

Plan de restauration

Restauration de la Vallée de la N'Goye à Petit Borendy

Rédaction : Shania COULSON et Émilie
DUCOURET (Noé)

Relecture : Émilie DUCOURET, Mathilde
DESURMONT (Noé)

2022

ASSOCIATION NOÉ - Programme conservation et
restauration de la forêt calédonienne
contact-caledonie@noe.org



Remerciements pour leur collaboration : Nicolas RINCK (Chargé de mission environnement et développement des territoires à la Province Sud), Pétélo SAVEA (Technicien forestier à Sud Forêt), Olivier GUERIN (Directeur général délégué de Sud Forêt), Danielle SAINTPIERRE (Directrice technique chez SIRAS Pacifique), les membres de la pépinière Kwin Maraa de la tribu de Petit Borendy : Philémon NONKE, Roxane MOREAU, Sylvain NONKE.

Comité technique : Marine AUBERT (Ancienne directrice du Projet Reprise à Houaïlou, Dr en écologie et fondatrice de SEVE), Thomas LEBORGNE (Chargé d'études techniques aux Fonds Nickel), Olivier RUIZ (Superviseur à la pépinière de PRNC et coordinateur des opérations des revégétalisations), Emma DO KHAC (Coordinatrice des programmes Forêt), Alexandre LAGRANGE (Directeur de l'environnement à la SLN et Dr en écologie de la restauration, ancien gérant d'une pépinière), Sébastien SARRAMEGNA et Aurélie ARMAND (Équipe de restauration de la SLN).

Rédaction : Shania COULSON et Émilie DUCOURET.

Relecture : Émilie DUCOURET et Mathilde DESURMONT.

Citation : Coulson, S., Ducouret, E., Desurmont, M., (2022), Plan de restauration – Restauration de la Vallée de la N'Goye à Petit Borendy. Association Noé – Programme conservation et restauration de la forêt calédonienne, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, p26.

Image de garde : Zone de restauration à la Vallée de la N'Goye – Projet de restauration de Borendy de Noé © Shania Coulson

Image de 4^{ème} de couverture : Plantation bénévole sur Tupeti – Projet de restauration de Borendy de Noé © Émilie Ducouret

Ce projet a été soutenu par :



Table des matières

Introduction	1
La Vallée de la N’Goye dans la tribu de Petit Borendy	2
Description et problématique	2
Méthode de restauration	5
Préparation du terrain	5
Plantations	7
<i>Bosquets</i>	7
<i>Bombes de graines</i>	12
<i>Intrants</i>	13
Espèces pour la revégétalisation	14
Méthodes d’entretien des zones restaurées	15
Méthodes de suivi des zones restaurées	15
Bibliographie	17
Annexes	18
Annexe 1 : Liste des espèces potentielles	18
Annexe 2 : Fiche de suivi	20
Annexe 3 : Indice de Braun-Blanquet	21

Liste des figures

Figure 1 : Carte des continuités écologiques à proximité du site d'étude	2
Figure 2 : Carte des zones de restauration dans la Vallée de la N'Goye	3
Figure 3 : Carte pour les travaux de préparation du terrain	7
Figure 4 : Carte d'une simulation des différents bosquets sur les zones de restauration.....	9
Figure 5 : Schéma de la composition d'un grand bosquet de maquis	10
Figure 6 : Schéma de la composition d'un grand bosquet de lisière.....	10
Figure 7 : Schéma de la composition d'un petit bosquet de lisière	11
Figure 8 : Schéma de la composition d'un petit bosquet de maquis.....	11
Figure 9 : Schéma des bombes de graines entre les bosquets	13

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre de bosquets et des différents types de plants	8
Tableau 2 : Données pour calculer le nombre de bombes de graines et résultats	12
Tableau 3 : Intrants nécessaires pour la plantation (Coulson 2022).....	13
Tableau 4 : Liste non exhaustive des espèces pionnières et ligneuses utilisables dans les bosquets.....	19
Tableau 5 : Liste non exhaustive des espèces forestières et ligneuses utilisables dans les bosquets.....	19

Introduction

La Côte Oubliée ou « Woen Vùù » et « Pwa Pereeù » en langues locales (respectivement Xârâgurè et Djubéa-Kaponé), s'étend sur Sud-Est de la Grande Terre, en province Sud. Plus précisément depuis la tribu d'Unia sur la commune de Yaté, jusqu'à celle de Port Bouquet sur la commune de Thio. Cette région abrite une richesse floristique et faunistique exceptionnelle. Elle concentre plus de 50% des forêts humides du territoire, et est constituée à 82 % d'espèces végétales endémiques c'est-à-dire plus de 1 000 espèces sur 3 261 au total (Province Sud 2020; OEIL magazine 2022). Cependant ce patrimoine naturel exceptionnel a tout de même été dégradé par les activités humaines. En effet, c'est à Thio que la première activité minière de Nouvelle-Calédonie est apparue en 1874 (Commune de Thio 2009). Sur la Côte Oubliée, les mines ont principalement impacté le littoral, on y recense aujourd'hui 13 500 hectares de sites dégradés (Province Sud 2019). Les paysages ont été dégradés par le décapage du sol, la suppression du couvert végétal, l'ouverture de pistes ainsi que les feux de forêt.

En 2014, les coutumiers d'Unia et de Borendy ont mis en place un moratoire de deux ans qui a été reconduit de 2018 à 2028 (Province Sud 2019). Ce moratoire est une mesure juridique dont le but est d'interdire toute nouvelle activité minière malgré la présence de titres miniers (la mine de la Ouinée restant active) et de permettre le développement durable de la région. Ce moratoire démontre la volonté des populations locales à préserver les ressources et le patrimoine naturel de la région tout en assurant la stabilité juridique et écologique qui permet le développement de projets de restauration. Cette initiative coutumière s'est vue consolidée juridiquement par la création, en 2019, du Parc Provincial de la Côte Oubliée. Néanmoins, la bande littorale n'est pas incluse dans cette aire protégée, et elle est la zone la plus dégradée de la région. C'est pourquoi, les actions de restauration sur la zone littorale sont essentielles afin d'agrandir les surfaces forestières littorales relictuelles qui sont les réservoirs de biodiversité et d'assurer la continuité écologique¹ du parc provincial.

La tribu de Petit Borendy fait partie de la commune de Thio et elle appartient au district coutumier de Borendy dans l'aire coutumière de Xârâcùù (ISEE.NC 2019). Tout comme le reste de la région, les alentours de la tribu n'ont pas été épargnés par les dégradations liées aux activités humaines (mines et incendies). Aujourd'hui on retrouve non plus de la forêt sur les zones dégradées, mais de la végétation éparse de maquis miniers. Les surfaces forestières relictuelles sont le plus souvent localisées en bord des rivières, sont fragmentées et d'une surface insuffisante pour former une forêt de cœur. La vallée de la N'Goye, derrière la tribu de Petit Borendy, illustre bien cette situation et c'est pourquoi nous avons choisi d'y mettre en œuvre des actions de restauration écologique². Ce document présente de manière détaillée les problématiques, les méthodes de restauration et celles de suivi sur cinq ans pour la restauration de la Vallée de la N'goye.

¹ Continuité écologique : la connectivité d'un paysage correspond au degré avec lequel un paysage freine ou facilite les mouvements entre différents patches de ressources. (Taylor, Fahrig et al. 1993)

² Restauration écologique : Processus qui assiste l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit.

La Vallée de la N'Goye dans la tribu de Petit Borendy

Description et problématique

Le projet de restauration est situé dans la Vallée de la rivière N'Goye, aussi orthographiée Ngoi (cf. Figure 1). L'entrée de la vallée est à environ 1,5 km au sud de la tribu de Petit Borendy et elle est fréquentée par les habitants de la tribu pour collecter du bois ou chasser le gibier (cerfs, cochons) et on y retrouve également des champs en aval. L'accès se fait par deux anciennes pistes ouvertes lors de l'exploitation minière de la région (cf. [Introduction](#)). La piste principale qui longe la branche Ouest de la N'Goye sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres, et la piste secondaire qui traverse la vallée et mène à la maison commune de Petit Borendy (respectivement en orange et blanc sur la Figure 1). Malgré les dégradations, les rives de la N'Goye sont encore boisées et forment des réservoirs de biodiversité, connectés entre eux (cf. Figure 1).

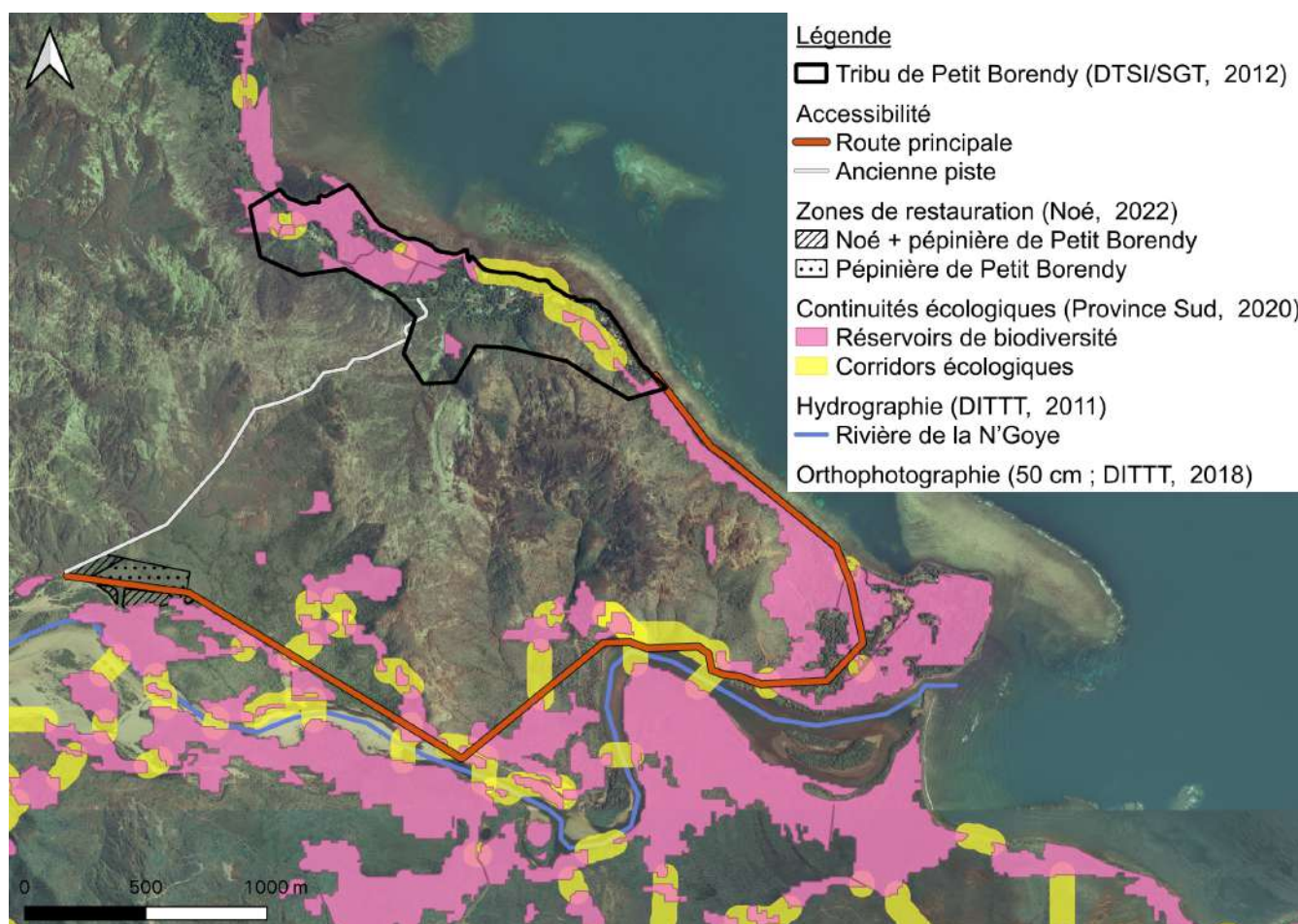


Figure 1 : Carte des continuités écologiques à proximité du site d'étude.

Plus précisément les zones de restauration sont localisées sur un site d'une surface totale de 30 ha, à proximité du lit de la N'Goye et qui est traversé dans sa largeur par l'un de ses affluents³, le Xwé Kwépû (réseau hydrographique secondaire ; DITTT, 2011 ; cf. Figure 2). La zone est plane, il n'y a donc pas problématique liée à l'érosion sur ce site. Pour répondre à notre

³ Affluent : Cours d'eau qui se déverse dans un autre plus important situé en aval. (Triplet 2020)

objectif de restauration d'une surface de 2,5 ha, nous avons sélectionné plusieurs zones (1 + 0,2 + 1,2 + 0,1 ha) situées de part et d'autre de la piste principale. La zone de 3 hectares est réservée pour la pépinière Kwin Maraa (pépinière de Petit Borendy), qui la restaurera en autonomie les prochaines années (cf. Figure 2). De plus, le site fait l'objet d'un projet de sylviculture développé dans le cadre du Parc Provincial de la Côte Oubliée (cf. Figure 2). Ce projet adjacent aux zones des restaurations du projet de Noé et de la pépinière de Petit Borendy sera réalisé avec des espèces forestières endémiques et selon une norme de Haute Qualité Environnementale⁴ (HQE) afin d'avoir un impact limité sur l'écosystème.

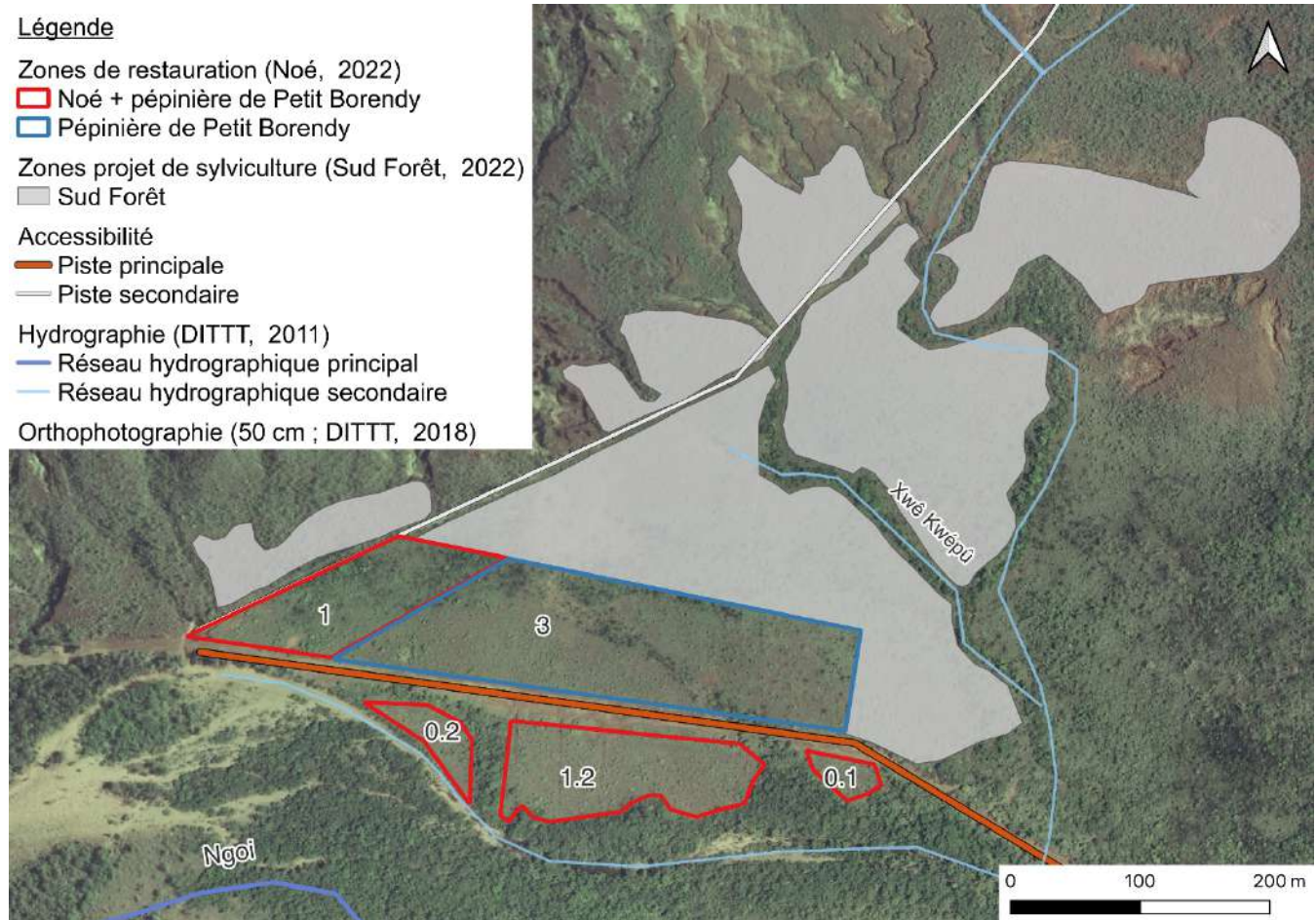


Figure 2 : Carte des zones de restauration dans la Vallée de la N'Goye

Les zones de restauration sont couvertes par un maquis ligno-herbacé⁵ résultant de la dégradation par les feux et les activités minières. Un des marqueurs de la dégradation avancée d'un site est la monodominance⁶ ponctuelle de la fougère aigle (*Pteridium esculentum* ; L'Huillier et al. 2010) et lorsque la fougère est absente, la répartition de la végétation est éparse laissant apparaître le sol nu entre les plantes. Ce maquis est formé d'un faible nombre d'espèces qui

⁴ Haute Qualité Environnementale : Plantations « HQE » sont un type de reconstitution de milieu basé sur une sylviculture durable et intégrée à double objectif : le gain de biodiversité et la valorisation économique des bois locaux. Cette sylviculture est capable d'assurer au fil des prélèvements de bois successifs, un fonctionnement en continu des écosystèmes en excluant les coupes rases. (Sud Forêt 2022)

⁵ Maquis ligno-herbacé : Maquis le plus commun, résultant de l'impact des feux répétés. Il s'apparente à une "savane cypéracéenne arbustive", composé d'une flore homogène et peu diversifiée. (L'Huillier et al. 2010)

⁶ Monodominance : Espèce présente en abondance sur un espace donné.

sont héliophiles⁷, sclérophylles⁸ et sempervirentes⁹, et qui sont restreintes à la strate herbacée et arbustive (environ 22 espèces ; Coulson 2022). Seules les zones rivulaires ont une végétation qui atteint la strate arborée et dont la composition en espèces est différente et la diversité spécifique supérieure aux zones de maquis (environ 52 espèces ; Coulson 2022). La présence d'un couvert végétal spontané sur les zones de restauration permet l'apport hétérogène de litière sur le site et permet de supposer la présence de micro-organismes accompagnateurs de ces plantes (mycorhize, invertébrés, bactéries etc.). Pour finir, les zones se trouvent sur un sol ferrallitique¹⁰ sur péridotite¹¹ (DIMENC/SGNC-BRGM, 2013), il est épais de plusieurs dizaines de centimètres et non induré¹² (Coulson 2022).

Ce site de restauration a été choisi en concertation avec les membres de la tribu de Petit Borendy, sur la base d'arguments organisationnels et écologiques. L'accès par une piste carrossable, l'absence de problématique d'érosion, et la localisation dans une zone de passage des habitants ont été des arguments en faveur de cette zone. Le terrain plat et les pistes facilitent non seulement l'accès pour la livraison du matériel de restauration (plants, hydrorétenteur, paillage...) mais aussi pour l'ensemble des actions de restauration (préparation du terrain, plantations bénévoles, entretien et suivi).

D'un point de vue écologique, le site choisi offre plusieurs champs d'actions pour restaurer les services écosystémiques et la diversité spécifique originelle. Depuis 1976, seulement 0.5 ha sur les 30 ha ont évolué vers un couvert arboré. La végétation, hors espaces rivulaires, semble donc bloquée au stade maquis ligno-herbacé. Ainsi la revégétalisation avec des espèces pionnières ligneuses permettra de redynamiser la succession végétale en refermant le milieu, en apportant de l'azote et de la matière organique pour un rétablissement abiotique¹³. Puis permettra ensuite de tendre vers un rétablissement biotique¹⁴ en créant des conditions favorables à l'installation des espèces forestières qui à terme formeront l'écosystème initial : la forêt littorale.

Les zones arborées rivulaires sont des espaces forestiers sources de semences. Lorsque les zones de maquis se seront refermées, cet espace puits pourra être alimenté en semences par les zones sources à proximité. La dispersion naturelle des semences d'un espace à un autre permettra de stimuler la succession écologique dans les zones de plantation. De plus, l'augmentation de la surface des patchs forestiers existants permettra à terme d'y réduire l'effet-lisière¹⁵ et espérer y voir apparaître des conditions environnementales de forêt de cœur, à plus de 100 mètres de la lisière (*cf.* Figure 2, entre les zones 0,2 - 1,2 ha et celles de 1,2 - 0,1 ha). Pour finir, la revégétalisation servira également à étendre les zones forestières rivulaires qui

⁷ Héliophiles : Espèce végétal dont l'activité photosynthétique est maximale en pleine lumière. (L'Huillier *et al.* 2010)

⁸ Sclérophylles : Qualifie un végétal à feuillage sempervirent avec des feuilles souvent petites, coriaces et assez épaisses, caractérisant une adaptation à la sécheresse. (L'Huillier *et al.* 2010)

⁹ Sempervirentes : Formation végétale composée d'espèces à feuillages persistants. (L'Huillier *et al.* 2010)

¹⁰ Ferrallitique : Sol des zones tropicales humides, de couleur rouge, acide, riche en oxydes et en hydroxyde de fer, pauvre en silice et en magnésium. (L'Huillier *et al.* 2010)

¹¹ Péridotite : Roche magmatique, comprenant deux catégories de roches : les hazburgites et les dunites. (L'Huillier *et al.* 2010)

¹² Induré : En parlant d'un horizon, d'un sol ou d'une couche sédimentaire initialement meuble, devenir dur et compact. (Larousse)

¹³ Abiotique : Processus sans réaction biologique, lieu inerte, facteur non vivant (Triplet 2020).

¹⁴ Biotique : Processus avec réaction biologique, facteur vivant (Triplet 2020).

¹⁵ Effet-lisière : Altération des conditions micro-climatiques de la forêt, pouvant dans certaines conditions, se faire sentir sur plus d'une centaine de mètres. (Spaggiari *et al.* 2010)

sont des réservoirs de biodiversité¹⁶ (cf. Figure 1) procurant un habitat ou un champ plus large de déplacement pour les espèces présentes.

L'inventaire floristique a montré que la diversité spécifique de la zone de maquis était faible (Coulson 2022). Ainsi au moins une vingtaine d'espèces absentes du site seront introduites pour d'une part augmenter la diversité spécifique et d'autre part en faire des semenciers pour disperser naturellement ces espèces au-delà de la zone de restauration. En effet, l'augmentation de la diversité d'un milieu permet d'augmenter son efficacité et sa productivité, tout en bénéficiant de la complémentarité des espèces (e. g. systèmes racinaires différents, litière diversifiée, résilience¹⁷ à diverses pressions, plus de ressources disponibles pour les espèces animales, symbioses mycorhiziennes¹⁸ ; Delvienne *et al.* 2019). Par ailleurs, les espèces présentes sont pour la plupart anémochores¹⁹ (Coulson 2022), c'est pourquoi des espèces zoochores²⁰ seront privilégiées afin d'attirer la faune. Les plantes zoochores amélioreront la capacité de ce réservoir de biodiversité à accueillir la faune en augmentant la diversité des espèces animales ou bien en augmentant la capacité de charge du milieu.

Les actions envisagées sur ce site agiront donc autant à l'échelle de l'écosystème que celle des espèces afin d'obtenir des effets complémentaires pour atteindre l'objectif de restauration de la forêt littorale.

Méthode de restauration

Pour répondre à nos objectifs, plusieurs techniques de revégétalisation seront combinées. Les techniques présentées sont extraites d'un travail de synthèse des méthodes de restauration appliquées en Nouvelle-Calédonie (Delvienne *et al.* 2019), qui ont été adaptées au cas de figure de la Vallée de la N'Goye et validées lors d'une consultation des experts locaux de la restauration (Coulson 2022).

Dans cette partie nous détaillerons les actions de préparation du terrain et celles des plantations. La méthode de restauration adoptée est dite "passive", correspondant à la revégétalisation, puis nous utiliserons une approche de "régénération assistée" servant à corriger les atteintes abiotiques et déclencher le rétablissement biotique (McDonald *et al.* 2016).

Préparation du terrain

Avant la réalisation des plantations, plusieurs étapes de préparation seront nécessaires, par exemple pour réduire le risque d'envahissement par le Pin des Caraïbes et pour anticiper les déplacements des bénévoles et des machines du projet de sylviculture adjacent à la zone de restauration.

¹⁶ Réservoir de biodiversité : Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou une partie de leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos) et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement, en ayant notamment une taille suffisante. (Trame verte et bleue Centre de ressources 2022)

¹⁷ Résilience : Capacité d'un écosystème, d'un biotope ou d'un groupe d'individus (population, espèce) à se rétablir après une perturbation extérieure (incendie, tempête, défrichement, etc.). (Larousse)

¹⁸ Symbioses mycorhiziennes : Associations entre certains champignons du sol et les racines de plantes.

¹⁹ Anémochore : Se dit d'un végétal adapté à être dispersé par le vent. (Triplet 2020)

²⁰ Zoochore : Se dit des végétaux dont la dissémination des semences est réalisée par les animaux. (Larousse)

Les actions ci-dessous sont présentées selon leur ordre de réalisation :

- **Matérialiser les zones de restauration** : les zones d'étude de ce projet ne couvrent pas l'ensemble de la zone disponible et restaurable. De plus, un projet de sylviculture va être implanté dans la vallée. Les limites doivent donc être matérialisées sur site avec de la rubalise et des poteaux pour séparer les parcelles de restauration et celles de sylviculture. L'objectif est de rendre visible les limites des zones de plantations depuis la parcelle de sylviculture pour les engins. Cette action visera uniquement la zone d'1 et 3 hectares puisque le projet de sylviculture se fera au-dessus de cette zone (cf. Figure 2).
- **Retirer les Pins des Caraïbes (*Pinus caribaea*)** : c'est une espèce exotique et envahissante pour le territoire calédonien et a été introduite initialement pour la sylviculture (Desmoulins *et al.* 2011). Plusieurs individus spontanés ont été géolocalisés dans la zone de restauration et celle de sylviculture, afin d'éliminer le risque de prolifération dans la zone, il est préconisé de les couper et surveiller leur repousse (cf. Figure 3).
- **Baliser les chemins pour les plantations** : afin de ne pas dégrader la végétation spontanée dans la zone de restauration, aucune piste d'accès ne sera ouverte. Les déplacements sur place se feront donc à pied. Pour limiter le piétinement, un balisage pour la circulation sera mis en place sur les parcelles, puis retiré une fois les opérations de plantation terminées.
- **Remettre à niveau les "cuvettes"** : par endroits les stigmates de l'activité minière passée sont encore visibles notamment par la présence de cuvettes ou de talus artificiels, et ce principalement le long de la piste principale. Ces cuvettes se remplissent d'eau lorsqu'il y a des précipitations et la végétation ne s'y développe pas. Ainsi, avant de planter il sera nécessaire de remettre à niveau ces cuvettes. Présence d'une cuvette sur la zone d'1 hectare et un second sur celle de 3 ha (cf. Figure 3).
- **Enlever la fougère aigle (*Pteridium esculentum*)** : permettra de libérer de l'espace pour les plantations (cf. Figure 3).
- **Indiquer l'emplacement des trous** : destinés aux plantations. Pour cela, il faudra installer des piquets en bois en se basant sur les coordonnées GPS des bosquets.
- **Creuser les trous** : dimensions d'environ 30 centimètres de largeur, 30 à 50 centimètres de profondeur, avec 50 cm d'espacement entre les trous pour les petits bosquets et 80 cm pour les grands.

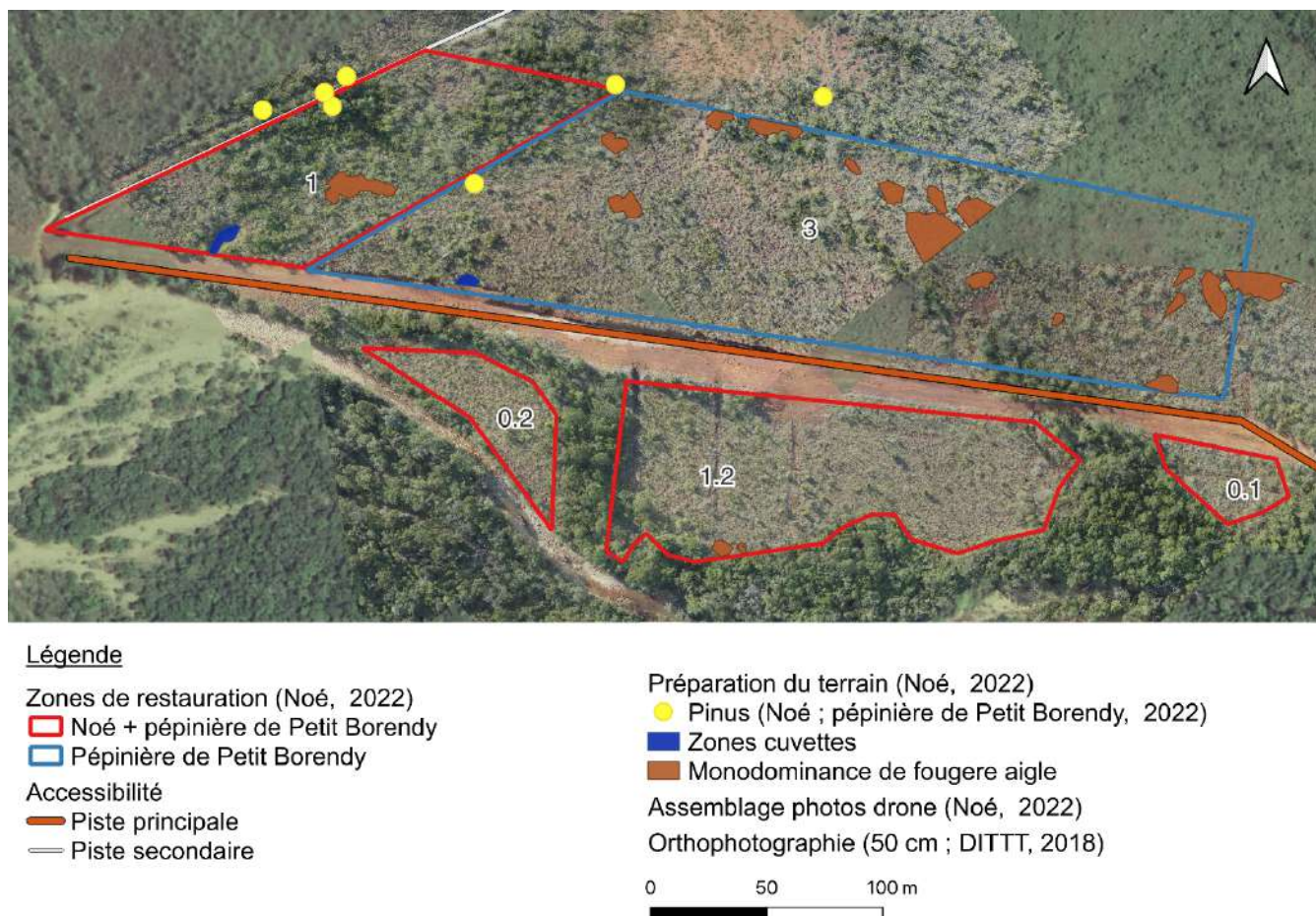


Figure 3 : Carte pour les travaux de préparation du terrain

Plantations

Plusieurs techniques de plantation seront combinées afin d'améliorer le succès de la revégétalisation (Delvienne *et al.* 2019). La première méthode est celle de la plantation en bosquet qui consiste à associer sur un espace réduit différentes espèces de type arborées, arbustives et herbacées. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de reproduire un couvert végétal naturel et elle est plus adaptée à la végétation spontanée présente sur site. La seconde méthode est la dispersion de bombes de graines, développées par l'association X graines (www.xgraines.nc) et qui viendront en complément entre les bosquets. Afin d'assurer le développement et donc la survie des plants, des intrants seront utilisés lors des chantiers de plantations, qui se réaliseront lors de la période des pluies, de janvier à mai.

Bosquets

- Bosquets : seront mis en place sur les endroits nus et où la fougère aigle est monodominante. Grâce à des photos drone haute définition permettant de distinguer finement l'occupation du sol (Coulson 2022), les emplacements des bosquets ont été préalablement définis en fonction de ces critères (*cf.* Figure 4). Les coordonnées GPS des bosquets seront à rentrer en amont dans un GPS pour placer de manière précise les bosquets sur le terrain.

Quatre types de bosquets ont été conçus :

En fonction de la surface

- Grand bosquet : Prévu pour recouvrir les grandes zones de sol ou à végétation éparse (23 m²) avec 29 plants pour une densité globale de 1,26 plants/m² (cf. Figure 5 et Figure 6).
- Petit bosquet : Prévu pour recouvrir les petites zones (9 m²) avec 17 plants pour une densité globale de 1,8 plants/m² (cf. Figure 7 et Figure 8).

En fonction de la composition floristique

- Bosquet de maquis : Uniquement composé de ligneux pionniers, ces bosquets seront localisés sur l'ensemble des zones de restauration (cf. Figure 6 et Figure 8).
- Bosquet de lisière : Composé d'un mélange de ligneux pionniers et forestiers, ils seront installés en lisière de forêt car les conditions de ce milieu sont plus propices au développement des espèces forestières, qu'en plein maquis ouvert (cf. Figure 5 et Figure 7).

Le Tableau 1 présente les répartitions de ces quatre types de bosquet en fonction des zones :

Zones de restauration	Nombre de bosquets	Nombre de plants pionniers	Nombre de plants forestiers
Zone 1 ha	GBM = 10 PBM = 11	477	0
Zone 3 ha	GBM = 38 PBM = 72	2 326	0
Zone 0,2 ha	GBM = 3 PBM = 20 GBL = 3 PBL = 1	496	35
Zone 1,2 ha	GBM = 4 PBM = 31 GBL = 9 PBL = 7	886	137
Zone 0,1 ha	GBM = 2 PBM = 8 PBL = 4	230	32
Total	GBM = 57 GBL = 12 PBM = 154 PBL = 12	4415	204
Total sans distinction	223	4 619	

Tableau 1 : Nombre de bosquets et des différents types de plants

GBM : Grand bosquet de maquis GBL : Grand bosquet de lisière, PBM : Petit bosquet de maquis
PBL : Petit bosquet de lisière (Coulson 2022)



Légende

Zones de restauration (Noé, 2022) (surface en ha)

 Noé + pépinière de Petit Borendy

 Pépinière de Petit Borendy

Bosquets (Noé, 2022)

Grand bosquet maquis

Petit bosquet maquis

Grand bosquet lisière

Petit bosquet de lisière

Espacement minimum entre bosquets

Accessibilité

Piste principale

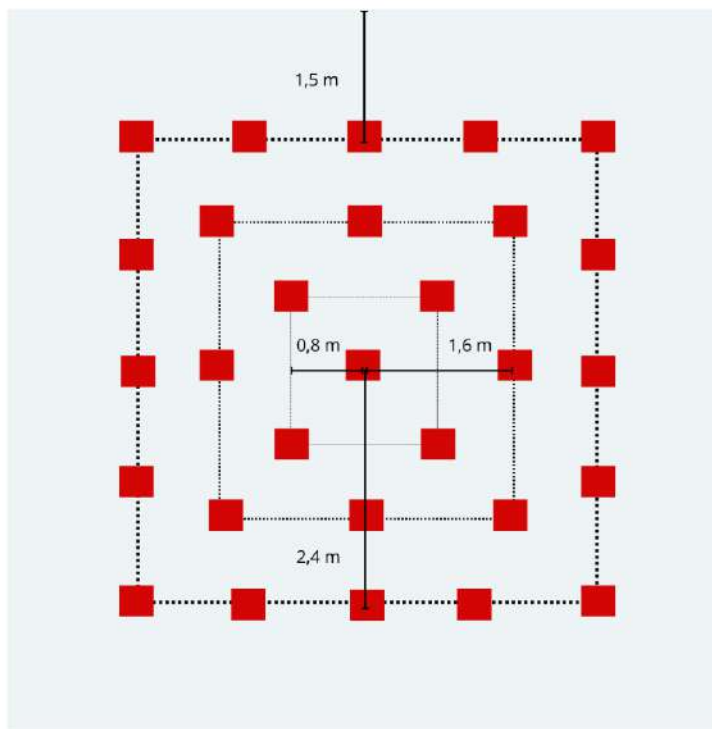
Piste secondaire

Assemblage photos drone (Noé, 2022)

Orthophotographie (50 cm ; DITTT, 2018)



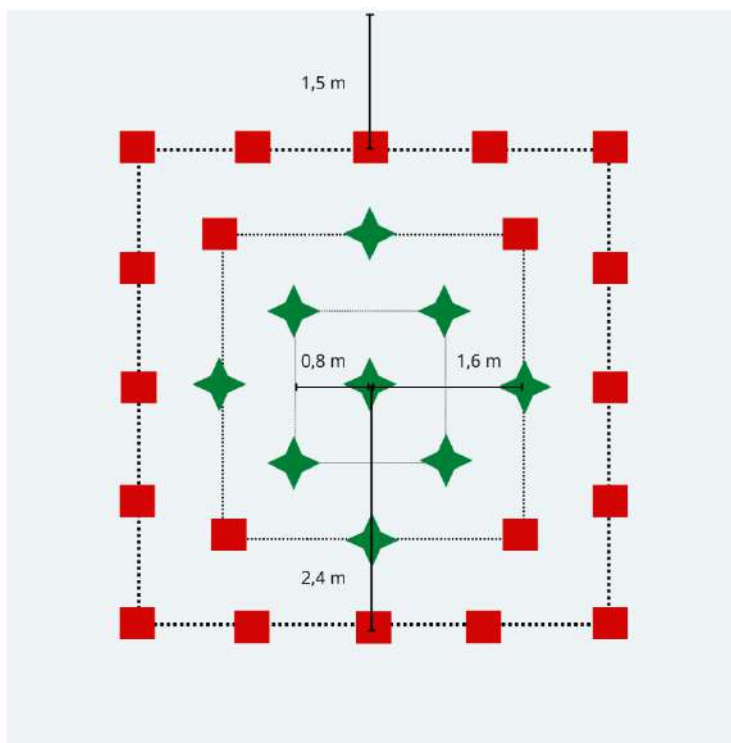
Figure 4 : Carte d'une simulation des différents bosquets sur les zones de restauration



- Surface bosquet (23 m²) + espacement (61 m²)
- Ligneux pionniers (100 % soit 29 plants)

Densité globale : 1,26 plants/m²

Figure 5 : Schéma de la composition d'un grand bosquet de maquis.



- Surface bosquet (23 m²) + espacement (61 m²)
- Ligneux pionniers (69 % soit 20 plants)
- ◆ Ligneux forestiers (31 % soit 9 plants)

Densité globale : 1,26 plants/m²

Figure 6 : Schéma de la composition d'un grand bosquet de lisière.

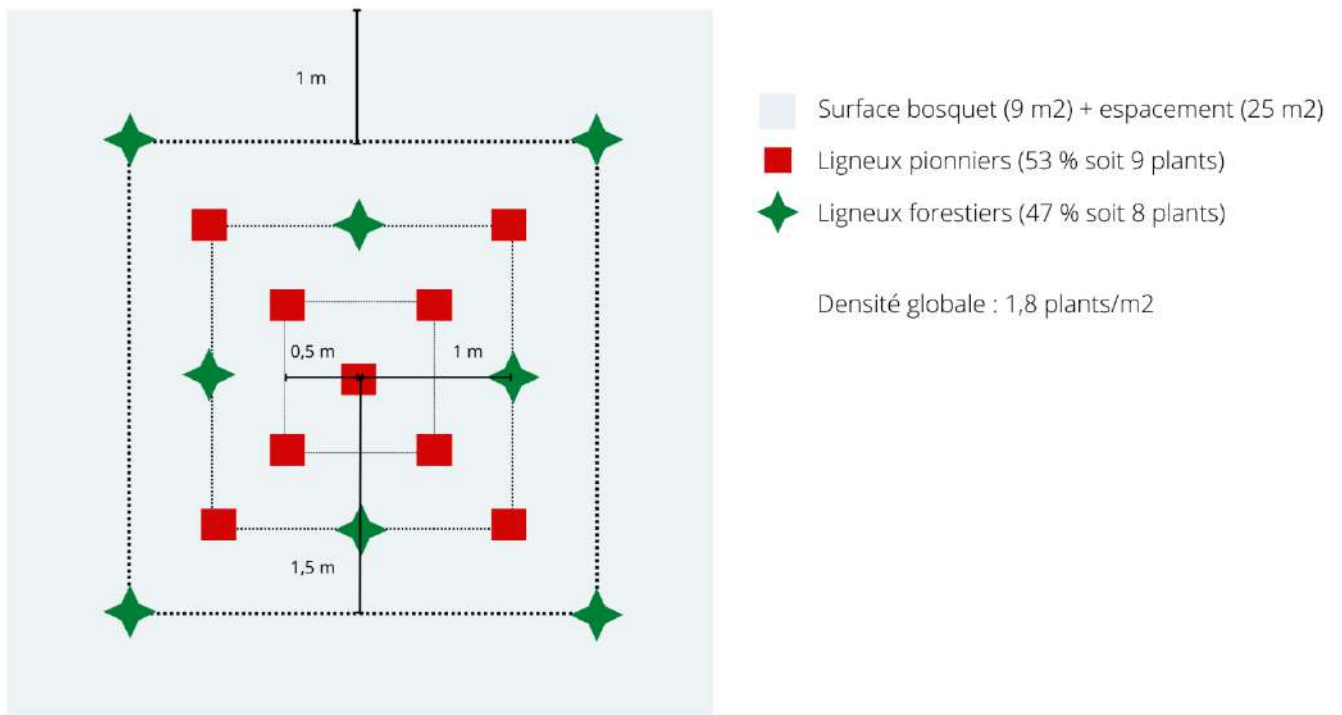


Figure 7 : Schéma de la composition d'un petit bosquet de lisière.

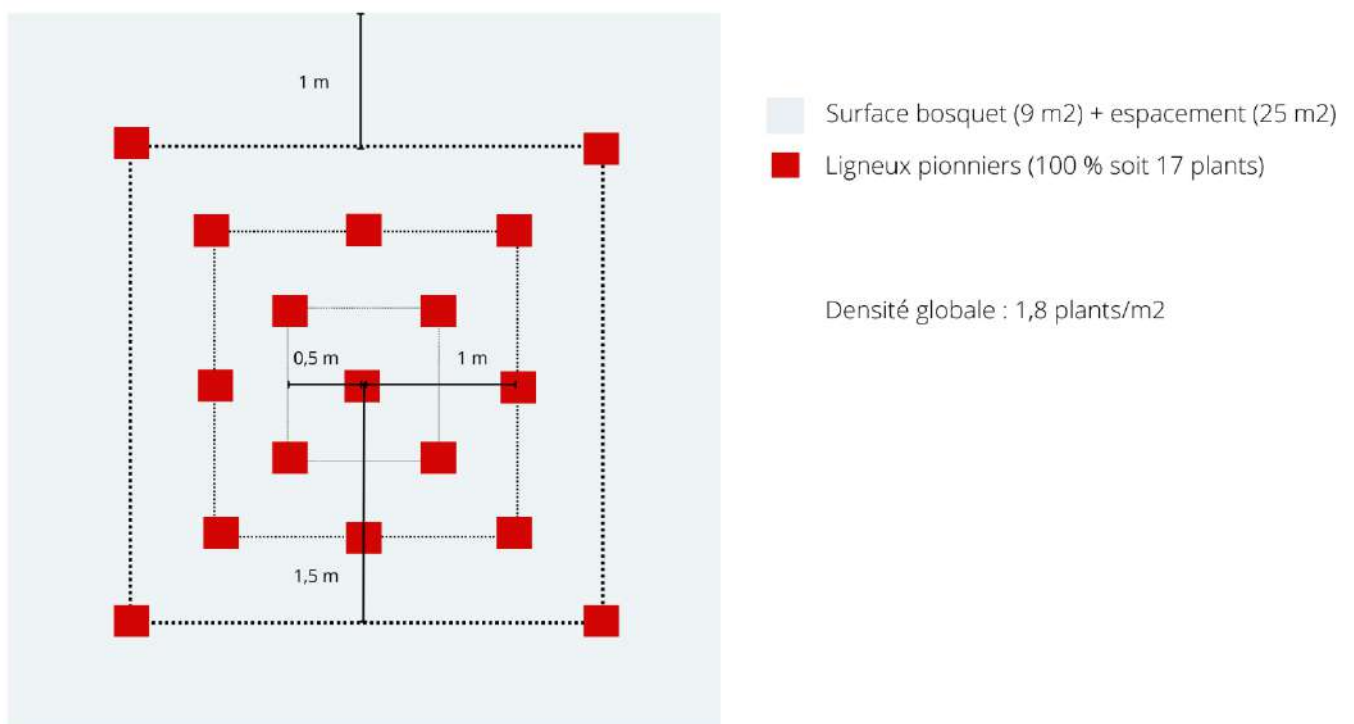


Figure 8 : Schéma de la composition d'un petit bosquet de maquis.

Bombes de graines

- Bombes de graines : seront placées entre les bosquets (cf. Figure 9) et sur les endroits nus faisant moins de 9 m². Les bombes de graines sont des boules de terreau composées de graines d'une espèce végétale. Leurs avantages sont qu'elles peuvent apporter plusieurs espèces, beaucoup de graines, peu de moyens techniques et humains sont nécessaires pour son utilisation, leur coût est inférieur à celui des plantations classiques et elles sont plus faciles à transporter.

Dans le Tableau 2, un nombre approximatif de bombes de graines a été calculé pour chaque zone en prenant en compte la surface des bosquets prévus et la surface du recouvrement arborée avec une quantité de 5 bombes/m². Cependant, ces résultats ne prennent pas en compte le recouvrement herbacé sur les zones et sont également moins précis sur la zone de 3 ha, car un morceau n'a pas pu être pris en image drone.

Zones de restauration	Surfaces des bosquets	Surfaces de recouvrement arboré	Surfaces restantes	Nombre de bombes de graines
Zone 1 ha	GBM = 230 m ² PBM = 99 m ² Surface totale = 329 m ²	50% = 5 000 m ²	4 671 m ²	934
Zone 3 ha	GBM = 874 m ² PBM = 648 m ² Surface totale = 1 522 m ²	10% = 3 000 m ²	25 478 m ²	5 095
Zone 0,2 ha	GBM = 69 m ² PBM = 180 m ² GBL = 69 m ² PBL = 9 m ² Surface totale = 327 m ²	3% = 60 m ²	1 613 m ²	322
Zone 1,2 ha	GBM = 92 m ² PBM = 279 m ² GBL = 207 m ² PBL = 63 m ² Surface totale = 641 m ²	5% = 600 m ²	10 759 m ²	2 152
Zone 0,1 ha	GBM = 46 m ² PBM = 72 m ² PBL = 36 m ² Surface totale = 154 m ²	5% = 50 m ²	796 m ²	159
			Total	8 862

Tableau 2 : Données pour calculer le nombre de bombes de graines et résultats

GBM : Grand bosquet de maquis GBL : Grand bosquet de lisière, PBM : Petit bosquet de maquis
PBL : Petit bosquet de lisière, (Coulson 2022)

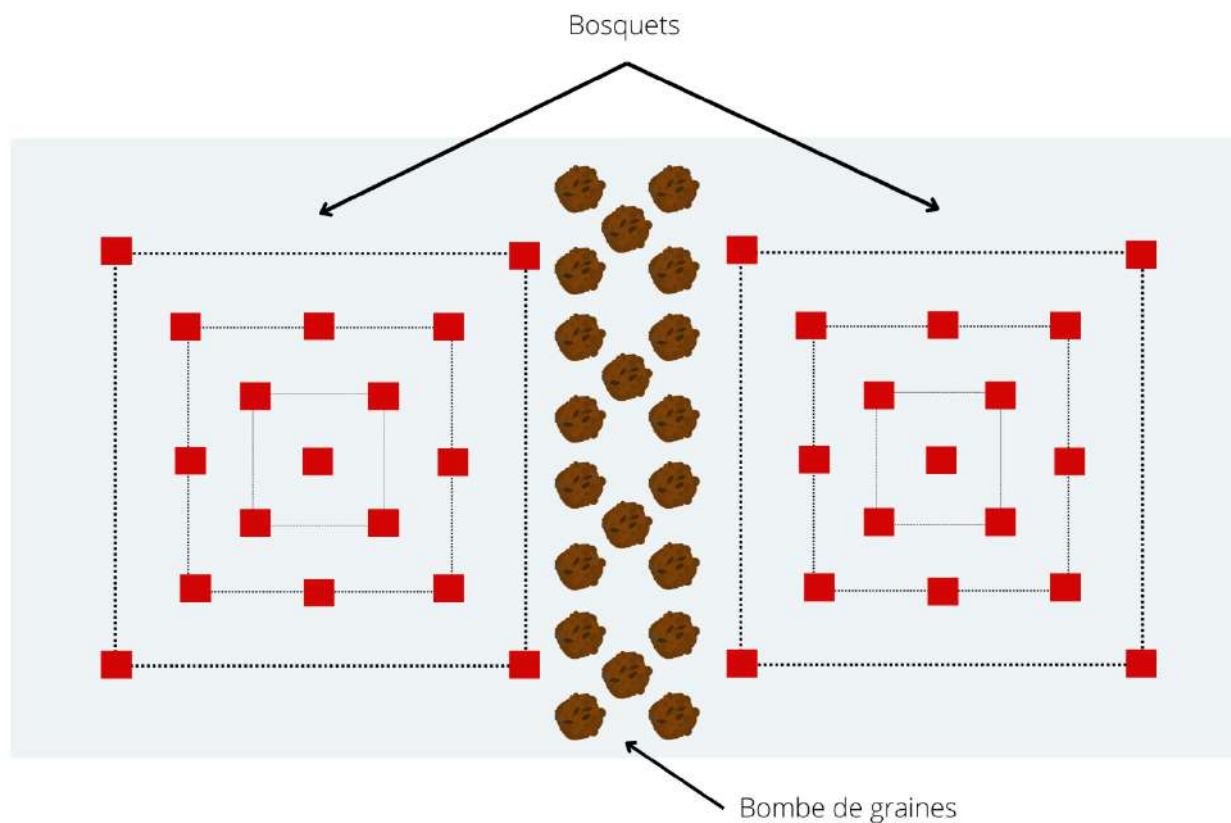


Figure 9 : Schéma des bombes de graines entre les bosquets

Intrants

Intrants	Utilité	Mode d'emploi	Quantité/ plant
Hydrorétenteur fertilisant (Mazzeo 2004)	- Limiter la dessiccation²¹ des plants pendant les périodes plus sèches - NPK²²: engrais à libération lente, fournira les éléments nutritifs nécessaire à la croissance de la plante pendant un an	Trouaison : mélanger à la motte	5 g
Compost (si disponible) (Leborgne, T. 2022)	- Nutriments naturels	Trouaison : mélanger à la motte	3 L
Paillage avec Cypéracées ou bois fragmenté (Cornu <i>et al.</i> 2001)	- Garder l'humidité - Protéger le sol - Limiter la réflexion des UV sur le sol brûlant les feuilles	Épandage : surface autour du plant	5 L

Tableau 3 : Intrants nécessaires pour la plantation (Coulson 2022)

²¹ Dessiccation : Action de dessécher ; fait de se dessécher. (Larousse)

²² Engrais NPK : Fertilisant d'origine organique ou minérale composé d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K).

Espèces pour la revégétalisation

Selon les standards locaux pour la restauration écologique, plusieurs facteurs sont à prendre en compte lors de la sélection d'espèces destinées aux plantations. Ces standards préconisent que les espèces plantées soient indigènes et/ou endémiques (Delvienne *et al.* 2019), et que les plants soient issus de semences provenant de la même région biogéographique (Côte Oubliée) que la zone dans laquelle ils seront plantés. Ainsi, les plants seront adaptés aux conditions environnementales de la zone de plantation. En outre, les plants mis en terre devront mesurer entre 15 à 20 cm, devront être bien vigoureux et enracinés, puis acclimatés en plein soleil (DDDT 2021).

Pour atteindre notre objectif de diversification de la flore, il faudra se fier aux listes d'espèces à ne pas replanter ou à replanter en faible quantité qui ont été dressées grâce aux résultats de l'inventaire floristique (Coulson 2022). Cette liste a été faite en fonction de la fréquence des espèces rencontrées sur les différents transects. Ainsi, il est préconisé qu'une espèce observée sur un ou deux transects soit plantée en faible densité, alors qu'une espèce présente sur l'intégralité des transects²³, ne soit pas plantée. De plus, une liste d'espèces potentielles pour la plantation a été réalisée, cette liste est une suggestion et est non exhaustive (*cf.* Annexe 1 : Liste des espèces potentielles).

Afin de répondre à notre objectif de fermeture du milieu, seules des espèces ligneuses seront plantées. Le milieu étant actuellement très ouvert, les ligneux introduits devront être des espèces pionnières. Toutefois, les patchs forestiers présents sur la zone créent des conditions climatiques favorables pour le développement d'espèces forestières. C'est pourquoi nous avons développé des bosquets spécifiques aux zones de lisières.

Pour finir, bien que la zone fasse partie des zones de chasse régulière par la tribu, le risque d'abrouissement²⁴ des plants par le cerf reste une menace pour le succès du projet. Par conséquent, les espèces avec peu ou pas d'appétence sont à prioriser lors du choix des plants (*cf.* Annexe 1 : Liste des espèces potentielles ; L'Huillier *et al.* 2010).

Liste des espèces à ne pas replanter :

Cloezia artensis, *Cloezia floribunda*, *Dracophyllum ramosum*, *Grevillea exul*, *Grevillea gillivrayi*, *Hibbertia lucens*, *Montrouzieria sphaeroida*, *Pancheria alaternoides*, *Pancheria billardieri*, *Peripterygia marginata*, *Sannantha leratii*, *Scaevola beckii*, *Styphelia sp.*

²³ Transect : Principe de marcher sur une ligne droite dématérialisée de dimensions souhaitées et de répertorier toutes les espèces sur notre chemin. (Coulson 2022)

²⁴ Abrouissement : Dégât causé à des végétaux par des animaux qui s'en nourrissent. (Triplet 2020)

Méthodes d'entretien des zones restaurées

Il est important d'effectuer des actions d'entretien la première année suivant la plantation des bosquets pour améliorer leurs chances de réussite.

Regarnissage : il consiste à remplacer les plants n'ayant pas survécu. Le regarnissage est à mettre en place 6 mois après la plantation s'il y a une perte totale de plus de 30% des plants (L'Huillier, L. *et al.* 2010). La période de regarnissage en cas de présence de la Niña s'effectuera 1 an après la plantation.

Désherbage des espèces invasives²⁵ : des graines d'espèces invasives peuvent être contenues dans la motte de terre des plants plantés. Pour éviter l'invasion du milieu par ces espèces, une surveillance et si nécessaire un désherbage doivent être réalisés. Cette opération doit se faire une fois tous les 3 mois sur l'année suivant la plantation des bosquets.

Méthodes de suivi des zones restaurées

Le succès du projet de restauration sera évalué grâce à plusieurs indicateurs tels que la mortalité des plants, leur fonctionnalité, l'évolution du couvert végétal et enfin, la colonisation du milieu par d'autres espèces végétales et animales. Les différents types de suivi sont issus du projet "RESCCUE" (L'Huillier *et al.* 2010; Delvienne *et al.* 2019), adaptés à notre cas d'étude et validés par le comité d'experts. Les données recueillies lors des suivis seront à reporter sur la fiche de suivi (cf. Annexe 2 : Fiche de suivi).

Suivi de la mortalité : sert à mesurer le taux de survie de la plantation et donc la réussite ou non de l'opération de plantation. Elle se base sur le nombre de plants morts par rapport au nombre de plants plantés. Les seuils de réussite ou d'échec de la plantation ont été définis tel que :

- s'il y a moins de 50% de survie, la plantation est considérée comme un échec ;
- entre de 50% à 70 % de survie, la réussite est moyenne ;
- 70 à 100% de survie, la plantation est un succès.

Pour ce suivi, un échantillonnage devra être réalisé après le regarnissage car les plants morts seront remplacés. Il sera effectué une fois un an après la dernière session de regarnissage, puis une seconde fois un an après le premier suivi de mortalité. Au minimum 5 quadrats²⁶ devront être fait sur des bosquets de chaque zone de restauration.

Suivi de la capacité de reproduction (fonctionnalité) : permet d'estimer si les plants introduits sont bien établis dans le milieu en observant s'ils se reproduisent, ce qui permet ainsi d'assurer leurs descendance dans le milieu. Pour cela il faut réaliser un suivi phénologique²⁷ des espèces plantées, lors des périodes favorables pour la reproduction des espèces en

²⁵ Invasive : Espèce non indigène, introduite accidentellement ou délibérément hors de son aire de distribution, qui affecte négativement des habitats et des biorégions sur les plans écologique, environnemental et économique. (Triplet 2020)

²⁶ Quadrat : Surface carrée déterminée dans un protocole et sur laquelle un échantillonnage est pratiqué. (Triplet, 2019)

²⁷ Phénologie : Étude des phases de développement saisonnier chez les végétaux : feuillaison, floraison, fructification (L'Huillier, L. *et al.* 2010)

général : d'octobre à novembre pour la floraison et de décembre à février pour la fructification (L'Huillier *et al.* 2010). Cependant, les conditions climatiques sont à prendre en compte car elles peuvent faire varier les périodes de floraison et de fructification (L'Huillier *et al.* 2010). Cette étude est basée sur le nombre de plants plantés vivants et fertiles comparé au nombre de plants vivants et non fertiles (*cf.* Annexe 2 : Fiche de suivi). Le suivi consiste à échantillonner 3 ans (en période de Niña) à 5 ans après la plantation en réalisant des quadrats sur les mêmes emplacements que le suivi de la mortalité.

Suivi du recouvrement arboré : permet de suivre l'évolution de la couverture végétale par rapport à l'état initial. La première étape est de prendre des images drone des zones de restauration à 5 ans et puis 10 ans après l'opération de plantation. Puis de calculer l'indice de Braun-Blanquet et de comparer avec la valeur des images à l'état initial (*cf.* Annexe 3 : Indice de Braun-Blanquet). La seconde étape est de réaliser des quadrats sur les mêmes emplacements que pour le suivi de mortalité et de fonctionnalité pour mesurer le recouvrement total et le recouvrement arboré (*cf.* Annexe 2 : Fiche de suivi).

Bibliographie

- Commune de Thio (2009). Mine à Thio. , 1. Available at: <https://www.thio.nc/evenements/visite-de-la-mine>
- Cornu, A., Sarrailh, J.-M., and France, M. (2001). Espèce endémiques et restauration écologique en Nouvelle-Calédonie. *Bois et Forêts des Tropiques* 268, 57–68.
- Coulson, S. (2022). Elaboration d'un plan de restauration de la forêt littorale dans la vallée de la N'goye - Mémoire de stage pour obtenir le Bachelor en gestion et valorisation de la nature à l'Ecole de Gestion et de Protection de la Nature. Toulouse.
- DDDT (2021). CCTP Travaux de restauration écologique des sites dégradés de la Côte Oubliée.
- Delvienne, Q. (ONFI), Demenois, J. (ONFI), Queffelec, Y. (ONFI), Lardeux, C. (ONFI), and Dominique, Y. (Bioeko) (2019). Stratégie pour la restauration écologique des sites dégradés du Grand Sud, Province Sud de Nouvelle-Calédonie - CPS - projet RESCUE.
- Desmoulins, F., Le Breton, J., Spitz, I., Goxe, J., Le Bourgeois, T., and Blanfort, V. (2011). 'Plantes envahissantes pour les milieux naturels de Nouvelle-Calédonie - APICAN - GEE'.
- ISEE.NC (2019). Portrait de la tribu de Petit Borendy. , 1–2.
- L'Huillier, L., Jaffré, T., and Wulff, A. (2010). 'Mines et environnement en Nouvelle-Calédonie' IAC. (Nouméa.) Available at: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-11/010057555.pdf
- Mazzeo, F. (2004). EXPLOITATION MINIERE ET VALORISATION DU PATRIMOINE FLORISTIQUE DE NOUVELLE-CALEDONIE Contribution à l'élaboration d'un guide pratique de reboisement des terrains miniers du Grand Sud (Sud de la ligne Mont-Dore – Yaté)- Mémoire de DESS - IRD - Université.
- McDonald, T., Gann, G. D., Jonson, J., and Dixon, K. W. (2016). Standards internationaux pour la restauration écologiques - incluant les principes et les concepts clés.
- OEIL magazine (2022). Données générales biodiversité NC. , 1. Available at: <https://www.oeil.nc/fr/biodiversite>
- Province Sud (2020). Parc de la Côte Oubliée. , 1. Available at: <https://www.province-sud.nc/pandoreweb/app/aireProtegee/parc-cote-oubliee>
- Province Sud (2019). Projet de Parc provincial de la Côte Oubliée – Woen Vùù – Pwa Pereeù.
- Spaggiari, J., Ichter, J., and Lefeuvre, J.-C. (2010). Mise au point d'une méthode d'identification des continuités écologiques dans le Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie. , 99.
- Sud Forêt (2022). Plantations HQE. Available at: <https://www.sudforet.nc/convictions>
- Trame verte et bleue Centre de ressources (2022). Définition réservoir de biodiversité. Available at: <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/foire-aux-questions/qu-est-ce-qu-reservoir-biodiversite>
- Triplet, P. (2020). 'Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature - sixième édition'.

Annexes

Annexe 1 : Liste des espèces potentielles

Cette liste d'espèces endémiques est non exhaustive. Ces espèces ont été définies dans la bibliographie et par les experts comme utiles pour la restauration des zones dégradées car elles sont résistantes aux conditions environnementales complexes, et certaines ont des propriétés améliorantes. L'ensemble des espèces répertoriées sont maîtrisées par les pépinières professionnelles de Nouvelle-Calédonie et peuvent donc être utilisées pour la révégétalisation.

Espèces pionnières ligneuses :

Espèce	Caractéristique spécifique	Appétence sur zones de plantations
<i>Acridocarpus austrocaledonica</i>		Appétence faible
<i>Alphitonia neocaledonia</i>	Dispersé par les oiseaux et recouvrement rapide du sol	Appétence forte
<i>Austrobauxus carunculatus</i>	Dispersé par les fourmis	Appétence faible
<i>Cerberiopsis candelabra</i>	Espèce monocarpique : ne fleurit qu'une seule fois et meurt	Pas d'informations
<i>Codia spp.</i>	Forte affinité avec les endomycorhizes	Pas d'appétence
<i>Cordyline neocaledonica</i>	Dispersé par les animaux.	Appétence forte
<i>Dodonaea viscosa</i>	Forte affinité avec les endomycorhizes et considéré comme améliorant la qualité du sol par la production d'une litière riche en azote	Appétence forte
<i>Geissois pruinosa</i>	Forte affinité avec les endomycorhizes	Pas d'informations
<i>Grevillea spp</i> (sauf <i>gillivrayi</i> , <i>exul</i>)		Appétence moyenne
<i>Gymnostoma sp.</i>	Symbiose avec un champignon permettant l'enrichissement en azote du sol	Appétence moyenne
<i>Hibbertia spp.</i> (sauf <i>lucens</i>)	Certaines sont dispersées par les fourmis	Pas d'informations
<i>Longetia buxoides</i>	Forte affinité avec les endomycorhizes et très résistante à la sécheresse	Appétence moyenne
<i>Metrosideros laurifolia</i>	Forte affinité avec les endomycorhizes	Pas d'informations
<i>Myodocarpus spp.</i>	Impact positif sur la stabilité du sol latéritique	Appétence forte pour <i>Myodocarpus nervatus</i>
<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	Dispersé par les oiseaux	Pas d'informations

Espèce	Caractéristique spécifique	Appétence sur zones de plantations
<i>Pancheria spp.</i> (sauf <i>billardieri</i>)		Pas d'informations, appétence faible dans le maquis
<i>Phyllanthus aenus</i>	Dispersé par les oiseaux	Pas d'informations
<i>Pittosporum deplanchei</i>	Dispersé par les oiseaux	Pas d'informations, appétence faible dans le maquis
<i>Pittosporum gracile</i>	Dispersé par les Notou (<i>Ducula goliath</i> (NT))	Pas d'informations, appétence faible dans le maquis
<i>Soulamea pancheri</i>		Pas d'informations
<i>Scaevola sp.</i> (sauf <i>beckii</i>)	Dispersé par les oiseaux	Appétence moyenne
<i>Serianthes satchetae</i>	Symbiose avec des bactéries permettant l'enrichissement en azote du sol et forte affinité avec les endomycorhizes	Pas d'informations
<i>Stenocarpus umbelliferus</i>		Appétence faible

Tableau 4 : Liste non exhaustive des espèces pionnières et ligneuses utilisables dans les bosquets.

Espèces forestières ligneuses :

Espèce	Caractéristique spécifique	Appétence sur zones de plantations
<i>Agathis ovata</i>		Pas de données
<i>Araucaria luxurians</i> (EN)	Longue espérance de vie favorisant le recrutement d'espèces secondaires	
<i>Arillastrum gummiferum</i> (VU)	Installer dans des zones ombragées	
<i>Calophyllum caledonicum</i>		
<i>Garcinia balansae</i>	Dispersé par les oiseaux	
<i>Maxwellia lepidota</i>		
<i>Oxera robusta</i> (NT)	Dispersé par les oiseaux	
<i>Syzygium frutescens</i>	Dispersé par les oiseaux	

Tableau 5 : Liste non exhaustive des espèces forestières et ligneuses utilisables dans les bosquets.

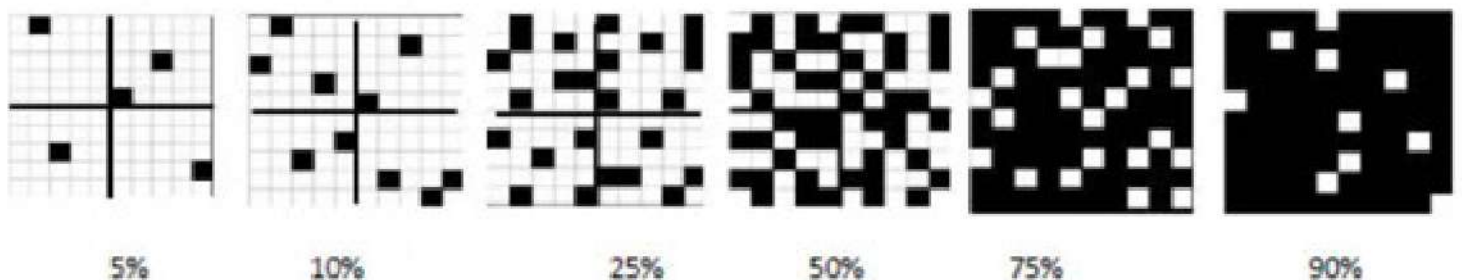
Annexe 2 : Fiche de suivi

Informations générales		
Date :	Lieu :	Zone :
Modalité :		
État des lieux		
N° du quadrat :	Taille quadrat :	m²
Recouvrement dans le quadrat		
Recouvrement total au sol : ☐ 0% ☐ > 5% ☐ 5 à 25% ☐ 25 à 50% ☐ 50 à 75% ☐ 75 à 100%		
Recouvrement au sol des ligneux (prendre en compte la projection du houppier) : ☐ 0% ☐ > 5% ☐ 5 à 25% ☐ 25 à 50% ☐ 50 à 75% ☐ 75 à 100%		
Homogénéité du recouvrement : ☐ oui ☐ non		
Santé du peuplement dans le quadrat		
Nombre de plants plantés : Nombre de plants morts :		
Taux de survie des plants : ☐ 0 à 30% ☐ 31 à 60% ☐ 61 à 80% ☐ > 80%		
Nombre de plants plantés vivants fertiles :		
Capacité de reproduction : ☐ 0 à 20% ☐ 21 à 40% ☐ 41 à 60% ☐ > 80%		
État général de l'écosystème : ☐ Bon ☐ Moyen ☐ Mauvais ☐ Très mauvais		
Dégradation générale : ☐ Feu ☐ Événement climatique ☐ Intervention humaine ☐ EEE animale		
Degré de dégradation : ☐ 0% ☐ > 5% ☐ 5 à 25% ☐ 25 à 50% ☐ 50 à 75% ☐ 75 à 100%		
Remarques :		
Observations faune, fonge :		

Annexe 3 : Indice de Braun-Blanquet

Suivi du recouvrement arboré

- Estimer en observant les images drone le pourcentage de recouvrement arboré par zone d'étude à l'aide de la figure ci-dessous. Les carreaux remplis en noir représentent la surface recouverte par les arbres et les carreaux blancs démontrent la surface nue ou recouverte d'arbustes, d'herbacées ou de végétaux peu développés.
- Pour les quadrats, le pourcentage de recouvrement arboré sera estimé par quadrat également à l'aide de la figure ci-dessous et devra être répertorié sur la fiche de suivi (cf. Annexe 2) :
 - Recouvrement de 0% sur la surface du quadrat
 - Recouvrement de > 5% sur la surface du quadrat
 - Recouvrement entre 5 à 25% sur la surface du quadrat
 - Recouvrement entre 25 à 50% sur la surface du quadrat
 - Recouvrement entre 50 à 75% sur la surface du quadrat
 - Recouvrement entre 75 à 100% sur la surface du quadrat



Résultats pour les images drone initiales (cf. Tableau 1).



Biodiversité
nos vies sont liées