

Enquêtes ethnoécologiques

Les différents groupements végétaux de la partie littorale représente les 10% de la végétation pâturée du plateau Mahafaly. Ils sont caractérisés par de faible production fourragère herbacée notamment pendant la saison sèche. La prairie à *Paspalum vaginatum* et à *Sporobolus virginicus* est la plus productive parmi les trois groupements végétaux de la plaine littorale, avec une production de biomasse fourragère de 0, 77t/ha pendant la saison sèche. Cependant, une grande partie de cette formation végétale est incluse dans le Parc National Tsimanampesotse où l'activité de pâturage est strictement interdite. La forêt sèche dégradée à *Acacia bellula* et à *Solanum hippophaeoides* ne supporte que 0, 1 UBT/ha pendant cette saison. En effet, un des problèmes majeurs des éleveurs au littoral est l'insuffisance de fourrage et de la zone de pâturage. Pourtant, suite à l'intensification du vol de bœufs et du manque d'eau, presque tout le bétail du Plateau font la transhumance et restent environ six mois (du Juin à Décembre) sur la partie littorale.

Face à ces différents problèmes, les éleveurs utilisent et coupent intensivement les branches de l'arbuste *Euphorbia stenoclada* dans son milieu naturel pour nourrir le bétail. Cependant, la récolte intensive des branches pourrait affecter l'écologie, la reproduction ainsi que la pérennité de l'espèce. Cette plante sauvage est surexploitée pour la raison que ce système est déjà pratiqué depuis longtemps, et que les modalités de coupe pourraient favoriser la mortalité de l'espèce. De plus, les éleveurs n'ont jamais cultivé cette espèce et les plantules issues de la reproduction sexuée assurant le renouvellement de la population et de la production de biomasse sont très rares, malgré l'abondance de fleurs et de fruits pendant les périodes de fructification et de floraison.

Ainsi, cette partie d'étude a pour objectif général d'améliorer la production de cette espèce en essayant de trouver un mode de multiplication rapide et efficace. Pour cela, les objectifs spécifiques sont de :

- ✓ Quantifier le stock de la biomasse fourragère d'*Euphorbia stenoclada* dans la nature ;
- ✓ Evaluer les différentes menaces qui pèsent sur *Euphorbia stenoclada* ;
- ✓ Evaluer sa capacité de régénération naturelle ;
- ✓ Tester différentes méthodes de propagation ex situ.

Dans cette étude, l'hypothèse émise est la suivante, *Euphorbia stenoclada*, espèce fourragère arbustive importante du plateau Mahafaly peut se multiplier par voie sexuée ou par voie végétative, quel que soit le type de substrat dans son milieu naturel. La réussite de la multiplication végétative ou sexuée de cette espèce contribue au développement des plantations dans la zone d'étude.

I. MATERIELS ET METHODES

Cette méthode comporte deux phases complémentaires, une étude *in situ* pour comprendre la résilience de l'espèce face à la récolte et des expérimentations *ex situ* en vue d'un repeuplement ultérieur.

Description du matériel végétal

Euphorbia stenoclada Baill., espèce ligneuse arbustive et fourragère connue sous son nom local de « Samata » a été choisie en raison de son importance fourragère surtout en saison sèche, sa résistance aux conditions climatiques les plus défavorables et de sa disponibilité annuelle. La position systématique (Tableau 20) et la morphologie de l'espèce sont présentées ci-après. La description morphologique d'*Euphorbia stenoclada* a été décrite par plusieurs auteurs (Baillon, 1887 ; Coastantin et Gallaud, 1905 ; Poisson, 1912 ; Denis, 1921 ; Leandri, 1952 ; Thomasson, 1972)

Tableau 20: Taxonomie d'*Euphorbia stenoclada* Baill.

Plantae, Tracheobionta	
Embranchement	SPERMAPHYTA
Sous-embranchement	ANGIOSPERMES
Classe	DICOTYLEDONES
Sous-classe	ROSIDAE
Ordre	MALPIGHIALES
Famille	EUPHORBIACEAE
Genre	<i>Euphorbia</i>
espèce	<i>stenoclada</i> Baill.
Noms vernaculaires	Samata, Famata

I.1.1. Appareil végétatif

I.1.1.1. Port

Euphorbia stenoclada est une espèce xérophyte arbustive pouvant atteindre 5 m de hauteur suivant le milieu où elle pousse. Sa forme générale est «coralliforme» (Leandri, 1952). Elle a un port du type «parasol» variant suivant son stade de développement (Planche photographique 2 : photo 9). Au stade de germination entre 8-10 cm, la forme de la plantule est typique des dicotylédons avec des cotylédons arrondis foliacés (6-7 mm) ; entre 10 à 20 cm (tige 5 cm et racine

20 cm) ; premières ramifications, axes secondaires épineux, plagiotropes apparaissent régulièrement selon 3 hélices, suivant la phyllotaxie de la feuille axillante, elle-même réduite à un petit bourrelet ; « le tronc » est différencié, charnu, lignifié. Entre 30 à 40 cm de hauteur, les branches sont ramifiées et la partie aérienne s'organise pour donner un port en boule. Puis à 2 m de hauteur, les axes secondaires les plus anciens deviennent encombrants, vraisemblablement sous l'effet de la pesanteur, ils se dessèchent et tombent. Enfin, l'architecture du type parasol est atteinte. Seules persistent les ramifications latérales du tiers supérieur du tronc, leur partie proximale, plagiotrope, est d'autant plus développée qu'elles sont anciennes, leur partie distale étant orthotrope. Chaque branche se comporte comme la plante entière au stade 3 (30 à 40 cm), orthotrope différenciant des ramifications latérales lui conférant une extrémité en boule, sa base se dénudant par élagage naturel (Thomasson, 1972).

I.1.1.2. Les feuilles

Euphorbia stenoclada ne possède pas de feuilles, espèce aphyllé selon plusieurs auteurs (Baillon, 1887 ; Coastantin et Gallaud, 1905 ; Poisson 1912 ; Dennis, 1921 et Leandri, 1935) mais Thomasson (1972), a identifié des feuilles de taille très réduite (1 mm), très fugaces, qui persistent toujours au niveau inflorescentiel juste avant les premières pluies. Dans certaines conditions exceptionnelles d'humidité, des feuilles d'aspect identique peuvent se former à certains niveaux de l'appareil végétatif.

Le limbe se présente sous forme d'écaille charnue sans nervure visible et portant de part et d'autre de sa base un petit bourrelet correspondant aux stipules.

Les épines

L'étude morphologique et anatomique de cette espèce a permis de préciser la nature exacte des épines chez *Euphorbia stenoclada*. Elles suivent un ordre précis déterminé par la phyllotaxie de la plante ; leur disposition double celle des feuilles. D'autre part, à la base des épines de première importance existent, non seulement une feuille axillante, mais aussi deux préfeuilles β et α (Thomasson, 1972).

I.1.1.4. Appareil reproducteur

Les cyathes sont regroupés en incyathescences, portées latéralement près de l'apex des rameaux terminaux (Planche photographique 2 : photo 10). L'incyathescence, construite sur le type cyme bipare, comporte 4 degrés de ramification dont le dernier, représenté par les axes $n+3$, reste à l'état de rudiments stériles. Par ailleurs, le cyathe central, correspondant au premier axe n , ne se développe jamais complètement, n'étant représenté que par une petite languette vestigiale. L'incyathescence, très condensée du fait de l'élongation très faible de ses axes constitutifs, ne comporte donc que 6 cyathes fonctionnels (Thomasson, 1972). Chez *Euphorbia stenoclada*, comme chez toutes les Euphorbes coralliformes, les cyathes sont unisexués. La pollinisation croisée est de règle, l'espèce étant dioïque.

Le cyathe mâle est constituée par un axe central stérile représentant une fleur femelle avortée, entourée de 5 cymes de fleurs mâles, ces dernières sont munies de leurs bractées. Des 4 glandes de l'involucre sont issues 5 paires d'appendices membraneux enveloppant les cymes mâles.

Le cyathe femelle comporte une fleur centrale possédant une petite collerette. Les appendices membraneux issus des glandes de l'involucre existent toujours, enveloppant un très grand nombre de pièces laciniées interprétées comme étant des fleurs mâles avortées et leurs bractées.

Le fruit est de couleur vert rougissant au soleil, dressé et de formes rondes. Il est porté par un pédoncule de 7 mm de couleur vert, glabre. Les graines ont une forme oblongue de 5 x 3 mm, de couleur blanchâtre à brunâtre et à caroncule brun foncé (Cremers, 1978).



Photo 11: Individu d'*Euphorbia stenoclada*



Photo 12 : Branche portant de fleurs



Photo 10 : Branche portant de fruits



Photo 9 : Graines sèches

Planche photographique 2: Appareils végétatifs et reproducteurs d'*Euphorbia stenoclada*

I.2. Méthodes d'étude

I.2.1. Enquêtes ethnoécologiques

L'objectif de cette enquête a été d'évaluer les connaissances ethnoécologiques des paysans sur l'espèce *Euphorbia stenoclada* connue sous le nom locale « Samata ». Des enquêtes ouvertes et libres ont été menées auprès des membres de la communauté locale constituée d'hommes, de femmes et de gardiens de bétail (zébus, chèvres ou moutons).

Les interviews ont été focalisées sur les vertus médicinales de l'espèce, sur la confection de pirogue. Les questions sur l'utilisation fourragère de l'espèce ont été basées sur la fréquence, les lieux, la période de récolte et la préparation avant la consommation par les animaux. La constatation des paysans sur les menaces de la population d'*Euphorbia stenoclada* après la récolte et leur conception sur la conservation ont été examinées.

I.2.2. Etude de la multiplication d'*Euphorbia stenoclada* dans le milieu naturel

Elle consiste à faire des comptages des individus d'*Euphorbia stenoclada*, des mesures morphométriques et des observations dans le milieu naturel.

I.2.2.1. Choix des villages

Le choix des villages au niveau desquels l'étude a été effectuée repose sur trois critères.

(i) la présence de fourrés à *Euphorbia stenoclada* le long du parcours naturel de bétail lors de la transhumance et suffisamment éloignés de la mer à environ 2 km ;

(ii) la population, représentée à plus de 80% par des éleveurs pratiquant la transhumance vers le plateau durant la saison des pluies et utilisant des branches de *E. stenoclada* comme aliment du bétail durant la saison sèche ;

(iii) les villages accueillant des troupeaux venant du plateau en saison sèche.

Quatre Fokontany remplissant les critères mentionnés ci-dessus ont été retenus dans la Commune de Beheloka du Nord au Sud le long du littoral, Montelime, Marofijery, Efoetse et Maromitilike (Carte 6).

I.2.2.2. Mise en place des parcelles d'études

Un total de sept transects de 1km chacun a été monté dans la direction Est-Ouest dans chacun des quatre villages et entre deux villages successifs dont l'équidistance est d'environ 4km. Cinq plots distants de 200 m ont été placés de part et d'autre du transect. Au total, 70 plots ont été installés (Carte 6).

La surface de relevés délimitée doit être égale à l'aire minimale (Gounot, 1969) pour contenir le maximum d'informations sur *Euphorbia stenoclada*. La surface d'échantillonnage est un carré de 30 x 30 m soit 900m², subdivisée en 10 carrés ou subplots de 90m² chacun (Figure 9).

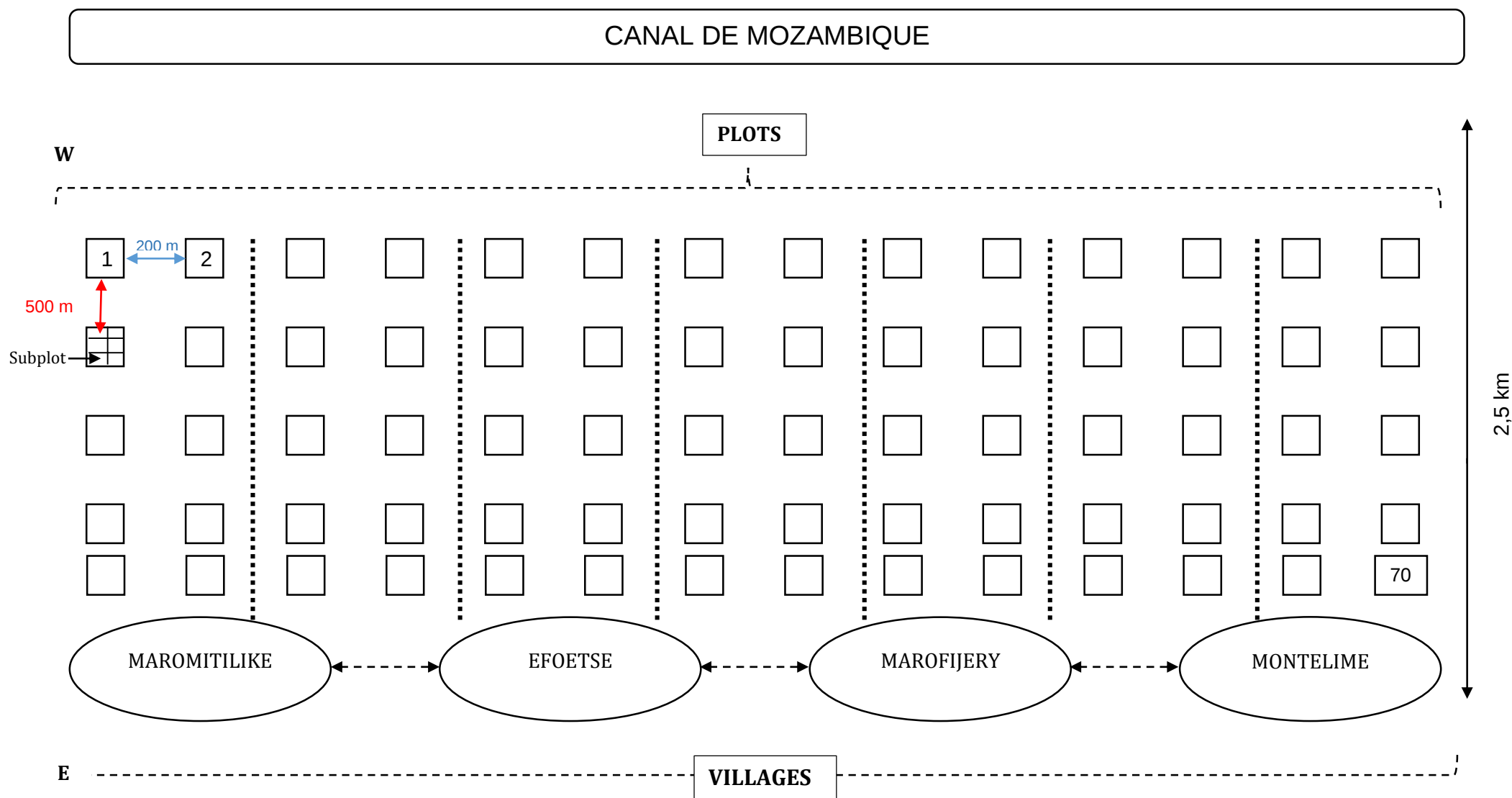


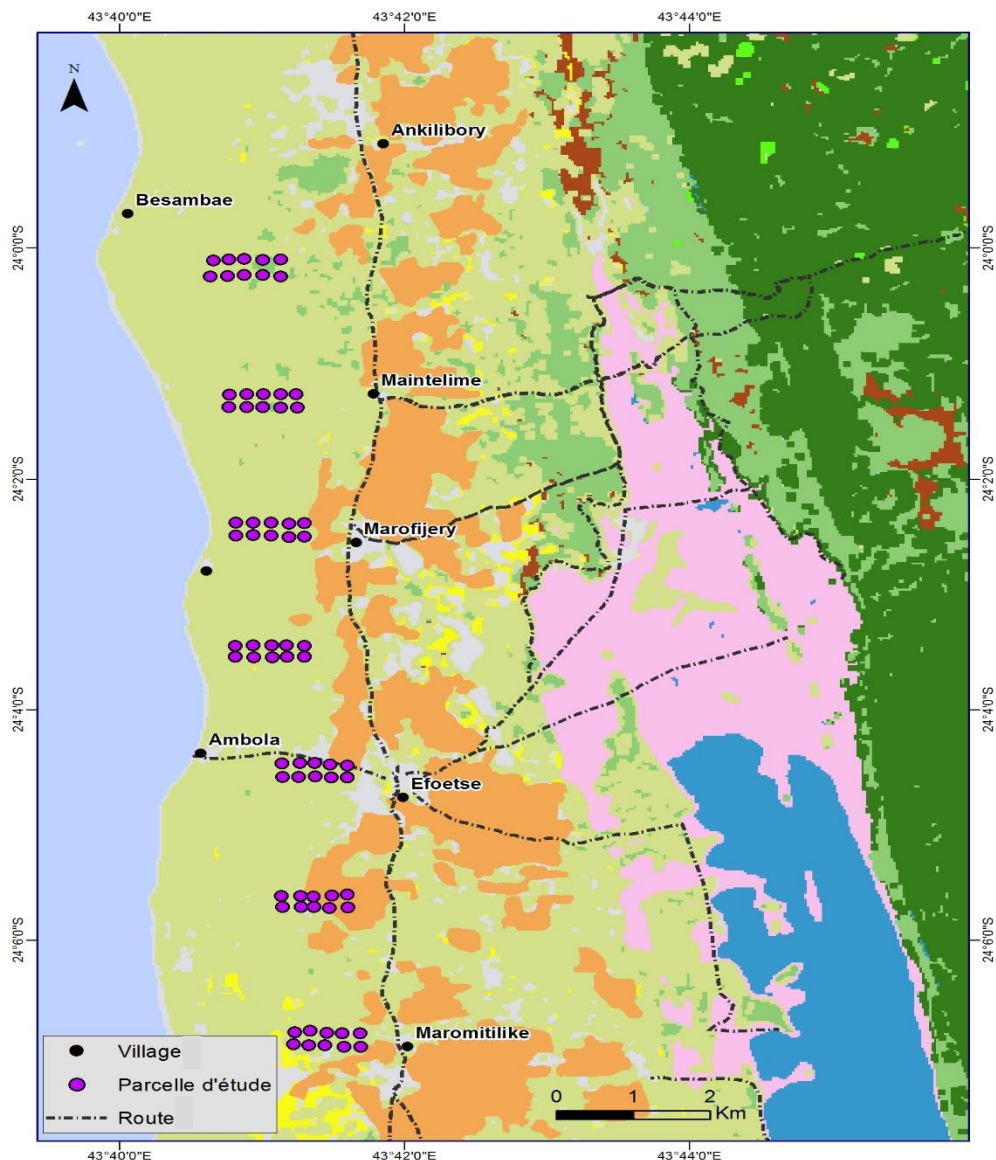
Figure 9: Schématisation du dispositif expérimental pour la caractérisation d'*Euphorbia stenoclada* dans la partie littorale du Plateau Mahafaly

1.2.2.3. Paramètres considérés

Les variations des différents paramètres étudiés lors des travaux d'inventaire sur terrain ont été prises sur des fiches de relevés.

Les paramètres stationnels recensés sont la position topographique, l'altitude et les coordonnées géographiques.

Les paramètres physionomiques, qui prennent compte de la production de biomasse et de l'aspect du groupement végétal, la hauteur maximale, la hauteur du fût, le diamètre à hauteur de poitrine et la taille du houppier ont été considérés.



Carte 6: Localisation des sites d'étude : Maromitilike, Efoetse, Marofijery et Montelime, le long du littoral Sud-Ouest de Madagascar. Source (Kew-Map in Rabemirindra, 2015)

I.2.2.4. Etude de la régénération naturelle d'*Euphorbia stenoclada*

Euphorbia stenoclada se reproduit naturellement par deux voies, la reproduction sexuée et la multiplication végétative par l'émission de rejets de souches.

➤ **Etude de la régénération par voie sexuée**

Le taux de régénération est obtenu entre les rapports des individus régénérés (semis) et semenciers. Le diamètre du tronc est un critère pour déterminer les individus régénérés ($D_{hp} < 10\text{cm}$) et les individus semenciers ($D_{hp} > 10\text{cm}$) (Rothe, 1964). Dans cette étude, les individus à D_{hp} inférieurs à 5 cm sont considérés comme jeunes, et ceux qui ont un D_{hp} supérieur ou égal à 5 cm sont matures car quelques individus portent déjà des appareils reproducteurs (fleur, fruit).

➤ **Etude de régénération par voie végétative**

Pour calculer le taux de régénération végétative, le nombre de pieds qui portent de rejets par rapport au nombre total de pieds a été estimé. Ce calcul permet de dégager la taille d'un individu capable de se régénérer par voie végétative.

I.2.2.5. Identification des menaces et pressions sur l'habitat d'*Euphorbia stenoclada*

Elle consiste à rassembler les données et les informations qui rendent compte de la dégradation de l'habitat et de la raréfaction de l'espèce. L'évaluation de l'état de l'habitat est faite par des observations directes. Pour chaque parcelle, tous les individus qui portent des traces de coupe (ancienne ou récente) ont été caractérisés pour évaluer la fréquence des coupes. L'état (mort ou vivant) de chaque individu sur pied a été aussi noté pour déterminer le taux de mortalité d'*Euphorbia stenoclada* consécutif à la coupe.

I.2.3. Techniques de multiplication *ex situ*

L'étude *ex situ* permet de réaliser des expérimentations en dehors du milieu naturel. Dans le cadre de la présente étude, l'expérimentation consiste à multiplier de façon végétative ou par graines *Euphorbia stenoclada*.

L'objectif de l'expérience est de trouver les conditions optimales pour la reproduction de l'espèce afin de produire des explants. Deux méthodes de multiplication ont été retenues, la germination par graines et le bouturage de branches.

Toutes les expérimentations ont été effectuées aux alentours du campement de recherche d'Andranovao dans le Parc National Tsimanampesotse.

I.2.3.1. Techniques de germination

La germination, un mode de reproduction sexuée est la fécondation du gamète femelle par le gamète mâle. La nouvelle plante se développe à partir d'un œuf ou zygote qui donnera la graine.

Des prétraitements ont été effectués pour estimer la capacité germinative des graines en déterminant le pourcentage des semences viables dans des conditions bien définies (Come, 1970). Les expériences sur la germination de graines d'*Euphorbia stenoclada* ont été effectuées en suivant les étapes suivantes :

➤ **Récolte et préparation des graines**

Les graines d'*Euphorbia stenoclada* ont été prélevées sur des arbres sains en octobre 2013 dans le fourré à *Euphorbia stenoclada* près du village Marofijery. Après avoir été séchées à l'air libre, les graines ont été placées dans des bouteilles plastiques hermétiques pendant quatre mois, à température ambiante.

Après 4 mois (février 2014), les graines ont été libérées de leurs coques et triées suivant leur taille et leur poids, puis trempées dans de l'eau distillée pour éliminer les graines avortées, cassées ou parasitées. Les graines saines ont été de nouveau placées dans une bouteille plastique en atmosphère close avant les prétraitements.

➤ **Prétraitements des graines**

Ils ont pour objectif de ramollir les téguments pour faciliter l'entrée d'eau vers l'intérieur. La levée de l'inhibition tégumentaire peut accélérer la germination et augmenter la capacité germinative de graines. Cinq prétraitements ont été appliqués pour déterminer les conditions optimales de la germination des graines d'*Euphorbia stenoclada* :

- scarification manuelle (SM), grattage loin du hille du tégument de la graine à l'aide d'un papier abrasif ;
- immersion dans l'eau bouillante (EB) pendant 2 secondes, suivie de refroidissement. ;
- immersion dans l'eau distillée (ED) pendant 3 heures ;
- immersion dans l'acide sulfurique (AS) à 96% pendant 1 minute, suivie de plusieurs rinçages à l'eau distillée.
- graines sans prétraitement (Témoin, TM)

➤ **Test de tolérance au sel**

Comme *E. stenoclada* pousse près de la mer, sur un sol à forte salinité, le test de germination sous stress salin a été effectué pour déterminer la tolérance des graines au sel. Pour ce faire, les graines ont été germées dans une solution de chlorure de sodium (NaCl) de concentrations différentes à 2, 4, 6, 8 et 10 g/l.

➤ **Mise en culture et suivi de la germination**

Les essais de germination ont été effectués sous abri-tente au campement. Vingt graines par prétraitement ont été placées dans des tubes à essai contenant du coton imbibé avec 5 ml d'eau distillée. Les expériences s'effectuent à une température de 25°C à la lumière. Trois répétitions par prétraitement sont effectuées pour apprécier l'homogénéité de l'essai.

Une graine est supposée en germination à la sortie de la radicule. Le suivi s'effectue quotidiennement et l'arrosage tous les 2 jours.

Les paramètres à mesurer sont :

- temps initial de germination, c'est le temps nécessaire à la manifestation de la germination ;
- taux de la germination (TG), c'est le pourcentage de plantules germées par rapport au nombre de graines semencées : $TG = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre total des graines}) \times 100$;
- temps moyen de la germination (TMG), il s'agit d'une durée moyenne entre le début et la fin de germination avec la formule suivante :

$$TMG = \sum J \times n / N$$

Avec **J** : nombre de jours, compté à partir du début de la germination ;

n : nombre de graines germées par jour ;

N : nombre total de graines germées.

I.2.3.2. Multiplication végétative

La multiplication végétative ou reproduction asexuée est la formation d'une nouvelle plante à partir de tiges ou d'explants issus de la plante mère. L'ensemble des descendants de la plante mère possède le même génotype appelé « clones ».

La technique de multiplication végétative par bouturage consiste à enraciner un fragment de tige contenant un ou plusieurs bourgeons pour obtenir une plante entière. La réussite du bouturage dépend de la capacité d'enracinement des explants et permet aussi d'éviter les problèmes posés par la germination des graines.

➤ **Préparation des matériels végétaux**

- *Choix de l'individu mère*

La sélection du matériel végétal est basée sur des critères phénotypiques et sur l'état physiologique de l'individu mère (Rambeloarisoa, 2004). Les boutures collectées ont été prélevées dans un fourré à *Euphorbia stenoclada* subissant peu de pression.

Les critères pour le choix de l'individu mère reposent sur les caractères suivants :

- ✓ individus âgés entre 7 et 10 ans ;
- ✓ individus sans trace de récolte ;
- ✓ Individus indemnes de problèmes phytosanitaires ;
- ✓ Individus en bonne croissance ;
- ✓ absence de formes défectueuses ;
- ✓ bon élagage naturel ;
- ✓ vigueur des individus ;
- ✓ arbres non isolés.

- *Collecte des boutures*

Les échantillons de boutures ou explants ont été prélevés aux environs de Marofijery et toutes les préparations ont été faites un jour avant la mise en culture. Les boutures ont été prélevées sur 10 individus au niveau de la troisième ramification. Les branches ont été coupées à l'aide de cutter de bouturage avec 20 cm de longueur et 1,5 cm de diamètre.

- **Techniques expérimentales**

- *Choix des techniques de bouturage*

Deux facteurs ont été choisis pendant l'expérimentation :

- ✓ le facteur ombrage, avec et sans ombrage ;
- ✓ le facteur hormone, l'hormone de bouturage Acide indole-butyrique (AIB) sous forme de poudre, a été utilisée. Une dilution a été faite pour avoir les concentrations respectives de 100, 200 et 500 mg/l.

L'AIB est un acide aminé synthétique proche de l'Alanine qui, à de faibles concentrations, agit de la même manière que les acides aminés. A de fortes concentrations, l'AIB inhibe le transport membranaire et le métabolisme des acides aminés. (Tlalka, 2008). En 2007, Echiagbonare a montré que l'AIB favorise le taux de survie et l'enracinement des boutures.

- *Préparation des substrats*

Selon les observations sur terrain, *Euphorbia stenoclada* pousse sur trois types de sol :

- ✓ sable blanc du littoral ;
- ✓ sable roux du Parc National Tsimanampesotse ;
- ✓ sol calcaire du plateau.

Ces trois types du substrat ont été utilisés pour tester leur efficacité sur le bouturage d'*Euphorbia stenoclada*. Les substrats sont mis dans des sachets en polyéthylène noirs, arrosés avant la plantation.

- *Mise en place des plates-bandes avec ou sans ombrage*

Les expérimentations ont été réalisées à Andranovao. Chacun des deux systèmes avec ou sans ombrage est formé par une plate-bande de 2,5 × 1,5m.

Pour le dispositif avec ombrage, la toiture de 1,5m de hauteur a été installée de façon inclinée vers l'orientation du soleil en utilisant le « vondro » (*Typha angustifolia*).

Pour le système sans ombrage, la plate-bande a été installée dans un milieu dégagé bien ensoleillé.

- *Traitements des boutures à l'AIB*

Les boutures ont été trempées dans la solution d'AIB de concentrations 100, 200 et 500 mg/l pendant 15 minutes chacune avant d'être repiquées dans le substrat. Les boutures d'environ 5 cm coupées en biseau comportant un à deux nœuds, ont été repiquées dans le substrat bien

humidifié. Dix (10) boutures par facteur (sol et hormone) ont été cultivées, soit au total 120 boutures par système.

- *Entretien des boutures*

L'arrosage a été fait tous les trois jours, et le suivi tous les 15 jours. Les paramètres à mesurer sont, le taux de viabilité des plantules, la hauteur et le nombre de bourgeons apparus.

I.3. Traitements des données

Les données obtenues ont été transcrites sur une feuille Excel®. Les paramètres utilisés pour l'analyse des résultats sont, la densité, la biomasse, Régénération naturelle *in situ*, multiplication végétative et le taux de mortalité.

I.3.1. Densité

La densité est le nombre total d'individus rapporté à une unité de surface (Dajoz, 1975). Pour l'étude d'une espèce, elle correspond au nombre d'individus d'une espèce sur une surface donnée :

$$D = \frac{N}{S}$$

Avec D : Densité, exprimée en nombre d'individus par hectare (ind/ha) ;

N : Nombre de tiges d'individus dans les placeaux ;

S : Surface totale des placeaux en hectare (ha).

I.3.2. Biomasse

Une des méthodes communes pour déterminer la biomasse et la productivité des espèces arbustives est la détermination d'une équation de régression allométrique. Pour ce faire, les mesures suivantes ont été effectuées, la hauteur du houppier H (différence entre la hauteur totale et la hauteur du fût), le diamètre du houppier D (ajouté par la moyenne des rayons des couronnes mesurés suivant les points cardinaux), la surface (A) et le volume (V) du houppier.

Quand le houppier d'*Euphorbia stenoclada* prend la forme du parasol ou plus légèrement en boule, A et V ont été calculés par la formule suivante (Brown *et al.*, 1989 ; Hierro *et al.*, 2000):

$$A = \pi 0,33 \cdot (D^2/4) \quad \text{avec A : Surface et D : rayon de couronne}$$

$$V = A \cdot H \quad V : \text{volume du houppier et H : hauteur du houppier.}$$

Après avoir déterminé le volume du houppier pour chaque individu, une méthode semi-destructive permet de calculer la biomasse totale à partir du poids sec des branches issues de chaque individu. Le nombre de différents types de branches constituant l'arbre a été compté. Ensuite, quelques branches ont été coupées en récoltant toutes les cladodes consommables par les animaux. Puis les cladodes récoltées ont été pesées avant de les faire sécher dans une étuve à 65°C pendant 72 heures. Les échantillons sont ensuite pesés à nouveau pour déterminer la teneur en matière sèche. Pour obtenir la biomasse totale d'un individu, le poids et le nombre de branches

séchées ont été rapportés au nombre total de branches. Trente individus ayant des classes de diamètre différentes ont été choisis. L'équation allométrique obtenue entre la biomasse et le volume de la couronne permet d'estimer la biomasse fourragère d'*Euphorbia stenoclada* dans la nature. Les données obtenues après les mesures permettent d'établir l'équation suivante (Antsonantenainarivony et *al.*, 2014):

$$y = 0,1102x^2 + 2,1654x + 1,3805 \text{ avec } R^2 = 0,9408$$

y: biomasse en matière sèche ;

x: volume de la couronne.

Une fois cette équation allométrique établie entre la biomasse et le volume de la couronne, il suffit de mesurer cette dernière et de connaître le nombre d'individus pour estimer la biomasse fourragère d'*Euphorbia stenoclada* dans la nature.

I.4. Analyses statistiques

Les différences entre les paramètres étudiés tels que la densité, la biomasse, la régénération naturelle, la fréquence de coupe et la germination ont été analysées à l'aide du logiciel XLSTAT. En général, les analyses de variances ont été réalisées par les tests paramétriques basés sur la comparaison des moyennes (ANOVA). Cette analyse consiste à comparer deux à deux les moyennes de différents traitements avec un risque $\alpha=0,05$. La différence significative entre les paramètres est indiquée par la probabilité du test de Fisher :

- ✓ Probabilité > 0,05 : la différence n'est pas significative ;
- ✓ 0,001 < Probabilité < 0,05 : la différence est significative ;
- ✓ Probabilité < 0,001 : la différence est fortement significative.

Les valeurs moyennes pour chaque traitement ont été présentées graphiquement ou sous forme de tableaux. Pour le test de Fisher, un groupe statistiquement homogène au seuil de 5% est représenté par une même lettre.