : p-value de la procédure de Dunn-Sidak engagée suite au test du Kruskal Wallis

A l'inverse, il n'y a pas de différence significative du nombre d'échantillons en fruits toutes espèces confondues (Kruskal-Wallis, p-value = 0,614).

c. Analyse de la répartition géographique

Afin de présenter la distribution géographique des espèces forestières de manière intelligible, un regroupement de l'ensemble des espèces à la même échelle et sur une même page a été fait. Par ailleurs, le parallèle avec la carte des sols ultramafique et des forêts denses humides permet de visualiser les sols et les forêts fréquentés par les espèces de l'étude

[**Carte 5**, regroupe l'ensemble des cartes de répartition]

Il apparaît que l'ensemble des espèces est présent sur sol ultramafique ; *Calophyllum caledonicum*, *Codia spatulata*, *Planchonella*, *Syzygium*, et *Xanthostemon multiflorus* sont aussi présentes sur sol non ultramafique. L'ensemble des espèces est présent en lisière de forêt et en forêt dense humide hormis *Myodocarpus lanceolatus*. En maquis pré-forestier on peut retrouver *Codia spatulata*, *Flindersia fourneri*, *Syzygium wagapense* et *Myodocarpus fraxinifolius*. En maquis ligno-herbacé et en milieu très ouvert on peut retrouver *Myodocarpus fraxinifolius* et *lanceolatus*. Suite aux travaux de terrain, il apparaît qu'on retrouve également *Cerberiopsis candelabra* en milieu ouvert. Par ailleurs, *Codia jaffrei*, *Myodocarpus lanceolatus* et *Planchonella endichleri* sont des espèces dont les aires de répartition se limitent au Sud voire à l'extrême Sud de la Nouvelle-Calédonie.

2. Structure diamétrique des peuplements et régénération

N.B. : Pour des raisons de fluidité, le mot « peuplement » sera employé pour signifier en réalité seulement la partie accessible échantillonnée des peuplements.

a. Facteurs différenciant les forêts denses humides des maquis pré-forestiers

Les deux habitats prospectés sont significativement différents au niveau du pourcentage de **recouvrement végétal** de la strate 0-50 cm qui est supérieur dans le maquis (Mann Whitney, p-value = 0,00023), au niveau du **ratio de luminosité** qui est inférieur en forêt dense humide (p-value = 0,00245), au niveau de la **profondeur de l'humus** qui est inférieure en forêt dense humide (p-value = 0,00094), au niveau de **l'humidité de l'air** supérieur en forêt dense humide (p-value < 0,0001), et au niveau du **nombre de plantules** (sans *C. candelabra*) également supérieur en forêt dense humide (p-value = 0,0295) [**Figure 3**].

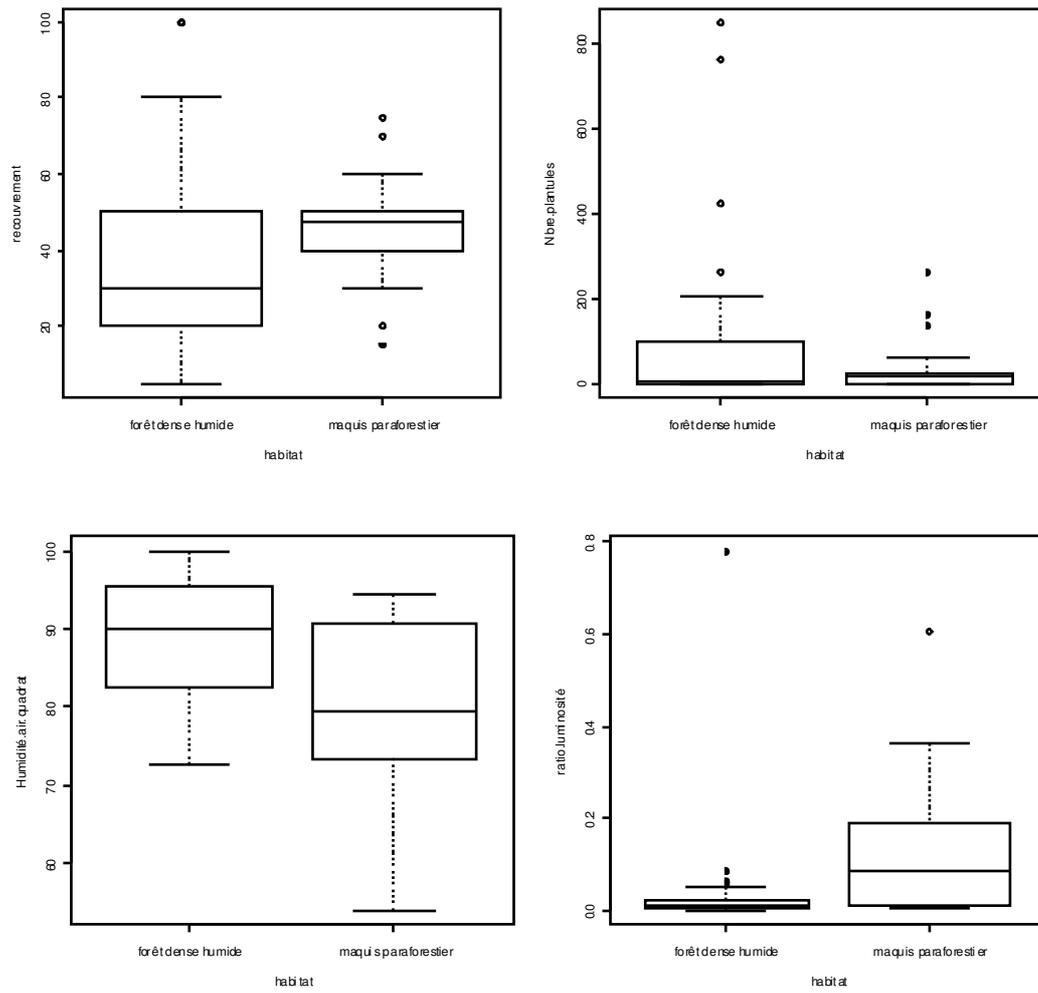


Figure 3 : Box Plot des facteurs abiotiques significativement différents entre la forêt dense humide et le maquis préforestier : ratio de luminosité, humidité de l'air, profondeur de l'humus ; Box Plot du nombre de plantules et du pourcentage de recouvrement végétal de la strate 0-50cm en fonction de ces mêmes habitats (Réalisés sous R version 2.10.0)

b. Analyse et comparaison des structures diamétriques spécifiques et des taux de régénération entre les peuplements

Espèce	Nom de la zone	Point GPS	Altitude	Distance à la Kué Nord (km)	Surface de la zone prospectée	Densité adultes (nb ind/are)	Densité plantules (nb plant./are)	Statut de la zone et perturbations relevées suite aux observations de terrain
<i>Cerberiopsis candida</i>	Wadjana	503 508 212 447	245 m	6	1 – 2 ha	33	0	Cerf Zone de chasse, passage fréquent
	Forêt Nord	494 659 208 009	210 m	6	1 - 2 ha	23	0	Réserve spéciale botanique depuis 1972 Pollution par les particules (proximité usine)
	Col de Mourange	468 053 219 972	225 m	30	1 - 2 ha	20	0	Cerfs Cochons sauvages
	Touaourou	500 647 222 599	21 m	10	2 - 3 ha	62	737	Forêt privée Coupe de bois légère
<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	Pic du pin	485 415 216 952	288 m	12	1 ha	648	1650	Réserve spéciale botanique depuis 1990 Cochons sauvages
	Pic du grand Kaori	492 112 213 506	254 m	5	1 ha	177	2868	Réserve spéciale botanique depuis 1972
	Forêt Nord	494 295 208 489	168 m	6	1 ha	153	493	Réserve spéciale botanique depuis 1972
<i>Coccoloba jaffrei</i>	Forêt Nord	494 278 208 453	203 m	6	1 – 3 ha	81	137	Réserve spéciale botanique
	Pic du grand Kaori	492 436 213 053	254 m	5	1 – 3 ha	95	250	Réserve spéciale botanique depuis 1972
	Pic du Pfn	485 479 216 985	285 m	12	3 – 5 ha	150	637	Réserve spéciale botanique depuis 1972 Cochons sauvages
<i>Flindersia foumieri</i>	Cofremmi	499 600 213 659	262 m	1	1 – 2 ha	21	1106	Pistes d'exploration (layonnage) Exploitation forestière
	Route de l'aérodrome	497 622 214 484	301 m	1	1 – 2 ha	51	43	Pollution par les particules*
	Route de l'ancienne pépinière	499 458 214 476	311 m	2	1 – 2 ha	45	687	Pollution par les particules
<i>Syzygium wagaense</i>	Port Boisé	500 368 206 260	56 m	8	1 – 2 ha	31	56	Cerf
	Village de Prony	485 541 209 219	3 m	12	1 – 2 ha	101	1887	Passage fréquent Bord de piste
<i>Nothofagus bakense</i>	Col de Yaté	493 204 225 636	371 m	12	2 – 3 ha	85	2606	Bord de route
	Pic du Pfn	485 423 216 988	284 m	12	2 – 3 ha	47	14 337	Réserve spéciale botanique depuis 1990 Cochons sauvages
	Forêt S2	494 445 210 837	230 m	4	2 – 3 ha	65	743	Pollution par les particules
<i>Planchonella wakere</i>	Forêt Nord	494 217 208 471	184 m	6	10 ha	16	4056	Réserve spéciale botanique depuis 1972
	Port Boisé	500 020 205 871	35 m	8	1 - 3 ha	50	1831	Cerfs Fourmis électriques
	Les Murielles	488 892 215 736	210 m	9	1 - 3 ha	65	25	Cerfs

Tableau 5: Synthèse des résultats de terrain

Les données collectées sur le terrain nécessaire à l'analyse des peuplements sont disponibles dans le **tableau 5** : le point GPS des zones, la distance à la Kué Nord, la surface de la zone prospectée, la densité des adultes et des plantules (en nombre d'individus par are). Le statut de protection des zones et les perturbations relevées sur le terrain sont aussi précisés dans ce tableau.

Les analyses statistiques et des comparaisons des peuplements pour chaque espèce sont maintenant présentées. Les résultats de l'ensemble des tests statistiques sont disponibles en **ANNEXE 7**.

Planchonella wakere [figure 5]

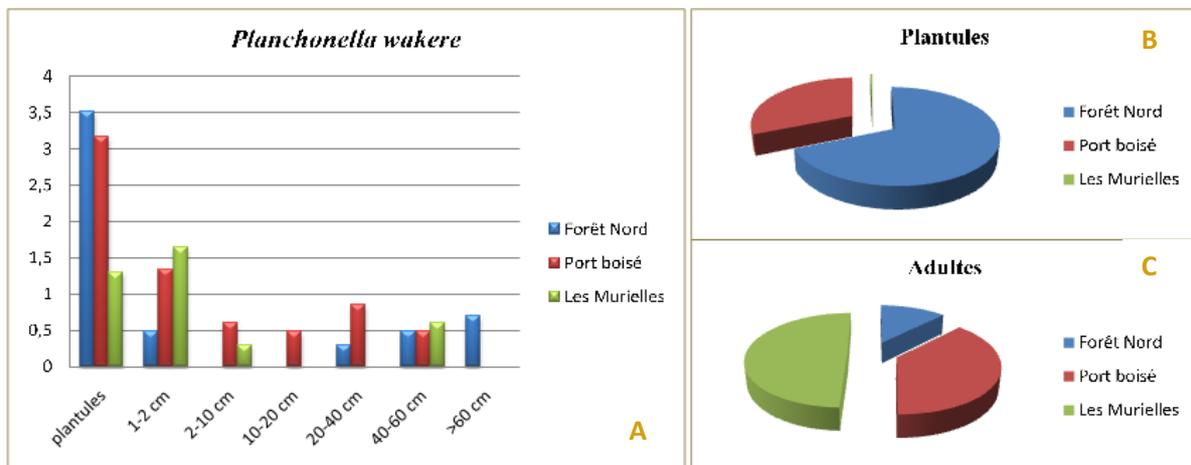


Figure 5: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 3 peuplements étudiés [A] de *Planchonella wakere*. Diagrammes de la répartition des plantules [B] et des adultes [C] en fonction des peuplements

Une différence de distribution significative entre la classe « plantule » et la classe « adulte » est mise en évidence entre chacun des peuplements : Forêt Nord (FN), Port Boisé (PB) et Les Murielles (MU) (χ^2 , p -value < 0,0001). Le nombre de plantules n'est pas le même entre les trois peuplements (Kruskal-Wallis, p -value= 0,023). Subséquemment, la procédure de Dunn atteste d'une différence significative entre le peuplement de FN et MU. Ce dernier comporte le plus d'individus « adultes » (majoritairement dans la classe de diamètre 1-2 cm) mais également le moins de plantules. Le peuplement de FN comporte le plus de plantules, et plus de 75 % de ses individus adultes ont des d.b.h. compris entre 20 et plus de 60 cm. Le peuplement de PB comporte également un nombre relativement important de plantules, toutefois, seulement 33 % des individus adultes ont un diamètre compris entre 20 et plus de 60 cm de diamètre.

Flindersia fournieri [figure 6]

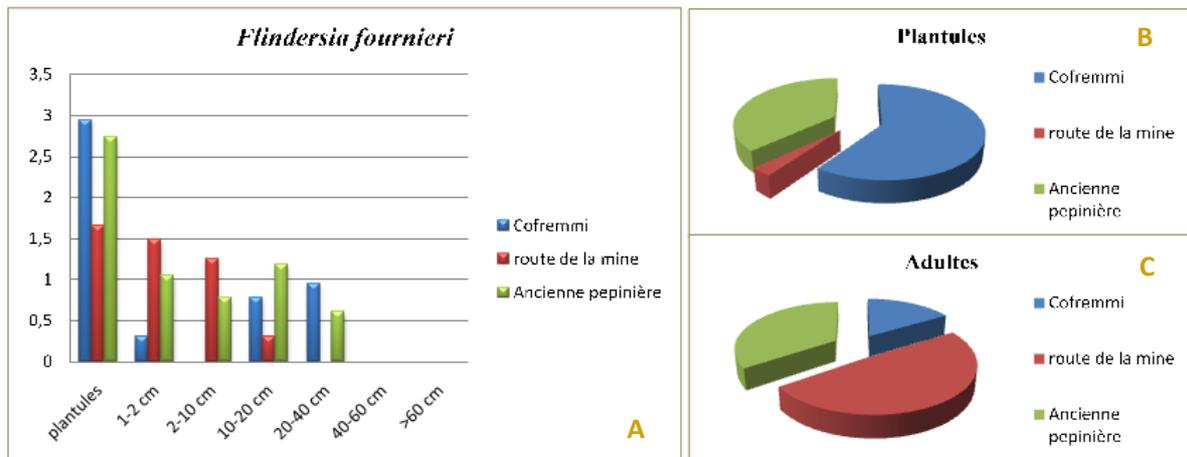


Figure 6: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 3 peuplements étudiés [A] de *Flindersia fournieri*. Diagrammes de la répartition des plantules [B] et des adultes [C] en fonction des peuplements

Une différence de distribution significative entre les deux classes, entre chacun des peuplements (Cofremmi (C), Route de la mine (MI) et Route de l'Ancienne Pépinière(PEP) est mise en évidence (χ^2 , p-value < 0,0001).

Le nombre de plantules n'est pas le même entre les trois peuplements (Kruskal-Wallis, p-value=0,007). La procédure de Dunn indique une différence significative entre le peuplement C et celui de MI. Dans l'ordre croissant, c'est dans C, dans PEP puis dans MI que l'on trouve le plus de plantules. C'est également dans C et PEP que l'on observe le plus d'individus adultes au diamètre compris entre 10 et 40 cm, individus supposés reproducteurs (observation de terrain : un *F. fournieri* au d.b.h. de 12 cm en fruit). Cependant, c'est à MI que l'on observe le plus haut taux de survie de la classe plantules à la classe de diamètre 1-2 cm (68 % versus 0,2 % pour C et 2 % pour PEP).

Codia jaffrei [figure 7]

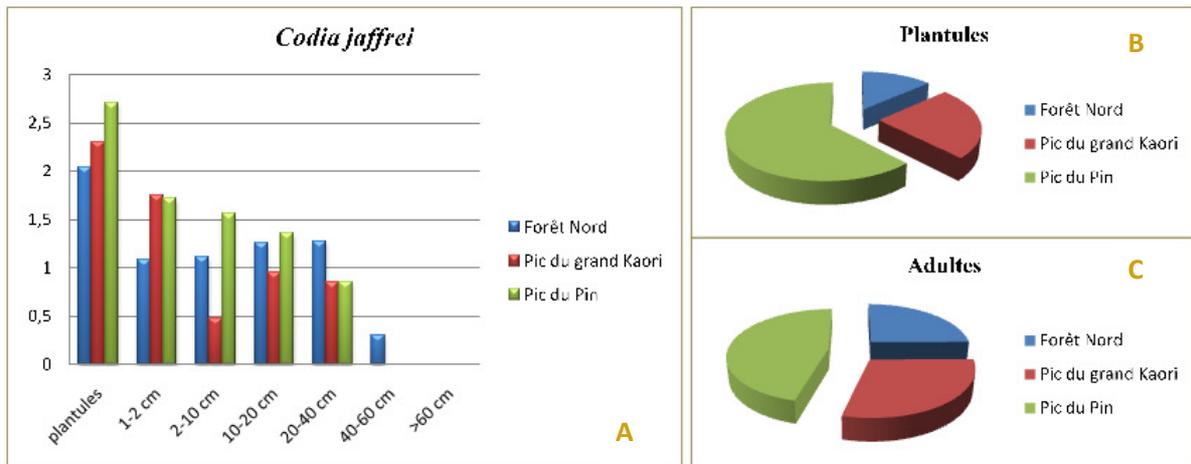


Figure 7: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 3 peuplements étudiés [A] de *Codia jaffrei*. Diagrammes de la répartition des plantules [B] et des adultes [C] en fonction des peuplements

Une différence de distribution significative entre la classe « plantule » et la classe « adulte » est mise en évidence entre chacun des peuplements : Forêt Nord (FN) et Pic du Grand Kaori (KA) (khi^2 , p -value = 0,032), FN et Pic du Pin (PIN) (khi^2 , p -value < 0,0001), KA et PIN (khi^2 , p -value = 0,004). Cependant, le nombre de plantules est du même ordre dans les trois zones (Kruskal-Wallis, p -value = 0,333). Nonobstant, à PIN que l'on trouve le plus de plantules et le plus d'individus adultes, 43 % des individus « adultes » se situent dans la classe de d.b.h 1-2 cm et 26 % dans celle supérieure à 10 cm ; 31 % des individus se situent dans la classe de diamètre 2-10 cm. Le nombre d'individus adultes à FN est globalement identique à celui de KA. Cependant, au sein du peuplement de FN, plus de 60 % des individus adultes ont un diamètre supérieur à 10 cm tandis qu'au KA, plus de 77 % des individus adultes ont un diamètre compris entre 1 et 10 cm.

Syzygium wagapense [figure 8]

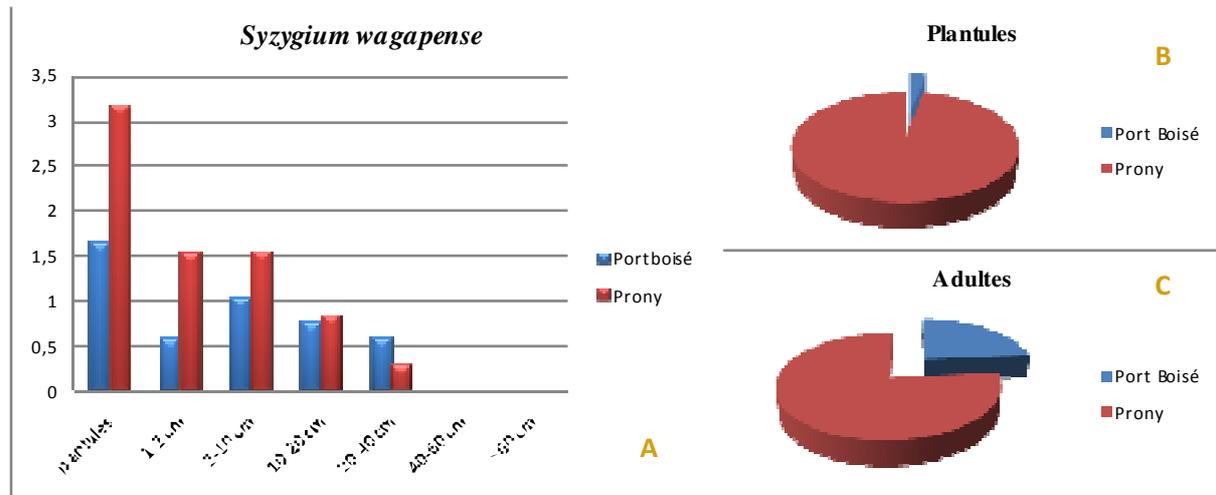


Figure 8: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 2 peuplements étudiés [A] de *Syzygium wagapense*. Diagrammes de la répartition des plantules [B] et des adultes [C] en fonction des peuplements

Malgré un effort de prospection soutenu, seulement deux peuplements de *Syzygium wagapense* ont été répertoriés et étudiés. Le test du chi carré comparant les deux peuplements étudiés, à Port Boisé et au village de Prony, met en évidence une différence significative de la répartition des individus entre les deux catégories plantules et adultes (p -value < 0,0001). Le test du Mann-Whitney établi sur le nombre de plantules par peuplement nous amène à valider l'hypothèse nulle H_0 , c'est-à-dire que les échantillons proviennent de la même « population ».

Toutefois, le nombre de plantules est largement supérieur dans la zone du village de Prony. Le nombre d'individus adultes de toutes les classes d'âge est également supérieur à Prony par rapport à Port Boisé. Dans les deux peuplements étudiés, le taux de survie de la classe plantules à la classe 1-2 cm est faible (2 et 8%). Le suivi et les récoltes sont préférentiellement conseillés au village de Prony, toutefois, des récoltes de *Syzygium wagapense* ont déjà eu lieu à Port Boisé et les résultats étaient, semble-t-il, satisfaisants (T. Le Borgne). Les deux peuplements sont donc à conserver pour servir de sources de graines pour le projet de restauration forestière.

Nothofagus balansae [figure 9]

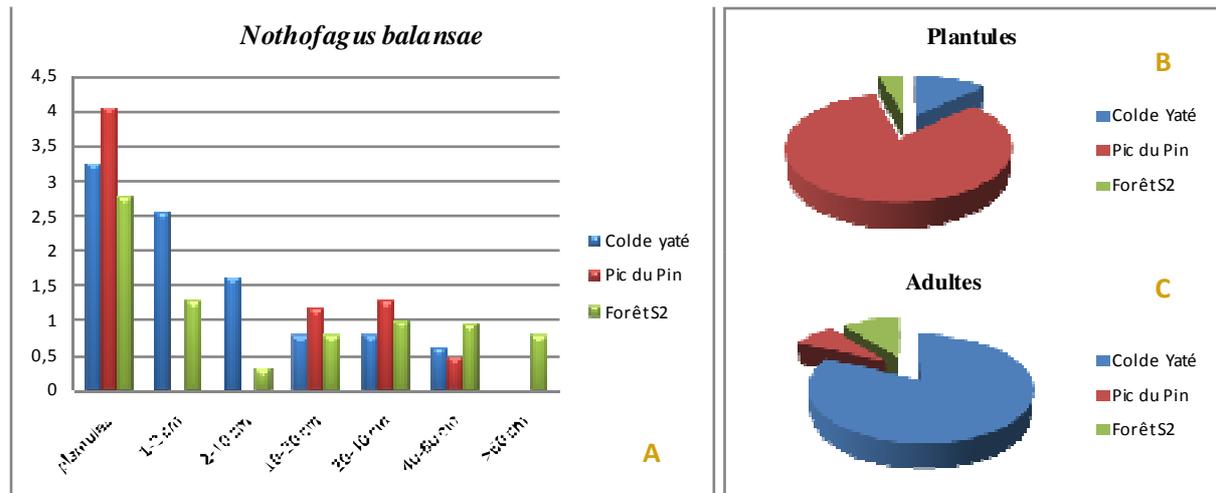


Figure 9: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 3 peuplements étudiés [A] de *Nothofagus balansae*. Diagrammes de la répartition des plantules [B] et des adultes [C] en fonction des peuplements

La comparaison des peuplements deux à deux par le test du chi carré met en évidence une différence significative entre chacun des peuplements : Col de Yaté, Pic du pin et Forêt S2 (p -value < 0,0001). Le test du kruskal wallis établi sur le nombre de plantules par peuplement nous amène à rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a , c'est-dire que les échantillons proviennent de « populations » différentes.. La procédure de Dunn montre que la différence significative se situe entre le peuplement de forêt S2 et celui du Pic du Pin.

Dans le peuplement de Pic du Pin, on trouve un très grand nombre de plantules, six fois plus que pour le peuplement du Col de Yaté et dix-neuf fois plus qu'en forêt S2. C'est également dans ce peuplements qu'on trouve le plus d'individus adultes au diamètre supérieur à 10 cm. Toutefois, dans ce peuplement, il n'y a aucun individu recensé dans les classes 1-2 cm et 2-10 cm. Par ailleurs, dans le peuplement du Col de Yaté, le taux de survie de la classe plantules à la classe « 1-2 cm » est de 19 % tandis qu'il n'est que de 3 % en forêt S2. Le peuplement de la forêt S2 est à éliminer de l'étude, en raison du faible nombre de plantules, mais aussi en raison de son accès difficile, tant au niveau réglementaire (accès réglementé, consignes de sécurité) que physique (pente de plus de 40°, nombreux blocs métriques, terrain glissant). Les deux autres peuplements doivent faire l'objet de suivi et de récoltes. Il est également envisageable de tenter des transplantations de plantules de la zone du Pic du Pin en raison de leur très grand nombre.

Myodocarpus fraxinifolius [figure 10]

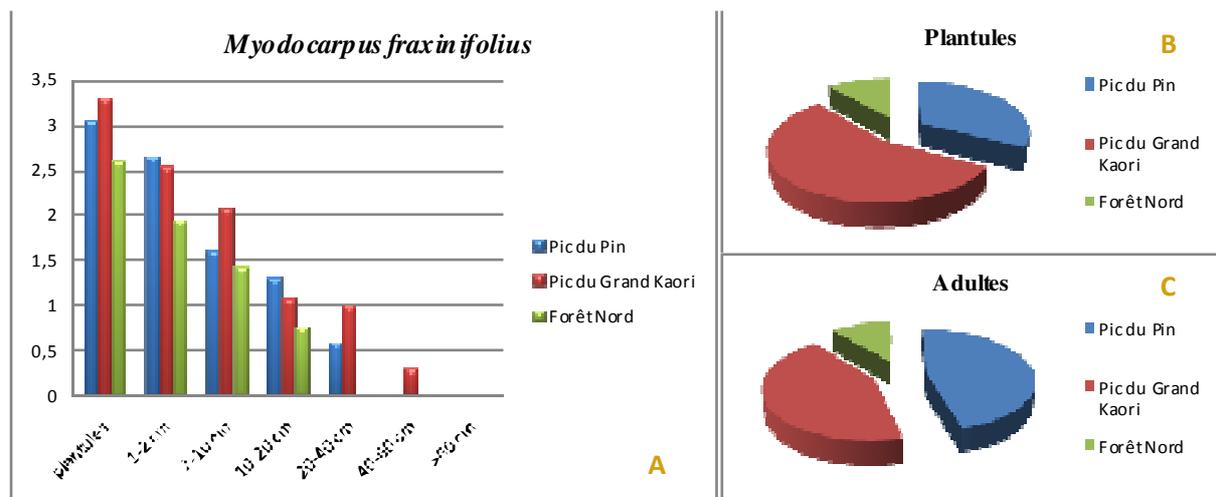


Figure 10: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 3 peuplements étudiés [A] de *Myodocarpus fraxinifolius*. Diagrammes de la répartition des plantules [B] et des adultes [C] en fonction des peuplements

La comparaison des peuplements deux à deux par le test du khi carré met en évidence une différence significative de distribution entre le peuplement du Pic du Pin et celui du Pic du Grand Kaori, entre celui du Pic du Grand Kaori et celui de Forêt Nord (p -value < 0,0001), mais pas entre celui de Forêt nord et celui du Pic du Pin (p -value= 0,057). Ainsi, les peuplements de Forêt Nord et du Pic du Pin ont une distribution semblable, différente du peuplement de Forêt Nord. Le test du kruskal wallis établi sur le nombre de plantules par peuplement nous amène à rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a , c'est-dire que les échantillons proviennent de « populations » différentes. La procédure de Dunn montre que la différence significative se situe entre le peuplement de Forêt Nord et celui du Pic du grand Kaori.

Les peuplements du Pic du Pin et du Pic du grand Kaori ont un nombre de plantules, de jeunes individus et d'adultes supérieur à celui de Forêt Nord. Par ailleurs, le taux de survie de la classe plantules à la classe de diamètre 1-2 cm est de 39 % au Pic du Pin, de 22 % à Forêt Nord et de 17 % au Pic du Grand Kaori. Bien que le nombre d'individus adultes et de plantules ne soit pas aussi important dans l'ensemble des peuplements, on préconise de réaliser des suivis et des récoltes sur les trois zones.

Cerberiopsis candelabra [figure 11]

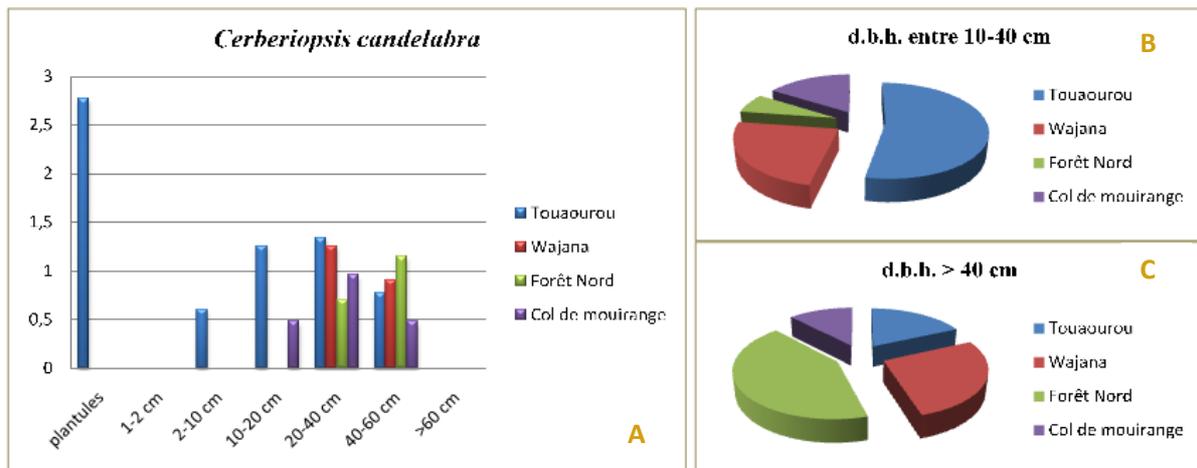


Figure 11: Histogrammes des fréquences d'individus adultes et de plantules (en log) pour les 3 peuplements étudiés [A] de *Cerberiopsis candelabra*. Diagrammes de la répartition des individus au d.b.h. compris entre 10 et 40 centimètres [B] et des individus au d.b.h. supérieur à 40 centimètres [C] en fonction des peuplements

Compte tenu de la particularité de cette espèce, induisant la rare observation de plantules, un χ^2 comparant la répartition des individus en fonction des classes « plantules » et « adultes » n'est pas possible. En conséquence, les classes de d.b.h. testées sont la classe 10-40 cm et la classe > 40 cm. De plus, pour cette espèce, quatre zones au lieu de trois initialement prévues ont été prospectées. Une différence de répartition des individus entre les classes de d.b.h. est mise en évidence entre le peuplement de Forêt Nord (FN) et tous les autres (Touaourou (T), p -value < 0,0001 ; Wadjana (W), p -value = 0,007 Col de Mouirange (CM) p -value = 0,029), ainsi qu'entre T et W (p -value = 0,038). A l'inverse, T et CM (p -value = 0,055), W et CM (p -value = 0,879) ont une répartition des individus similaires dans les deux classes. En somme, le peuplement de FN se différencie de l'ensemble des autres peuplements, il forme **le groupe A**. Dans ce peuplement, c'est la classe de diamètre supérieur à 40 cm qui domine à 73 % ; les peuplements de T et de CM n'ont pas une distribution significativement différente, respectivement 86% et 75% des individus sont compris dans la classe de diamètre de 10-40 cm, ils forment **le groupe B**.

Les peuplements de CM et de W se ressemblent avec respectivement 75% et 65 % des individus compris dans la classe de diamètre de 10-40 cm, ils forment **le groupe C**. La présence de plantules dans le peuplement de T est à signaler. D'après le propriétaire de cette forêt la période de reproduction a eu lieu en octobre 2009, les plantules observées en sont le

résultat. On en compte environ 700 à l'are dans le peuplement, surtout localisées autour des pieds mères sur un rayon d'environ 20 m.

c. Etude des facteurs influençant la germination et la croissance des plantules

De façon à rendre plus fluide la lecture des résultats, des abréviations sont faites pour les différents paramètres : Humidité de l'humus (HH), Profondeur de l'Humus (PrH), Humidité de l'air (HA), Pourcentage de recouvrement de la strate 0-50 cm (R), Pente (P), pH (pH), Ratio de luminosité (LUM).

Matrices de niveau 1 - Ensemble des données (*Cerberiopsis candelabra* inclus et exclus) :

La matrice de corrélation prenant en compte toutes les espèces (matrice 1) met en évidence une corrélation du nombre de plantule significative positive (+) avec HH, PrH, HA. Il est corrélé de manière négative (-) P. Dans la matrice 2, sans *Cerberiopsis candelabra*, le nombre de plantules est seulement corrélé à HH (+) et HA (+).

Pour ce niveau les corrélations entre variables sont les suivantes: pH/HH (-) ; HH/HA (+) ; HH/P (-) ; pH/R (-) ; P/R (-); HH/LUM (-). Il est à noter que les coefficients de corrélation obtenus dans la seconde matrice sont supérieurs à ceux observés dans la première matrice.

Matrices de niveau 2 - Etude par habitat :

Le nombre de plantules en forêt dense humide est corrélé avec PrH (+). Les variables corrélées sont les suivantes : pH/HH (-) ; HH/HA (+) ; HH/LUM (-) ; HH/P (-).

Le nombre de plantules en maquis pré-forestier est corrélé avec HA (+). Les variables corrélées sont les suivantes : pH/HH (-) ; HH/HA (+), HH/PrH (+) ; HH/R (+); HA/R (+) ; PrH/R (+) ; pH/R (-) ; R/P (-).

Matrices de niveau 3 - Etude par espèce :

- ✘ Le nombre de plantules de *C. jaffrei* est corrélé avec R (+).
- ✘ Le nombre de plantules de *P. wakere* est corrélé avec HH (+) et P (-).
- ✘ Le nombre de plantules de *F. fournieri* est corrélé à LUM (+).
- ✘ Le nombre de plantules de *N. balansae* est corrélé à P (+).

- ✘ Le nombre de plantules de *M. fraxinifolius* est corrélé à HA (+).
- ✘ Le nombre de plantules de *S. wagapense* n'est corrélé avec aucun paramètre.

Matrices de niveau 4 - Etude par espèce et par zone :

- ✘ Le nombre de plantules de *C. jaffrei* à Forêt Nord est corrélé au pH (-), au Pic du Pin, il est corrélé à HA (-) et à LUM (+) [Figure 12]

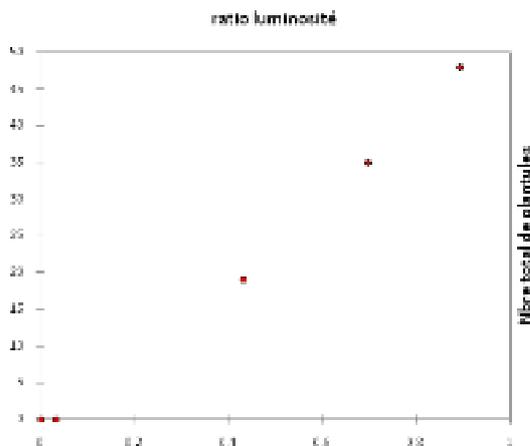


Figure 12 : *C. jaffrei*, Pic du Pin, graphique de corrélation de Spearman entre le nombre de plantules et le ratio de luminosité

- ✘ Le nombre de plantules de *P. wakere* de Port Boisé est corrélé à LUM (-).
- ✘ Aucun des peuplements de *Flindersia fournieri* pris indépendamment est corrélé avec un facteur.
- ✘ Aucun des peuplements de *Nothofagus balansae* pris indépendamment est corrélé avec un facteur.
- ✘ Aucun des peuplements de *Myodocarpus fraxinifolius* pris indépendamment est corrélé avec un facteur.
- ✘ Aucun des peuplements de *Syzygium wagapense* pris indépendamment est corrélé avec un facteur.

d. Poster de Sensibilisation

Compte tenu du temps imparti, un unique poster de sensibilisation a pu être réalisé. Il concerne l'espèce *C. candelabra* du fait de son observation à Touaourou [ANNEXE 8].

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

1. Validité des données d'herbier

La principale utilité de l'herbier de Nouméa est d'être un outil d'aide à la détermination taxonomique [com. pers. T. Jaffré] qui ne prétend pas représenter l'ensemble de la flore de la Nouvelle-Calédonie : les données sont insuffisantes pour apprécier la réalité de la répartition et de la phénologie des espèces. Toutefois, cet outil a été indispensable à plusieurs reprises pour identifier les espèces, en l'occurrence *Nothofagus aequilateralis* qui s'est avéré être *N. Balansae* dans plusieurs zones. En ce qui concerne les autres herbiers, le problème majeur réside en l'absence de mise à jour régulière de la taxonomie des échantillons de Nouvelle-Calédonie entraînant ainsi des erreurs [com. pers. C. Grignon]. De plus, les localités de prospection sont dans 95% des cas situés aux abords d'une route du réseau principal [SIG], de nombreuses zones sont donc rarement prospectées [51]. En outre, au niveau de l'effort de prospection, le Sud a été largement plus prospecté que les autres régions, en raison de la proximité de Nouméa et des possibilités d'accès [com. pers. T. Jaffré]. Ainsi, certaines espèces *a priori* plus présentes dans le Sud couvrent peut être en réalité autant le nord de l'île.

2. Zones de prospection sélectionnées suite à l'étude pilote

Sur la quarantaine de zones prospectées, les trois réserves Botaniques Spéciales (Le Pic du Grand Kaori, Le Pic du Pin et Forêt Nord) ont été favorisées. Ceci a plusieurs causes et conséquences : premièrement, les peuplements sont soumis à moins de perturbations anthropiques que dans les zones sans statut de protection, la dynamique y est donc plus « naturelle » [44, 46]. Deuxièmement, on s'assure ainsi de la pérennité des peuplements dans le temps, et enfin ceci permet de simplifier la logistique et le suivi dans les futures années.

3. Phénologie des espèces forestières en zone tropicale et en Nouvelle-Calédonie

Aucune saison ne ressort significativement plus fructifère, c'est donc tout au long de l'année que doit s'organiser le suivi et les récoltes de graines des espèces forestières. Différents travaux de recherche ont confirmé que dans les régions tropicales et sub-tropicales la majorité des plantes fructifie tout au long de l'année, et ce parfois à plusieurs reprises [22, 65]. Toutefois, l'étude de Carpentier, conduite sur 123 espèces de forêt dense humide sur sol ultramafique de Nouvelle-Calédonie, met en avant une tendance saisonnière des phénomènes

de reproduction avec une concentration en fin de saison sèche – début de saison humide (mi-octobre / mi-janvier) avec un maximum en décembre [9, 51].

Ceci confirme nos résultats au sujet des périodes de floraison. Ainsi, il semble utile et judicieux de créer et de respecter un planning des récoltes (Espèces ciblées chaque mois). Pour ce, il serait essentiel de réaliser des suivis de chaque espèce sur une durée minimale de cinq ans [19] pour connaître de manière assurée leur phénologie et la période de l'année propice aux récoltes. Par ailleurs, en 2002, seulement 40 % des individus reproducteurs ont fleuri et fructifié durant la saison optimale dans le Sud [9]. Ceci pourrait être une conséquence de l'irrégularité et de l'intensité des précipitations [34]. En outre, le développement des fruits mûrs au début de la saison chaude et humide promettrait une germination et un établissement réussi [54]. Des corrélations entre les périodes de floraison et de fructification de populations de forêts voisines de la pépinière (Pic du Grand Kaori, Forêt Nord, Forêt S2 notamment) avec les précipitations et les températures sont envisageables puisqu'une station météorologique promet d'être installée au niveau de la pépinière.

4. Structure diamétrique et régénération spécifiques : quelles zones de récoltes ?

La méthode employée sur le terrain est affaiblie par le sous-échantillonnage des peuplements engendré par les problèmes de moyens humains (2 personnes pour les relevés de terrain), et par le temps de l'étude (juin-juillet pour l'ensemble du travail de terrain). Les analyses ne sont ainsi extrapolées qu'à la zone concernée par le suivi et par les récoltes de graines.

D'après le guide « How to plant a forest » [24] notamment, un minimum de 15-25 adultes reproducteurs doit être collecté par peuplement [5, 6, 56], ce qui a été le cas dans notre étude. Toutefois le statut « reproducteur » de nos individus est à confirmer. En outre, la présence de plantules certifie que les graines produites sont fertiles. Les individus reproducteurs doivent être sur des zones « le plus proche possible du site de plantation », et de la même région de provenance* mais sans se reproduire entre eux, pour maintenir une diversité génétique [6, 25] : dans notre étude, la distance moyenne des peuplements à la zone de plantation (Kué Nord) est de 8 km.

Le faible nombre de plantules du peuplement de *P. wakere* des Murielles est probablement lié à la dominance d'individus « adultes » trop jeunes pour se reproduire. A l'inverse, à Forêt Nord, le peuplement comporte un nombre non négligeable d'individus

adultes reproducteurs fournissant des graines fertiles. Le peuplement de Port Boisé contient également un nombre d'adultes de plus de 20cm de diamètre satisfaisant. Les zones de récoltes recommandées pour *P. wakere* sont donc prioritairement celles du peuplement de Forêt Nord et de Port Boisé. Il semble intéressant de faire des récoltes sur les trois peuplements étudiés de *F. fournieri*, même s'il est conseillé de réaliser un suivi plus intense pour les peuplements de Cofremmi et de l'Ancienne Pépinière en raison de leur structure diamétrique. De plus, ces suivis seront l'occasion de connaître davantage cette espèce qui n'a fait partie, à ce jour, que d'une étude de taxonomie [78].

Le peuplement de *C. jaffrei* localisé à l'entrée de la Réserve du Pic du Pin a été une des plus grande découverte de cette étude. En effet, l'équipe flore avait connaissance de la présence de *C. jaffrei* dans cette localité mais pas du nombre important d'individus. Les individus adultes sont pour un quart probablement reproducteur (diamètre > 10 cm). En ce qui concerne le tiers correspondant au d.b.h. 2-10 cm leur statut de reproducteurs est inconnu. Le peuplement de Forêt Nord contient le plus d'individus au diamètre supérieur à 10 cm (40 individus, 60 % des adultes). Les suivis des adultes et les récoltes de *C. jaffrei* sont préconisés en priorité au Pic du Pin et à Forêt Nord. Les classes de diamètre élargies et l'absence de parallèle avec des classes d'âge empêche de différencier clairement trois classes « plantule », « juvénile » et « adulte ». Il serait nécessaire de connaître la classe de diamètre minimale présentant des individus en phase de reproduction et des outils de différenciations de plusieurs stades intermédiaires pour chaque espèce, comme dans l'étude de Jesel [41]. Toutefois, il est important de considérer pour ce l'habitat : selon la pente, le sol, l'exposition au soleil, au vent, le diamètre correspond à une première reproduction sera très différent. En ce qui concerne *C. candelabra*, selon Jennifer Read [62], il n'y a pas de diamètre minimal pour l'arbre pour fructifier lors des fructifications massives. Les trois peuplements étudiés ont une densité relativement élevée, ils sont donc tous les trois à suivre. Par ailleurs des essais de transplantations des plantules collectées à Touaourou ont été conduits. Au bout de deux mois, les résultats sont satisfaisants, avec un taux de survie de 72%.

Une perte de donnée est à constater par l'utilisation du χ^2 , en passant de 7 à 2 classes de d.b.h. Afin de limiter cette perte, d'autres méthodes d'analyse sont à expérimenter comme l'observation de l'écart des données à une droite supposée représenter la situation d'une forêt non perturbée [28]. En effet, les forêts ont été mises en réserve après leur exploitation

forestière, il serait donc bon de rechercher des zones, si elles existent, n'ayant jamais été perturbées, afin de les comparer avec celles de cette étude [51].

D'autre part, pour certains peuplements, des classes de d.b.h. sont complètement vacantes, aucun individu correspondant n'a été recensé sur les 400 m² échantillonnés. Des artefacts systématiques sont peu probables compte tenu de la rigueur du travail de terrain et de la participation d'un technicien formé à la reconnaissance de ces espèces. Toutefois, au vue du polymorphisme parfois élevé de ces espèces, certains individus ont pu échapper au comptage. Il est aussi possible que ce phénomène soit du à une stagnation des jeunes plants pendant plusieurs années avant de reprendre leur croissance, stagnation due à des facteurs limitants tels que la composition du sol, la luminosité (attente de la part de la plante d'une ouverture de la canopée pour relancer la photosynthèse et donc la croissance) [13, 41]. Toutefois, il serait intéressant de parcourir de nouveau ces peuplements en focalisant le travail sur les classes de d.b.h. vacantes, afin d'affirmer ou d'infirmer les résultats de cette présente étude.

La dynamique d'un peuplement est fonction de facteurs exogènes ou endogènes dont il est difficile de démêler les effets [Tableau 6].

Facteurs exogènes à l'arbre	Facteurs endogènes à l'arbre
Conditions micro-climatiques	Espèce
Topographie	Génome
SOL :	Compétition ou mutualisme au niveau aérien et/ou racinaire
- Litière (épaisseur)	Taille
- Teneur en eau	Stade architectural
- Composition microbienne	Mode de dispersion des graines

Tableau 6 : Facteurs exogènes et endogènes à l'arbre [28,41]

Les résultats de corrélation des paramètres édaphiques et climatiques liés au nombre de plantules sont désordonnés et parfois incohérents. L'absence de trop de paramètres explicatifs dans ces matrices conduit probablement à ces mauvais résultats de corrélation [28]. Les matrices de niveau 2 ne sont pas assez précises, il manque par exemple la spécificité chimique des zones [47]. Les matrices de niveau 3 et 4, à l'analyse plus fine, comportent trop peu de réplicats pour être concluantes (n=15 et n=5). Ceci encourage à avoir un regard très

critique sur les résultats considérés alors seulement comme des tendances pouvant aider à orienter les futures études.

Ainsi, **la profondeur et l'humidité de l'humus, et le ratio de luminosité** semblent être des paramètres à prendre en compte, notamment lors de la culture *ex situ* des plantules. A l'inverse, le pH (entre 5 et 7) ne semble pas jouer de rôle déterminant. La corrélation positive du nombre de plantules au ratio de luminosité pour certaines espèces (ex : *F. fournieri*) permet de certifier qu'elles se développent dans des zones éclairées. Il est donc envisageable de les planter dans des zones ouvertes ou dans des lisières de forêt. A l'inverse, les plantules de *P. wakere* semblent se développer en forêt dans des zones plus sombres, même si on les trouve aussi en milieu ouvert. La corrélation positive du nombre de plantules avec le pourcentage de **recouvrement de la strate 0-50 cm** (retrouvé dans la matrice 1 et pour l'espèce *C. jaffrei*) peut signifier que les conditions du sol sont favorables à la germination et à la croissance générale des espèces forestières. **L'implication du pourcentage de la pente** dans le nombre de plantules n'apparaît significatif que pour la matrice 1 et individuellement pour l'espèce *N. balansae*, cependant, lors de l'étude pilote, il est ressorti que ce facteur était majeur pour la régénération d'une manière globale, toutes espèces confondues. Dans les zones de très forte pentes (>45°) les sols sont généralement peu profonds (des affleurements de blocs issus de la dégradation de la roche mère sont localement observés) et l'érosion intense n'y favorise ni la mise en place ni le maintien des horizons humifères. Dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie, l'importance des fortes pluies intensifie le drainage de la matière organique et des graines [51].

De nouveaux paramètres sont à intégrer aux futures études. Premièrement, il serait intéressant de trouver une méthode quantifiant **les blocs rocheux** compte tenu du probable rôle qu'ils ont en créant entre eux de profondes crevasses qui limitent l'accès à la lumière et du fait qu'il réduisent par unité de surface la part sur laquelle les graines peuvent germer. La disponibilité de l'eau pour les graines doit aussi être étudiée (teneur en eau du sol/pente/proximité d'un cours d'eau). **L'état et la composition de la litière doivent être inclus dans les études** [71, 83].

Dans certaines zones de maquis pré-forestier on a une dominance au niveau de la litière d'aiguilles de *Gymnostoma deplancheanum* créant un maillage que les « grosses » graines ne peuvent traverser empêchant probablement ainsi la germination (ex : *P. wakere* dans la zone des Murielles). Par ailleurs il serait fondamental d'acquiescer davantage de

données sur la **biologie des espèces** [2, 70]. En effet, il n'y a probablement pas le même taux de régénération et la même dynamique pour une espèce qui fleurit tous les ans que pour une espèce qui fructifie tous les 5-10 ans [47, 61].

De même, des informations concernant la **dormance**, la **longévité**, la **catégorie** (orthodoxe ou récalcitrante), le **mode de conservation** optimal des graines seraient utiles [5, 24, 41], pour mieux comprendre la germination en milieu naturel et contrôler la production en pépinière. Les graines de *P. wakere*, *a priori* récalcitrantes [com. pers. T. Le Borgne] se dessèchent si le milieu est trop sec et se décomposent si le milieu est trop humide. Ainsi, le faible nombre de plantules constaté dans la zone des Murielles n'est pas nécessairement lié à la quantité ou la viabilité des graines produites mais peut-être aux conditions non optimales du sol. Dans l'idéal, des études d'essai de germination *ex situ* pour l'ensemble des peuplements pour l'ensemble des espèces seraient à conduire. Ceci permettra d'évaluer la véritable vitalité des peuplements et la viabilité des graines issues des peuplements, en conditions contrôlées. **L'analyse géochimique et géomorphologique des sols** pourrait apporter des informations pertinentes. En effet, compte tenu de la particularité des sols ultramafiques on ne peut qu'envisager des corrélations entre la composition chimique des sols et la régénération [34, 37, 61]. De telles études sont également à conduire dans la future zone de restauration forestière, à savoir la Kué Nord, pour savoir si des apports au sol doivent être faits. En outre, il est utopique d'espérer sauvegarder et restaurer les forêts en l'absence d'un plan de prévention et d'intervention face aux incendies [42]. Les moyens humains et financiers nécessaires à sa mise en place devraient être limités car les forêts subsistent, pour la plupart d'entre elles, dans des zones *a priori* naturellement peu propices au passage des incendies. De plus, dans cette région où la pluviométrie est très importante, l'aménagement de prises d'eau à proximité des forêts semble envisageable [51]. La mise en place de moyens de lutte contre les incendies et de moyens de surveillance dans plusieurs communes, ainsi que la programmation d'importantes actions de recherches pluridisciplinaires sur les incendies [60] vont dans ce sens.

En conclusion, cette étude a répondu aux objectifs en ciblant des lieux de récoltes pour des espèces cicatricielles, permettant le maintien d'une diversité génétique satisfaisante dans le programme de restauration forestière [tableau 7] Ce travail a aussi amené des pistes de recherche et de réflexion pour le planning des récoltes et pour la culture *ex situ* des plantules.

Espèce (et d.b.h minimal pour repr.)	Peuplement	Catégorie	Nbre ind. adultes sup. repro.	Commentaires
C. candelabra (d.b.h. > 2cm)	Touaourou	RETENU	50	
	Wajana	RETENU	27	
	Forêt Nord	RETENU	19	
	Col de Mouirange	RETENU	16	
P. Wakere (d.b.h> 10cm)	Forêt Nord	RETENU SOUS RESERVE	10	Augmenter la surface de prospection pour avoir plus d'individus reproducteurs
	Port Boisé	RETENU SOUS RESERVE	14	Augmenter la surface de prospection pour avoir plus d'individus reproducteurs
	Les Murielles	NON RETENU SOUS RESERVE	5	Peut être zone de récolte de graine toutefois ? A suivre
	Col de Mouirange	NON RETENU		Pas de relevés réalisés
M. fraxinifolius (d.b.h>2cm)	Pic du Pin	RETENU	64	
	Pic du Grand Kaori	RETENU	143	
	Forêt Nord (vers l'usine)	RETENU	34	
	Forêt Nord (là où on a vu des chasseurs avec jypé je sais pas le nom)	NON RETENU		Pas de relevés réalisés
Syzygium wagapense (d.b.h>2 cm)	Port Boisé	RETENU	21	
	Prony village	RETENU	46	
	Col de mouirange	NON RETENU		Pas de relevés réalisés
Flindersia fournieri (d.b.h>2 cm)	Cofremi	RETENU	15	
	Route de l'aérodrome/mine	RETENU SOUS RESERVE	20	Que 2 individus au d.b.h. > 10 cm → vérifier le diamètre minimum pour reproduction
	Route ancienne pépinière	RETENU	25	
Codia jaffrei (d.b.h>10 cm)	Forêt Nord	RETENU	40	
	Pic du Grand Kaori	RETENU	17	
Nothofagus balansae (d.b.h>10 cm)	Pic du Pin	RETENU	32	
	Col de Yaté	RETENU	17	
	Pic du Pin	RETENU	38	
Nothofagus aequilateralis (d.b.h>10 cm)	Forêt S2	RETENU	31	
	Pic du Grand Kaori	RETENU	61	

Tableau 7 : Zones de récoltes retenues, retenues sous conditions, et non retenues suite à la présente étude.

Bibliographie

- [1] Aubréville A. (1967) Flore de la Nouvelle-Calédonie et Dépendances, tome 1 : Sapotaceae, 167 pages
- [2] Balsmeïn E., Collin E. (2004) Conservation in situ des ressources génétiques des arbres forestiers en France Métropolitaine. *Ingénieries* 40 :51-60
- [3] Barrabé L., Rigault F., Dagostini G., Nigote W., Munzinger J. (2008) Recensement du patrimoine botanique des aires protégées terrestres de la Province Sud. Caractérisation et cartographie des formations végétales de 10 aires protégées terrestres de la Province Sud. Rapport de Convention IRD/DENV-Province Sud. 62 pp + annexes.
- [4] Blakesley D., Elliott, S., Kuarak, C., Navakitbumrung, P., Zangkum, S. and Anusarnsunthorn, V. (2002) Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy. *Forest Ecology and Management* 164 : 31-38.
- [5] Blakesley S., Hardwick K., Elliott S. (2004 a) Research needs for restoring tropical forests in Southeast Asia for wildlife conservation: framework species selection and seed propagation. *New Forest* 24 (3): 165-174
- [6] Blakesley D., Pakkad G., James C., Torre F. and Elliott S. (2004 b) Genetic diversity of *Castanopsis acuminatissima* (Bl.) A. DC. in northern Thailand and the selection of seed trees for reforestation. *New Forests* 27: 89-100.
- [7] Boiteau P. (1981) Flore de la Nouvelle-Calédonie et Dépendances, tome 10 : Apocynaceae, 302 pages
- [8] Brook B. W., Tonkyn D. W., O'Grady J. J., Frankham R. (2002) Contribution of inbreeding to extinction risk in threatened species. *Conservation Ecology* 6(1): art. 16. <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art16/>
- [9] Carpentier R.J., Read J., Jaffré T. (2003) Reproductive traits of tropical rain-forest trees in New-Caledonia. *Journal of tropical Ecology* 23, p 191-198
- [10] Chatain A., Read J., Jaffré T. (2009) Does leaf-level nutrient-use efficiency explain nothofagus-dominance of some tropical rain forests in New Caledonia? *Plant Ecol* 201 : 51-66
- [11] Cherrier J.F. (1992) Placette de suivi de croissance en forêt naturelle – Synthèse après dix années de mesure, édition CIRAD Département Forêt, 32 pages
- [12] CIRAD (ed), Bois des Dom-Tom, tome 3: Nouvelle-Calédonie (1993), 188 pages
- [13] Connell J.H. & Green P.T. (2000) - Seedling dynamics over thirty-two years in a tropical rain forest tree. *Ecology* 81(2): 568-584.
- [14] CTFT (1975) Inventaire des ressources forestières de Nouvelle-Calédonie, Nouméa. Fasc. 2, 227 p.
- [15] Cucherat M. (2009) Interprétation des essais cliniques pour la pratique médicale – La problématique des comparaisons multiples www.spc.univ-lyon1.fr/polycop
- [16] Dawson J.W. (1992) Flore de la Nouvelle-Calédonie et Dépendances, tome 18 : Myrtaceae – Leptospermoïdées, 251 pages

- [17] Dawson J.W. (1999) Flore de la Nouvelle-Calédonie et Dépendances, tome 23 : Myrtaceae Myrtoideae 1 : Syzygium, 144 pages
- [18] Desmoulin F., Barré N. (2004) Inventaire et écologie de l'avifaune du plateau de Goro. Rapport étude IAC/Goro Nickel. 47 p
- [19] Differt J. (2001) Synthèse bibliographique des espèces arborées – analyse des données du Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR) 224 pages
- [20] Dixo M., Metzger J.-P., Morgante J. S., Zamudio K. R. (2009) Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation* 142: 1560-1569
- [21] Eldridge K.G., Griffin A.R. (1983) Selfing effects in *Eucalyptus regnans*. *Silvae Genetica* 32:216–221
- [22] Elliott S., Promkutkaew S., Maxwell J. F. (1994) Flowering and seed production phenology of dry tropical forest trees in northern Thailand. *Proc. Int. Symp. on Genetic Conservation and Production of Tropical Forest Tree Seed, ASEAN-Canada Forest Tree Seed Project* pp 52-62.
- [23] Elliott, S. (2000) Defining forest restoration for wildlife conservation in Elliott, S., Kerby J., Blakesley D., Hardwick K., Woods K. and Anusarnsunthorn V. (Eds). *Forest Restoration for Wildlife Conservation*. Chiang Mai University: 13-17
- [24] Elliott S., Anusarnsunthorn V., Maxwell J. F., Gale G., Toktang T., Kuarak C., Navakitbumrung P., Pakkad G., Tunjai P., Thaiying J., Blakesley D. (2004) How to Plant a Forest. *Proceedings of the Annual Biodiversity Research and Training Symposium*. Ed. The Forest Restoration Research Unit Biology Department Chiang Mai University, 154 pages
- [25] Elliott S., Kuaraksa E.C. (2008) Producing Framework Tree Species for Restoring Forest Ecosystems in Northern Thailand. *Small-scale Forestry* 7 (3-4): 403-415
- [26] Falcy M. R., Estades C. (2007) Effectiveness of corridors relative to enlargement of habitat patches. *Conservation biology* 21 (5):1341-1346
- [27] FAO : Evaluation des ressources forestières mondiales 2005 – Nouvelle-Calédonie – (2005) Rapport National 193, Département des forêts de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 12 pages <http://www.fao.org/forestry/9792-1-115.pdf>
- [28] Favrichon V., Gourlet-fleury S., Bar-Hen A., Dessard H. (1998) Parcelles permanentes de recherche en forêt dense humide tropicale humide –Eléments pour une méthodologie d'analyse des données. CIRAD Forêt. Série FORAFRI, doc 14, 73 pages <http://www.forafri.org/ressources/forafri/18.pdf>
- [29] Friou M. (1993) Recensement des zones forestières exploitables de la province sud, ed. CIRAD-Forêt, 93 pages
- [30] Gargominy O. (2003) Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer. Collection Planète Nature. Comité français pour l'UICN, Paris, France. 246 pp. http://biodiv.mnhn.fr/information/outre_mer/fo1088503/
- [31] Goosem S., Tucker N. (1995) Repairing the rainforest: theory and practice of rainforest re-establishment in North Queensland's wet tropics. Wet tropics Management Authority, 72 pagesBook

- [32] Honnay O., Jacquemyn H. (2006) Susceptibility of common and rare plant species to the genetic consequences of habitat fragmentation. *Conservation Biology* 21 : 823-831.
- [33] Hopkins H.C.F., Fogliani B., Pillon Y. (2007) Four new species in the endemic genus *Codia* (Cunoniaceae) from New Caledonia, *Kew Bulletin* 62: 259-274
- [34] Jaffré T., (1980) Thèse : Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie. Paris Sud-Orsay, Edition de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, 274 p.
- [35] Jaffré T., Morat P., Veillon J., MacKey (1987) Changement dans la végétation de la Nouvelle-Calédonie au cours du Tertiaire : la végétation et la flore des roches ultrabasiques. *Bull., Mus. Natl. Hist. nat., Paris, 4° sér. 9, section B, Adansonia* 4 :365-391
- [36] Jaffré T., Rigault F., Sarrailh J.-M. (1994) La végétalisation des anciens sites miniers-
Revegetation of old mining sites in New Caledonia. *Bois et Forêts des tropiques* 242 : 45-57
- [37] Jaffré T., Veillon J.-M., Pintaud J.-C. (1997) Comparaison de la diversité floristique des forêts denses humides sur roches ultramafiques et sur substrats différents en Nouvelle-Calédonie, *Ecologie des milieux sur roches ultramafiques et sur sols métallifères, III2* : 163-170
- [38] Jaffré T., Morat P., Veillon J., Rigault F. & Dagostini G. (2004) Composition and characterisation of the native flora of NewCaledonia. *Documents scientifiques et techniques II 4*, édité par IRD, 121 pages
- [39] Jaffré T., Muzinger J., Dagostini G., Rigault F., Tinel-Fambart J., Barrabél L., Pillon Y., Lowry II P. P. (2009) Les conifères des massifs sur roches ultramafiques (terrains miniers) de Nouvelle-Calédonie : situation actuelle et propositions de mesures pour une meilleure conservation. *Documents de l'IRD*. 9 pages
- [40] Jaffré T., Muzinger J., Lowry II P. P. (2010) Treats to the conifer species found on New Caledonia's ultramafic massifs and proposals for urgently needed measures to improve their protection. *Biodiversity Conservation* (en cours de parution)
- [41] Jesel S. (2005) Ecologie et dynamique de la régénération de *Dicorynia guianensis* (Caesalpinaceae) dans une forêt guyanaise. *Doctorat Ecologie forestière*, 288 pages
- [42] Kettle C.J., Hollingsworth P.M., Jaffré T., Moran B., Ennos R. A. (2007) Identifying the early genetic consequences of habitat degradation in a highly treated tropical conifer, *Araucaria nemorosa* Laubenfels, *Molecular Ecology* 16: 3581-3591
- [43] Lamb D., Parrotta J., Keenan R., and Tucker N. (1997) Rejoining habitat remnants: Restoring degraded rainforest lands. In Laurance, W. F. and R. O. Bierregaard, editors. (eds.). *Tropical Forest Remnants* The University of Chicago Press. Chicago & London. Pp. 366–385.
- [44] Li M., Lieberman M. and Lieberman D. (1996) - Seedling demography in undisturbed tropical wet forest in Costa Rica. Pages 285-314 in Swaine M.D. (ed). *The Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings*. UNESCO/ Parthenon Publishing, Paris.
- [45] Lienert J. (2004) Habitat fragmentation effects on fitness of plant populations – a review. *Journal for nature conservation* 12:p 53-72

- [46] Lung T., Schaab G. (2010) A comparative assessment of land cover dynamics of three protected forest areas in tropical eastern Africa. *Environmental Monitoring and Assessment* 161(1-4):531-548
- [47] McCoy S. (1991) Edaphic controls influencing the distribution of *Nothofagus aequilateralis* on ultrabasic soils at the Col of Mourange, New Caledonia. Honours Dissertation, Australian National University, Australia
- [48] McCoy S., Jaffré T., Rigault F., Ash J. E. (1999) Fire and succession in the ultramafic maquis of New Caledonia. *Journal of Biogeography* 26: 579-594
- [49] Munez, M. P. (2000) Decline of the Philippine forest. In Elliott S., Kerby J., Blakesley D., Hardwick K., Woods K. and Anusarnsunthorn V. (Eds). *Forest Restoration for Wildlife Conservation*, Chiang Mai University.
- [50] Munzinger J., Dagostini G., Rigault F., Kurpisz D. (2007) Inventaire de la réserve de la Forêt Nord. Expertise pour Goro-Nickel SA, IRD, Nouméa.
- [51] Munzinger J., Kurpisz D., Rigault F., Dagostini G. (2008) Caractérisation taxonomique et patrimoniale des lambeaux forestiers dans le Grand Sud Calédonien, implication pour la gestion et la préservation de ces formations – Rapport de convention IRD / DRN Province Sud N°6024-60/2005, 74 pages
- [52] Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B., Kent J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858
- [53] Oostermeijer J.G.B., Luijten S.H., den Nijjs J.C.M. (2003) Integrating demographic and genetic approaches in plant conservation. *Biological Conservation* 113: 389-398
- [54] Osunkoya O. O. (1994) Postdispersal survivorship of north Queensland rainforest seeds and fruits: effects of forest, habitat and species. *Australian Journal of Ecology* 19:52–64.
- [55] Pakkad G., Elliott S., Anusarnsunthorn V., James C. and Blakesley D. (2002) Forest restoration planting in northern Thailand. In Koskela, S, Appanah S., Anderson A. P. and Markopoulos M. D. (Eds.) *Proceedings of the Southeast Asian Moving Workshop on Conservation, Management and Utilization of Forest Genetic Resources*. Pp 143 – 153
- [56] Pakkad G., Torre F., Elliott S., Blakesley D. (2003) Selecting seed trees for a forest restoration program: a case study using *Spondias axillaris* Roxb. (*Anacardiaceae*). *Forest Ecology and Management* 182 (1-3): 363-370
- [57] Pascal M., Richer de Forge B., Le Guyader H., Simberloff D. (2008) Mining and other treats to the New Caledonia Biodiversity Hotspot. *Conservation Biology* 22 (2): 498-499
- [58] Pillon Y., Munzinger J., Amir H., Hopkins H.C.F., Chases M.W. (2009) Reticulate evolution on a mosaic of soils: diversification of the New Caledonian endemic genus *Codia* (*Cunoniaceae*)
- [59] Prat D., Faivre Rampant P., Prado E. (2006) Analyse du génome et gestion des ressources forestières. INRA 456 pages
- [60] Programme ANR : Incendie et Biodiversité des Ecosystèmes de Nouvelle-Calédonie – (2008-2012) Partenaires : CNRS, INRA, METEO-France, EMAX CEMAGREF, WWF Calédonie

- [61] Read J., Jaffré T., Ferris J.M., McCoy S., Hope G.S. (2006) Does soil determine the boundaries of monodominant rain forest and maquis on ultramafic soils in New Caledonia ? *Journal of Biogeography*, Vol. 33, p 1055-1065
- [62] Read J., Sanson G.S., Burd M., Jaffré T. (2008) Mass flowering and parental death in the regeneration of *Cerberiopsis candelabra* (Apocynaceae), a long-lived monocarpic tree in New-Caledonia. *American journal of Botany* 95:558-567
- [63] Richer de Forges B.M. et Pascal M., (2008) La Nouvelle-Calédonie, un « point chaud » de la biodiversité mondiale gravement menacé par l'exploitation minière, *Journal de la Société des Océanistes* 126-127 : 95-111
- [64] Roy V., De Bois S. (2008) Evaluating hedgerow corridors for the conservation of native forest herb diversity. *Biological Conservation* 141: 298-307
- [65] Sabatier D., Puig H. (1983) Phénologie et saisonnalité de la floraison et de la fructification en forêt dense guyanaise. *Mémoire du Muséum. Sér. A, Zoologie* T 132 :173-184
- [66] Savolainen O., Kuittinen H. (2000) Small population processes. In Young A., Boshier D., Boyle T. *Forest Conservation Genetics*: 91-101. CABI Publishing, Wallingford, England / CSIRO Publishing Collingwood, Victoria
- [67] Schmid M (1981) *Fleurs et plantes de Nouvelle Calédonie*. Les Editions du Pacifique, Nouméa. 178 pages
- [68] Sedgley M, Griffin A.R. (1990) Sexual reproduction of tree crops. *Forestry* 63(3):305-306
- [69] Semah A-M, Detroit F. (2006) Paléontologie humaine et Préhistoire Sur les premiers peuplements du Pacifique Sud, *C. R. Palevol* 5: 381-393
- [70] Sheil, D. et van Heist, M. (2000). Ecology for tropical forest management. *International Forestry Review*, 2: 261-270.
- [71] Sizer N. and Tanner E.V.J. (1999) - Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. *Biological Conservation* 91(2-3): 135-142.
- [72] Tucker N. I. J., Murphy T. M. (1997) The effect of ecological rehabilitation on vegetation recruitment: some observations from the wet tropics of north Queensland. *Journal of Forest Ecology and Management* 99: 133-152.
- [73] Tucker N. (2000) Linkage restoration: Interpreting fragmentation theory for the design of a rainforest linkage in the humid Wet Tropics of north-eastern Queensland *Ecological Management & Restoration* 1(1): 35-41
- [74] Turnbull J.W., Griffin A.R. (1986). The concept of provenance and its relationship to infraspecific classification in forest trees. Pp. 157-189 in B.T. Styles ed. *Infraspecific Classification of Wild and Cultivated Plants*. Clarendon, Oxford
- [75] Udo H., Gâteblé G. (2010) Etude complémentaire sur le macro-bouturage d'espèces endémiques. Editions IAC. Rapport final de convention Vale Inco. 57p.
- [76] Watt A. (1999) Conifer of New Caledonia: regional action plan, in: *Conifers. Status survey and conservation Action plan IUCN* (eds. Farjon A., Page C.N.) p 41-49. IUCN/SSC Conifer Specialist group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK
- [77] Wehling S., Diekmann M. (2009) Importance of hedgerows as habitat corridors for forest plants in agriculture landscape. *Biological Conservation* 142: 2522-2530

- [78] Whiffin T. (1982) Variation and Evolution in the Genus *Flindersia* (Rutaceae). I Review to the Genus. *Australian Journal of Botany* 30(6): 635 - 643
- [79] Whiting S. N., Reeves R. D., Richards D., Johnson M. S., Cooke J. A., Malaisse F, Paton A, Smith J. A. C., Angle J. S., Chaney R. L., Ginocchio R., Jaffre T., Johns R., McIntyre T., Purvis O. W., Salt D. E., Schat H., Zhao F. J., Baker A. J. M. (2004) Research priorities for conservation of metallophyte biodiversity and their potential for restoration and site remediation. *Restoration Ecology*: 12(1): 106-116
- [80] Young A., Boyle T., Brown T. (1996) The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants, *Tree* 11: 413-418
- [81] Young A.G., Boyle T.J. (2000) Forest fragmentation : In forest conservation, Genetics Principle and Practice (Young A., Boshier D., Boyle T., eds) CSIRO Publishing Collingwood Australia, 352 pages
- [82] Young T.P., Peterson D.D., Clary J.J. (2005) The ecology of restoration : historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology letters* 8: 662-673

Webographie

[A] Site de Météo France Nouvelle-Calédonie :

<http://www.meteo.nc>

[B] Herbar de Zurich :

http://www.zuerich-herbarien.uzh.ch/new_index.php

[C] Herbar de Zurich, spécial à la Nouvelle-Calédonie :

<http://www.zuerich-herbarien.unizh.ch/newcaledonia/>

[D] Base de données des échantillons de l'herbier du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris :

<http://colddb.mnhn.fr/colweb/form.do?model=SONNERAT.wwwsonnerat.wwwsonnerat.wwwsonnerat>

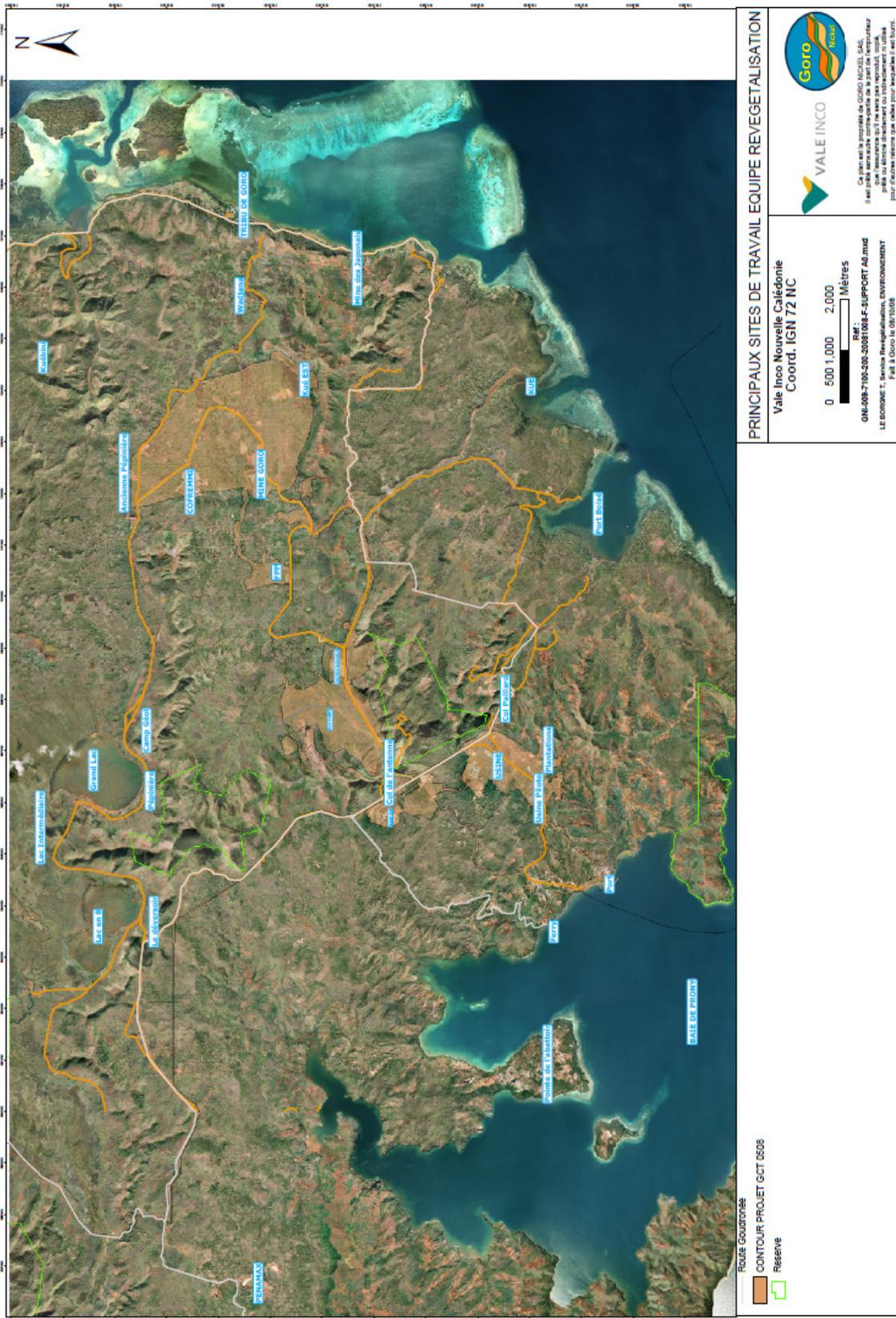
[E] Herbar de Missouri Botanical Garden and Herbarium, Saint Louis :

<http://www.mobot.org/press/Assets/FP/herbarium.asp>

[F] Géo référencement des localités de récolte des échantillons de McKey :

<http://www2.mnhn.fr/novcal>

Annexe 1 : Carte de la zone d'impact de l'entreprise industrielle minière Vale Nouvelle-Calédonie sur le plateau de Goro



Annexe 2: Prestations de Vale et de l'IAC dans le projet de restauration forestière

Les prestations prises en charge par Vale Nouvelle-Calédonie sont les suivantes :

- Le défrichage par layonnage des zones de plantation de test avec les sous-traitants travaillant pour Vale selon le protocole mis en place entre l'IAC et Vale ;
- Les plantations avec les sous-traitants travaillant pour Vale selon le protocole mis en place entre l'IAC et Vale ;
- La fourniture des outils horticoles et des matières fertilisantes ;
- L'assistance sur le terrain pour le repérage de différentes populations d'espèces forestières ciblées à Goro ;
- La cartographie par SIG des populations sélectionnées par l'IAC pour les suivis ;
- L'assistance pour les récoltes à Goro ;
- Le repiquage et l'élevage des plantes dans les serres de Valefournit par l'IAC suite à leur germination à l'IAC ;
- L'hébergement et le repas du personnel de l'IAC sur la base vie du camp de géologie ;
- Le prêt d'un véhicule 4x4 pour le personnel de l'IAC pour les travaux de repérage, de suivi, de récoltes à Goro ainsi que pour les déplacements entre Goro et l'IAC Port Laguerre.

Les prestations prises en charge par l'IAC sont les suivantes :

- La fourniture d'une étude scientifique répondant aux objectifs avec des rapports de bilan annuels ;
- L'analyse chimique des feuilles des espèces ciblées pour déterminer les apports en matière fertilisante si les données sont manquantes ;
- La fourniture du personnel technique pour assister et diriger la mise en place des différentes plantations expérimentales de la Kué Nord ;
- La fourniture du personnel pour l'étude bibliographique sur la localisation, la phénologie ; la conservation, la germination des espèces ciblées ;
- La fourniture du personnel technique pour suivre de manière annuelle la croissance des plantes et la mise en place d'un protocole de maintenance des parcelles.

Annexe 3 : Liste des critères de sélection des espèces étudiées dans l'étude de reconstitution forestière

Conditions *sine qua non* :

- présentes en forêt et/ou lisière de forêt ;
- adaptées au sol ultramafique ;
- communes dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie ;
- croissance rapide.

Observations de terrain permettent de sélectionner des espèces :

- à cime dense → ombrage pour les plantules à venir
- entrant en compétition avec succès avec les espèces des terrains dégradés → activer la succession écologique
- attirant la faune permettant la pollinisation et la dispersion des graines (fruits charnus) → optimiser la colonisation des espèces forestières
- ayant une facilité de propagation des graines sur de longues distances → optimiser la colonisation des espèces forestières
- en fonction du poids des graines → optimiser la germination des graines
- pouvant survivre dans les conditions du site dégradé → optimiser le rendement

Observations en pépinière permettent de sélectionner des espèces :

- ayant de bons résultats de culture en pépinière (germination/croissance) → Réalité du projet

Observations supplémentaires intéressantes :

- espèces cicatricielles ou *a priori* cicatricielles de forêt en fonction des observations de terrains accumulées par les botanistes (espèces présentes dans les chablis, les lisières, au bord des pistes, sur les pistes abandonnées)
- espèces présentes dans les forêts concernées par la mise en place de corridors (Forêt de la Kué Nord)

Annexe 5 : Les données de Dynamique pour l'ensemble des espèces et l'ensemble des peuplements

Espèce	zone	plantules	1-2	2-10	10-20	20-40	40-60	>60	Nbre total	Nbre jeunes	Nbre adultes
Cerberiopsis candelabra	Touaourou	590	0	4	18	22	6	0	640	590	50
Cerberiopsis candelabra	Wajana	0	0	0	0	18	8	1	27	0	27
Cerberiopsis candelabra	Forêt Nord	0	0	0	0	5	14	0	19	0	19
Cerberiopsis candelabra	Col de mouirange	0	0	0	3	9	3	1	16	0	16
Planchonella wakere	Forêt Nord	3245	3	0	0	2	3	5	3258	3245	13
Planchonella wakere	Port boisé	1465	22	4	3	7	3	1	1505	1465	40
Planchonella wakere	Les Murielles	20	45	2	0	1	4	0	72	20	52
Myodocarpus fraxinifolius	Pic du Pin	1150	455	40	20	4	0	0	1669	1150	519
Myodocarpus fraxinifolius	Pic du grand Kaori	1950	345	118	12	10	2	1	2438	1950	488
Myodocarpus fraxinifolius	Forêt Nord	395	89	27	6	1	0	0	518	395	123
Syzygium wagapense	Port boisé	45	4	11	6	4	0	0	70	45	25
Syzygium wagapense	Prony village	1510	35	36	7	2	1	0	1591	1510	81
Flindersia fourmieri	Cofremi	885	2	0	6	9	0	0	902	885	17
Flindersia fourmieri	route aéroport/mine	45	31	18	2	0	0	0	96	45	51
Flindersia fourmieri	route ancienne pepinière	550	11	6	15	4	0	0	586	550	36
Codia jaffrei	Forêt Nord	110	12	13	18	19	2	1	175	110	65
Codia jaffrei	Pic du grand Kaori	200	56	3	9	7	0	1	276	200	76
Codia jaffrei	Pic du Pin	510	52	36	23	7	1	1	630	510	120
Notholagus balansae	col de yaté	1790	354	41	6	6	4	1	2202	1790	412
Notholagus balansae	Pic du pin	11470	0	0	15	19	3	1	11508	11470	38
Notholagus balansae	Forêt S2	595	19	2	6	10	9	6	647	595	52
Notholagus aequilateralis	Pic du grand Kaori	2085	0	7	38	20	3	0	2153	2085	68

Annexe 6 : Mesures sur les quadrats

espèce	zone	milieu	altitude	quadrat	Nbre plantules	Humidité de l'humus (moyenne de 3 mesures par quadrat)	Prof. max de l'humus	pH (moyenne de 3 relevés par quadrat)	Humidité de l'air sur quadrat	% recouvrement strate 0-50 cm	luminosité quadrat (moyenne de 3 mesures par quadrat)	luminosité piste	ratio luminosité	degré de la pente
cerberiois candelabra	col de mouirange	forêt dense humide	225	4	0	85,00	10	5,80	87,5	20	9	1348	0,0133	5
cerberiois candelabra	col de mouirange	forêt dense humide	225	3	0	95,00	2	5,50	81,2	50	64	1348	0,0267	5
cerberiois candelabra	col de mouirange	forêt dense humide	225	1	0	85,00	2	6,00	81,8	20	1	75	0,0593	5
cerberiois candelabra	col de mouirange	forêt dense humide	225	5	0	95,00	2	6,00	82,4	40	4	823	0,0133	5
cerberiois candelabra	Ancienne pep	forêt dense humide	225	2	0	80,00	3	6,00	82,9	50	28	3870	0,0267	5
cerberiois candelabra	forêt nord	forêt dense humide	284	5	0	60,00	10	7,00	94	25	1	160	0,0564	45
cerberiois candelabra	forêt nord	forêt dense humide	277	2	0	50,00	5	7,00	96,7	15	70	1348	0,7805	45
cerberiois candelabra	forêt nord	forêt dense humide	280	3	0	25,00	10	6,50	93,05	10	37	656	0,0534	45
cerberiois candelabra	forêt nord	forêt dense humide	284	4	0	45,00	10	7,00	95	25	7	1348	0,0610	45
cerberiois candelabra	forêt nord	forêt dense humide	270	1	0	60,00	5	7,00	96,4	25	29	1600	0,0412	45
cerberiois candelabra	touaourou	forêt dense humide	63	5	118	50,00	15	7,00	87,2	20	7	1600	0,0072	5
cerberiois candelabra	touaourou	forêt dense humide	54	4	0	20,00	2	7,00	83,4	15	12	1360	0,0010	5
cerberiois candelabra	touaourou	forêt dense humide	42	3	0	35,00	2	7,00	81,6	15	10,25	1348	0,0121	5
cerberiois candelabra	touaourou	forêt dense humide	13	1	0	40,00	5	7,00	79,5	15	13	1600	0,0067	5
cerberiois candelabra	touaourou	forêt dense humide	47	2	0	40,00	2	7,00	81,6	15	2	845	0,0266	5
cerberiois candelabra	Wajana	forêt dense humide	150	5	0	36,67	4	6,80	80,8	5	11	1600	0,0172	10
cerberiois candelabra	Wajana	forêt dense humide	150	3	0	82,50	1	6,25	82,2	20	14	1600	0,0086	10
cerberiois candelabra	Wajana	forêt dense humide	150	4	0	55,00	1	6,15	84,9	10	4,5	1360	0,0043	10
cerberiois candelabra	Wajana	forêt dense humide	150	1	0	67,50	2	6,85	81	10	9	1360	0,0862	10
cerberiois candelabra	Wajana	forêt dense humide	150	2	0	65,00	2	6,10	85	20	11,5	1360	0,0647	10
codia jaffrei	forêt nord	forêt dense humide	203	4	2	91,50	1	6,05	95,8	50	6	1005	0,0230	2
codia jaffrei	forêt nord	forêt dense humide	203	2	3	77,50	1	6,00	96	30	10	1005	0,0069	2
codia jaffrei	forêt nord	forêt dense humide	203	1	2	82,50	2	6,15	90,9	25	10	1005	0,0046	2
codia jaffrei	forêt nord	forêt dense humide	203	3	15	95,00	2	5,70	95,5	25	384	5115	0,0023	2
codia jaffrei	forêt nord	forêt dense humide	203	5	0	60,00	2	6,20	96,5	40	396	5115	0,0115	2
codia jaffrei	Pic du grand kaori	forêt dense humide	254	2	21	73,00	5	5,75	89	60	6	120	0,0012	5
codia jaffrei	Pic du grand kaori	forêt dense humide	254	1	4	85,00	5	5,50	94	60	15	1005	0,0012	5
codia jaffrei	Pic du grand kaori	forêt dense humide	254	3	5	80,00	5	6,00	97	60	17	560	0,0024	5
codia jaffrei	Pic du grand kaori	forêt dense humide	254	5	7	68,33	5	5,90	97,6	60	6	560	0,0042	5
codia jaffrei	Pic du grand kaori	forêt dense humide	254	4	14	80,00	5	5,40	98,4	60	12	560	0,0006	5
codia jaffrei	Pic du pin	forêt dense humide	275	1	0	61,67	11	5,93	97,7	30	24	560	0,0024	0
codia jaffrei	Pic du pin	forêt dense humide	275	4	19	65,00	4	6,50	91,9	60	512	5115	0,4320	0
codia jaffrei	Pic du pin	forêt dense humide	275	3	35	50,00	3	6,33	91	50	512	5115	0,6982	0
codia jaffrei	Pic du pin	forêt dense humide	275	5	48	50,00	5	6,27	91	75	89	689	0,8935	0
codia jaffrei	Pic du pin	forêt dense humide	275	2	0	36,67	4	6,33	93,5	50	500	3000	0,0343	0
flindersia fourmieri	ancienne pep	maquis paraforestier	311	2	28	73,33	20	6,33	90,9	60	5	823	0,0751	0
flindersia fourmieri	ancienne pep	maquis paraforestier	311	3	21	83,33	20	6,07	92,5	70	15	232	0,0774	0
flindersia fourmieri	ancienne pep	maquis paraforestier	311	1	24	73,33	15	6,00	92,3	60	4	823	0,1001	0
flindersia fourmieri	ancienne pep	maquis paraforestier	311	5	19	81,67	20	6,40	90,6	60	2	435	0,1001	0
flindersia fourmieri	ancienne pep	maquis paraforestier	311	4	18	80,00	20	5,63	93,4	60	8	823	0,3488	0
flindersia fourmieri	cofremmi	maquis paraforestier	262	1	14	70,00	5	6,10	87	50	1	435	0,1667	0
flindersia fourmieri	cofremmi	maquis paraforestier	262	2	60	65,00	5	6,75	84	50	5	435	0,1667	0
flindersia fourmieri	cofremmi	maquis paraforestier	262	3	54	67,50	5	6,10	78	50	2	689	0,1667	0
flindersia fourmieri	cofremmi	maquis paraforestier	262	4	25	50,00	5	6,50	81,4	50	2	75	0,1667	0
flindersia fourmieri	cofremmi	maquis paraforestier	262	5	24	77,50	5	5,50	77,5	50	16	689	0,1667	0
flindersia fourmieri	route de la mine	maquis paraforestier	301	4	1	36,67	10	6,50	72	50	3	823	0,0060	0
flindersia fourmieri	route de la mine	maquis paraforestier	301	5	0	51,67	10	6,50	73,6	50	29	845	0,0100	0
flindersia fourmieri	route de la mine	maquis paraforestier	301	1	3	70,00	10	6,00	74,5	50	3	235	0,0100	0
flindersia fourmieri	route de la mine	maquis paraforestier	301	2	4	56,67	10	5,83	78,7	75	2	160	0,0149	0
flindersia fourmieri	route de la mine	maquis paraforestier	301	3	1	31,67	10	7,00	73	50	2	1678	0,0219	0
myodocarpus fraxinifolius	forêt nord	forêt dense humide	168	2	36	86,67	4	6,37	78,1	60	500	3000	0,1292	0
myodocarpus fraxinifolius	forêt nord	forêt dense humide	168	1	13	61,67	1	6,30	79	50	500	3000	0,0083	0
myodocarpus fraxinifolius	forêt nord	forêt dense humide	168	5	22	83,33	2	6,13	82,7	80	500	3000	0,0029	0
myodocarpus fraxinifolius	forêt nord	forêt dense humide	168	4	3	65,00	3	6,73	78,6	70	500	3000	0,0029	0
myodocarpus fraxinifolius	forêt nord	forêt dense humide	168	3	5	79,33	4	6,37	82,1	70	7	33	0,0232	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du gd kaori	forêt dense humide	254	1	63	65,00	5	6,30	91,7	70	8	33	0,0003	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du gd kaori	forêt dense humide	254	2	6	90,00	5	5,50	94	70	10	33	0,0043	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du gd kaori	forêt dense humide	254	3	61	75,00	5	6,00	94,6	70	1784	5115	0,0057	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du gd kaori	forêt dense humide	254	4	206	55,00	5	6,30	95,8	70	488	1345	0,0043	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du gd kaori	forêt dense humide	254	5	123	90,00	5	5,90	97,5	70	95	1345	0,0071	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du pin	forêt dense humide	284	2	117	81,67	15	6,57	82,3	20	65	1345	0,0049	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du pin	forêt dense humide	284	5	51	80,00	2	6,30	84,9	25	12	33	0,0061	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du pin	forêt dense humide	284	1	37	47,50	2	6,50	87,9	50	365	845	0,0049	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du pin	forêt dense humide	284	3	37	86,67	2	6,17	95,2	30	20	33	0,0097	0
myodocarpus fraxinifolius	pic du pin	forêt dense humide	284	4	22	82,50	4	6,50	90,5	30	590	845	0,0036	0

espèce	zone	milieu	altitude	quadrat	Nbre plantules	Humidité de l'humus (moyenne de 3 mesures par quadrat)	Prof. max de l'humus	pH (moyenne de 3 relevés par quadrat)	Humidité de l'air sur quadrat	% recouvrement strate 0-50 cm	luminosité quadrat (moyenne de 3 mesure par quadrat)	luminosité piste	ratio luminosité	degré de la pente
nothofagus aequalateralis	forêt S2	forêt dense humide	230	1	54	50,00	6	7,00	77,2	75	512	656	0,0500	45
nothofagus aequalateralis	forêt S2	forêt dense humide	230	4	17	26,67	10	6,83	82,2	60	755	845	0,0250	45
nothofagus aequalateralis	forêt S2	forêt dense humide	230	3	23	33,33	10	6,83	85,7	95	2	160	0,0667	45
nothofagus aequalateralis	forêt S2	forêt dense humide	230	5	25	35,00	5	7,00	78,2	50	8	1360	0,0083	45
nothofagus aequalateralis	forêt S2	forêt dense humide	230	2	0	38,33	15	6,40	82,1	50	4	3870	0,0167	45
nothofagus aequalateralis	Pic du grand kaori	forêt dense humide	253	2	44	80,00	10	6,00	98,3	15	35	656	0,0067	5
nothofagus aequalateralis	Pic du grand kaori	forêt dense humide	253	3	21	90,00	7	6,10	96,2	20	5	235	0,0475	5
nothofagus aequalateralis	Pic du grand kaori	forêt dense humide	253	4	53	90,00	7	5,90	91,2	25	3	120	0,0518	5
nothofagus aequalateralis	Pic du grand kaori	forêt dense humide	253	1	132	75,00	10	6,50	97,7	25	3	160	0,0052	5
nothofagus aequalateralis	Pic du grand kaori	forêt dense humide	253	5	167	70,00	7	6,00	90	30	22	1005	0,0076	5
nothofagus aequalateralis	Pic du pin	forêt dense humide	284	2	847	56,67	8	5,97	82,6	90	4	160	0,0304	5
nothofagus aequalateralis	Pic du pin	forêt dense humide	284	1	760	50,00	8	6,50	95,0	90	8	120	0,0107	5
nothofagus aequalateralis	Pic du pin	forêt dense humide	284	4	4	87,00	8	5,82	97,5	90	1	120	0,0214	5
nothofagus aequalateralis	Pic du pin	forêt dense humide	284	5	262	75,00	8	5,23	100	90	47	3870	0,0429	5
nothofagus aequalateralis	Pic du pin	forêt dense humide	284	3	421	42,80	8	6,24	95,5	90	6	235	0,0143	5
nothofagus balanae	col de yaté	maquis paraforestier	285	4	59	50,00	7	6,50	81,5	30	2	700	0,0086	45
nothofagus balanae	col de yaté	maquis paraforestier	371	2	261	51,00	15	6,25	76,5	40	2	1678	0,0033	45
nothofagus balanae	col de yaté	maquis paraforestier	290	5	21	62,50	15	6,50	80	40	3	700	0,0563	45
nothofagus balanae	col de yaté	maquis paraforestier	396	1	1	56,00	15	6,50	76,6	45	4	700	0,0085	45
nothofagus balanae	col de yaté	maquis paraforestier	371	3	16	18,33	7	6,80	73,5	40	3	700	0,0059	45
planchonella wakere	forêt nord	forêt dense humide	184	4	196	84,00	15	6,25	94,7	25	4	232	0,0181	0
planchonella wakere	forêt nord	forêt dense humide	184	5	121	92,50	20	6,25	96,2	25	2	235	0,0044	0
planchonella wakere	forêt nord	forêt dense humide	184	3	100	77,50	10	5,95	90,4	30	2	120	0,0081	0
planchonella wakere	forêt nord	forêt dense humide	184	2	103	85,00	7	6,00	84,4	40	26	3870	0,0069	0
planchonella wakere	forêt nord	forêt dense humide	184	1	129	67,50	7	6,25	85,6	40	103	3870	0,0088	0
planchonella wakere	les mriuelles	forêt dense humide	200	4	0	50,00	20	6,33	75,8	20	8	560	0,0063	5
planchonella wakere	les mriuelles	forêt dense humide	200	3	0	38,33	25	4,73	86,7	30	40	656	0,0125	5
planchonella wakere	les mriuelles	forêt dense humide	200	2	4	31,67	5	6,83	72,6	40	40	1345	0,0188	5
planchonella wakere	les mriuelles	forêt dense humide	200	5	0	33,33	2	6,67	79,4	40	30	1345	0,0250	5
planchonella wakere	les mriuelles	forêt dense humide	200	1	0	48,33	5	6,93	84,3	40	5,75	689	0,0125	5
planchonella wakere	route de port boisé	forêt dense humide littorale	35	5	0	25,00	5	6,75	85	20	2	232	0,0213	0
planchonella wakere	route de port boisé	forêt dense humide littorale	35	4	0	35,00	2	7,00	80,3	80	1	232	0,0255	0
planchonella wakere	route de port boisé	forêt dense humide littorale	35	2	146	37,50	5	6,90	80,4	20	10	435	0,0085	0
planchonella wakere	route de port boisé	forêt dense humide littorale	35	3	26	47,50	2	7,00	80	30	3	435	0,0128	0
planchonella wakere	route de port boisé	forêt dense humide littorale	35	1	121	55,00	5	6,95	77,9	15	3	235	0,0128	0
syzygium wagapense	prony village	forêt dense humide littorale	4	5	5	25,00	1	7,00	92,8	30	20	232	0,2121	5
syzygium wagapense	prony village	forêt dense humide littorale	4	4	0	25,00	1	7,00	93,2	15	2	75	0,2424	5
syzygium wagapense	prony village	forêt dense humide littorale	4	2	135	60,00	8	6,00	91,6	40	4	75	0,3030	5
syzygium wagapense	prony village	forêt dense humide littorale	4	3	162	65,00	2	7,00	94,5	15	1	75	0,3636	5
syzygium wagapense	prony village	forêt dense humide littorale	4	1	0	90,00	6	5,80	88,5	20	2	689	0,6061	5
syzygium wagapense	port boisé	maquis paraforestier	56	1	0	40,00	7	6,50	62	40	27	656	0,3628	0
syzygium wagapense	port boisé	maquis paraforestier	56	2	0	47,50	5	6,25	54	40	4	1678	0,3628	0
syzygium wagapense	port boisé	maquis paraforestier	56	3	7	55,00	3	7,00	70	40	5	700	0,3628	0
syzygium wagapense	port boisé	maquis paraforestier	56	5	0	50,00	0	7,00	57	40	7	1678	0,0297	0
syzygium wagapense	port boisé	maquis paraforestier	56	4	2	55,00	2	6,50	70	40	1	1678	0,0223	0

Annexe 7 : Résultats des tests statistiques

Matrice	Paramètres significativement avec le nombre de plantules (au risque $\alpha = 0,05$)	Coefficient de corrélation de Spearman	p-value du coefficient de corrélation	Test du Kruskal-Wallis (nbre de plantules en fonction du peuplement)	Comparaison multiple par paire (procédure de Dunn)	p-value de la procédure de Dunn
1 : Ensemble des données n= 110	Humidité de l'humus Profondeur de l'humus Humidité de l'air Recouvrement Pente Corrélation des paramètres : pH / humidité humus pH / humidité air Humidité air / humidité humus pH / recouvrement Pente / humidité humus Pente / Recouvrement	0,216 0,279 0,216 0,317 - 0,251 - 0,689 - 0,366 0,392 - 0,292 - 0,249 - 0,279	0,023 0,003 0,024 0,001 0,008 < 0,0001 < 0,0001 < 0,0001 0,002 0,009 0,002			
2 : Données sans <i>Cerberiopsis candellabra</i> (n= 90)	Humidité de l'humus Humidité de l'air Corrélation des paramètres : pH/humidité de l'humus pH/profondeur de l'humus Humidité air / humidité humus Humidité humus / ratio luminosité Humidité humus / pente	0,230 0,258 - 0,655 - 0,242 0,501 - 0,230 - 0,215	0,03 0,014 < 0,0001 0,022 < 0,0001 0,029 0,042			
3 : Forêt dense humide (n = 65)	Profondeur de l'humus Corrélation des paramètres : pH/humidité de l'humus pH / profondeur de l'humus Humidité air / humidité humus Humidité humus / ratio luminosité pH / ratio luminosité Humidité humus / pente Pente / profondeur humus	0,312 - 0,645 - 0,269 0,438 - 0,329 0,323 - 0,249 0,310	0,012 < 0,0001 0,03 0,0003 0,008 0,008 0,046 0,012			
4 : Maquis pré-forêtier (n= 25)	Humidité de l'air Corrélation des paramètres : pH/Humidité de l'humus Humidité humus/prof humus Humidité air / humidité humus Humidité air/recouvrement Prof humus / humidité air Prof humus / recouvrement pH / humidité air pH / recouvrement humidité air / recouvrement recouvrement / pente pente / ratio luminosité	0,678 - 0,673 0,461 0,730 0,713 0,579 0,527 - 0,510 - 0,575 0,659 - 0,543 - 0,571	0,0003 0,00032 0,021 < 0,0001 < 0,0001 0,003 0,007 0,010 0,003 0,0005 0,006 0,003			
5 : Coda jaffrei (n= 15)	Recouvrement	0,552	0,035			
5 a : Coda jaffrei en Forêt Nord (n= 5)	pH	- 0,975	0,017	Non significatif p-value = 0,333	A	
5 b : Coda jaffrei au Pic du Grand Kaori (n= 5)	/				A	
5 c : Coda jaffrei au Pic du Pin (n= 5)	Humidité de l'air Ratio de luminosité	- 0,947 0,975	0,017		A	
6 : <i>Flindersia fourmieri</i> (n= 15)	Ratio de luminosité	0,660	0,009			
6 a : <i>Flindersia fourmieri</i> vers l'ancienne pépinière (n= 5)	/			Significatif p-value = 0,007	A B	p-value entre A et B = 0,003
6 b : <i>Flindersia fourmieri</i> à Cofremmi (n= 5)	/				B	
6 c : <i>Flindersia fourmieri</i> au bord de la route de la mine (n= 5)	/				A	
7 : <i>Nothofagus balansae</i> (n= 15)	Pente	- 0,784	0,001			
7 a : <i>Nothofagus balansae</i> en Forêt S2 (n= 5)	/			Significatif p-value = 0,010	A	p-value entre A et B = 0,009
7 b : <i>Nothofagus balansae</i> au Col de Yaté (n= 5)	/				A B	
7 c : <i>Nothofagus balansae</i> au Pic du Pin (n= 5)	/				B	
8 : <i>Planchonella wakere</i> (n= 15)	Humidité de l'humus Pente	0,598 - 0,643	0,020 0,012			
8 a : <i>Planchonella wakere</i> en Forêt Nord (n= 5)	/			Significatif p-value = 0,023	B	p-value entre A et B = 0,006
8 b : <i>Planchonella wakere</i> aux Murielles (n= 5)	/ (aucune plante)				A	
8 c : <i>Planchonella wakere</i> à Port Boisé (n= 5)	Ratio de luminosité	- 0,947			A B	
9 : <i>Syzygium wagapense</i> (n= 10)	/					
9 a : <i>Syzygium wagapense</i> à Port Boisé (n= 5)	/			Test de Mann-Whitney non significatif p-value = 0,373	A	
9 b : <i>Syzygium wagapense</i> au village de Prony (n= 5)	/				A	
10 : <i>Myodocarpus fraxinifolius</i> (n= 15)	Humidité de l'air	0,608	0,018			
10 a : <i>Myodocarpus fraxinifolius</i> en Forêt Nord (n= 5)	/			Significatif p-value = 0,034	A	p-value entre A et B = 0,012
10 b : <i>Myodocarpus fraxinifolius</i> au Pic du Grand Kaori (n= 5)	/				B	
10 c : <i>Myodocarpus fraxinifolius</i> au Pic du Pin (n= 5)	/				A B	

Annexe 8 : Poster de Sensibilisation concernant l'espèce monocarpique *Cerberiopsis candelabra*



Projet de Restauration Forestière dans la Grand Massif du Sud

Cêrêtî

Cerberiopsis candelabra
famille des Apocynaceae



Reconnaissance

Arbre de 20-30 m de hauteur au tronc pouvant atteindre 80 cm de diamètre

Les semences épaisses ont l'extrémité tournée vers le haut. Ils donnent à l'arbre un port de candelabre.

L'usage graine est très commun chez les adultes.





Ecologie

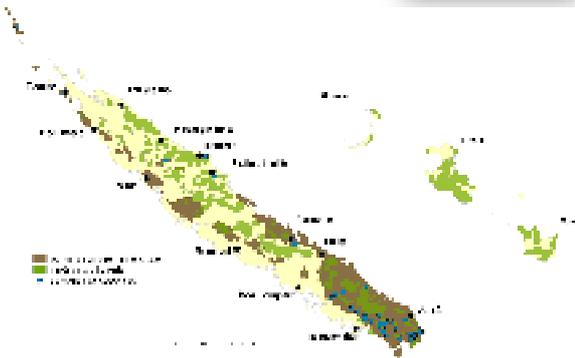
Habitat
Forêt dense à l'humidité de basse et moyenne altitude.
Maquis à mi-ter ouvert.

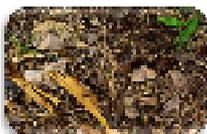
Présent en zone littorale et dans la commune de Faré

Dynamisme
Espèce pionnière et espèce du climax

Phénologie
Fruittification massive tous les 5-6 ans, possible tout au long de l'année (la dernière au lieu en 2003)

Des individus isolés peuvent aussi fleurir et fructifier au cours de l'année.





Récolte

Méthode et date de récolte

Les graines sont à récolter lors des périodes de fructification massive, c'est à dire lorsque tous les arbres sont simultanément en fruits.

Technique et conseil de récolte

Les gaines tombent au pied des arbres mères. Il faut les récolter à la main lorsqu'elles sont au sol.









Localité : à l'échelle internationale, ce n'est que le Grand Massif du Sud qui est le seul à avoir une population massive de Cêrêtî. Les autres populations sont isolées et ne sont pas représentées sur la carte.

Source : B. B. B.

- Glossaire -

Cicatricielle: Se sont des espèces pionnières de haute taille et à cime large permettant de créer des conditions d'ombrage et d'humidité favorisant l'installation d'espèces strictement forestières. Les espèces pionnières sont les espèces s'établissant lors du premier type et stade de colonisation d'un néo-milieu ou des milieux fraîchement « *perturbés* » (éboulis, sol mis à nu par l'érosion, un glissement de terrain ou un incendie, par sur piétinement, trouée forestière due à un Chablis botanique, lisière etc.). Riéra, en 1990, classe en trois groupes les espèces qui interviennent dans les processus de régénération de la forêt naturelle: les pionnières au sens strict, les cicatricielles ou nomades et les dryades ou sédentaires. Ces dernières correspondent à des espèces à durée de vie longue, et donnent à la forêt son aspect organisé dans tous les ensembles structuraux, du sol à la voûte. Les cicatricielles germent à la lumière mais présentent une croissance moins rapide que les pionnières au sens strict, bien qu'elles puissent jouer ce rôle. Ces espèces sont capables de cicatrifier le couvert végétal perturbé d'où leur nom de cicatricielles ; par ailleurs, en se disséminant à la faveur des chablis, elles constituent une classe de plantes largement réparties dans la population forestière. Ce caractère est ajouté aux plantes pionnières quand cela était possible.

Conservation *in situ* : Conservation d'espèce sur place. Cette conservation est dite « dynamique » dès lors que les mesures de gestion adoptées visent à préserver le potentiel d'adaptation des espèces sur le long terme, tout en les laissant évoluer dans leur environnement.

Diameter Breast Height (d.b.h): Le d.b.h. est le diamètre de l'arbre pris à hauteur de poitrine (soit environ 1,40 m). C'est la mesure la plus couramment utilisée pour les forestiers pour étudier la croissance, le volume, le rendement de la forêt.

Point-chaud (« hot-spot ») : La notion de point chaud de la diversité biologique a été introduite et définie en 1988 par le conservateur anglais Norman Myers. Il s'agissait d'opérer un classement des régions du monde fondé sur trois critères, la richesse de ces régions en nombre d'espèces, leur superficie et les menaces que les activités humaines faisaient peser sur l'intégrité de leur biodiversité. Le nombre de ces régions s'est élevé à 18 parmi lesquels la Nouvelle-Calédonie.

Pollution par les particules : Le déplacement d'engins sur les pistes et l'extraction mécanique du minerai génèreraient une grande quantité de poussière qui se redéposerait dans les environs immédiats du site. A proximité directe, la quantité serait telle qu'elle entraverait le bon développement de la flore locale par la baisse des réactions de photosynthèse. Cette pollution interviendrait aussi sur les phénomènes de pollinisation et de floraison.

Roches ultramafiques: Les roches ultramafiques ou ultrabasiques sont issues du plancher sous-marin. Ce sont des roches magmatiques et méta-magmatiques constituées de silicates de magnésium renfermant du fer et des traces de nickel, cobalt, manganèse, chrome. Leur altération conduit à la formation de latérites dont le constituant principal est un oxy-hydroxyde de fer : la goethite.

Région de provenance : Pour une espèce, zone géographique régie par des conditions écologiques suffisamment uniformes dans lesquelles les peuplements ou des sources de graines présentent des caractéristiques phénotypiques ou génétiques similaires.

Talweg : Un talweg (ou *thalweg*) correspond à la ligne qui rejoint les points les plus bas d'une vallée. *Talweg* signifie littéralement « chemin de la vallée » en allemand. Il est équivalent de l'expression « ligne de collecte des eaux ». Les talwegs sont en grande majorité modelés par l'érosion fluviale et fréquemment occupés par le réseau hydrographique.

Terres coutumières : Parcelles de terre dont les limites sont définies par les habitants originels de la terre (peuple premier). Ces terres peuvent avoir une utilisation agricole ou non, leur appartenance est connue des personnes habitant les environs et également enregistrée par les services de l'ADRAF (Agence du développement rural et de l'aménagement foncier). Le respect de la coutume kanak et des kanak veut qu'un individu doit suivre un processus particulier lorsqu'il souhaite traverser ou visiter une terre coutumière. Il s'agit de bon sens et de savoir vivre avant toute chose. Il faut en fait prendre contact avec un responsable coutumier (de la tribu légitimement propriétaire de la zone) qui sera le lien vers le propriétaire du terrain ou un membre de sa famille le représentant. Puis un " geste " est fait durant lequel le demandeur présente l'objet de sa visite et une offrande symbolique pour demander la permission de parcourir ces terres.

- Annuaire des personnes ressources -

Personnel IRD de Nouméa :

Laboratoire de Botanique, Centre IRD, P.B. A5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie

Dagostini Gilles

(IRD NC – UMR 123 AMAP) Technicien de l'IRD - Equipe Evolution des formes végétales et de leurs fonctions, systématique, floristique



gilles.dagostini@noumea.ird.nc

Grignon Céline

(IRD NC – UMR 123 AMAP) **chargé d'études** Equipe Evolution des formes végétales et de leurs fonctions, systématique, floristique



celine.grignon@ird.fr

Jaffré Tanguy

(IRD NC – UMR 123 AMAP) botaniste et chercheur émérite de l'IRD – Equipe Evolution des formes végétales et de leurs fonctions, systématique, floristique



jaffre@noumea.ird.fr

Munzinger Jérôme

(IRD NC – UMR 123 AMAP) Chercheur de l'IRD - Equipe Evolution des formes végétales et de leurs fonctions, systématique, floristique



Jerome.munzinger@noumea.ird.nc

Tinel Jacqueline

Responsable de l'herbier de Nouméa - Equipe Evolution des formes végétales et de leurs fonctions, systématique, floristique



Herbier.noumea@ird.fr

Personnel Vale Nouvelle-Calédonie :

Malawi, 52 avenue Foch, B.P. 218 – 98845 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie

Allignol Tristan

Assistant Maitrise ouvrage dans le cadre de la Convention Biodiversité



Allignol.tristan@vale.com

Bouquet Mickaëlla

Ingénieur géologie, Service des Ressources Minérales



mickaella.bouquet@vale.com

McCoy Stéphane

Docteur en botanique, Responsable du service Préservation de l'environnement



Stephane.McCoy@vale.com

Landao Edouard

Superviseur Géologue, Service des Ressources Minérales



edouard.landao@vale.com

Le Borgne Thomas

Ingénieur botanique dans le service Préservation de l'environnement, équipe conservation de la flore



Thomas.LeBorgne@vale.com

Poigoune Jean-Pierre

Technicien botanique dans le service Préservation de l'environnement, équipe conservation de la flore



Jean-Pierre.Poigoune@vale.com

Ruiz Olivier

Coordinateur Responsable Revégétalisation dans le service Préservation de l'environnement



Olivier.Ruiz@vale.com

Wakali Fabrice

Chargé de mission au Service Relation Communautaire



Fabrice.Wacalie@vale.com

Conseil Coutumier Djubéa-Kapone:

Atti Chanel Kunyii

Chargé de mission du conseil coutumier de Djubéa-Kapone (Chefferie du district de l'île des pins, de l'île Ouen, de Touaourou, de Goro, de Unia, du Mont DOre, du Pont des français et de Païta)



info@djubea-kapone.nc

Institut Agronomique néo-Calédonien :

Port Laguerre 98890 Païta

L'Huillier Laurent

Directeur Adjoint de l'IAC – Doctorant en Pédologie et Relation Sol-Plante



lhuillier@iac.nc

Chercheurs en Botanique

De Foresta Hubert

UMR AMAP - Equipe Organisation et dynamique des peuplements et des paysages
IRD (CR1) Bd de la Lironde TA A-51 / PS2 34398 Montpellier cedex 5



hubert.de_foresta@cirad.fr

Read Jennifer

Doctorante en botanique – spécialiste de *Cerberiopsis candelabra* et *Nothofagus aequilateralis*
School of Biological Sciences, Monash University, Melbourne, VIC 3800 Australia



Jenny.read@sci.monash.edu.au

Autres contacts:

Desmoulins Frédéric

Patenté, ornithologue, spécialisé dans les oiseaux néocalédoniens des forêts denses humides



desmoulins.fred@gmail.com

Ichter Jean

Ingénieur – maître en environnement et aménagement régional – Consultant Conservation International
BP 14124, 98803 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie



jean.ichter@gmail.com