

ACRONYMES

DEF : Département des Eaux et Forêts

ESSA: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

Ha : Hectare

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

IOV : Indicateur Objectivement Vérifiable

m : mètre

PBNR : Parcelle Brûlée Non Restaurée

PBR : Parcelle Brûlée Restaurée

PI : Parcelle Intacte

SER : *Society for Ecological Restoration*

UFR : Unité de Formation et de Recherche

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

GLOSSAIRE

- **Critère** : caractère ou norme qui permet de porter jugement. Dans un ensemble de principes, critères et indicateurs de gestion durable des forêts, les critères sont les échelons intermédiaires qui intègrent l'information fournie par les indicateurs et au niveau desquels peut se cristalliser une évaluation interprétable (Mendoza, et al., 2000)
- **Feux de forêts** : sinistres qui se déclarent dans une formation végétale, dominée par des arbres et des arbustes d'essences forestières (INRA, 1993)
- **Indicateur** : variable ou composante de l'écosystème forestier ou du système de gestion qui est utilisée pour caractériser l'état d'un critère particulier, et partant la durabilité des ressources et de leurs utilisations (Mendoza, et al., 2000)
- **Restauration écologique** : action intentionnelle qui initie ou accélère l'autoréparation d'un écosystème en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable. (Society for Ecological Restoration International, 2004)

SOMMAIRE

RESUME	ii
ABSTRACT.....	iii
ACRONYMES	iv
GLOSSAIRE.....	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ANNEXES	vii
INTRODUCTION	1
1. METHODOLOGIE.....	2
1.1 Milieu d'étude.....	2
1.1.1 Situation géographique.....	2
1.1.2 Cadre légale	3
1.1.3 Milieu biophysique	3
1.1.4 Milieu biologique	4
1.1.5 Milieu humain	4
1.2 Méthodes.....	5
1.2.1 Investigation bibliographique.....	5
1.2.2 Cartographie.....	5
1.2.3 Enquête.....	6
1.2.4 Observations	6
1.2.5 Inventaire floristiques	10
1.2.6 Traitement et analyse des données.....	10
1.2.7 Cadre opératoire et schéma méthodologique	11
2. RESULTATS	12
2.1 Activités sylvicoles sur la zone brûlée	12
2.1.1 Restauration écologique	12
2.1.2 Gestion de l'espèce <i>Casuarina equisetifolia</i>	12
2.2 Effets de la restauration écologique.....	13
2.2.1 Composition floristique	13
2.2.2 Diversité, structure et régénération	14
2.3 Réussite de la restauration écologique	14
3. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	15
3.1 Discussions	15
3.1.1 Sur l'approche méthodologique	15
3.1.2 Sur les résultats	16
3.2 Recommandations	17
CONCLUSION.....	20
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	21
ANNEXES	I

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la forêt de Tampolo et zonage de la NAP de Tampolo (DEF- ESSA, 2015)	2
Figure 2 : Diagramme ombrothermique (Andriamihaja, 2013)	3
Figure 3 : Carte de localisation des parcelles étudiées	5
Figure 4 : Dispositif de relevé floristique	10
Figure 5 : Cadre opératoire du travail	11

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Inventaire écologique de la forêt de Tampolo	4
Tableau II : Notation de la performance de la restauration écologique en aire protégée	6
Tableau III : Cadre opératoire	11
Tableau IV : Principales espèces de restauration observées sur la PBR	12
Tableau V : Densité relative des espèces	13
Tableau VI : Variations des paramètres de diversité et de structure des individus adultes	14
Tableau VII : Variations des paramètres de diversité et de structure des individus de régénération	14
Tableau VIII: Evaluation des principes de la restauration écologique d'une aire protégée	15
Tableau IX : Cadre logique	18
Tableau X : Essences de valeurs étudiées	III

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Flore et végétation de Tampolo	I
Annexe 2: Faune de Tampolo	I
Annexe 3: Type de sol de Tampolo	II
Annexe 4: Activités sylvicoles entreprises à Tampolo	II
Annexe 5: Essences de valeurs	III
Annexe 6: 9 attributs de la SER	IV
Annexe 7: Critères et indicateurs de restauration écologique en aire protégée	V
Annexe 8: Figures des parcelles brûlées restaurées	VIII

INTRODUCTION

La forêt de Tampolo est l'une des vestiges de la forêt naturelle de Madagascar. Cependant, les catastrophes naturelles et les activités anthropiques comme la surexploitation de la forêt et des parcelles environnantes et éventuellement le feu engendrent sa dégradation. Toutefois, des efforts de conservation ont été entrepris pour freiner cette dégradation et limiter la disparition des espèces en dangers au niveau national. (Ratsirarison, et al., 1998)

Notamment, après le passage du feu en 1996, des activités de restauration écologique et d'enrichissement ont été entreprises dans cette zone en vue de reconstituer la végétation historique. De ces faits, la problématique suivante est posée : Quelle est l'efficacité du plan de restauration écologique dans les parcelles ravagées par le feu dans la forêt littorale de Tampolo ? En vue de répondre à la problématique, le travail sera orienté suivant les questions de recherches suivantes :

- Q1 : Quels sont les effets de la restauration écologique sur les zones brûlées ?
- Q2 : Est-ce que la restauration de la zone brûlée est réussie ?

Les hypothèses de travail suivantes sont posées :

- Hypothèse 1 : La restauration écologique de la zone brûlée affecte la diversité et la structure des peuplements de la zone brûlée restaurée ;
- Hypothèse 2 : La restauration écologique de la partie de la forêt de Tampolo incendiée tend vers une réussite.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la performance de la restauration écologique sur la zone incendiée par rapport à la forêt de référence et la zone incendiée non restaurée. Les objectifs spécifiques qui en découlent sont les suivantes :

- Décrire les activités de restauration sur la parcelle brûlée
- Déterminer la composition floristique de la parcelle restaurée
- Caractériser la diversité spécifique et la structure du peuplement de la parcelle restaurée
- Estimer la réussite de la restauration de la parcelle restaurée

Ce travail est structuré en 3 grandes parties :

- La première partie décrit la méthodologie adoptée
- La seconde partie présente les résultats obtenus de l'analyse
- La dernière partie offre une discussion des résultats obtenus et des recommandations y afférentes.

1. METHODOLOGIE

1.1 Milieu d'étude

1.1.1 Situation géographique

Située sur la côte Est de Madagascar, la Réserve de Tampolo se localise dans la Région d'Analanjirofo, dans le District de Fenoarivo Atsinanana. Plus précisément, elle se trouve à 10 km au Nord de la ville de Fenoarivo-Atsinanana et à 110km de Toamasina. En totalité, cette réserve a une superficie de 675 hectares qui s'étend entre 49°24'00'', 49°24'30'' de longitude Est et 17°15'30'' de latitude Sud et à une altitude moyenne de 10m au-dessus du niveau de la mer. Elle est limitée au Nord par le lac lagunaire de Tampolo et au Sud par le grand marécage inondé par la rivière Antetezambe. Elle est entourée par les villages suivants : au Nord Rantolava, au Sud-Ouest Tanambao-Tampolo, au Sud Andapa II et à l'extrême Nord Takobola

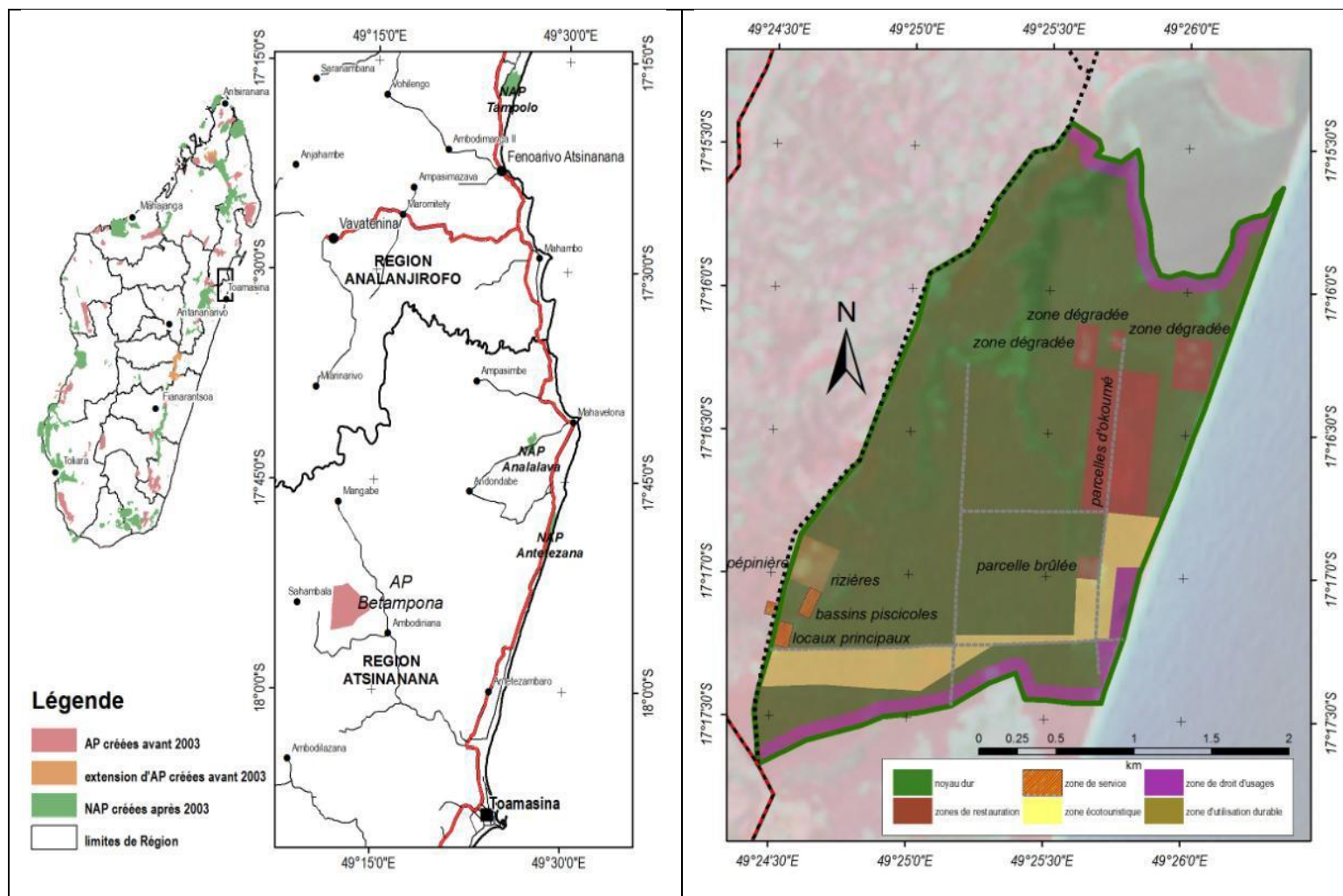


Figure 1 : Localisation de la forêt de Tampolo et zonage de la NAP de Tampolo (DEF- ESSA, 2015)

1.1.2 Cadre légale

Le Cadre légal de la protection de la forêt de Tampolo est comme suit (DEF- ESSA, 2015) :

- Arrêté de classement en périmètre de restauration : Arrêté provincial n° 281-DSP/FOR du 22/09/59
- Arrêtés portant mise en protection temporaire globale des NAP :
 - N°18633/2008/MEFT/MEM
 - N° 52005/2010//MEFT/MEM
 - N° 9874 /2013 /MEFT/MEM
- Code des Aires Protégées : Loi 2015-005 du 26 février 2015
- Convention décennale de collaboration entre l'ESSA et la Direction Interrégionale de l'Environnement et des Forêts portant délégation de gestion de la forêt de Tampolo à l'ESSA

1.1.3 Milieu biophysique

1.1.3.1 Climat

La Réserve de Tampolo se trouve dans le domaine biogéographique de l'Est de Madagascar, caractérisé par un climat chaud et humide et qui peut être appréhendé avec les données climatiques entre 2001 et 2009 de l'UFR Ecologie et Biodiversité de l'ESSA-Forêts (diagramme ombrothermique) (Andriamihaja, 2013). La pluviométrie annuelle est environ 3091,9mm répartie sur 232 jours. La pluviométrie la moins élevée est en mois de Novembre (130,8mm) et la plus élevée en mois de Mars (451,4mm). Concernant la température, en moyenne pendant une année, elle est de 23,1°C dont le mois le plus chaud est en Février avec une moyenne mensuelle de 26,4°C. Cette réserve se situe dans une zone exposée de manière latente aux cyclones d'après Donque 1975, in (DEF- ESSA, 2015). Les cyclones Honorinina en 1986 et Ivan en 2008 sont restés comme références pour leur intensité et dégâts qu'ils ont causés.

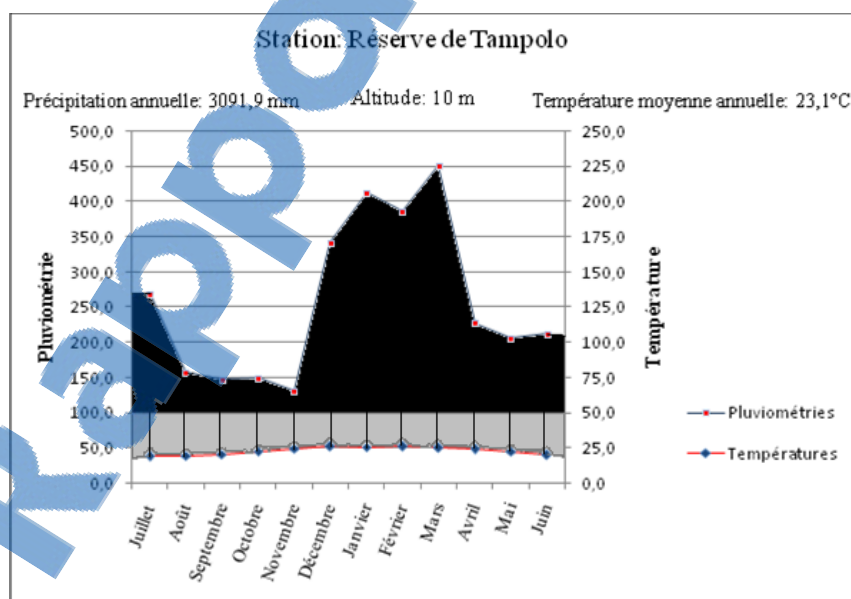


Figure 2 : Diagramme ombrothermique (Andriamihaja, 2013)

1.1.3.2 Hydrographie

Le réseau hydrographique de Tampolo est principalement constitué du lac d'eau douce de Tampolo (120ha), du petit lac de Marofototra (1ha). Ces deux lacs entrent en contact avec les eaux marines de l'Océan Indien en hautes eaux. La réserve présente également un réseau de petits ruisseaux assez important selon les saisons dû à la variabilité du débit. (DEF- ESSA, 2015). D'après Radosy, 2010, in (Andriamihaja, 2013) il est également à noter que le réseau hydrographique de Tampolo est dominé par le fleuve de Maningory, au nord de la zone d'étude.

1.1.3.3 Pédologie

La nature des sols de la Réserve de Tampolo sont généralement sableuse et acide dont le pH varie entre 3,7 et 4,6 et pauvre en matière organique (Ratsirarison, et al., 1998). Quatre sous unités caractéristiques de sols y sont trouvés : les sols peu évolués d'apport (régosols sur sable), les sols podzoliques, les sols hydromorphes tourbeux et les sols pseudopodzols de nappe (cf. annexe 3). De la mer vers l'intérieur, ces sous unités sont différenciées en fonction de la position de la nappe phréatique (DEF- ESSA, 2015).

1.1.4 Milieu biologique

La Réserve de Tampolo est exceptionnelle suivant la diversité de ses habitats naturels et les divers sous-types de la forêt littorale : forêt littorale, la frange littorale, la forêt littorale temporairement inondée et la forêt d'enrichissement (Ratsirarison, et al., 1998) (cf. annexe 1, 2). L'inventaire écologique de la forêt de Tampolo donne le tableau suivant :

Tableau I : Inventaire écologique de la forêt de Tampolo

Taxons	Espèces recensées
Plantes	Environ 400 espèces de ligneux connues
Mammifères	5 espèces de lémuriers 3 espèces de micromammifères 4 espèces de chiroptères
Oiseaux	64 espèces
Herpétofaune	24 espèces de reptiles 14 espèces d'amphibiens

Sources : Ratsirarison et Goodman 1998, Ratsirarison et Goodman 2005

1.1.5 Milieu humain

La population des villages, comptant près de 6.000 habitants environnant la forêt de Tampolo se répartissent en quatre *Fokontany* qui dépendent des communes d'Ampasina Maningory et d'Ambodimanga II. La population est très jeune car composée à plus de 51% par les moins de 18 ans. La population se compose essentiellement de Betsimisarakas du Nord, avec quelques immigrants de diverses origines Antemoro, Betsileo et Merina. Selon les estimations, le bilan migratoire est négatif, car le nombre d'immigrants (Merina et Betsileo installés pour le commerce) sont inférieurs aux départs des jeunes vers Fenoarivo Atsinanana et Toamasina pour poursuivre les études ou rechercher du travail. (DEF- ESSA, 2015)

1.2 Méthodes

En vue de répondre aux questions spécifiques et de vérifier les hypothèses posées, la démarche méthodologique a comporté trois principales étapes. La première étape consista à faire des études préalables en l'occurrence les investigations bibliographiques et les entretiens. La seconde étape reposa sur les inventaires floristiques et les observations des données à collecter sur terrain. La dernière étape a été constituée par des analyses des données notamment le traitement de données.

1.2.1 Investigation bibliographique

L'investigation bibliographique a permis de délimiter le sujet. Elle a été nécessaire pour faire une étude comparative avec les littératures sur le sujet lors de la rédaction. Les recherches bibliographiques ont été axées sur la forêt littorale de Tampolo, la restauration écologique, les critères de réussite de la restauration écologique et les feux de forêts.

1.2.2 Cartographie

La cartographie a consisté à situer la Réserve à l'échelle nationale et à l'échelle locale et à localiser les parcelles d'inventaire. La connaissance de la zone d'étude par la bibliographie a permis de tracer les zones de relevé.

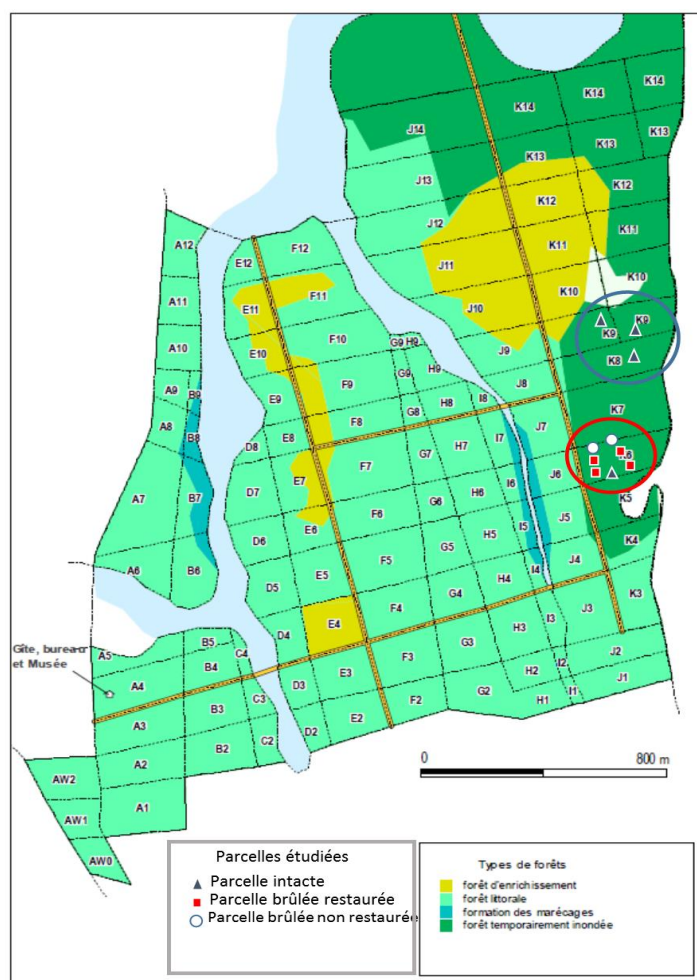


Figure 3 : Carte de localisation des parcelles étudiées

Des classes ont été alors prédéfinies :

- Parcelle brûlée restaurée (PBR)
- Parcelle brûlée non restaurée (PBNR)
- Parcelle intacte n'ayant pas été atteinte par le feu (PI)

1.2.3 Enquêtes

Les entretiens sont liés au sujet d'étude et à la zone d'étude pour ressortir les activités sylvicoles effectués sur la zone incendiée. Ces entretiens ont été réalisés avec des personnes ayant des connaissances sur l'état des lieux qui sont représentées par le personnel du site.

1.2.4 Observations

Les observations ont permis d'apprécier les densités relatives des toutes les espèces observées.

Les valeurs qualitatives utilisées sont les suivantes :

- +++ : densité élevée ;
- ++ : densité moyenne ;
- + densité faible ;
- i : individu unique ;
- 0 : absence.

Les observations ont permis aussi d'évaluer visuellement la réussite de la restauration de la forêt par un système de notation et de classement relatif de plusieurs indicateurs de réussite. Selon (Mendoza, et al., 2000), la performance des critères et des indicateurs peut être notée comme suit :

Tableau II : Notation de la performance de la restauration écologique en aire protégée

* Ne peut être notée au moment de l'évaluation ; probablement en raison d'un manque d'information ou d'un mauvais échantillonnage sur le terrain	
0	Critère ou indicateur non applicable.
1	Performance très faible
2	Performance faible
3	Acceptable
4	Performance très bonne
5	Performance vraiment remarquable

Source : (Mendoza, et al., 2000)

Les indicateurs de réussite sont les suivantes :

Principes	Critères	Indicateurs	Poids	Notes	Notes définitives
PRINCIPE 1 : Efficace en rétablissant et en préservant les valeurs d’une aire protégée	« Ne pas nuire » en identifiant d’abord quand une restauration est la meilleure option	Une restauration qui « ne nuit pas »			
	Rétablir la structure, la fonction et la composition d’un écosystème	Restauration par une meilleure gestion de l’écosystème			
		Restauration par de meilleures interactions entre espèces			
		Rétablissement de conditions physico-chimiques adéquates, propices à une restauration écologique			
	Maximiser la contribution des mesures de restauration qui augmentent la résilience	Restaurer les pratiques qui contribuent au maintien ou à l’accroissement de la résilience dans des conditions de changements climatiques rapides			
	Restaurer la connectivité à l’intérieur et en dehors des limites des aires protégées	Une restauration qui facilite la préservation de la connectivité à l’intérieur et entre des aires protégées			
	Encourager et rétablir les valeurs et les pratiques culturelles traditionnelles qui contribuent à la durabilité écologique, sociale et culturelle de l’aire protégée et de ses environs	Une restauration qui intègre une gestion culturelle			
	Avoir recours à la recherche et au suivi continu, y compris des savoirs écologiques traditionnels, pour optimiser la réussite d’une restauration	Gestion adaptative, suivi et évaluation des aspects écologiques, sociaux et économiques d’une restauration			
		S’assurer que les processus de suivi sont participatifs et que leurs résultats sont transparents			
TOTAL					

PRINCIPE 2 : La restauration écologique efficiente est celle qui maximise les résultats positifs tout en minimisant les coûts en temps, en ressources et en efforts	Envisager les buts et objectifs d'une restauration de l'échelle du système vers l'échelle locale en classant les activités de restauration par ordre de priorité	Une restauration qui se focalise sur les interventions les plus urgentes et les plus importantes pour atteindre des buts à l'échelle du système, du paysage terrestre ou marin, ou de l'aire protégée			
		Développement d'un plan d'exécution			
	Garantir les capacités et le soutien à long terme pour l'entretien et le suivi de la restauration	Une restauration qui soutient l'établissement de capacités à long terme, l'engagement et une vision			
	Maximiser la contribution des actions de restauration à l'augmentation du capital naturel et des services écosystémiques des aires protégées	Une restauration qui contribue à l'atténuation des changements climatiques			
		Une restauration qui contribue à atténuer les effets des catastrophes naturelles			
		Une restauration la fourniture de services écosystémiques			
	Contribuer à des moyens de subsistance durables pour les populations autochtones et les communautés locales qui dépendent des aires protégées	Une restauration qui respecte les valeurs traditionnelles, culturelles et spirituelles			
		Des activités de restauration qui tiennent compte d'impact social et d'équité			
		Une restauration qui procure des avantages sociaux, des opportunités économiques et de l'équité			
	Intégrer les politiques et programmes de développement internationaux et s'y accorder	Une restauration qui est coordonnée avec les politiques et les programmes de développement nationaux et internationaux			
TOTAL					

PRINCIPE 3 : Fédératrice en collaborant avec des partenaires et des parties prenantes, en favorisant la participation et en améliorant l'expérience vécue par les visiteurs	Collaborer avec des populations autochtones et des communautés locales, des propriétaires terriens du voisinage, des sociétés, des scientifiques et d’autres partenaires et parties prenantes pour la planification, la mise en œuvre et l’évaluation	Des processus de restauration qui encouragent le consentement, la participation, l’intégration et la collaboration des parties prenantes			
		Une restauration qui est collaborative dans des aires protégées existantes			
		Une restauration qui implique une collaboration dans des aires protégées communautaires			
	Apprendre collectivement et renforcer les capacités pour soutenir l’engagement continu dans des initiatives de restauration écologique	Une restauration qui fait naître l’engagement envers un apprentissage continu et réciproque			
		Une restauration qui renforce grâce à l’acquisition de savoirs et de compétences transmissibles			
	Communiquer de façon efficace pour soutenir l’ensemble du processus de restauration écologique	Une restauration qui inclut la communication à tous les stades du projet			
		Une restauration qui adopte de multiples approches de communication pour garantir sa globalité			
	Fournir des possibilités d’expériences intéressantes, qui favorisent un sentiment de connexion et de responsabilité vis-à-vis des aires protégées	Une restauration qui facilite l’apprentissage local et empirique des visiteurs de l’aire protégée			
		Une restauration qui favorise une expérience mémorable pour les visiteurs			
		Une restauration qui suscite l’action dans et au dehors de l’aire protégée			
TOTAL					

1.2.5 Inventaires floristiques

Des relevés floristiques ont été effectués pour évaluer la performance de la restauration écologique de la zone brûlée. De ce fait, 4 placettes de (10x10) m² sur la zone brûlée restaurée de 0,5ha et 2 placettes sur la zone brûlée n'ayant pas subi de restauration écologique ainsi que 4 placettes de zone intacte de même type de forêt que la zone incendiée incluant une placette d'une partie de la zone n'ayant pas été brûlée ont été étudiés. Les arbres et arbustes de plus de 1,3 m de hauteur ont été inventoriés dans la surface de 100 m². Ensuite, une placette (partie hachurée, figure 2) a été choisie au hasard pour l'étude de la régénération qui consiste à inventorier tous les individus de moins de 1,3 m qui sont les individus de régénération.

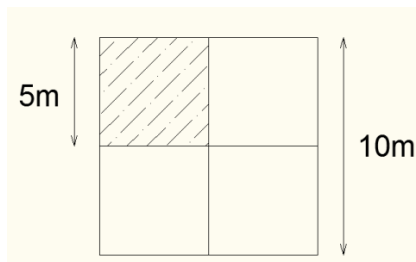


Figure 4 : Dispositif de relevé floristique

Les étapes de l'inventaire adoptés ont été :

✓ Description des informations sur l'unité de relevé :

- Identification (numéro de la placette)
- Formation végétale (type de forêt)

✓ Identification des essences :

L'identification des essences n'est pas à proprement parler une mesure, mais c'est une opération fondamentale qui s'avère parfois difficile et longue.

✓ Relevés floristiques :

- Nombre d'arbres (n) ;
- Hauteur (h) ;
- Diamètre (d) pour les essences dont la hauteur totale est supérieure à 1,3m.

1.2.6 Traitement et analyse des données

1.2.6.1 Données d'inventaires

Le traitement des données a été exécuté sur Excel par des tableaux croisés dynamique. D'abord les données d'inventaires floristiques ont été saisies sur Excel. Ensuite, les paramètres de relevé dans la placette ont permis de calculer les indices de diversité et de structure suivants :

- la surface terrière (G.ha⁻¹) déterminé par la formule $G = \sum \frac{\pi}{4} d^2$;
- la hauteur moyenne (H en m) déterminé par $H = \frac{\sum hi}{n}$;
- la richesse spécifique (S.100 m⁻²), qui est la moyenne des nombres d'espèces par placette ;

- la densité moyenne d'arbres et d'arbustes ($D.100 \text{ m}^{-2}$) qui est la moyenne des nombres d'arbres par placette;
- les proportions de chaque espèce par rapport à l'abondance de chaque espèce (en %).

Les placettes de régénération sont également caractérisées par la richesse spécifique ($S'.25 \text{ m}^2$), la densité d'individus de régénération d'arbre et d'arbuste ($D'.25 \text{ m}^{-2}$). Enfin, les indices de diversité et de structure ont été synthétisés dans un tableau.

1.2.6.2 Données d'observations

D'abord, les poids et les notes de chaque indicateur ont été inscrits sur Excel. Ensuite, les notes définitives sont déterminées par les produits des poids relatifs et des notes. Ainsi, la moyenne des notes définitives de chaque principe est obtenue par $(\sum \text{notes définitives} / \sum \text{poids relatifs})$. Enfin, la moyenne des notes définitives de chaque principe a été calculée pour définir la vue d'ensemble sur la réussite globale de la restauration écologique.

1.2.7 Cadre opératoire et schéma méthodologique

1.2.7.1 Cadre opératoire

Problématique	Hypothèses	Indicateurs	Objectifs	Méthodes
<i>Quelle est l'efficacité du plan de restauration écologique dans les parcelles ravagées par le feu dans la forêt littorale de Tampolo ?</i>	<i>H1 : La restauration écologique de la zone brûlée affecte la diversité et la structure des peuplements de la zone brûlée restaurée</i>	I ₁₁ : la composition floristique I ₁₂ : la diversité spécifique et la structure du peuplement	Déterminer les effets de la restauration écologique sur la zone brûlée	-inventaire floristique des individus semenciers et des individus de régénération -analyse comparative des résultats
	<i>H2 : La restauration écologique de la partie de la forêt de Tampolo incendiée tend vers une réussite</i>	I ₂₁ : les indicateurs de réussite de restauration écologique en aire protégée	Estimer la réussite de la restauration de la parcelle restaurée	-observation -système de notation multicritère

Tableau III : Cadre opératoire

1.2.7.2 Schéma méthodologique

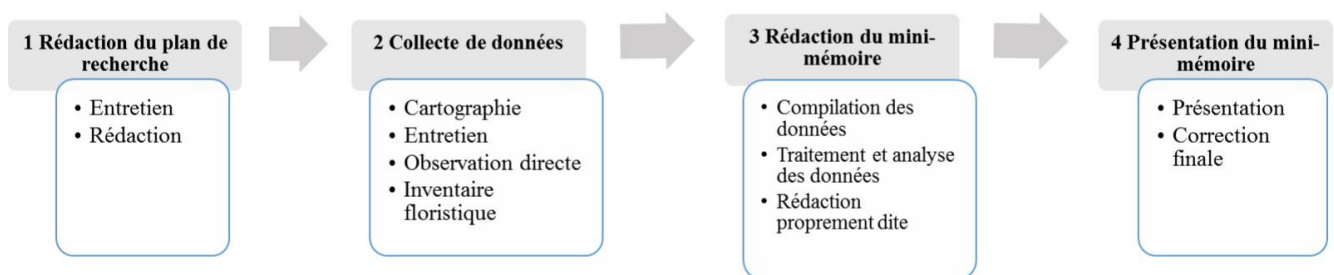


Figure 5 : Cadre opératoire du travail

2. RESULTATS

2.1 Activités sylvicoles sur la zone brûlée

2.1.1 Restauration écologique

Après l'incendie de 1996 dans la placette K6, la zone s'est caractérisée par des clairières ouvertes de la forêt temporairement inondée. Les activités de restauration écologique entreprises dans cette zone très dégradée ont commencé en 2002 dans le cadre des programmes entrepris par l'ESSA-Forêt avec la communauté locale. Une reprise de la restauration s'est effectuée en 2011 en utilisant uniquement les espèces de *Calophyllum inophyllum*. Ces derniers constituent principalement les individus de régénération.

La restauration écologique est une des nombreuses activités qui s'efforcent de modifier le biote et les conditions physiques dans un site et qui sont fréquemment confondues avec la restauration (Society for Ecological Restoration International, 2004). Ce système de restauration, appelé également 'système de régénération naturelle assistée', constitue la méthode appropriée pour aménager les zones forestières très perturbées, à un degré de dégradation assez élevé. Des jeunes plants des espèces désirables sont introduits dans les successions secondaires arrivées à un stage mature de succession (couvert secondaire tardif). L'ambiance forestière étant plus ou moins établie, les juvéniles trouvent les conditions nécessaires pour leur bon développement. (Rajoelison, 2005)

Tableau IV : Principales espèces de restauration observées sur la PBR

Noms vernaculaires	Genres et espèces	Familles	Proportions (% par rapport à l'abondance)
Hazoambomaitso	<i>Ambavia gerrardii</i>	ANNONACEAE	50
Vintanina	<i>Calophyllum inophyllum</i>	CLUSIACEAE	45
Hintsina	<i>Intsia bijuga</i>	FABACEAE	5

Source : Auteur

Le *Hazoambomaitso* et le *Vintanina* sont les plus utilisées comme espèce de restauration. Le choix des espèces à utiliser s'est porté sur ces espèces en fonction des besoins de la population riveraine. En effet, ces espèces figurent parmi celles qui sont les plus exploitées illicitement par la population locale et qu'on ne retrouve plus en nombre suffisant dans la forêt. (Rajoelison, 2005)

2.1.2 Gestion de l'espèce *Casuarina equisetifolia*

Après le passage du feu, une colonisation de *Casuarina equisetifolia* a été observée. En effet, le *Casuarina equisetifolia* est un arbre pionnier à croissance assez rapide, capable de coloniser des sols très pauvres en éléments minéraux. La dispersion des graines de Filao est de type anémochorie, ce qui à faciliter son installation sur la parcelle incendiée. (Ministère de la Coopération, 1989). Le *Casuarina equisetifolia* est l'une des principales espèces envahissantes de la forêt de Tampolo (DEF- ESSA,

2015). Des éradications périodiques sont nécessaires, en tenant compte des expériences antérieures pour limiter leur propagation récurrente. La dernière éradication a été effectuée en Octobre 2015.

2.2 Effets de la restauration écologique

2.2.1 Composition floristique

L'identification et le comptage de toutes les espèces floristiques a permis de distinguer la composition floristique de chaque traitement et leur type de végétation caractéristique selon leur densité relative.

Tableau V : Densité relative des espèces

Espèces	Noms vernaculaires	PI	PBR	PBNR
<i>Ambavia gerrardii</i>	Hazoambomaitso	+++	+++	0
<i>Draceana reflexa</i>	Hasina	+	0	0
<i>Intsia bijuga</i>	Hintsina	+	i	0
<i>Stephanostegia capuronii</i>	Hazondronono	i	0	0
<i>Noronhia sp</i>	Tsilaitra	++	0	0
<i>Calophyllum inophyllum</i>	Vintanina	i	+++	0
<i>Uapaca densifolia</i>	Voapaka	i	0	0
<i>Cyperus sp</i>		0	+	+++
<i>Pandanus sp</i>	Vakona	++	0	0
(n.d)	Vakompandrana	++	0	0
<i>Dypsis arenarum</i>	Amboza	++	0	0
<i>Dicoryphe stipulacea</i>	Longotra	+	0	0
Fougères		++	0	0

+++ : densité élevée, ++ : densité moyenne, + densité faible, i : individu unique, 0 : absence

Source : Auteur

La composition floristique varie significativement selon les classes de parcelles. La végétation des PI et une partie de la zone incendiée n'ayant pas été brûlée est essentiellement caractérisée par : *Hazoambomaitso*, *Hasina*, *Hintsina*, *Tsilaitra*, *Vintanina*, *Voapaka*, *Hazondronono*, *Vakona*, *vakompandrana*, *Amboza*, *Longotra* et quelques fougères. La végétation de la PBR est essentiellement caractérisée par : *Hazoambomaitso*, *Vintanina*.et *Hintsina*. L'*Ambavia gerrardii* est ainsi retrouvé en densité élevé dans la forêt de référence que dans la zone restaurée.

Par contre les PBNR sont constitués essentiellement par une formation de savoka caractérisé par le *Cyperus sp*. Le savoka est un peuplement secondaire succédant à la destruction de la forêt par le feu devenant l'élément dominant du paysage végétal. Elle présente de multiples aspects, mais quelles que soient les associations végétales qui la composent, elle est toujours épaisse et impénétrable.

2.2.2 Diversité, structure et régénération

➤ Individus semenciers

Les indices de diversité et de structure ont été déterminés par les paramètres de relevé suivants : la richesse spécifique (S), la surface terrière (G), la densité des arbres ainsi que la hauteur moyenne des arbres (H).

Tableau VI : Variations des paramètres de diversité et de structure des individus adultes

Parcelles	Répétitions	S (.100m ²)	G (m ² /ha)	D (.100 ⁻²)	H (m)
PI	4	5	12,034	24,67	7,655
PBR	3	2,5	1,201	25,75	2,019
PBNR	2	0	0	0	0

S : Richesse spécifique (.100 m²) ; Hm : Hauteur moyenne (m) ; G : surface terrière (m²/ha) ; D : densité d'arbres (.100m²)

Source : Auteur

Les activités de restauration écologique et d'enrichissement affectent la diversité de la PBR et la densité d'arbres. Par contre, ces activités de restauration écologique affectent faiblement la surface terrière et la hauteur. La structure de la PBR approche plus ou moins de la PBNR.

➤ Individus de régénération

Les régénérations dans les PI sont des rejets de souche ou des régénérations naturelles et celles des PBR sont des plantations provenant de la pépinière. Ainsi, la richesse en essence forestière est faible par rapport aux PBNR. Par contre, la densité des individus de régénérations est très faible relativement aux PI. Cependant, la richesse spécifique de la PBR tend à une richesse monospécifique vu que le *Calophyllum inophyllum* constitue la majorité des individus de régénération. Pour la PI, la richesse spécifique est plus ou moins similaire à celle des individus de plus de 1.3m de hauteur.

Tableau VII : Variations des paramètres de diversité et de structure des individus de régénération

Parcelles	Répétitions	S' (.25m ²)	D' (.25m ⁻²)
PI	4	4,66	54
PBR	3	1,33	6,33
PBNR	2	0	0

Source : Auteur

2.3 Réussite de la restauration écologique

La clé de tout système d'évaluation est un système de notation qui reflète de manière adéquate les résultats de l'unité de gestion forestier considérée (Mendoza, et al., 2000). Dans le cadre de son statut d'aire protégée, les principes de toute restauration écologique d'aire protégée sont : elle est efficace, elle est efficiente et elle engage (UICN, 2008). Les critères et indicateurs sont issues de ces trois principes. (Cf. annexe 7)

Tableau VIII: Evaluation des principes de la restauration écologique d'une aire protégée

	Principes	Notes
1	Une restauration écologique efficace est celle qui rétablit et préserve les valeurs d'une aire protégée	2.51
2	Une restauration écologique efficiente est celle qui maximise les résultats positifs tout en minimisant les coûts en temps, en ressources et en efforts	2.41
3	Une restauration écologique d'aires protégées qui engage est celle qui collabore avec des partenaires et des parties prenantes, favorise leur participation et améliore l'expérience vécue par les visiteurs	1.94
	Moyenne	2.28

Source : Auteur

L'efficacité de la restauration écologique sur la parcelle incendiée est plus ou moins acceptable. Le principe de la maximisation des résultats positifs en minimisant les coûts et l'engagement constituent les limites de l'efficacité à long terme du plan de restauration. La moyenne des notes pondérées indique alors que la réussite de la restauration écologique de la zone brûlée est encore assez faible.

3. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

3.1 Discussions

3.1.1 Sur l'approche méthodologique

La discussion sur l'approche méthodologique permet de peser les avantages et les limites de la méthodologie adoptée. L'investigation bibliographique a été rude notamment la bibliographie sur la restauration sur parcelle incendiée en forêt littorale ainsi que les données de suivi de la zone brûlée de Tampolo sont quasi-inexistante. L'entretien sur les activités sylvicoles dans la parcelle brûlée n'a été effectué qu'avec un nombre restreint des personnels du site.

La surface des placettes de relevé n'est que de 100m² par rapport à 400m² pour l'inventaire forestier effectuée à Tampolo par (Razakanirina, et al.). La restriction du temps de travail et l'inventaire menée à seul n'ont pas pu permettre de réaliser un échantillonnage plus représentatif. Comme la répétition des relevés a été faible (en moyenne 3 par classe) le traitement des données n'a pas suscité des tests statistiques.

La notation des critères et indicateurs par les observations donne un aperçu plus précis de la réussite de la restauration écologique en tant qu'aire protégée. Elle s'avère complexe et délicate. Certains critères sont facilement observables. Mais d'autres doivent être évalués indirectement, ce qui inclue les propriétés du sol et de l'eau ainsi la plupart des fonctions des écosystèmes qui ne peuvent être établies sans des efforts de recherche dépassant les capacités et les budgets de la plupart des projets de restauration.

L'appréciation de la réussite de la restauration écologique sur la zone brûlée peut se référer aussi par les neuf attributs listés qui fournissent une base pour déterminer si la restauration a été réalisée, selon (Society for Ecological Restoration International, 2004) (cf. annexe 6). Mais cette

méthode est moins précise et moins fiable. Cependant, l'écologie de la restauration est une science encore jeune. Bien que les exemples de restauration s'accumulent, ils sont encore bien souvent trop récents que pour bénéficier de suffisamment de recul et pouvoir évaluer leur efficacité de manière pertinente. (Cristofoli, et al.).

3.1.2 Sur les résultats

3.1.2.1 Effets de la restauration écologique

La composition floristique de la parcelle de restauration relativement à la zone non restaurée est moyennement élevée. La structure de la PBR est plus ou moins similaire de la PBNR. La biomasse végétale de la végétation est assez faible mais une bonne gestion de la zone peut aboutir au rétablissement et à la cicatrisation de la structure de la forêt temporairement inondée.

La compréhension scientifique des espèces indigènes est encore limitée vu le grand nombre de facteurs qui peuvent avoir un effet sur sa croissance et son potentiel de restauration. Dans la Réserve de Cockayne, en Nouvelle-Zélande, un Index de l'état des zones humides a permis de mesurer, de 1982 à 2000, les changements survenus après un projet de restauration. Le suivi a montré des améliorations générales dues au fait que l'on avait planté des espèces indigènes, mais aussi des problèmes persistants dus aux plantes indésirables et à la sédimentation. (UICN, 2008).

3.1.2.2 Réussite de la restauration écologique sur la zone brûlée

La réussite de la restauration écologique sur la zone brûlée est encore assez faible mais probable. En effet, ces activités de restauration sur la zone incendiée sont assez efficaces : la restauration ne nuit pas et commence à rétablir la structure initiale des peuplements. Elles présentent aussi des facteurs limitant l'efficacité de la restauration écologique. La restauration écologique sur les zones brûlées maximise faiblement les résultats positifs et engage peu les partenaires et les parties prenantes de ces activités. La méthode de restauration, son échelle de temps, ses coûts et ses chances de réussite dépendent de la menace à traiter, des conditions biologiques et sociales environnantes et de l'importance de la dégradation. (UICN, 2008).

Les opérations systématiques de reboisement artificiel dans les zones de degré d'incendie moyen reviennent excessivement chères pour des résultats souvent forts décevants. L'inventaire forestier national montre bien que malgré l'importance des incendies la surface forestière en région Provence-Alpes-Côte d'Azur continue d'augmenter et que l'avenir ne réside pas spécialement dans le reboisement des sites incendiés mais plutôt dans des actions de sylviculture et de valorisation de l'existant. (INRA, 1993). La pratique montre qu'après le passage du feu la réponse de la végétation est assez rapide et la régénération des peuplements se produit souvent de façon abondante.

Ainsi, la reconstitution artificielle des peuplements est intéressante seulement les zones où le peuplement est complètement détruit et pour des surfaces significatives. (Ministère de l'agriculture et de la Pêche, 2007). Selon (Rajoelison, 2005), correctement gérées, ces formations forestières

possèdent le potentiel d'engendrer d'importants bénéfices environnementaux et moyens de subsistance. Dans tous les cas, la participation de la population locale s'avère primordiale. Ainsi, la restauration de la partie incendiée peut inciter la population locale à s'investir dans des opérations de reboisement ou de restauration des zones dégradées, réduisant ainsi les impacts de l'exploitation sur les forêts naturelles.

Si la forêt se régénère généralement assez facilement après incendie, le passage d'incendies successifs peut néanmoins compromettre sa pérennité. (SGRS-PACA, 2001). Dans les sites fréquemment brûlés, l'érosion et le brûlage appauvrissent progressivement le sol en matière organique. Seule une végétation pyrophyte se développe apportant au sol une matière organique récalcitrante à la minéralisation. (SGRS-PACA, 2001).

3.2 Recommandations

La performance de cette restauration écologique peut être améliorée par des suivies des activités sylvicoles ainsi que la sensibilisation de la population riveraine sur l'importance de la restauration de la parcelle après passage des feux. En pratique, la réussite ou l'échec reposent sur l'engagement plus ou moins important des communautés et des parties prenantes. Il faut aussi rapporter les réussites comme les échecs pour favoriser l'apprentissage et l'affinement des techniques et des processus de restauration.

Cependant, il est plus raisonnable d'éviter les feux de forêts que de reconstituer la parcelle après passage du feu. Les étapes de la lutte contre les feux de forêts sont les suivantes :

- Prévenir les feux de forêts
- Equiper, aménager et entretenir l'espace rural dont l'espace forestier
- Informer la population riveraine des dangers des feux de forêts

Tableau IX : Cadre logique

Activités	Sous activités	Echéances	Responsables	IOV	Sources de vérifications
Axe d'orientation 1 : Améliorer la restauration écologique sur les parcelles brûlées					
Suivie des activités de restauration	Mise en application d'un soin sylvicole de nettoyage (ex. dégagement des arbres morts) et de recépage	CT	- Responsables et personnel du site - Population riveraine - Etudiants	- Superficie nettoyée - Nombre d'arbres dégagés ou recépés	- Rapport d'activité de nettoyage
	Inventaire de la régénération des essences de valeur et de la régénération	CT	- Responsables et personnel du site - Etudiants	- Nombre de tiges ou de placettes inventoriés	- Rapport d'inventaire
	Eradiquer les espèces envahissantes	CT	- Responsables et personnel du site - Population riveraine	-Nombre de tiges éradiquées	- Rapport d'activité de l'éradication
Restauration sur les PBNR	Choix des essences d'enrichissement et de recouvrement	CT	- Responsables et personnel du site	- Nombre d'essences choisies	- Rapport d'activité d'enrichissement
	Production de plants	MT	- Responsables et personnel du site - Population riveraine	- Nombre de plants produits	
	Enrichissement en essences de valeur et de recouvrement	MT	- Responsables et personnel du site - Population riveraine -Etudiants	- Nombre de plants d'essences de valeur et de recouvrement repiqués	

Sensibilisation de la population riveraine sur la restauration de la forêt littorale dégradée	Identification et résolution des problèmes socio-économiques liés à la restauration	MT	- Responsables et personnel du site - Population riveraine - Etudiants et chercheurs	- Nombre de problèmes et de solutions identifiés	- Rapport des études effectuées sur les relations forêt-population riveraine
	Formation des villageois en matière de production de plants et de plantation	CT	- Responsables et personnel du site	- Nombre de formations effectuées	- Rapport des activités de formation
	Intégration des villageois dans la planification, l'exécution et le suivi des activités de nettoyage, de reboisement et d'enrichissement	CT	- Responsables et personnel du site	- Nombre des villageois intégrés dans la planification, l'exécution et le suivi des activités	- Support de planification, de l'exécution et de suivi des activités
Axe d'orientation 2 : Lutter contre les feux de forêts					
Prévenir les feux de forêts	Recherche des causes des feux et les zones à haut risque	CT	- Responsables et personnel du site - Etudiants et chercheurs	- Fréquences des feux suivants les causes	Bilan des feux
	Surveillance les forêts pour détecter les départs de feux et intervenir rapidement	LT	- Responsables et personnel du site - Etudiants et chercheurs	- Fréquences des feux	Plan de surveillance
Equiper, aménager et entretenir l'espace rural dont l'espace forestier	Débroussaillage des zones à haut risque	CT	- Responsables et personnel du site - Population riveraine	- Superficie débroussaillée et nettoyée	Rapport d'activité d'aménagement
	Equipement de surveillance et d'intervention	CT	- Responsables et personnel du site - Partenariats	- Inventaire des équipements	Rapport d'inventaire des équipements
Informers la population riveraine	Education en milieu scolaire et sensibilisation de la population riveraine des dangers du feu	MT	- Responsables et personnel du site	Nombre des villageois intégrés dans la prévention des feux	Rapport de suivi des activités

Source : Auteur

CONCLUSION

Une partie de la forêt temporairement inondée de l'aire protégée de Tampolo a subi une forte dégradation après passage du feu en 1996. L'objectif de la présente étude est d'évaluer la performance et la réussite des activités de restauration sur cette partie de la forêt incendiée. La méthodologie adoptée est basée sur une étude comparative des caractéristiques sylvicoles des peuplements de la parcelle de restauration par rapport à la parcelle intacte et la parcelle brûlée non restaurée ainsi qu'une évaluation par un système notation multicritère de la zone restaurée.

Les principales espèces utilisées pour la restauration sont : *Hazoambomaitso* (*Ambavia gerrardii*), *Vintanina* (*Calophyllum inophyllum*) et *Hintsina* (*Intsia bijuga*). La composition floristique de la parcelle restaurée est affectée significativement par la restauration écologique. Par contre, la restauration écologique des parcelles incendiées influence faiblement la structure des peuplements : la hauteur et la surface terrière des peuplements de restauration sont plus ou moins similaires à celles de la parcelle brûlée non restaurée. Il en est aussi ressorti que la diversité de la parcelle restaurée relativement à la zone non restaurée est moyennement élevée. Ainsi, la première hypothèse selon laquelle : « La restauration écologique de la zone brûlée affecte la diversité et la structure des peuplements de la zone brûlée restaurée » est partiellement vérifiée.

L'évaluation de la réussite a montré que la restauration écologique de la zone brûlée est assez efficace. Néanmoins, ces activités ne garantissent pas la capacité à long terme de maximiser les résultats tout en minimisant les coûts et engagent faiblement les partenaires et les parties prenantes à la restauration écologique. Cette dernière tend alors à une réussite probable en bonne condition de gestion, de suivi et de collaboration. Ainsi, l'hypothèse 2 selon laquelle : « La restauration écologique de la partie de la forêt de Tampolo incendiée tend vers une réussite » est partiellement vérifiée. Pourtant, la meilleure alternative est d'éviter les feux de forêts par une prévention contre les feux et une sensibilisation de la population riveraine des dangers des feux de forêts.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Andriamihaja, Onintsoa Ravaka. 2013.** *Suivi écologique d'une forêt littorale cyclonnée à travers quelques essences de valeur en vue de l'élaboration d'un plan de restauration.* Antananarivo.
- Cristofoli, Sara et Mahy, Grégory. 2015.** *La restauration écologique.* Gembloux : Gembloux Agricultural University.
- DEF- ESSA. 2015.** *Plan d'aménagement, de gestion et de sauvegarde de la Réserve de Tampolo.* Antananarivo.
- INRA. 1993.** Les techniques de diagnostic: modèles prédictifs de la survie des arbres après passage du feu. *Informations*, 30.
- Mendoza, Guillermo et Macoun, Phil. 2000.** Application de l'analyse multicritère à l'évaluation des critères et indicateurs, 9, p. 79.
- Ministère de la Coopération. 1989.** *Mémento du forestier.* 3e. Paris : CTFT.
- Ministère de l'agriculture et de la Pêche. 2007.** *Prévention des Incendies de forêt.*
- Rajoelison, Lalalirina Gabrielle. 2005.** *Les forêts littorales de la région orientale de Madagascar.* Antananarivo.
- Ratsirarison, Joelisoa, et Goodman, Steven. 1998.** *Inventaire biologique de la forêt littorale de Tampolo.* Antananarivo : CIDST.
- Razakanirina et al., et. 2005.** *Inventaire forestier, atouts et limites pour une évaluation de la biodiversité végétale.*
- SGRS-PACA. 2001.** *Restauration des terrains incendiés.* s.l. : Centre Régional de la Propriété Forestière.
- Society for Ecological Restoration International. 2004.** *L'ABCdaire sur l'écologie de la restauration de la SER Internationale.* s.l. : SER
- UICN. 2008.** Restauration écologique pour les aires protégées. *Lignes directrices sur les meilleures pratiques pour les aires protégées*, 18.

ANNEXES

Annexe 1: Flore et végétation de Tampolo

La forêt littorale de Tampolo est subdivisée en 103 parcelles délimitées par des layons qui ont été aménagés à l'époque de son exploitation par la concession Charlemagne. Cette forêt est riche de 360 espèces ligneuses et 11 espèces de palmiers. Etant une forêt littorale, elle contient une frange externe, le long de la plage. Celle-ci est composée typiquement de *Pandanus dauphinensis*, *Cycas thouarsii*, *Calophyllum inophyllum*, etc. (Andriamihaja, 2013). Chaque sous-type de forêt littorale trouvé dans la réserve de Tampolo a ses végétations :

- forêt temporairement inondée : un peuplement serré et une pauvreté floristique. Les espèces recensées y sont de taille réduite à part les essences de grandes dimensions du genre *Eugenia*, *Intsia* et *Mimusops*. Cette frange constitue une barrière de protection pour la forêt littorale.
- forêt littorale : authentique forêt dense humide sempervirente.
- forêt enrichie (sur la limite Ouest et une partie de la forêt temporairement inondée): lieu d'enrichissement avec des essences exotiques et des essences autochtones dans les zones exploitées. Les espèces utilisées pour les enrichissements sont *Aucoumea klaineana* (Okoumé), *Tarretia utilis* (Niangon), *Canarium madagascariensis* (Ramy) et *Intsia bijuga* (Hintsina).
- forêt des marécages (près des bas-fonds inondés) : présence des espèces natives de grande dimension mais à dispersion aléatoire comme le *Dalbergia sp.* et *Diospyros sp.* et temporairement des peuplements de *Pandanus* et de *Typhonodorum lindleyanum*.

Annexe 2: Faune de Tampolo

La richesse faunistique de la forêt de Tampolo est assez importante vu que la Réserve est l'un des derniers fragments subsistant de la forêt littorale de l'Est de Madagascar et de plus, elle bénéficie de la meilleure protection parmi celles existantes dans la région d'Analanjirifo. RATSIRARSON et al en 1998 (in RABESON, 2001) et RATSIRARSON et GOODMAN en 2005 ont recensé :

- 07 espèces de lémurien (02 diurnes et 05 nocturnes) : *Microcebus rufus* (CHEIROGALEIDEAE) qui est abondant en nombre, *Cheirogaleus major* (CHEIROGALEIDEAE) en nombre relativement faible, *Haplemur griseus* (LEMURIDEAE), etc.,
- Petits mammifères (05 espèces de chiroptères, 03 espèces de micro-mammifères non volants, 03 espèces de carnivores observées),
- 64 espèces d'oiseaux (y compris les immigrants) dont *Coua cristata* (COUINEAE), *Lophotibis cristata* (THRESKIORNITHIDEAE), *Foudia madagascariensis* (PLOCEIDEAE),
- 56 espèces de Reptiles et d'Amphibiens, dont *Pseudoxyrhopus ambohitrensis* (COLUBRIDEAE) qui a une vie fouisseuse, *Mantidactylus spp* (RANIDEAE), *Boa manditra* (BOIDES), etc.,
- 90 espèces de fourmis (27 genres) : *Cerapachys spp* (CERAPACHYINEAE), *Technomyrmex albipes* (DOLOCHODERINEAE), etc.,
- 01 espèce de scorpion : *Grophurus hintus* qui possède un caractère polymorphique selon les régions.

Annexe 3: Type de sol de Tampolo

- Sols peu évolués d'apport (régosols sur sable), en position topographique élevée et à nappe phréatique profonde : horizon humifère en surface pénétrant quelques fois assez profondément dans l'horizon inférieur constitué uniquement de sable gris, brun ou jaunâtre. Souvent sur sable dunaire calcaire à l'origine, le sol est plus ou moins décalcifié.
- Sols podzoliques qui se situent en position topographique basse à nappe phréatique proche de la surface : horizon de matière organique et d'humus brut en surface mal décomposé reposant sur un horizon de sable presque pur, d'aspect plus ou moins cendreuse. En profondeur s'observe un horizon durci (alios) par l'accumulation de fer et de la matière organique lessivée. La roche mère est généralement du sable jaunâtre.
- Sols hydromorphes dans les bas-fonds humides, inondés en permanence : sols tourbeux, avec de la matière organique très peu décomposé. L'horizon superficiel est argileux, et de consistance spongieuse. En profondeur, la matière organique se présente sous forme de débris grossiers.

Annexe 4: Activités sylvicoles entreprises à Tampolo

La forêt est la principale source de revenu de la population riveraine. Après le classement de la forêt en zone de restauration en 1956 (par l'arrêté provincial n°281-DSP/FOR du 22 septembre 1959), les coupes illicites se sont accentuées laissant des traces. Des programmes sont entrepris par l'ESSA-Forêt dans le cadre de la préservation des ressources naturelles, citons entre autres:

- des enrichissements en essences autochtones, le Hazondronono (*Stephanostegia capuronii*), le Ramy (*Canarium madagascariensis*), le Vintanina (*Calophyllum inophyllum*) et le Hintsina (*Intsia bijuga*) et exotiques, l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*), le Limba (*Terminalia superba*), le Niangon (*Heritiera utilis*) pour compenser les pertes durant les 24 années d'exploitation de l'entreprise Charlemagne,
- des reboisements avec les communautés locales sont effectués en période humide dans les zones dégradées pour reconstituer les couvertures végétales.

Annexe 5: Essences de valeurs

Les essences de valeur sont définies comme étant le groupe d'essences appartenant aux catégories supérieures dans la classification forestière malgache et les essences les plus commercialisées et utilisées par la population locale. Les essences de valeurs étudiées sont les suivants :

Tableau X : Essences de valeurs étudiées

Noms scientifiques	Noms vernaculaires	Familles	Utilisations
<i>Ambavia gerrardii</i>	Hazoambomaitso	ANNONACEAE	-Bois de menuiserie et de construction -Fruits galactogogues
<i>Calophyllum inophyllum</i>	Vintanina	CLUSIACEAE	-Charpenterie lourde, construction navale -Charronnage, manches d'outils, pièces cintrées, confection des pirogues, parquets traditionnels -Huile pour automobiles, avions et pour la fabrication du savon - Calfatage des embarcations, teinte des filets de pêche - Vertus pharmaceutiques
<i>Intsia bijuga</i>	Hintsina	FABACEAE	-Haies vives, enrichissement -Ebénisterie, parquets de luxe, menuiserie lourde, construction navales, cuves industrielles, charpente lourde, traverse de chemin de fer, bardeaux -Tannin, fruits acides laxatifs
<i>Draceana reflexa</i>	Hasina	CONVALLARIACEAE	-Plante à propriété fébrifuge -Fleurs employées contre la fièvre et la dysenterie -Plante sacrée et ornementale
<i>Noronhia sp.</i>	Tsilaitra	OLEACEAE	-Bois de construction
<i>Uapaca densifolia</i>	Voapaka	EUPHORBIACEAE	-Bois de menuiserie, ouvrages de génie civil, fabrications de piliers et les traverses de chemin de fer.
<i>Stephanostegia capuronii</i>	Hazondronono	APOCYNACEAE	-Charpente lourde, menuiserie ordinaire, parqueterie, traverses de chemin de fer

Annexe 6: 9 attributs de la SER

1. L'écosystème restauré contient un ensemble caractéristique d'espèces de l'écosystème de référence qui procure une structure communautaire appropriée.
2. L'écosystème restauré est constitué pour la plupart d'espèces indigènes. Dans les écosystèmes culturels restaurés, des concessions peuvent être faites pour des espèces exotiques domestiquées et pour des espèces rudérales et ségétales non invasives ayant vraisemblablement coévolué avec elles. Les rudérales sont des plantes qui colonisent les sites perturbés tandis que les ségétales poussent typiquement en association avec des cultures.
3. Tous les groupes fonctionnels nécessaires à l'évolution continue et/ou à la stabilité de l'écosystème restauré sont représentés ou, s'ils ne le sont pas, les groupes manquant ont la capacité à le coloniser naturellement.
4. L'environnement physique de l'écosystème restauré est capable de maintenir des populations reproductrices d'espèces nécessaires à sa stabilité ou à son évolution continue le long de la trajectoire désirée.
5. L'écosystème restauré fonctionne en apparence normalement lors de sa phase écologique de développement et les signes de dysfonctionnement sont absents.
6. L'écosystème restauré est intégré comme il convient dans une matrice écologique plus large ou un paysage, avec qui il interagit par des flux et des échanges biotiques et abiotiques.
7. Les menaces potentielles du paysage alentour sur la santé et l'intégrité de l'écosystème restauré ont été éliminées ou réduites autant que possible.
8. L'écosystème restauré est suffisamment résilient pour faire face à des événements normaux de stress périodiques de l'environnement local, ce qui sert à maintenir l'intégrité de l'écosystème.
9. L'écosystème restauré se maintient lui-même au même degré que son écosystème de référence et a la capacité à persister indéfiniment sous les conditions environnementales existantes. Cependant, les aspects de sa biodiversité, de sa structure et de son fonctionnement peuvent changer au cours de l'évolution normale d'un écosystème et peuvent fluctuer en réponse à des événements normaux de stress périodiques et à des perturbations occasionnelles de plus grande importance. Comme dans n'importe quel écosystème intact, la composition spécifique ainsi que les autres attributs d'un écosystème restauré peuvent évoluer si les conditions environnementales changent.

Annexe 7: Critères et indicateurs de restauration écologique en aire protégée

Principes	Critères	Indicateurs	Poids	Notes	Notes définitives
PRINCIPE 1 : Efficace en rétablissant et en préservant les valeurs d'une aire protégée	« Ne pas nuire » en identifiant d'abord quand une restauration est la meilleure option	Une restauration qui « ne nuit pas »	9	3	27
	Rétablir la structure, la fonction et la composition d'un écosystème	Restauration par une meilleure gestion de l'écosystème	14	2	28
		Restauration par de meilleures interactions entre espèces	14	3	42
		Rétablissement de conditions physico-chimiques adéquates, propices à une restauration écologique	13	*	*
	Maximiser la contribution des mesures de restauration qui augmentent la résilience	Restaurer les pratiques qui contribuent au maintien ou à l'accroissement de la résilience dans des conditions de changements climatiques rapides	12	2	24
	Restaurer la connectivité à l'intérieur et en dehors des limites des aires protégées	Une restauration qui facilite la préservation de la connectivité à l'intérieur et entre des aires protégées	9	2	18
	Encourager et rétablir les valeurs et les pratiques culturelles traditionnelles qui contribuent à la durabilité écologique, sociale et culturelle de l'aire protégée et de ses environs	Une restauration qui intègre une gestion culturelle	11	4	44
	Avoir recours à la recherche et au suivi continu, y compris des savoirs écologiques traditionnels, pour optimiser la réussite d'une restauration	Gestion adaptative, suivi et évaluation des aspects écologiques, sociaux et économiques d'une restauration	9	3	27
		S'assurer que les processus de suivi sont participatifs et que leurs résultats sont transparents	9	1	9
TOTAL			100		219

PRINCIPE 2 : La restauration écologique efficiente est celle qui maximise les résultats positifs tout en minimisant les coûts en temps, en ressources et en efforts	Envisager les buts et objectifs d'une restauration de l'échelle du système vers l'échelle locale en classant les activités de restauration par ordre de priorité	Une restauration qui se focalise sur les interventions les plus urgentes et les plus importantes pour atteindre des buts à l'échelle du système, du paysage terrestre ou marin, ou de l'aire protégée	11	4	44
		Développement d'un plan d'exécution	10	1	10
	Garantir les capacités et le soutien à long terme pour l'entretien et le suivi de la restauration	Une restauration qui soutient l'établissement de capacités à long terme, l'engagement et une vision	11	3	33
	Maximiser la contribution des actions de restauration à l'augmentation du capital naturel et des services écosystémiques des aires protégées	Une restauration qui contribue à l'atténuation des changements climatiques	9	*	*
		Une restauration qui contribue à atténuer les effets des catastrophes naturelles	12	2	24
		Une restauration la fourniture de services écosystémiques	9	*	*
	Contribuer à des moyens de subsistance durables pour les populations autochtones et les communautés locales qui dépendent des aires protégées	Une restauration qui respecte les valeurs traditionnelles, culturelles et spirituelles	10	3	30
		Des activités de restauration qui tiennent compte d'impact social et d'équité	9	1	9
		Une restauration qui procure des avantages sociaux, des opportunités économiques et de l'équité	9	2	18
	Intégrer les politiques et programmes de développement internationaux et s'y accorder	Une restauration qui est coordonnée avec les politiques et les programmes de développement nationaux et internationaux	10	3	30
TOTAL			100		198

PRINCIPE 3 : Fédératrice en collaborant avec des partenaires et des parties prenantes, en favorisant la participation et en améliorant l'expérience vécue par les visiteurs	Collaborer avec des populations autochtones et des communautés locales, des propriétaires terriens du voisinage, des sociétés, des scientifiques et d'autres partenaires et parties prenantes pour la planification, la mise en œuvre et l'évaluation	Des processus de restauration qui encouragent le consentement, la participation, l'intégration et la collaboration des parties prenantes	12	4	48
		Une restauration qui est collaborative dans des aires protégées existantes	8	0	0
		Une restauration qui implique une collaboration dans des aires protégées communautaires	8	0	0
	Apprendre collectivement et renforcer les capacités pour soutenir l'engagement continu dans des initiatives de restauration écologique	Une restauration qui fait naître l'engagement envers un apprentissage continu et réciproque	11	3	33
		Une restauration qui renforce grâce à l'acquisition de savoirs et de compétences transmissibles	10	2	20
	Communiquer de façon efficace pour soutenir l'ensemble du processus de restauration écologique	Une restauration qui inclut la communication à tous les stades du projet	10	1	10
		Une restauration qui adopte de multiples approches de communication pour garantir sa globalité	10	1	10
	Fournir des possibilités d'expériences intéressantes, qui favorisent un sentiment de connexion et de responsabilité vis-à-vis des aires protégées	Une restauration qui facilite l'apprentissage local et empirique des visiteurs de l'aire protégée	12	3	36
		Une restauration qui favorise une expérience mémorable pour les visiteurs	9	3	27
		Une restauration qui suscite l'action dans et au dehors de l'aire protégée	10	1	10
TOTAL			100		194

Annexe 8: Figures des parcelles brûlées restaurées

