



RECHERCHES POUR LE DEVELOPPEMENT

Série Sciences Biologique

**N°34-2025
Antananarivo - Madagascar**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

ISSN 1025 – 3467

RECHERCHES POUR LE DEVELOPPEMENT

**Série Sciences Biologique
N°34**

2025

**RECHERCHES
POUR
LE DEVELOPPEMENT**

Série

Sciences Biologique

N° 34

2025

Membres du Comité de lecture :

- Pr RAMIARISON Claudine
- Pr RAKOTOARIVELO Marie Laure
- Dr RAHARIJAONA Nivoniaina Fahendrena
- Dr VOLAMPENO Sylviane

Ce numéro a été édité avec le concours de

Université d'Antananarivo

et

**Centre d'Information et de Documentation
Scientifique et Technique**

Toute correspondance concernant les publications
RECHERCHES POUR LE DEVELOPPEMENT
doit être adressée au :

**Centre d'Information et de Documentation
Scientifique et Technique**

**BP 6224 – Email : edition.cidst@gmail.com
Antananarivo - Madagascar**

ISSN 1025-3467

SOMMAIRE

Etudes comportementales et nutritionnelles de varecia SP en captivité au PBZT

Zé-Elinah Rahasivelo, Berthine Razafiarisoa, Roger Ramarokoto, Herimalala Raveloson, Solofonirina Rasoloharijaona 7

Etude de la diversité de mangroves dans la Région Sofia

BEANJARA Nomé, RANDRIANJAFY Vololomboahangy 25

Ravitaillement de la ville de Toliara et ses environs en bois de construction

RAVAOARLINE L., RAKOTONDRA SOA A., ZAFIHITA G. 47

Gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation : une meilleure approche contre la déforestation à Atsimo Atsinanana ?

Andriamananjarianirina Marlin, Razafindraibe Rolland, Razafintsalama Manitra Harison, Rabemananjara Zo, Andriamanana Dafison, Tarimy Angela. 67

Modélisation du rendement d'abattage des petits ruminants dans la Région Boeny

GREGOIRE Clara, RAZAFINDRAJAONA Jean Marie 85

Exploitation et traitement du graphite à Madagascar : évaluation des externalités négatives sur l'environnement et bilan économique. Étude comparative entre deux sites situés dans les régions Atsinanana et Atsimo Andrefana

RAZANAKOLONA Harivao Fenosoa, RAMIARISON Claudine, ANDRIAMIFALIHIRIMANANA Rado, ANDRIANAIVOARIMANGA Justin Nathanael, RANDRIAMALALA René Paul, RAKOTONDRAVALY Désiré Alphonse. 105

Etude de la répartition de flore macro benthique dans les parcelles marines du parc marin Masoala

BEANJARA Nomé, MARA Edouard Remanevy, RANDRIANJAFY Vololomboahangy 125

Principes d'adoption des pratiques innovantes des riziculteurs dans les communes rurales d'Ankazomiriotra et d'Ambohibary Sambaina, Région de Vakinankaratra»

RAHANTAMALALA Hanitriniaina Nomenjanahary, RAZAFINDRAIBE Rolland,
HERIMANDIMBY Vestalys, RAKOTOARIVELO Marie Laure,
RAMANANARIVO Sylvain

144

ETUDES COMPORTEMENTALES ET NUTRITIONNELLES DE *Varecia sp* EN CAPTIVITE AU PBZT

Zé-Elinah Rahasivelo¹, Berthine Razafiarisoa², Roger Ramarokoto², Herimalala Raveloson¹, Solofonirina Rasoloharijaona¹

¹Ecole Doctorale sur les Ecosystèmes Naturels, B.P.652, Université de Mahajanga, Madagascar.

²Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT), Rue Fernand Kasanga, Tsimbazaza, Antananarivo 101, Madagascar.

RESUME

L'étude s'est déroulée au PBZT qui est chargé de conserver en ex-situ le patrimoine de la biodiversité endémique de Madagascar. Particulièrement, elle est axée sur la comparaison de l'état nutritionnel de deux sous espèces de *Varecia variegata subcincta* et *Varecia variegata editorum* de sexe mâle respectivement, un individu parmi les sept et d'un individu sur 100 h d'observation. L'objectif est de répertorier l'existence de modèle (s) de rythmes d'activité différentiels selon le(s) régime(s) alimentaire(s) et l'évaluation d'état nutritionnel. Les méthodes utilisées sont : le « Focal animal sampling » pour déterminer les rythmes d'activités ; le coefficient d'Atwater pour calculer la valeur énergétique apporté et enfin le modèle de pourcentage adaptée de Coelcho pour estimer les bilans nutritionnels. *Varecia variegata editorum* est plus active et se nourrit beaucoup plus par rapport à *Varecia variegata subcincta*. Pour ces 2 sous-espèces les énergies brutes apportées par les aliments sont presque identiques. Chez *Varecia variegata editorum* la valeur énergétique nette de son apport alimentaire est supérieure par rapport aux besoins énergétiques théoriques maximaux estimés. Par contre, chez *Varecia variegata subcincta* elle est légèrement inférieure. Cette étude a montré que statistiquement entre les deux individus, il existe des différences significatives sur les comportements et très hautement significatives sur le type d'aliments consommés. Par conséquent, les comportements dépendent de la taille du groupe selon surface exploitable. Au PBZT, les rations sont relativement variées selon leur disponibilité saisonnière. Avec les conditions d'élevage, les paramètres climatiques constituent des menaces réelles sur les animaux en captivité.

Mots-clés : *Varecia variegata editorum*, *Varecia variegata subcincta*, nutrition, captivité et PBZT.

ABSTRACT

The study was conducted at PBZT, which is responsible for the ex-situ conservation of Madagascar's endemic biodiversity. Specifically, it focused on comparing the nutritional status of two subspecies: *Varecia variegata subcincta* and

Varecia variegata editorum, both male. The study analyzed one individual out of seven and another over 100 hours of observation. The objective was to identify potential models of differential activity rhythms based on dietary habits and to assess nutritional status. The methods used included: "Focal animal sampling" to determine activity rhythms, Atwater's coefficient to calculate the energy value of food intake, Coelho's adapted percentage model to estimate nutritional balance.

Varecia variegata editorum was more active and consumed more food than *Varecia variegata subcincta*. The gross energy provided by food was nearly identical for both subspecies. However, in *Varecia variegata editorum*, the net energy intake exceeded the estimated maximum theoretical energy requirements, whereas in *Varecia variegata subcincta*, it was slightly lower. This study statistically demonstrated significant differences in behavior between the two individuals and highly significant differences in the types of food consumed. Consequently, behavior depends on group size in relation to the exploitable area. At PBZT, food rations vary based on seasonal availability. Under captive conditions, climatic parameters pose real threats to the animals.

Keywords: *Varecia variegata editorum*, *Varecia variegata subcincta*, nutritional, captivity and PBZT.

INTRODUCTION

L'isolement de Madagascar sur plus de cent millions d'années lui a dotée d'une richesse naturelle unique au monde en matière de diversité biologique. L'île fait partie des 17 pays à mégadiversité avec un taux d'endémicité élevé mais fortement menacé de disparition (Mittermeier, R. A, 1988). En 2021, l'union internationale pour la conservation de la nature (UICN) a recensé cent douze (112) espèces de lémurien dont 31% en danger critique, 41% en danger, 22% vulnérables, ainsi au total, 96% sont menacées de disparition pour cause d'activités anthropiques tels que : la chasse, la déforestation massive, la culture sur brûlis, le charbonnage et l'exploitation illicite de bois (Myers et al., 2000). Les lémurien de Madagascar constituent une priorité mondiale en matière de conservation de la biodiversité. La conservation en captivité en fait partie des stratégies développées par le pays pour les sauvegarder.

Varecia variegata est parmi les lémurien victimes de la chasse pour sa viande (Day et al., 2009 ; Rasoamanarivo et al., 2015) alors qu'il joue un rôle important dans le maintien de l'écosystème en contribuant à la régénération naturelle de la forêt. En 2012, l'UICN a classé les deux sous espèces de *Varecia variegata* dans la catégorie des animaux endémiques « en danger critique d'extinction ». Ces animaux font partie des espèces de lémurien conservés dans le Parc Botanique et Zoologique

de Tsimbazaza ou PBZT qui est un centre national public chargé de recherche sur la conservation *ex-situ* du patrimoine et de la biodiversité endémique nationale. L'objectif de l'élevage en *ex-situ* est de maintenir les animaux en bon état de santé et nutritionnel avec une reproduction optimale en vue de leur préservation, tels définis dans la charte mondiale du bien-être animal au sein des zoos et des aquariums (Mellor D. J. et Gusset, M., 2015).

Cependant, la conservation *ex-situ* est un domaine complexe car, une fois en captivité, ces animaux vont être confrontés à un changement de mode de vie par rapport à leur habitat naturel ainsi qu'à leur mode d'alimentation.

Cette étude vise à étudier le cas de deux sous-espèces de *Varecia variegata subcincta* et de *Varecia variegata editorum*, mâles adultes, élevés en captivité dans le PBZT. L'étude permettrait d'évaluer l'impact du changement de mode de vie sur leur bien-être et leur état nutritionnel dans les conditions de conservation *ex-situ*. Leurs comportements par rapport à leurs rythmes d'activité ont été étudiés et un bilan nutritionnel a été ensuite effectué afin d'estimer si les apports énergétiques des aliments issus des rations ingérées ont permis de satisfaire les besoins de chaque individu.

Les résultats ont montré un modèle répondant aux normes adaptées dans la conservation pour l'élevage *ex-situ* de *Varecia variegata*.

MATERIELS ET METHODES

1. Site d'étude

L'étude a été effectuée au Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT), situé à 1261m d'altitude dans la capitale de Madagascar. Il appartient à l'étage climatique subhumide avec un sous étage à saison sèche atténuée par des brouillards (Cornet A. en 1972).

2. Les espèces étudiées

Deux sous-espèces de *Varecia variegata* mâles ont fait l'objet de l'étude : *Varecia variegata subcincta* et *Varecia variegata editorum*, vivant en groupe dans des cages séparés. *Varecia variegata subcincta* est arrivé au PBZT en 2008, pèse 3,05 kilogrammes, a donné naissance en couple depuis à neuf progénitures dont des jumeaux et de triplets. Il cohabite actuellement avec six autres individus composés d'une femelle adulte, trois juvéniles et deux petits. Par contre, *Varecia variegata editorum* a été mis en couple en 2016 et a donné naissance à deux jumeaux. Il pèse 3,40 kilogrammes

Selon la classification, l'animal étudié appartient :

Ordre	Primates
Famille	LEMURIDAE (Gray, 1863)
Genre	<i>Varecia</i> (Gray, 1863)
Espèce	<i>Varecia variegata</i> (Hill, 1953)
Sous-espèce	<i>Varecia variegata subcincta</i> (A. Smith, 1833)
	<i>Varecia variegata editorum</i> (Hill, 1953)
Noms vernaculaires en Malagasy	Vary, Varikandana, Varikandra, Varijatsy
Noms vernaculaires en Français	<i>Varecia variegata subcincta</i> : Vari à ceinture
	<i>Varecia variegata editorum</i> : Vari noir et blanc de Hill
Noms vernaculaires en Anglais	<i>Varecia variegata subcincta</i> : white-bleded black and white ruffed lemur
	<i>Varecia variegata editorum</i> : Hill's black and white ruffed lemur

Varecia variegata subcincta est un lémurien noir et blanc qui possède le dos noir.



Figure 1: *Varecia variegata subcincta* (auteur 2022)

Il vit dans les forêts primaires et secondaires d'une partie très restreinte sur la côte Est de Madagascar. Il a une taille maximale comprise entre 50 et 55 centimètres, à laquelle on peut rajouter entre 56 et 65 centimètres de queue. Un poids compris entre 3.1 et 3.6 kilogrammes (Mittermeier et *al.*, 2014). Dans son milieu naturel, il possède une longévité d'environ

20 ans. C'est l'espèce le plus frugivore qui se nourrit principalement de fruits mûrs.

Dans la nature, *Varecia variegata editorum* vit souvent dans les forêts primaires tropicales de moyenne altitude. On le trouve généralement dans des forêts allant du Parc National de Mantadia au nord jusqu'à la région méridionale de Mananjary



Figure 2: *Varecia variegata editorum* (auteur 2022)

au sud (Mittermeier et *al.*, 2014). Il pèse 3,1 à 3,6 kg (Britt, 1997). Sa longueur totale est de 110 à 120 cm dont 43 à 57 cm pour la tête et le tronc. Il vit en groupe de deux à cinq individus environ. Les mâles et femelles adultes présentent à peu près la même taille. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel entre les deux sexes. (Groves, 2001). Au niveau de la partie antérieure du dos existe une coloration uniforme noire. L'abdomen, la queue, la partie médiale des membres, le front, le sommet de la tête sont de couleur noire. Tandis que la partie postérieure du dos, les flancs, le bas du dos et la partie externe des membres sont généralement blancs (Mittermeier et *al.*, 2014).

3. Méthodes d'étude

La méthode consiste à répertorier l'éthogramme des deux *Varecia variegata*, c'est-à-dire à inventorier l'ensemble des comportements liés aux activités quotidiennes des animaux et à leur alimentation. Elle comprend quatre étapes telles que : 1) l'étude des comportements par rapport au modèle de budget d'activité ; 2) l'étude de l'alimentation pour pouvoir définir les apports et le profil alimentaire ; 3) la nutrition des animaux pour déterminer si les besoins nutritionnels sont satisfaits 4) et enfin, la procédure pour comparer statistiquement des données.

L'étude s'est déroulée entre le mois d'avril et le mois d'août 2022.

Une fiche technique préétablie a été dressée auparavant avant de procéder aux suivis de chaque individu.

3.1 Etude comportementale

La méthode d'Altamann en 1974, le « focal animal sampling » a été adoptée. Elle consiste à enregistrer de manière continue les comportements d'un animal cible durant une période prédéterminée, allant de 10 minutes jusqu'à une journée entière ou même sur plusieurs jours consécutifs. Six jours à mi-temps par semaine ont été consacrées pour cette étude, c'est-à-dire, les travaux de suivi commencent vers 7 heures du matin et s'arrêtent vers le midi, le jour d'après s'est effectué de midi à 17 heures. Au total, 100 heures d'observation ont été effectuées. Un animal cible a été choisi et suivi à mi-temps par jour sur deux jours successifs. Au cours de l'observation, les activités suivantes ont été notées: i) alimentation; ii) déplacement quand l'animal saute ou se déplace d'un lieu à un autre ; iii) repos quand l'animal reste inactif dans n'importe quelle position ; iv) activités sociales, c'est à dire l'ensemble des interactions sociales entre les individus du groupe comme le jeu, le toilettage, le contact physique, la vocalisation, l'agression et le marquage de territoire ; v) auto-toilettage quand il se fait sa toilette et son grattage a lui-même; vi) et autres activités qui réunissent le reste des comportements comme l'urination et la défécation vii) Hors de la vue c'est à dire que l'animal est hors portée.

Le pourcentage d'observation d'un comportement est égal au nombre d'observations de ce comportement à multiplier par cent et l'ensemble est à diviser par le nombre total d'observation des différents types de comportements. Ce pourcentage est donné par la formule suivante :

$$P = (n \times 100) \div N$$

Avec n est le nombre d'observation d'un comportement ; N est le nombre total d'observation des différents comportements et P est le pourcentage du nombre d'observation.

3.2 L'alimentation

Tous les jours, à l'aide d'une balance électronique, les rations alimentaires ont été pesées avant de les partager dans les cages de chaque individu. Le lendemain, l'existence de restes a été vérifiée, avant de déposer de nouvelles rations alimentaires. Au cours du repas, le type d'aliment consommé et la durée de consommation ont été relevés afin de connaître les régimes et les préférences alimentaires. La quantification de la nourriture a été obtenue par la différence entre la quantité d'aliment frais distribuée et la quantité d'aliment refusé.

La consommation moyenne journalière de chaque individu est calculée à partir de l'indice de consommation : c'est-à-dire, le rapport entre la somme de quantité ingérée d'un individu et le nombre des jours d'observation. La formule suivante est utilisée pour cela :

$$I.C = \sum_1^n \text{Quantité ingérée} / J_n - J_1$$

3.3 La nutrition

Les besoins énergétiques d'un lémurien sont associés à la taille de l'individu ainsi qu'à son âge. Les besoins énergétiques totaux d'un individu sont liés au métabolisme de base, à la thermogenèse et à son activité physique. Pour pouvoir calculer les besoins énergétiques théoriques totaux d'un individu, les nutritionnistes du PBZT utilisent les formules suivantes :

$$ET_{\min} = TMB + 10\% TMB + 15\% TMB \quad \text{Ainsi que}$$

$$ET_{\max} = TMB + 10\% TMB + 20\% TMB \quad \text{Source (PBZT)}$$

Le taux de métabolisme de base standard (TMB) est obtenu à partir de la formule suivante :

$$TMB_{Kcal,j}^4 = 70 \times \text{poids}^{0,75} \quad (\text{NRC, 2002})$$

Avec $ET_{\min}$: énergie totale minimale ; TMB : taux de métabolisme de base standard et $ET_{\max}$: énergie total maximal.

Dans cette étude, la table de composition de la FAO (1970) a été utilisée pour estimer la valeur énergétique des apports alimentaires pour chacun des aliments consommés : c'est-à-dire, le poids de nourriture de chaque ration à multiplier par la valeur des apports énergétiques dans la table de composition et à diviser par 100g.

L'apport en énergie brute journalière (EB) est le contenu énergétique de l'aliment ingéré par l'animal. Il correspond à la quantité de chaleur dégagée au cours de la combustion d'un aliment. Il est calculé à partir de sa composition chimique en utilisant le coefficient d'ATWATER : 1 gramme de glucide produit 4 Kilocalories, 1 gramme de lipides produit 9 Kilocalories et 1gramme de protéines produit 4 Kilocalories.

Le modèle de pourcentage de Coelcho (1986) adapté pour les lémuriens permet d'estimer l'utilisation de l'énergie alimentaire des apports alimentaires chez les animaux (Figure 3). L'énergie brute n'est pas disponible en totalité pour l'organisme animal mais elle est dégradée par étapes ; le passage d'une étape à une autre se traduit par des pertes énergétiques. La dépense énergétique des animaux correspond à leur entretien (métabolisme de base et activité physique) et à leur production d'énergie.

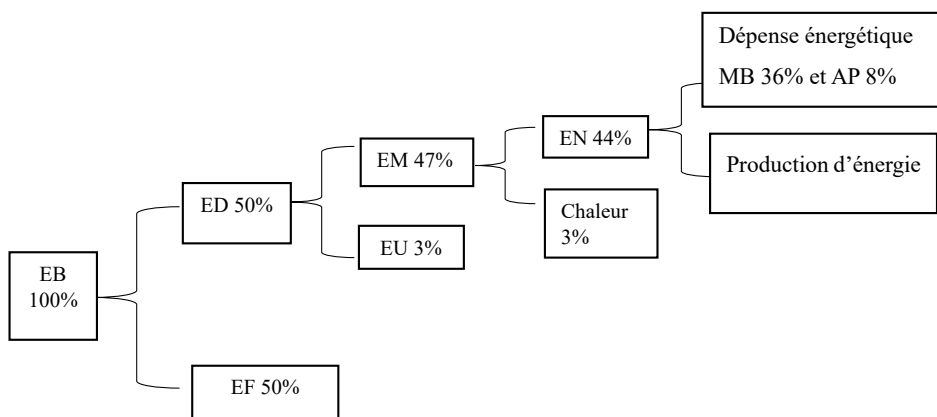


Figure 3: Répartition des dépenses énergétiques dans l'organisme des lémuriens adaptée par Coelcho (1986)

EB : énergie brute ; ED : énergie digestible ; EF énergie contenue dans les fèces excrétées ; EM : énergie métabolisable ; EU : perte d'énergie sous forme d'urine ; EN : énergie nette et MB : métabolisme de base et AP : activité physique.

Pour évaluer la satisfaction des besoins, les besoins énergétiques théoriques totaux ont été comparés aux valeurs énergétiques des apports alimentaires consommés par les animaux.

3.4 Statistique des données

La saisie, l'exploitation et l'analyse des données ont été faites sur Excel® 2016 et la comparaison des résultats sur le logiciel R®, version 3.5.2. Les valeurs expérimentales sont exprimées en termes de pourcentage.

Le Test de Khi-deux a été appliqué pour pouvoir comparer des résultats au seuil critique $\alpha = 0,05$. Ce test permet de vérifier les hypothèses pour déterminer une relation entre deux variables catégorielles. Dans cette étude, il permet de vérifier la relation d'indépendance ou non entre les deux variables étudiées. Il s'agit de vérifier l'hypothèse selon laquelle les comportements de l'individu dépendent de la grandeur de la surface qu'il exploite dans sa cage. La formule appliquée est :

$$\chi^2 = n \left(\sum_{i,j} \frac{n_{ij}^2}{n_{i.} n_{.j}} - 1 \right)$$

Si la valeur de la probabilité p est supérieure au seuil critique $\alpha = 0,05$, les deux variables sont indépendantes. Dans le cas contraire, où $p < 0,05$, la différence est significative et ainsi, les deux variables sont liées.

RESULTATS

1. Etude comportementale

Les budgets d'activités des espèces étudiées sont résumés dans la Figure 4.

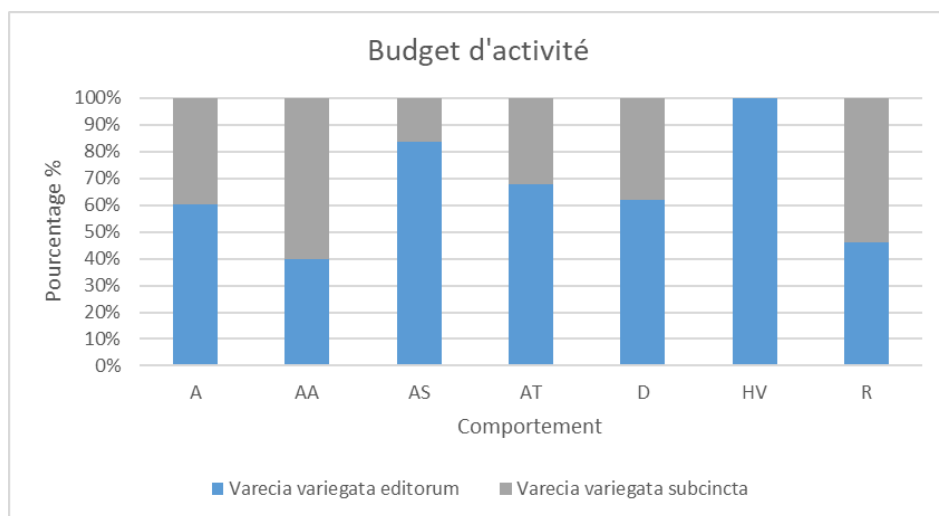


Figure 4: Budget d'activité des espèces étudiées

A : alimentation ; AA : autre activité ; AS : activité sociale ; AT : auto -toiletage ; D : déplacement ; HV : hors de la vue ; R : repos

Sur les 50 heures d'observation effectuées, le budget d'activité de *Varecia variegata subcincta* est réparti sur 85,58% pour le repos, 7,21% pour le suivi du déplacement et 4%, pour l'alimentation ; tandis que les activités sociales n'occupent qu'une fréquence de 0,36%) puis de l'auto toiletteage avec 2,75% et les autres activités ne font pas plus de 0,09%.

Par contre, pour *Varecia variegata editorum*, sur les 50 heures d'observation, 73,78% de son budget d'activités correspondent au repos, suivi du déplacement (11,81%) ; de l'alimentation (6,07%) et l'auto toiletteage avec 5,76% ; les activités sociales (1,84%) ; hors de la vue 0,67% et puis autre activité 0,06%.

D'après le résultat du test X^2 avec la valeur $X^2=46,056$; $df=5$ et $p=8.845e^{-09}$, il existe une différence significative entre l'ensemble des comportements du *Varecia variegata subcincta* mâle et du *Varecia variegata editorum* mâle. *Varecia variegata editorum* est plus actif par rapport à *Varecia variegata subcincta*.

2. Comportement alimentaire

Comme tous les parcs zoologiques, le PBZT utilise des fruits et légumes saisonniers disponibles couramment au marché pour l'alimentation de leurs animaux. Après les préparatifs nécessaires, les rations sont distribuées et partagées à tous les animaux. Le poids de chaque ration est estimé par rapport à la ration préétablie.

Dans l'étude du comportement alimentaire, deux paramètres ont été considérés : l'indice de consommation journalière et les préférences alimentaires. Le bilan alimentaire se définit comme la quantité nutritionnelle assimilée pendant une période donnée.

La mesure de la quantité de nourriture se fait par la différence entre la quantité des aliments frais distribués et la quantité d'aliments ingérés par animal.

2.1 Indice de consommation journalière

L'Indice de Consommation Journalière qui montre le rapport entre la somme de quantité ingérée d'un individu divisé par le nombre de jours d'observations de chaque individu est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1: Indice de consommation journalière

Catégories(g)	<i>Varecia variegata editorum</i>		<i>Varecia variegata subcincta</i>	
Fruits	Banane	332,37	Banane	228,95
	Ananas	133,53	Ananas	95,77
	Papaye	132,12	Papaye	81,85
	Melon	89,76	Melon	68,3
	Kaki	33,86	Kaki	8,69
	Poire	16,26	Poire	8,29
	Orange	12,16	Orange	6,73
	Bibasse	11,31	Bibasse	16,35
	Goyave	4,38	Goyave	11,37
	Pomme	3,63	Pomme	0,19
	Avocat	3,02	Avocat	4,87
	Jujube	1,76	Jujube	1,07
	Litchi chevelu	0	Litchi chevelu	2,14
	63,74%		61,86%	
Légumes	Carotte	80,16	Carotte	63,42
	Concombre	69,66	Concombre	55,24
	Tomate	40,82	Tomate	34,36
	Haricot Vert	38,1	Haricot Vert	26,7
	Petsay	35,47	Petsay	25,79
	Poireau	33,14	Poireau	20,73
	Citrouille	25,78	Salade	16,38
	Salade	23,05	Citrouille	12,03
	Cresson	16,67	Chou vert	11,81
	Chou vert	10,95	Cresson	9,62
	Chou-fleur	2,48	Chou-fleur	6,04
	Tissam	1,96	Tissam	2,52
	Poivron vert	0,92	Poivron vert	1,76
	31,21%		33,15%	
Complément alimentaire	Pomme de terre	29,76	Pomme de terre	18,34
	Œuf dur	17,98	Œuf dur	16,43
	Arachide grille	7,25	Arachide grille	2,74
	Pain	6,19	Pain	5,61
	5,05%		4,99%	

Les différents types d'aliments au nombre de trente (30) ont été enregistrées pendant la période d'étude avec treize (13) types de légumes (citrouille, poireau, carottes, poivrons, haricots verts), 13 types de fruits (pommes, poires, oranges,

bananes) et quatre compléments alimentaires (pain, œufs durs, arachide grillée et pomme de terre cuite). En outre, ils consomment des et/ou des feuilles et fruits de ravinala, ainsi que du goavy tsinahy qui poussent dans leurs cages.

Les indices de consommation journalière diffèrent légèrement entre les deux sous-espèces. Chez *Varecia variegata subcincta*, 61,86% sont des fruits ; 33,15% des légumes et 4,99% les compléments. Pour *Varecia variegata editorum* 63,74% sont constitués par les fruits, 31,21% par les légumes et 5,05% pour les compléments.

2.2 Préférence alimentaire

L’importance relative des différents types d’aliments consommés par les individus pendant la durée des observations est présentée dans la Figure 5 ci-dessous.

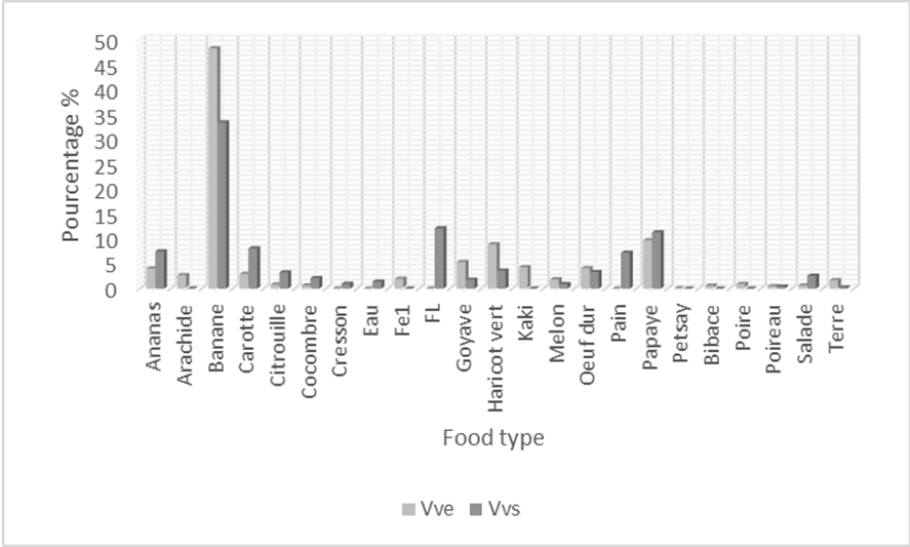


Figure 5: Types d’aliments consommés par individu durant l’observation

À part l’eau, la terre, les feuilles et les fleurs des petites arbres qui n’ont pas été identifiés et/ou des plantes (ravinala, goavy tsinahy) qui poussent dans leurs cages, 19 autres types de nourriture sont enregistrés durant l’heure d’observation dont 8 fruits ; 8 légumes et 3 compléments alimentaires (arachides grillées, pain du blé et œuf dur).

Varecia variegata editorum se nourrit beaucoup plus par rapport au *Varecia variegata subcincta*. En effet, durant le temps d’observation, *Varecia variegata editorum* consomme à 48,18% des bananes, 9,71% de papaye, 8,90% de haricot vert, 5,33% de Goyave, 4,21%, de Kaki et 4,10% d’œuf dur. Les aliments consommés par

Varecia variegata subcincta sont constitués par 33,31% des bananes, 12,11% de fleur de ravalala, 11,29% de papaye, 8,06% de carotte, 7,46% d'ananas et 7,18% du pain.

D'après le test de X^2 , il y a une différence très significative entre le type d'aliments consommés par *Varecia variegata subcincta* mâle comparé à celui de *Varecia variegata editorum* mâle dans le Parc : la valeur $X^2 = 7.064$; $ddl = 23$ et la valeur de $p = 0.0022$. Les types d'aliments consommés par *Varecia variegata subcincta* sont ainsi plus variés pour un même type de ration.

3. Nutrition de *Varecia variegata*

Pour le calcul du bilan énergétique, les apports journaliers en aliment par individu ont été comparés par rapport aux dépenses énergétiques. Les besoins énergétiques totaux d'un individu sont liés au métabolisme de base, à la thermogénèse et à son activité physique ainsi qu'à son poids vif. Les besoins énergétiques théoriques totaux pour chaque individu sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2: Besoins énergétiques totales de chaque individu

Valeurs \ Espèces	<i>V.v.editorum</i>	<i>V. v.subcincta</i>
Poids vif (Kg)	3,40	3,05
Taux de métabolisme de base (Kcal)	175,27	161,55
Energie total maximal (Kcal)	227,85	210,01
Energie total minimal (Kcal)	219,09	201,94

Les besoins énergétiques maxima de *Varecia variegata editorum* sont légèrement supérieurs à celui de *Varecia variegata subcincta* : avec un maxima de 227,85 Kcal et un minima de 219,09 Kcal pour l'espèce *editorum* tandis que les valeurs: maxima sont : 210,01 Kcal et minima : 201,94 Kcal pour l'espèce *variegata*.

L'apport d'énergie brute (EB) journalière est le contenu énergétique de l'aliment ingéré par l'animal. D'après l'utilisation de la table de composition de la FAO (1970) et le calcul de la valeur énergétique par le coefficient d'ATWATER, la figure ci-dessus (Figure 6) montre les résultats.

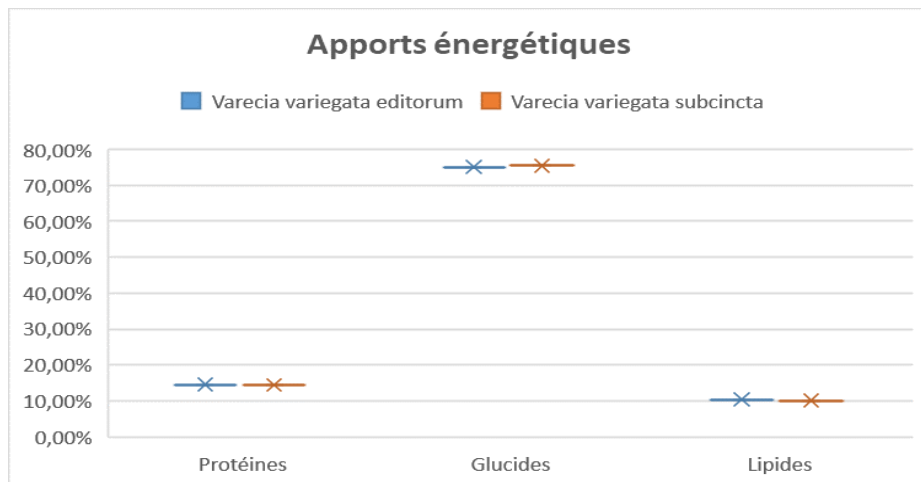


Figure 6: Apports énergétiques des rations consommées par les espèces étudiées

La part des énergies brutes apportées par les aliments pour les deux espèces sont presque identiques : les protéines constituent 14,53% des apports énergétiques ; les glucides 75,06% et les lipides 10,41% chez *Varecia variegata editorum* et respectivement, 14,46% ; 75,47% et 10,08% pour *Varecia variegata subcincta*.

La banane, la papaye, l’ananas, le melon, la carotte et le concombre sont les plus consommés et constituent les principales sources d’apport énergétique.

Selon le modèle de pourcentage adapté par Coelcho (1986) pour estimer l’utilisation de l’énergie alimentaire apportés chez les lémuriens (Tableau 2), les valeurs énergétiques des apports alimentaires chez *Varecia variegata editorum* (677,08 Kilocalories) sont supérieures à celle sdu *Varecia variegata subcincta* (465,63 Kilocalories).

Tableau 3: Valeur énergétique des apports alimentaires actuels de chaque individu

Espèces Valeurs Énergétique (Kcal)	<i>V. v. editorum</i>	<i>V. v. subcincta</i>
Énergie brute	677,08	465,63
Énergie digestible	338,54	232,81
Énergie contenue dans les fèces excrétées	338,54	232,81
Énergie métabolisable	318,23	218,85
Perte d’énergie sous forme d’urine	20,31	13,97
Énergie nette	297,91	204,88
Chaleur	20,31	13,97
Métabolisme de base	243,75	167,63
Activité physique	54,16	37,25

Concernant l'énergie nette théorique requise des deux sous espèces, de *Varecia variegata*, les résultats ont montré que les apports énergétiques apportés par les aliments sont nettement supérieurs aux besoins énergétiques théoriques totaux maximaux chez *Varecia variegata editorum* de 297,91 Kilocalories soit avec un excès de 70,06 Kilocalories par rapport à l'énergie théorique total maximal estimé (227,85 Kilocalories). Par contre, chez *Varecia variegata subcincta* la valeur d'énergie nette de son apport alimentaire 204,88 Kilocalories est légèrement inférieure de 5,13 Kcal par rapport aux besoins énergétiques théoriques maximaux estimés. Les besoins énergétiques nécessaires aux animaux sont ainsi couverts par les apports alimentaires pour les *Varecia variegata* élevés au PBZT.

DISCUSSION

Le contexte de captivité engendre généralement une baisse d'activité par rapport à celui de la liberté. En effet, les déplacements se font uniquement dans la cage, sur quelques mètres carrés alors qu'en liberté, l'animal peut se déplacer sur plusieurs kilomètres dans la nature en particulier pour la recherche de nourriture. Selon Rahajanirina en 2017, en milieu naturel, *Varecia Variegata editorum* passe plus de la moitié de son temps à se reposer (59%) ; s'alimente à 24% et les activités sociales et le déplacement présentent respectivement 10% et 7% de son temps.

Les comportements en captivité dépendent de la surface exploitable dans la cage. En effet, étant plus nombreux dans une même cage, *Varecia variegata subcincta* aurait dû avoir un fort sens de contact avec les autres individus, toutefois, il a été constaté qu'il se repose souvent dans son coin avec ses activités sociales qui n'occupent qu'une fréquence de 0,36%.

Par ailleurs, la connaissance du comportement alimentaire des animaux, ainsi que celle de leurs besoins nutritionnels sont ainsi fondamentaux pour permettre d'élever correctement les animaux captifs. Un bon état nutritionnel contribue à diminuer les risques de maladies chroniques chez les animaux captifs. L'alimentation en parc zoologique est un domaine complexe car elle doit impérativement apporter les nutriments essentiels à la survie de l'espèce, du groupe : chaque individu doit consommer régulièrement des nutriments en qualité et en quantité adéquate. Elle doit aussi être présentée de façon à permettre une expression raisonnable des comportements naturels (Carrol, 1997).

Varecia variegata est un animal hautement frugivore. En milieu naturel, les animaux doivent passer plus de temps à chercher leurs besoins alimentaires et doivent s'adapter à la variation interannuelle de la disponibilité alimentaire (Beeby N. et Baden A. L., 2021). En effet, dans les forêts tropicales, ce lémurien se

spécialisait chaque mois sur quelques espèces de fruits et se déplaçait largement pour trouver ces arbres fruitiers (Balko E. A. et Underwood H. B., 2005).

Au PBZT, les rations sont plus variées et disponibles tout au long de l'année. Selon les observations faites, la banane, la papaye, l'ananas, le melon, la carotte et le concombre sont les fruits et légumes les plus préférés et les plus consommés par *Varecia variegata*. Ils constituent leurs principales sources d'apport énergétique. La ration de banane par individu est très élevée entre 228g à 332g par jour. C'est un fruit disponible en toute saison mais également très préféré par les lémuriens en captivité.

De plus, les résultats ont montré que les apports alimentaires des animaux répondent mieux aux besoins nutritionnels en termes d'apport énergétique ou en nutriments. Cette adéquation est reflétée par l'état physiologique des *Varecia variegata* décrits par l'IUCN, ayant un poids entre 3 et 4 kilogrammes, une durée de vie entre 19 à 32 ans, et de 1 à 6 petits par portée (Site IUCN REDLIST).

Cependant, il faut signaler la différence particulière notée pour *Varecia variegata subcincta* par rapport aux comportements social et alimentaire : il passe plus de temps pour le repos comparé à *Varecia variegata editorum* qui est plus actif et, consomme plus d'aliments variés pour un même type de ration. De plus, les feuilles et les fleurs des plantes spontanées (ravinala, goavy tsinahy ou autres) qui poussent dans les cages font partie de son régime alimentaire. Ce mode de consommation a été décrit chez *Varecia variegata* par Morland H.S. en 1993 pendant les mois de disette fruitière en milieu naturel, dans un objectif thermorégulateur. De plus, selon Baden A. L et *al.*, en 2015, les *Varecia variegata* vivent en groupe ou en communauté sans dominance observée comme dans les autres groupes de lémurs (Charrier A. et *al.*, 2007) et sans nécessairement présenter une organisation sociale : ils passaient près de la moitié de leur temps seuls en milieu naturel.

CONCLUSION

Les parcs zoologiques jouent un rôle primordial dans la conservation ex-situ des espèces endémiques sauvages menacées de disparition dans leur milieu naturel. Cependant, c'est un domaine complexe où les connaissances scientifiques sont fondamentales. En effet, une fois en captivité, les animaux perdent leur capacité à s'autoréguler et à trier le comestible disponible dans leur habitat naturel. La couverture des besoins physiques et du bien-être animal fait partie des moyens de conservation qui doit être acquise par l'expérience et les données scientifiques du suivi.

L'observation du comportement de l'animal a été utilisée efficacement pendant des décennies comme un indicateur de l'état de bien-être et de la santé d'un animal.

Les résultats ont montré un bon aspect général (état pondéral, pelage, stature), une bonne longévité, un comportement normal par rapport aux rythmes d'activité ainsi qu'une bonne reproduction, critères de qualité qui sous-tendent un bon état de santé physique de l'individu.

En outre, le comportement et le choix alimentaires des animaux sont destinés à répondre à leurs besoins nutritionnels. Dans son milieu naturel, *Varecia variegata* est reconnu comme étant une espèce strictement frugivore, sujet à des pénuries alimentaires saisonnières. Les techniques d'alimentation adoptés au PBZT ont répondu aux exigences nutritionnelles et a permis à la survie des deux *Varecia variegata* en captivité pendant de longues années. Les résultats ont ainsi fait ressortir un modèle d'élevage ex-situ approprié, pouvant être utilisé dans la conservation en captivité de *Varecia variegata*.

Cependant, malgré des conditions d'élevage répondant aux normes exigées, le choc climatique constitue une menace réelle dans l'élevage des animaux sauvages en captivité tout comme ceux vivant dans leur habitat naturel. Les effets incontrôlés du changement climatique sur l'écologie et la survie à long terme des animaux sont des risques imminents à prendre en compte dans la gestion efficace de la conservation.

REFERENCES

- 1) Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. Behaviour, 49, 227–267.
- 2) Baden A. L., Webster T., Kamilar J. M., 2015. Resource seasonality and reproduction predict fission-fusion dynamics in black-and-white ruffed lemurs *Varecia variegata*. American Journal of Primatology. November 2015 : 78 (2). DOI : 10.1002/ajp.22507.
- 3) Balko E. A. et Underwood H. B., 2005. Effects of forest structure and composition on food availability for *Varecia variegata* at Ranomafana National Park, Madagascar. American Journal of Primatology 66 :45–70.
- 4) Beeby N. et Baden A. L., 2021. Seasonal variability in the diet and feeding ecology of black-and-white ruffed lemurs (*Varecia variegata*) in Ranomafana National Park, southeastern Madagascar. American Journal of Physical Anthropology, 2021, 1-13, DOI: 10.1002/ajpa.wileyonlinelibrary.com/journal/ajpa
- 5) Britt, A. 1997. Environmental influences on the behavioural ecology of the Black and White Ruffed Lemur (*Varecia variegata variegata*, Kerr, 1972). PhD Thesis. University of Liverpool. Liverpool UK. 422p.
- 6) Carroll, J.B., 1997, A Comparative Summary of the Nutritional Adaptations and Needs of Callitrichids and Application to Captive Management in C. Pryce, L. Scott, and C. Schnell (eds). Marmosets and Tamarins in Biological and

- Biomedical Research, organised by the European Marmoset Research Group. DSSD Imagery, Salisbury, United Kingdom, 70-76.
- 7) Charrier A., Hladik A., Bruno Simmen B, 2007. Stratégie alimentaire et dominance des femelles Propithèques de Verraux (*Propithecus Verrauxi*) dans la forêt de Dediéraceae du Sud de Madagascar. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 2007, 62, pp.257-263. <hal-00550143>.
 - 8) Coelcho,A.M. (1986). Time and energy budget.in *Comparative primate biology*, volume 2A: Behavior, conservation and Ecology, G.Mitchell. & J.Erwin eds., Alan Liss Inc., New York, pp.141-166
 - 9) Cornet A., 1974 : Essai se cartographie bioclimatique à Madagascar. Notice explicative N°55. Laboratoire de botanique. Mission ORSTOM de Tananarive, ISBN 2-7099-0339-3, 28, pp : 21-24.
 - 10) Day S.R., Ramarokoto R.E.A.F, Zitzmann B.D., Randriamboahanginjatovo R, Ramanankirija H., Randrianindrina V.R.A, et al. (2009). Reintroduction of diademed sifaka (*Propithecus diadema*) and black and white ruffed lemurs (*Varecia variegata editorum*) at Analamazotra Special Reserve, eastern Madagascar. *Lemur News* 14 : 32-37.
 - 11) FAO (1970). Table de composition des aliments à l'usage d'Afrique. Nutrition Program,Health Services and Mental Health Administration, Public Health Service, U.S.A Department of Health, Education and Welfare et Division de la nutrition de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome,Italie.
 - 12) Groves, C. 2001. *Primate taxonomy*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press. *Varecia variegata* sur le site de la Liste Rouge de l'UICN. <http://www.iucnredlist.org/details/22918/0>.
 - 13) International Union for Conservation of Nature's Species Survival Commission, Primate Specialist Group.An Assessment of Endangered Primates-The IUCN Red List of Threatened Species 21 June 2021.http://www.primatesg.org/red_list_threat_status/
 - 14) Mellor D. J., Hunt S. et Gusset, M. (eds), 2015. *Caring for Wildlife: The World Zoo and Aquarium Animal Welfare Strategy*. Gland : WAZA. Executive Office, 87 pp. ISBN 978-2-8399-1695-0
 - 15) Mittermeier, R. A. Louis Jr, E. E. Langrand, O. Schwitzer, C. Gauthier, C. A. Rylets, A. B. Rajaobelina, S. Ratsimbazafy, J. H. Rasoloarison, R. Hawkins, F. Roos, C. Richardson, M. et Kappeler, P. M. (2014). *Lémurien de Madagascar*, troisième édition, 841p.
 - 16) Mittermeier, R. A., 1988, *Primate Diversity and the Tropical Forest: Case Studies from Brazil and Madagascar and the Importance of the Megadiversity*

- Countries. In Biodiversity. Ed. Wilson, E. O., National Academy Press, 1988. Chapitre 16. Washington, DC ID de la bibliothèque : NBK219287.
- 17) Morland, H. S., 1993a, Reproductive activity of ruffed lemurs (*Varecia variegata variegata*) in a Madagascar rain forest. *American Journal of Physical Anthropology* 97 : 71–82.
 - 18) Myers, N. Mittermeier R.A. C.G. Mittermeier. De Fonseca, G.A.B and Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403.853-858.
 - 19) Nutrient requirements of nonhuman primates, Second Revised Edition.2002. Committee on Animal Nutrition, Ad Hoc Committee on Nonhuman Primate Nutrition, Board on Agriculture and Natural Resources, National Research Council. National Academic Press. Washington, D.C.
 - 20) Rahajanirina, A. N., 2017, Contribution a une étude écoéthologie de la population de *Varecia variegata editorum* introduite dans la réserve spéciale d'Analamazaotra, Est de Madagascar
 - 21) Rasoamanarivo, V., Raharivololona, B. M., Frasier, L. C., Ginter, A., Andriamandimbisoa, R., Randriamahefasoa, R. and Louis, E. E. Jr. 2015., Anthropogenic pressures threatening the black and white ruffed lemur (*Varecia variegata editorum*) in the Analamazaotra Special Reserve, Madagascar. *Lemur News*, vol. 19. pp. 38-44.

Etude de la diversité de mangroves dans la Région Sofia

BEANJARA Nomé¹, RANDRIANJAFY Vololomboahangy

RESUME

Les mangroves sont des milieux menacés, principalement par les activités humaines qui cherchent à dominer la mer et les côtes. Malgré les interdictions, les villageois coupent du bois de mangrove pour différents usages : construction, trafic illicite, fabrication de charbon et menuiserie. Les études sur cet écosystème au niveau de la Région Sofia sont rares alors que les pressions continuent et menacent la survie des peuplements de mangroves. La présente étude vise à comprendre les structures et la diversité des mangroves dans la Région Sofia. La méthodologie adoptée repose sur des transects multivariable à échantillonnage systématique, positionnée perpendiculairement à la mer.

Cette étude a commencé l'année 2020 et a pris fin l'année 2024, au cours de laquelle on a pu constater que la répartition des espèces est variable selon les sites, plus particulièrement les conditions du milieu (habitat, bathymétrie).

Le district d'Analalava présente une plus grande abondance d'espèces (2428) que celui d'Antsohihy (1475 individus) et les espèces les plus fréquentes sont *Rhizophora mucronata* et *Avicennia marina*.

Les mangroves se développent principalement dans des habitats boueux (63,62%). tandis que les habitats sableux et rocheux sont moins représentés, à hauteur de 36,38%.

L'analyse des indicateurs dendrométriques a montré que les gros arbres avec une taille moyenne de 45,1 cm sont relativement rares (46 individus). Les jeunes arbres présentent une structure de taille plus homogène, avec une moyenne de 16,3 cm, tandis que les petits arbres d'une taille moyenne de 5,53 cm constituent une grande partie de la population (130 individus).

Mots clés : *Mangroves, diversité, espèce, habitat, indicateur, individus, population.*

ABSTRACT

Mangroves are threatened environments, mainly due to human activities that seek to dominate the sea and the coasts. Despite the bans, villagers cut mangrove wood for different uses: construction, illicit trafficking, charcoal manufacturing and carpentry. Studies on this ecosystem at the level of the Sofia Region are rare while pressures continue and threaten the survival of mangrove stands. The present study aims to understand mangrove structures and diversity in the Sofia Region. The methodology adopted is based on multivariable transects with systematic sampling, positioned perpendicular to the sea.

This study began in the year 2020 and ended in the year 2024, during which it was found that the distribution of species varies depending on the sites, more particularly the environmental conditions (habitat, bathymetry).

The district of Analalava has a greater abundance of species (2428) than that of Antsohihy (1475 individuals), and the most frequent species are *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina*. Mangroves develop mainly in muddy habitats (63.62%), while sandy and rocky habitats are less represented, at a level of 36.38%.

The analysis of dendrometric indicators showed that large trees with an average height of 45.1 cm are relatively rare (46 individuals). Young trees have a more homogeneous size structure, with an average of 16.3 cm, while small trees with an average size of 5.53 cm make up a large part of the population (130 individuals).

Keywords: Mangroves, diversity, species, habitat, indicator, individuals, population.

INTRODUCTION

Madagascar possède la deuxième plus grande étendue de mangrove de l'océan Indien occidental avec ses 2 100 km² (Bosire et al. 2015 in WWF, 2022), ce qui représente 2% de la mangrove du monde. Les mangroves de Madagascar se situent en grande partie sur la côte occidentale, elles occupent une superficie d'environ 303 815 hectares (IEFN1, 2000 in WIOMSA, 2013). Il est reconnu que ces mangroves jouent un rôle important dans la protection des écosystèmes marins (récifs, herbiers de phanérogames), les moyens de subsistance des communautés et assurent la protection des zones côtières. Toutefois, ces mangroves sont également victimes des pressions d'origine anthropiques, entre autre la construction, le trafic illicite, la fabrication de charbon et l'utilisation en bois de menuiserie et sont menacées par les effets néfastes du changement climatique (l'augmentation du niveau de la mer, l'assèchement des chenaux, l'ensablement et la sur salure). En 2100, si la situation ne sera pas maîtrisée, 10 à 15% des mangroves seront détruites (ALONGI, 2007) et l'augmentation du niveau de la mer a été identifiée comme la plus significative des menaces qui pèsent sur les mangroves (GILMAN et al., 2008 in WWF, 2013).

Au niveau de la Région Sofia, cet écosystème est peu étudié mais la gestion durable dépend tout d'abord de la disponibilité des données sur l'état du milieu, alors que les pressions ne cessent de s'aggraver et menacent la population de Mangroves.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la structure, la composition et la diversité des peuplements de mangroves dans les districts d'Antsohihy et d'Analalava.

MATERIELS ET METHODES

Méthode d'échantillonnage

La méthode utilisée est le transect multi variable à type d'échantillonnage systématique. La ligne de transect mesure 100m de long et est positionnée perpendiculairement à la mer ou parallèle à la grande pente. On fait alors des relevées par ligne et par surface à l'aide des mesures de diamètre à hauteur de la poitrine ou DHp (en cm), la hauteur fût (HΦ en cm) et la longueur totale (HT en cm).

Ces mesures permettent d'analyser la composition des peuplements et d'identifier les variations structurales des mangroves dans les zones étudiées.

L'inventaire a été effectué dans trois principaux habitats caractéristiques des mangroves : boue, boue sableuse et boue rocheuse. Cette classification permet d'examiner l'influence des conditions édaphiques sur la croissance et la distribution des espèces inventoriées.

Méthode d'analyse et de traitement des données

L'inventaire spécifique des mangroves dans les districts d'Antsohihy et d'Analalava, basé sur les indicateurs DHP, HΦ et HT ainsi que la classification des arbres, permet d'appliquer plusieurs types d'analyses statistiques et écologiques afin d'interpréter la structure et la dynamique des peuplements. Voici quelques méthodes d'analyse déployées

Indice de diversité

L'analyse de la diversité des espèces est essentielle pour évaluer la composition et la richesse des communautés écologiques présentes sur un site. Elle repose sur plusieurs indices qui permettent de quantifier la diversité en tenant compte à la fois du nombre d'espèces (richesse spécifique) et de la répartition des individus entre ces espèces (uniformité de la répartition). Les principaux indices de diversité des espèces utilisés dans cette étude sont les suivants :

L'indice de Simpson (D)

Cet indice mesure la probabilité que deux individus tirés au hasard dans une communauté appartiennent à la même espèce. Un indice élevé de Simpson indique une faible diversité, car une grande proportion des individus appartient à une seule espèce. Il est calculé comme suit :

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Avec p_i est la proportion d'individus appartenant à l'espèce i .

Cet indice est souvent utilisé pour évaluer la domination d'une ou plusieurs espèces dans une communauté. Il est sensible à l'abondance des espèces dominantes.

L'indice de Shannon-Wiener (H')

Cet indice mesure la diversité en prenant en compte à la fois le nombre d'espèces et leur abondance relative. Un indice de Shannon élevé indique une plus grande diversité, tandis qu'un indice faible indique une domination d'une ou quelques espèces. Il est calculé selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Où p_i est la proportion d'individus de l'espèce i dans l'échantillon total, et S est le nombre total d'espèces.

L'indice de Shannon-Wiener (H') est compris entre 0 et $\ln(S)$, où S est le nombre d'espèces dans la communauté étudiée.

- $H' = 0$: Cela signifie qu'il n'y a qu'une seule espèce dans la communauté, ce qui indique une absence de diversité.

- H' maximal ($\ln(S)$) : L'indice atteint sa valeur maximale lorsque toutes les espèces sont présentes en proportions égales, c'est-à-dire une diversité maximale et une répartition équitable des individus entre les espèces.

Cet indice donne une estimation de la diversité des espèces en tenant compte de l'équité dans la répartition des individus entre les espèces. Cet indice est couramment utilisé pour étudier la biodiversité dans divers types de communautés écologiques (Magurran, 1988).

Indice de Pielou (J')

L'indice de **Pielou (J')** est un indice de **l'équité** dans la répartition des individus entre les différentes espèces d'une communauté. Il permet de quantifier à quel point les individus d'une communauté sont uniformément répartis entre les espèces présentes. Un indice élevé (proche de 1) indique que les individus sont bien répartis entre les espèces, tandis qu'un indice faible (proche de 0) suggère qu'une ou quelques espèces dominent la communauté. Pielou a souligné que la diversité ne se limite pas seulement au nombre d'espèces, mais aussi à la manière dont ces espèces sont réparties en termes d'abondance. Une grande diversité peut exister dans une communauté où une ou quelques espèces dominent en nombre d'individus, mais cela ne signifie pas nécessairement que la communauté est équitable. L'indice de Pielou est donc devenu un des indices fondamentaux pour analyser l'équité au sein des communautés écologiques et est toujours largement utilisé dans les études écologiques modernes.

L'indice de Pielou est calculé à partir de l'indice de Shannon-Wiener (H') et du nombre d'espèces S présentes dans la communauté, selon la formule suivante :

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Avec:

- H' est l'indice de diversité de Shannon, qui mesure l'incertitude ou l'entropie associée à la répartition des individus parmi les espèces.

- S est le nombre total d'espèces dans l'échantillon ou la zone étudiée.

- $\ln(S)$ est le logarithme népérien du nombre d'espèces, représentant la diversité maximale possible dans la communauté (lorsque toutes les espèces sont équitablement représentées).

L'indice de Pielou est compris entre 0 et 1 :

- $J' = 1$: Les individus sont répartis de manière parfaitement équitable entre toutes les espèces, c'est-à-dire qu'aucune espèce ne domine.

- $J' < 1$: Il existe une dominance dans la répartition des individus entre les espèces, une ou plusieurs espèces sont plus abondantes que d'autres.

- $J' = 0$: Un seul individu appartient à une espèce, toutes les autres espèces étant absentes. Dans ce cas, il n'y a pas de diversité dans la répartition.

Méthodes statistiques déployés

Analyse descriptive et statistique des paramètres dendrométriques

Une première approche consiste à effectuer des analyses statistiques descriptives (moyenne, écart-type, médiane) pour caractériser la distribution des DHP, HΦ et HT au sein des mangroves étudiées. La classification des arbres en trois catégories (petites, jeunes et gros arbres) sera comparée en utilisant des analyses de fréquences et des histogrammes.

Analyse de la structure des peuplements (Distribution des tailles)

L'analyse de la distribution des tailles d'arbres par classes de DHP est essentielle pour comprendre la dynamique de régénération des mangroves (Dahdouh-Guebas et al., 2005). Une distribution en "J inversé" indique une bonne régénération naturelle, tandis qu'une distribution en "cloche" ou asymétrique peut suggérer une exploitation excessive des gros arbres ou un faible taux de recrutement des jeunes individus.

1988).

Analyse de variance (ANOVA)

L'ANOVA ou les tests non paramétriques (Kruskal-Wallis) seront utilisés pour comparer les dimensions des arbres (DHP, HΦ et HT) entre les différents habitats (boue, boue sableuse et boue rocheuse) et entre les districts (Antsohihy et Analalava). Cela permet de détecter des différences significatives dans les conditions de croissance en fonction des substrats et des zones géographiques.

L'analyse de la variance (ANOVA) est une méthode statistique permettant de comparer les moyennes de plusieurs groupes afin de déterminer si des différences significatives existent entre eux. Elle repose sur la décomposition de la variance totale en une variance intergroupes, qui reflète la variabilité entre les groupes, et une variance intra-groupes, qui représente la dispersion au sein de chaque groupe. Son

principal objectif est d'évaluer si la variation observée entre les groupes est plus grande que ce qui serait attendu par le simple effet du hasard. Dans l'analyse des mangroves, l'ANOVA peut être utilisée pour comparer les dimensions des arbres (DHP, HΦ, HT) entre différents types d'habitats (boue, boue sableuse, boue rocheuse) ou entre les districts étudiés (Antsohihy et Analalava).

L'ANOVA repose sur plusieurs hypothèses essentielles pour assurer la validité des résultats. Tout d'abord, les observations doivent être indépendantes, ce qui signifie que les mesures d'un groupe ne doivent pas influencer celles d'un autre groupe. Ensuite, l'homogénéité des variances entre les groupes est requise, ce qui peut être testé avec le test de Levene. Enfin, l'ANOVA classique suppose une distribution normale des résidus (et non des données brutes), mais cette condition est plus flexible selon le nombre d'échantillons. Lorsque la taille des groupes est relativement grande ($n > 30$ par groupe), le théorème central limite garantit que la statistique de test suit approximativement une loi normale, ce qui rend l'hypothèse de normalité moins contraignante. En revanche, si la taille des échantillons est faible, il est nécessaire de vérifier la normalité des résidus avec des tests comme le test de Shapiro-Wilk.

Les hypothèses sont formulées comme suit :

- **Hypothèse nulle (H_0)** : Il n'existe pas de différence significative entre les moyennes des dimensions des espèces entre les différents groupes ou catégories étudiés. Autrement dit, toutes les moyennes des groupes comparés (par exemple, boue, boue sableuse, boue rocheuse ou Antsohihy, Analalava) sont égales.

$$H_0: \mu_{\text{Groupe 1}} = \mu_{\text{Groupe 2}} = \dots \mu_{\text{Groupe k}}$$

- **Hypothèse alternative (H_1)** : Il existe une différence significative entre au moins deux des moyennes des groupes comparés. Autrement dit, au moins un groupe a une moyenne significativement différente des autres.

H_1 : Au moins une moyenne des groupes est différente.

L'interprétation des résultats de l'ANOVA repose sur la valeur du test F et son seuil de signification (p-value). Si la p-value est inférieure à un seuil donné (généralement $\alpha = 0,05$), cela indique qu'au moins une différence significative existe entre les groupes comparés. Cependant, l'ANOVA ne précise pas directement quels groupes diffèrent les uns des autres. Pour cela, des tests post-hoc, tels que le test de Tukey ou de Bonferroni, sont utilisés afin d'identifier les comparaisons spécifiques responsables de ces différences. Par exemple, si une analyse révèle que le DHP varie significativement selon le type de substrat, un test post-hoc pourra indiquer précisément si cette différence concerne, par exemple, la boue rocheuse par rapport à la boue sableuse. Ainsi, l'ANOVA est une approche efficace pour comprendre les variations des peuplements de mangroves et leur réponse aux facteurs environnementaux.

Le test de Student pour échantillons indépendants est une méthode statistique permettant de comparer les moyennes de deux groupes distincts afin de déterminer si elles diffèrent de manière significative. Cette approche est particulièrement utile lorsqu'on souhaite analyser si une variable quantitative, comme la dimension des espèces de mangroves (DHP, HΦ, HT), varie significativement entre deux districts, en l'occurrence Antsohihy et Analalava. L'objectif principal du test est d'évaluer si les différences observées entre les groupes sont le résultat du hasard ou si elles reflètent une distinction réelle entre les populations étudiées.

Le test de Student repose sur plusieurs hypothèses fondamentales. Tout d'abord, les échantillons doivent être indépendants, c'est-à-dire qu'aucune observation d'un groupe ne doit influencer celles de l'autre groupe. Ensuite, les données doivent suivre une distribution normale dans chaque groupe. Cette hypothèse peut être vérifiée à l'aide de tests comme le test de Shapiro-Wilk. Cependant, lorsque la taille des échantillons est suffisamment grande ($n > 30$ par groupe), la normalité n'est plus une condition stricte grâce au théorème central limite. Enfin, une hypothèse d'homogénéité des variances entre les groupes est généralement requise, ce qui peut être testé par le test de Levene. Si cette condition n'est pas respectée, une variante du test de Student, appelée test de Welch, est utilisée, car elle corrige l'effet des variances inégales sur la comparaison des moyennes.

Les hypothèses du test peuvent établir comme les suivantes :

- Hypothèse nulle (H_0) : Il n'existe pas de différence significative entre les moyennes des dimensions des espèces de mangroves entre les deux districts. Autrement dit, la taille moyenne des arbres (DHP, HΦ, HT) est identique entre Antsohihy et Analalava.

$$\mu_{\text{Antsohihy}} = \mu_{\text{Analalava}}$$

- Hypothèse alternative (H_1) : Il existe une différence significative entre les moyennes des dimensions des espèces de mangroves entre les deux districts. Cela signifie que la taille moyenne des arbres diffère entre Antsohihy et Analalava.

$$\mu_{\text{Antsohihy}} \neq \mu_{\text{Analalava}}$$

Avec $\mu_{\text{Antsohihy}}$ et $\mu_{\text{Analalava}}$ sont respectivement moyennes des dimensions des espèces de mangroves dans les deux districts.

L'interprétation des résultats repose sur la valeur du test t et la p-value associée. Si la p-value est inférieure au seuil de signification (généralement fixé à $\alpha = 0,05$), cela indique qu'il existe une différence significative entre les deux groupes comparés. En d'autres termes, si le test est appliqué à la dimension des mangroves entre Antsohihy et Analalava, une p-value inférieure à 0,05 signifierait que la taille moyenne des arbres diffère significativement entre les deux districts. En revanche, si la p-value est supérieure à ce seuil, cela suggère qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes, et que les variations observées peuvent être dues au hasard. Ce test constitue ainsi un outil pertinent pour vérifier l'hypothèse selon

laquelle les conditions environnementales ou les pressions anthropiques influencent la croissance des mangroves dans les deux districts étudiés.

Analyse de corrélation

L'analyse de corrélation est une méthode statistique utilisée pour évaluer la force et la direction de la relation linéaire entre deux variables quantitatives. Elle permet de déterminer dans quelle mesure les variations d'une variable sont associées aux variations d'une autre variable. Le coefficient de corrélation de Pearson, noté "r", est le plus couramment utilisé pour quantifier cette relation. Il varie de -1 à +1, où -1 indique une relation négative parfaite, +1 une relation positive parfaite, et 0 aucune relation linéaire.

La formule du coefficient de corrélation de Pearson (r) est la suivante :

$$r = \frac{n \sum(xy) - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Avec :

- n est le nombre d'observations
- $\sum x$ est la somme des valeurs de la variable x
- $\sum y$ est la somme des valeurs de la variable y
- $\sum xy$ est la somme des produits des valeurs de x et y,
- $\sum x^2$ est la somme des carrés des valeurs de x
- $\sum y^2$ est la somme des carrés des valeurs de y.

L'analyse de corrélation est basée sur plusieurs hypothèses fondamentales, telles que la normalité des distributions des variables et la linéarité de la relation entre elles. Elle peut être effectuée en fonction de la nature des variables (corrélation de Pearson pour des variables continues et corrélation de Spearman ou Kendall pour des variables ordinales ou non paramétriques). Une valeur élevée de "r" (proche de +1 ou -1) indique une forte relation entre les variables, tandis qu'une valeur proche de 0 suggère une relation faible ou inexistante. Cependant, la corrélation ne signifie pas causalité; deux variables peuvent être corrélées sans qu'une cause directement l'autre.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'inventaire forestier réalisé permet d'évaluer la composition spécifique, la structure et la diversité des peuplements forestiers étudiés. Cette section présente les principaux résultats obtenus, mettant en évidence la répartition des espèces recensées, les indicateurs dendrométriques essentiels à l'analyse de la structure forestière, ainsi que les indices de diversité permettant d'évaluer la richesse et l'hétérogénéité des peuplements.

Dans un premier temps, nous analyserons la **répartition des espèces** afin de déterminer leur abondance relative et leur distribution au sein des sites étudiés.

Ensuite, nous examinerons les **indicateurs dendrométriques**, tels que le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), la hauteur totale (HT) et la hauteur commerciale (HΦ), qui sont des paramètres clés pour caractériser la structure des peuplements et évaluer leur potentiel de croissance. Enfin, nous présenterons les **indices de diversité des espèces**, permettant d’apprécier la richesse spécifique et l’équilibre de la répartition des espèces dans les habitats étudiés.

Répartition par espèces

Répartition des espèces par district

Tableau IV. Répartition en nombre des espèces de mangroves inventoriées dans les districts d'Analalava et d'Antsohihy

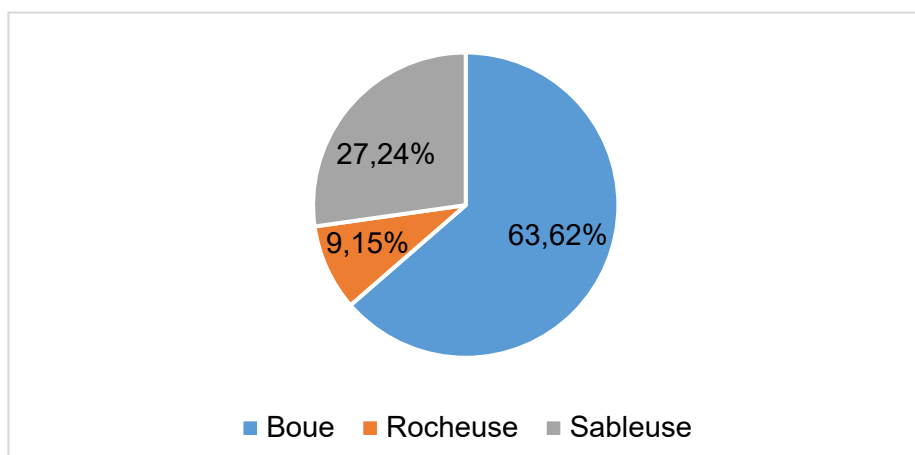
Espèces	District		Total
	Analalava	Antsohihy	
<i>Avicennia marina</i>	980	240	1220
<i>Bruguiéra gymnorhiza</i>	53	12	65
<i>Ceriops tagal</i>	612	302	914
<i>Heritzeria littoralis</i>	20	12	32
<i>Lumnitzeria racemosa</i>	107	153	260
<i>Rhizophora mucronata</i>	582	446	1028
<i>Sonneratia alba</i>	35	85	120
<i>Xylocarpus granatum</i>	39	225	264
Total	2428	1475	3903

Les résultats du Tableau ci-dessus montrent que le district d'Antsohihy présente un nombre total d'espèces inventoriées de 1475, contre 2428 pour le district d'Analalava, ce qui indique une plus grande abondance d'espèces dans ce dernier. Les espèces les plus abondantes dans les deux districts sont *Rhizophora mucronata* et *Avicennia marina*, avec respectivement 1028 et 1220 individus, représentant une part importante du total des espèces inventoriées.

Répartition des espèces par habitat

Par rapport à l'habitat, la Figure ci-dessous montre la répartition des espèces inventoriées, avec une prédominance de l'habitat boue (63,62 %), suivi de l'habitat sableux (27,24 %) et de l'habitat rocheux (9,15 %). Cette répartition suggère que la majorité des espèces étudiées se trouvent dans des habitats boueux, tandis que les habitats sableux et rocheux sont moins représentés.

Figure 7. Répartition des espèces inventoriées par type d'habitat.



Répartition des espèces par dimension

Tableau II. Répartition des espèces inventoriées par dimension d'arbre (en pourcentage de la colonne)

		District		
Dimension		Analalava	Antsohihy	Total
Gros arbre	% par colonne	6.8%	4.8%	6.0%
Jeunes arbres	% par colonne	14.3%	24.7%	18.3%
Petits arbres	% par colonne	78.9%	70.4%	75.7%
Total	% par colonne	100.0%	100.0%	100.0%

Les résultats montrent une forte prépondérance des petits arbres dans les deux districts, avec 78,9 % à Analalava et 70,4 % à Antsohihy, représentant un total de

75,70 % des arbres inventoriés. Les jeunes arbres représentent également une proportion significative, avec 14,3 % à Analalava et 24,7 % à Antsohihy, soit un total de 18,30 %. En revanche, la proportion de gros arbres est relativement faible dans les deux districts, atteignant seulement 6,8 % à Analalava et 4,80 % à Antsohihy, pour un total général de 6,00 %. Ces résultats suggèrent une dominance des jeunes et petites arbres dans les deux zones étudiées, avec une représentation limitée des gros arbres.

Répartition des espèces par sites d'inventaire

Le tableau ci-dessous présente la répartition des espèces par district en fonction des différents sites d'inventaire.

Tableau III. Répartition des espèces par district par rapport aux sites d'inventaire

District/Sites	Effectif
Analalava	2428
Ambarijeby	255
Ampasimpitily	415
Antafiatambalaka	292
Bevoay	652
Lanamena	466
Marovato	348
Antsohihy	1475
Ambalahonko	575
Ambiky	20
Androibe	325
Antafiamadamo	221
Antafiampatza	294
Antanimbaribe	40
Total général	3903

La répartition des espèces varie considérablement selon les sites, avec un total de **2428** espèces recensées dans le district d'Analalava et **1475** dans celui d'Antsohihy. Les sites d'Ambalahonko (575 espèces) et Bevoay (652 espèces) présentent les effectifs les plus élevés, tandis qu'Ambiky (20 espèces) affiche la plus faible diversité. En somme, ces résultats montrent une hétérogénéité dans la distribution des espèces selon les sites et les districts.

Présentation des indicateurs dendrométriques

Diamètre à hauteur de poitrine DHP

Les statistiques descriptives des trois catégories d'arbres : gros arbres, jeunes arbres, et petits arbres révèlent des différences marquées dans la structure de taille de la population de mangroves étudiée.

Tableau IV. Statistiques descriptives des différentes catégories de taille des arbres (DHP)

	GROS ARBRES	JEUNES ARBRES	PETITS ARBRES
N	46	128	130
Moyenne	45.1	16.3	5.53
Écart-type	21.1	4.89	2.50
Minimum	7.00	10.0	0.500
Maximum	120	28.0	10.0

Les **gros arbres**, avec une taille moyenne de 45,1 cm et une plage de tailles allant de 7 à 120 cm, sont relativement rares (46 individus) par rapport aux autres catégories. L'écart-type élevé de 21,1 cm indique une grande variabilité dans les tailles de cette catégorie, ce qui suggère que bien que certains arbres atteignent une taille assez importante, la plupart restent de taille modeste en comparaison à l'arbre le plus grand. Cette dispersion pourrait être indicative d'une forte hétérogénéité dans l'âge ou dans les conditions de croissance des gros arbres.

En revanche, les **jeunes arbres** montrent une structure de taille plus homogène, avec une moyenne de 16,3 cm et une plage de 10 à 28 cm. L'écart-type plus faible de 4,89 cm par rapport aux gros arbres signale une distribution des tailles plus concentrée autour de la moyenne, ce qui montre que la majorité des jeunes arbres

sont assez similaires en taille. Cette homogénéité suggère que la population de jeunes arbres pourrait être plus cohérente en termes d'âge ou de conditions environnementales, et qu'ils sont dans une phase de croissance plus uniforme. Les jeunes arbres représentent également une part importante de la population, avec 128 individus, ce qui peut refléter un renouvellement actif au sein de l'écosystème.

Les **petits arbres**, avec une taille moyenne de 5,53 cm, constituent également une grande partie de la population, avec 130 individus. Bien que la plage de tailles soit plus étroite (0,5 à 10 cm) et l'écart-type faible (2,5 cm), cette catégorie est dominée par de jeunes individus, ce qui pourrait indiquer une phase de colonisation ou de régénération dans l'écosystème. Ces petits arbres sont essentiellement dans une phase précoce de développement et montrent peu de variabilité dans leurs tailles. Leur nombre élevé, combiné à une faible variation de taille, pourrait indiquer une dynamique de croissance rapide ou une forte reproduction dans la zone étudiée.

Comparativement, les **gros arbres** sont moins nombreux et plus dispersés en termes de taille, tandis que les **jeunes arbres** et les **petits arbres** sont plus homogènes et représentent la majorité de la population. Cela peut suggérer que l'écosystème est encore dans une phase dynamique de régénération, où les jeunes individus dominent, mais que les arbres matures, bien que moins nombreux, pourraient jouer un rôle important dans la structure écologique à long terme. Ce type de répartition pourrait être lié à des facteurs environnementaux spécifiques, à des cycles de reproduction ou à des processus écologiques influençant la croissance et la survie des différentes classes d'âge.

Hauteur du fût (HΦ) des espèces

Le tableau ci-dessous présente les statistiques descriptives de la hauteur de fût (HΦ) selon les catégories de taille des arbres dans les mangroves étudiées.

Tableau V. Statistiques descriptives de la hauteur de fût (HΦ)

	HΦ_GROS ARBRES	HΦ_JEUNES ARBRES	HΦ_PETITES ARBRES
N	46	127	102
Moyenne	1.48	1.22	0.838
Écart-type	0.632	0.503	0.440
Minimum	1.00	0.500	0.00
Maximum	3.00	3.00	2.50

La hauteur de fût (HΦ) moyenne diminue progressivement des gros arbres (1,48 m) vers les jeunes arbres (1,22 m) et les petits arbres (0,838 m), reflétant une transition naturelle dans le développement des mangroves. L'écart-type plus élevé chez les gros arbres (0,632) indique une plus grande variabilité de hauteur dans cette catégorie, tandis que la distribution des jeunes et petites arbres est plus homogène, suggérant une croissance plus uniforme dans ces classes.

Hauteur totale (HT) des espèces par catégorie des arbres

Le tableau ci-dessous présente les statistiques descriptives de la hauteur totale (HT) des arbres selon leur catégorie de taille.

Tableau VI. Statistiques descriptives de la Hauteur totale (HT)

	HT_GROS ARBRES	HT_JEUNES ARBRES	HT_PETITS ARBRES
N	45	128	127
Moyenne	6.02	4.42	2.39
Ecart-type	1.67	1.42	1.01
Minimum	2	2.00	0.500
Maximum	12	8.00	5.00

La hauteur totale (HT) moyenne des arbres suit une tendance décroissante des gros arbres (6,02 m) aux jeunes arbres (4,42 m) et aux petites arbres (2,39 m), reflétant les différences de développement entre les classes de taille. L'écart-type plus élevé chez les gros arbres (1,67) indique une variabilité plus marquée de leur hauteur, tandis que les jeunes et petites arbres présentent une distribution plus homogène.

Indices de diversité des espèces

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') calculé pour les 8 espèces de mangroves présentes dans les sites étudiés, offrant ainsi une évaluation de la diversité spécifique et de la répartition des individus entre les espèces.

Tableau VII. Indice de Shannon-Wiener (H')

<i>Espèces</i>	Effectif	pi	ln(pi)	pi*ln(pi)	H'
----------------	----------	----	--------	-----------	----

<i>Avicennia marina</i>	1220	0,3126	-1,1629	-0,3635	0,3635
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	65	0,0167	-4,0951	-0,0682	0,0682
<i>Ceriops tagal</i>	914	0,2342	-1,4517	-0,3400	0,3400
<i>Heritzeria littoralis</i>	32	0,0082	-4,8038	-0,0394	0,0394
<i>Lumnitzeria racemosa</i>	260	0,0666	-2,7088	-0,1804	0,1804
<i>Rhizophora mucronata</i>	1028	0,2634	-1,3341	-0,3514	0,3514
<i>Sonneratia alba</i>	120	0,0307	-3,4820	-0,1071	0,1071
<i>Xylocarpus granatum</i>	264	0,0676	-2,6936	-0,1822	0,1822
TOTAL	3903	1,0000			1,6321

Source : Auteur (2025)

L'indice de Shannon-Wiener (H') de 1,6321 pour une communauté de 8 espèces de mangroves indique une diversité modérée à élever. Cette valeur est proche de la valeur maximale possible de 2,08 ($\ln(8)$), ce qui suggère une répartition assez équilibrée des individus parmi les différentes espèces présentes dans l'écosystème. Bien que l'indice n'atteigne pas la valeur maximale, il montre néanmoins que les espèces de la communauté, telles que *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal*, et les autres, ont une abondance relativement uniforme. Cela indique une diversité favorable à la stabilité écologique, où aucune espèce ne domine de manière significative.

L'indice H' de 1,6321 signifie également que, bien qu'il puisse y avoir une légère dominance de certaines espèces en termes d'abondance, la répartition globale des individus reste relativement équilibrée. Cela implique que les 8 espèces observées coexistent de manière saine et que l'écosystème ne présente pas une forte hiérarchie entre les espèces. Une telle répartition est généralement considérée comme positive, car elle évite que quelques espèces n'envahissent le milieu au détriment des autres, favorisant ainsi une biodiversité soutenue.

En comparaison avec d'autres communautés écologiques ou d'autres types de mangroves, une valeur de H' proche de 2,08 est généralement associée à des écosystèmes très diversifiés, où toutes les espèces sont presque également représentées. Avec une valeur de 1,6321, la communauté de mangroves présente un bon niveau de diversité, ce qui est favorable à sa résilience et à sa capacité à s'adapter aux changements environnementaux. Toutefois, cela suggère aussi que des efforts peuvent être nécessaires pour maintenir ou améliorer l'équité de la répartition des espèces si la dominance d'une ou deux espèces devient plus marquée dans le futur.

Ce résultat nous permet de calculer l'indice de Pielou 'J' en divisant l'indice de Shannon-Wiener (H') sur ln(S) égale à 2,07 :

$$J' = \frac{1,6321}{2,07} = 0,7849$$

Une valeur de 0,7849 signifie que la répartition des individus entre les espèces est relativement équilibrée, bien qu'il puisse y avoir une légère dominance d'une ou deux espèces.

Cette valeur montre que la communauté étudiée possède une répartition assez uniforme, mais pas parfaitement égale. En d'autres termes, bien que certaines espèces puissent être plus abondantes que d'autres, l'écart entre les abondances des espèces n'est pas très marqué. Cette situation est généralement favorable à la stabilité écologique de l'écosystème, car une certaine équité dans la distribution des individus contribue à la résilience du système face aux perturbations environnementales.

En résumé, un indice de Pielou de 0,7849 suggère une diversité relativement bien équilibrée, mais avec une légère variation dans l'abondance des différentes espèces de mangrove.

Pour déterminer quelles sont les espèces les plus abondantes dans cette région étudiée, nous pouvons calculer l'abondance relative des espèces, tel que :

$$Abondance\ relative = \left(\frac{N_i}{N_T} \right) * 100$$

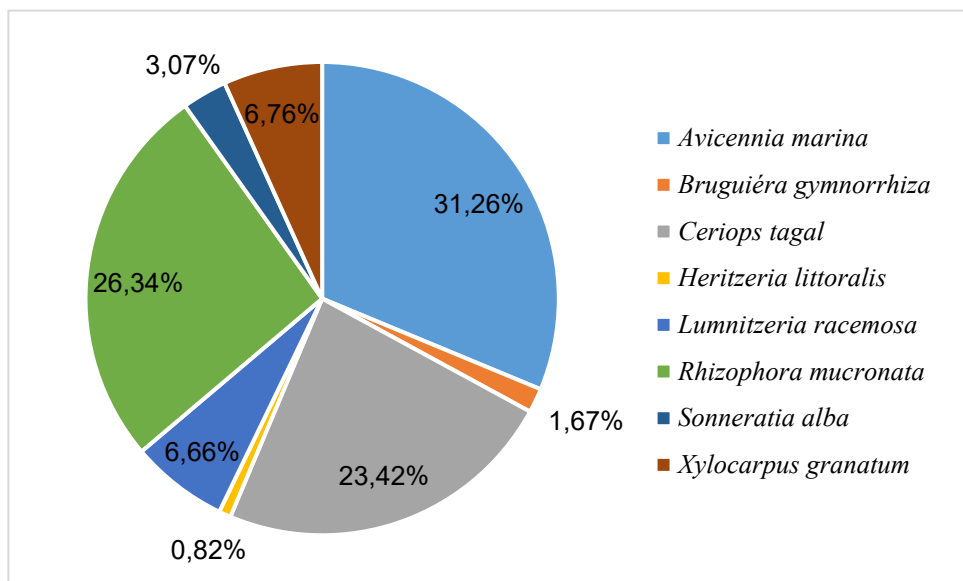
Où :

- N_i Nombre d'individus de l'espèce i
- N_T = Nombre total d'individus de toutes les espèces

Cette formule donne l'abondance de l'espèce i en pourcentage par rapport au total des individus présents dans la communauté étudiée.

D'après les résultats présentés dans la Figure ci-dessous, nous observons une répartition de l'abondance relative des différentes espèces de mangroves sur le site étudié. L'espèce la plus abondante est *avicennia marina* avec 31,26% de l'abondance totale, suivie de *rhizophora mucronata* avec 26,34%, et de *Ceriops tagal* avec 23,42%. Ces trois espèces dominent largement la communauté, représentant à elles seules près de 81% de l'ensemble des individus recensés.

Figure 2. Abondance relative des différentes espèces de mangroves



En revanche, les autres espèces présentent des abondances relativement faibles. *Xylocarpus granatum* suit avec **6,76%**, tandis que *Lumnitzeria racemosa* a une abondance de **6,66%**. Les autres espèces, telles que *Sonneratia alba* (3,07%), *Bruguiera gymnorrhiza* (1,67%) et *Heritiera littoralis* (0,82%), montrent des proportions nettement plus faibles dans la communauté.

Ces données montrent que la diversité de la communauté est dominée par quelques espèces, tandis que les autres sont moins représentées. Les trois premières espèces, avec des abondances relativement élevées, ont une influence majeure sur la structure de l'écosystème mangrove, tandis que les autres espèces peuvent jouer un rôle complémentaire ou de support.

DISCUSSIONS

Influence de la taille des arbres et des conditions environnementales

Les résultats de l'analyse montrent qu'il existe une différence significative entre les dimensions des arbres en termes de DHP, comme l'indique l'ANOVA ($p < 0,001$). Les gros arbres ont montré un DHP moyen de 45,11 cm, tandis que les jeunes arbres et les petits arbres avaient des DHP moyens respectifs de 16,35 cm et 5,53 cm. Ce résultat est cohérent avec les travaux de Xiong et al. (2019), qui ont montré que la croissance du DHP des mangroves suit une tendance où les plus grands arbres accumulent davantage de biomasse en raison de leur maturité et de leur accès prolongé aux ressources. De plus, ils soulignent que l'augmentation du DHP avec l'âge est un indicateur clé du stockage du carbone dans les écosystèmes de mangroves, ce qui met en évidence l'importance de la conservation des arbres matures.

Concernant l'impact de l'habitat, l'ANOVA a également révélé des différences significatives entre les habitats boueux, sableux et rocheux ($p < 0,001$). Les mangroves situées dans les habitats boueux ont présenté un DHP moyen de 14,63 cm, tandis que celles des habitats rocheux et sableux avaient des DHP respectifs de 30,04 cm et 6,94 cm. Cette tendance rejoint les observations de Xiong et al. (2019), qui ont mis en évidence que les substrats riches en matière organique, comme les sols boueux, favorisent une meilleure croissance des arbres en raison de leur forte capacité à retenir l'eau et les nutriments. En revanche, les mangroves situées sur des substrats sableux ou rocheux sont souvent confrontées à des conditions de stress hydrique et à une disponibilité réduite en nutriments, limitant ainsi leur développement. Ces résultats soulignent l'importance du type de substrat dans la dynamique de croissance des mangroves et appuient les recommandations en faveur de la préservation des habitats favorables à leur expansion.

Hauteur des arbres HΦ en fonction de l'habitat

Les résultats de l'ANOVA sur la hauteur HΦ en fonction des différents habitats (boue, rocheuse et sableuse) montrent des différences significatives ($p < 0,001$), avec des moyennes respectives de 0,99 pour l'habitat boueux, 1,66 pour l'habitat rocheux et 1,02 pour l'habitat sableux. Ces résultats indiquent que l'habitat joue un rôle essentiel dans la variation de la hauteur des arbres à une certaine hauteur du tronc (HΦ). Il est intéressant de noter que l'habitat rocheux semble favoriser des arbres plus hauts en comparaison avec les habitats boueux et sableux.

Ces résultats sont en accord avec ceux d'études précédentes, telles que celle de Robert et al. (2015) menée au Madagascar, qui ont trouvé que les conditions du sol, en particulier la texture et la composition, influencent la croissance des mangroves. Les chercheurs ont montré que les mangroves situées dans des sols riches en nutriments, comme ceux des zones boueuses, tendent à avoir une hauteur plus élevée que celles situées dans des sols sableux et rocheux. Cependant, ils ont également souligné que des habitats plus denses, comme les sols rocheux, peuvent conduire à une croissance réduite de la végétation en raison du manque d'espace pour l'enracinement et la compétition accrue. Laffoley et Möller (2016), dans leur étude en Indonésie, ont également observé des différences significatives entre les mangroves en fonction des substrats, notant que des sols riches en nutriments favorisent une croissance supérieure des arbres.

Comparativement à notre étude, les résultats confirment l'importance des conditions du sol dans la croissance des mangroves, mais la différence majeure réside dans la tendance observée pour l'habitat rocheux, qui, dans notre étude, montre une hauteur moyenne plus élevée que les autres habitats. Ce phénomène pourrait être dû à la spécificité du site d'étude ou à des facteurs environnementaux locaux non pris en compte dans les recherches antérieures. Cela pourrait suggérer que, dans certaines régions, la nature du sol rocheux pourrait offrir des avantages particuliers, tels que des microhabitats ou des nutriments supplémentaires, ce qui mérite d'être étudié plus en profondeur.

CONCLUSION

L'écosystème de mangrove de la Région Sofia a subi d'importantes pressions et la plus importante est la pression anthropique ce qui entraîne une dégradation et a par conséquent un impact négatif sur les services éco systémiques rendus par ces dernières de même que leur productivité.

Bien que les résultats de notre étude et ceux de Robert et al. (2015) et Laffoley et Möller (2016) montrent des tendances similaires quant à l'influence de l'habitat sur la croissance des arbres, des différences spécifiques liées aux sites d'étude doivent être prises en compte pour une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents et une étude plus approfondie des sols et des conditions locales est nécessaire pour enrichir les résultats.

L'analyse des données recueillies a montré que les gros arbres ont une taille moyenne de 45,1 cm et sont relativement rares, les jeunes arbres montrent une structure de taille plus homogène, avec une taille moyenne de 16,3 cm et enfin les petits arbres ont une taille moyenne de 5,53 cm et constituent une grande partie de la population, avec 130 individus.

La hauteur des arbres suit une tendance décroissante des gros arbres (6,02 m), aux jeunes arbres (4,42 m) et aux petits arbres (2,39 m), reflétant les différences de développement entre les classes de taille.

L'indice de Shannon-Wiener (H') de 1,6321, proche de la valeur maximale possible de 2,08 ($\ln(8)$) suggère une répartition assez équilibrée des individus parmi les différentes espèces présentes dans l'écosystème. Donc, les 8 espèces observées coexistent de manière saine et que l'écosystème ne présente pas une forte hiérarchie entre les espèces. Une telle répartition est généralement considérée comme positive, car elle évite que quelques espèces n'envahissent le milieu au détriment des autres, favorisant ainsi une biodiversité soutenue.

Toutefois, du fait de l'importance écologique et économique de cet écosystème, il est recommandé d'élaborer un plan d'aménagement adéquat prenant en compte des résultats de la présente étude pour éviter une surexploitation.

REFERENCES:

- 1) Alongi, D. M. (2007). *Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change*.
- 2) Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L. P., Di Nitto, D., Bosire, J. O., Seen, D. L., & Koedam, N. (2005). How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? *Current Biology*, 15(12), R443–R447.
- 3) Shannon, C. E., & Wiener, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- 4) Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- 5) WIOMSA. (2013). *Mangrove status and management in the WIO region: Madagascar*.

- 6) WWF. (2013). *Adaptation au changement climatique des écosystèmes de mangroves vulnérables de Tsiribihina et Manambolo (partie Ouest de Madagascar)*.
- 7) WWF. (2022). *Les mangroves, racines de l'espoir pour Madagascar*.
- 8) Xiong, Y., Fan, H., Lin, G., & Shang, Y. (2019). Global patterns of tree stem growth and stand aboveground wood production in mangrove forests. *Hydrobiologia*, 827, 389–406.

Ravitaillement de la ville de Toliara et ses environs en bois de construction

Par

¹RAVAOARLINE L., ²RAKOTONDRA SOA A., ³ZAFIHITA G.

¹Université de Toliara, Arts, Lettre et Sciences Humaines (ALSH), Mention Géographie, E-mail: lucieravaoarline@gmail.com, Téléphone : 034 42 715 53

²Institut Halieutique et des Sciences Marines (IHSM), Université de Toliara, Madagascar, E-mail: ananiassfelix@yahoo.fr, Téléphone. 034 41 291 20

³École Doctorale Thématique Sciences Marines et Halieutiques (EDSMH), Université de Toliara, Madagascar, E-mail: zafihita@yahoo.fr, Tél. 034 95 803 96 / 032 65 523 26

RESUME

La région Atsimo-Andrefana, dans le sud-ouest de Madagascar, connaît une dégradation rapide de son patrimoine forestier, principalement due à l'exploitation du bois de construction. Cette étude analyse les dynamiques du ravitaillement en bois dans la ville de Toliara et ses environs pour proposer une gestion durable des ressources ligneuses. La méthodologie combine des enquêtes de terrain dans les zones de prélèvement, des entretiens avec les acteurs locaux (Direction Régionale de l'Environnement et du Développement Durable, ménages, scieries-menuiseries, infrastructures hôtelières et commerçants) et une analyse documentaire. Les résultats montrent que plus de 80 % du bois consommé provient de forêts naturelles proches de Toliara, dominé par le *Hazomalany*, le *Katrafay* et le *Vory*, complétées par du bois de pin importé de *Fianarantsoa* et *Antsirabe*. Chaque année, 15 000 à 20 000 m³ de bois sont extraits, entraînant la perte de 1 500 à 2 000 hectares de forêt. Cette pression résulte de la croissance démographique, la pauvreté, de politiques publiques inadaptées, des feux de défrichement et des besoins énergétiques croissants. En 2021, la couverture forestière restante était estimée à 969 599 hectares (DREDD, 2021), avec une pénurie imminente menaçant l'approvisionnement en bois de construction. L'étude met en évidence les dynamiques spatiales de la filière bois et propose des leviers pour une gouvernance territoriale durable, incluant le renforcement des dispositifs communautaires, la promotion d'essences à croissance rapide comme l'Eucalyptus, et la structuration du marché local. Ces mesures favorisent la résilience territoriale et la transition écologique, en cohérence avec les Objectifs de Développement Durable.

Mots-clés : Ravitaillement, bois de construction, Ressources naturelles, déforestation

ABSTRACT

The *Atsimo-Andrefana* region southwestern Madagascar is facing rapid environmental degradation, primarily driven by the exploitation of construction timber. This study analyzes the dynamics of wood supply in the city of *Toliara* and its surrounding areas to inform sustainable timber and forest resource management.

The methodology combines field surveys in harvesting zones, interviews with key stakeholders (Regional Directorate for the Environment and Sustainable Development of the Southwest, households, sawmills, hotel, traders), and documentary analysis.

Result reveal that over 80% of consumed wood comes from nearby natural forest, dominated by *Hazomalany*, *Katrafay*, and *Vory*, supplemented by pine imported from *Fianarantsoa* and *Antsirabe*. Annually 15,000 to 20,000 m³ of wood are extracted, causing the loss of 1,500 to 2,000 hectares of forest. This pressure is driven by demographic growth, poverty, inadequate public policies, slash-and-burn practices, and rising energy demands.

In 2021, the remaining forest cover was estimated at 969,599 hectares (DREDD, 2021), with an imminent shortage threatening the supply of construction timber.

This study highlights spatial dynamics in the wood sector and proposes levers for sustainable governance, including strengthening community-based management, promoting fast-growing species such as *Eucalyptus*, and structuring the local market. These measures enhance territorial resilience and support ecological transition, aligning with Madagascar's Sustainable Development Goal (SDGs). The findings provide valuable insights for policymakers, stakeholders, and communities seeking to balance economic development with forest conservation.

Keyword: Wood Supply, construction, natural resources, deforestation

INTRODUCTION

Le bois, en raison de sa gratuité, de sa facilité d'accès et de ses qualités techniques, surpasse largement ses concurrents locaux. Il est également très apprécié pour son coût inférieur à celui des produits importés.

Cette étude s'inscrit dans le contexte général de la ville de Toliara, marquée par une croissance démographique qui dépasse les capacités actuelles de la production forestière. Avec ses 282 210 habitants (RGPH, 2018), cette pression démographique intensifie la demande en bois de construction.

L'analyse de la filière « bois de construction » sera abordée sous deux dimensions complémentaires : l'offre et la demande. Le processus de ravitaillement en bois de construction englobe un ensemble d'activités, allant de l'exploitation en amont, dans les forêts, jusqu'à la distribution en milieu urbain, en aval.

Cette chaîne mobilise une pluralité d'acteurs tels qu'exploitants forestiers, paysans, scieries-menuiseries, entreprises de construction, transporteurs et commerçants. Or, face à une demande croissante en ressources forestières naturelles, les modes actuels d'exploitation apparaissent inadaptés aux capacités de régénération des écosystèmes forestiers.

La recherche de bois de construction n'est pas la seule cause de la dégradation du couvert forestier. Il convient également de prendre en compte les destructions engendrées par les feux de brousse liés aux pratiques de culture sur brûlis, les défrichements illicites, ainsi que le désengagement de l'Etat dans la gestion durable de ces ressources. Bien que les textes réglementaires Malagasy (Décret n° 2017-376

sur « La politique Forestière Nationale actualisée » et la Loi n°2015-003 portant « Charte de l'Environnement Malagasy »), prévoient un encadrement strict de l'exploitation forestière et réaffirment le rôle central de l'Etat et des collectivités dans la gestion durable des forêts, les observations de terrain montrent un écart important entre la législation et sa mise en œuvre effective, notamment dans le Sud-Ouest. Dans la pratique, l'administration forestière manque souvent de moyens techniques, financiers et humains pour assurer le suivi. Ce qui aboutit à de grandes lacunes dans l'application réelle des lois et qui se traduit par un désengagement institutionnel.

Les effets combinés de ces facteurs entraînent un gaspillage massif, qui pourrait, dans quelques décennies, conduire à une pénurie, voire à une rupture totale de l'approvisionnement en bois de construction dans la ville de Toliara.

Dès lors, il apparaît urgent de mettre en place des mesures correctives et de redressement, afin de contrer la menace d'un épuisement des ressources forestières et de garantir un ravitaillement en bois de construction rationnel, durable et adapté aux besoins de la population locale.

METHODOLOGIE ET MATERIELS

Méthodologie

Localisation de la zone d'étude

Toliara est l'une des principales villes de l'île de Madagascar, capitale régionale du Sud-Ouest de l'île. Elle est située légèrement au Nord du Tropique du Capricorne, dans une zone délimitée par la plaine allongée du fleuve *Fiherenana* au nord, le plateau calcaire éocène au sud-sud-est, et la Canal de Mozambique à l'Ouest (Cf. Figure 1).

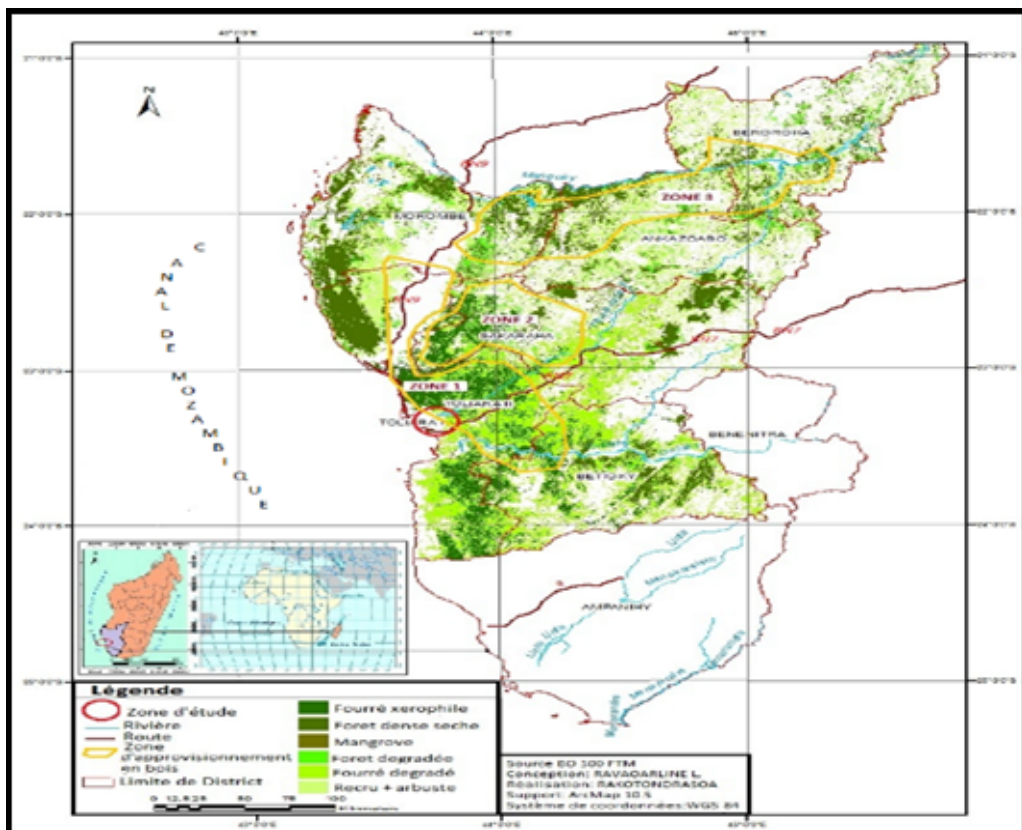


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

2.1.2 Démarches méthodologiques

2.1.2.1 Recueil bibliographique et enquête de terrain

• Recueil bibliographique

Une revue bibliographique a été réalisée à partir de sources académiques (ESSA, thèses, articles scientifiques), de rapports institutionnels (DREDD Atsimo-Andrefana, ONG locales), ainsi que de données webographiques. Cette revue a permis de situer les résultats empiriques dans une perspective théorique et comparative.

• Enquêtes de terrain

Dans un premier temps, afin d'identifier les essences de bois les plus utilisées sur le marché à Toliara, ainsi que leurs modes de valorisation, des enquêtes par questionnaire ont été menées en 2019 auprès de 20 entreprises de la filière bois implantées dans la ville. Ces investigations ont été complétées par des données issues de la DREDD.

Dans un second temps, pour cerner les préférences des consommateurs en matière de caractéristiques qualitatives et quantitatives des bois utilisés pour la construction, l'approche MARP (*Méthode Accélérée de Recherche Participative*) a été mobilisée.

Cette méthode a permis d'identifier les préférences des usagers à travers des ateliers de discussion et des exercices de classement participatif.

Les enquêtes ont été menées auprès d'un échantillon de 4 Scieries-Menuiseries, de 150 consommateurs à Toliara, ainsi que de 30 propriétaires des infrastructures hôtelières dans les environs.

Le choix des catégories d'acteurs retenues dans cette étude repose sur le rôle structurant dans la dynamique du marché local du bois de construction à Toliara et ses environs. Les quatre Scieries-Menuiseries identifiées correspondent à l'ensemble des unités formelles présentes dans la ville, ce qui permet une couverture exhaustive de l'offre locale. Les 150 consommateurs ont été sélectionnés afin de refléter la diversité des profils (particuliers, petites entreprises, artisans) et de garantir une base statistique suffisamment robuste pour l'analyse quantitative. Enfin, les 30 hôteliers représentent une proportion significative des établissements de la zone et constituent des acteurs stratégiques, en raison de leur consommation régulière et de leur influence sur la demande en matériaux de qualité.

Ainsi, la taille de l'échantillon a été déterminée en fonction de la réalité du terrain, de la disponibilité des acteurs et de la nécessité d'assurer à la fois la représentativité des données et leur exploitabilité statistique.

Les données recueillies ont ensuite fait l'objet d'analyses et traitements statistiques, afin de dégager les principales tendances et de préciser les besoins spécifiques du marché local.

Matériels

L'étude a porté sur deux catégories principales de bois de construction mobilisées dans la région de Toliara et ses environs.

D'une part, elle s'est intéressée aux essences issues des forêts naturelles du Sud-Ouest de Madagascar, qui sont exploitées par les communautés locales ainsi que par différents acteurs de la filière bois. Ces essences représentent une ressource traditionnelle. Et d'autre part, l'analyse a pris en compte les essences artificielles, en particulier le bois de pin, provenant des plantations situées dans les Hautes Terres Centrales. Ces plantations se trouvent notamment dans les régions d'*Antsirabe*, d'*Ambositra* et de *Fianarantsoa*, et leur production alimente le marché en bois de construction en complément des essences naturelles.

Ces matériaux à la fois naturels et artificiels, constituent l'objet de l'analyse, permettant de comprendre les dynamiques de ravitaillement et les interactions entre ressources locales et importées.

Outils d'analyse spécialisés

Un logiciel SIG (Système d'information Géographique) a été mobilisé pour le traitement cartographique et la visualisation spatiale des zones de prélèvement.

RESULTATS

Ravitaillement de Toliara en bois de construction

Importance du bois comme matériau de construction à Toliara-ville

Généralités sur les bois de construction

L'étude a permis d'identifier cinq types d'habitat à Toliara, classés selon la nature des matériaux de construction utilisés :

- Habitat en dur : façades en pierre, béton ou briques ;
- Habitat en tôle : murs et toiture en tôle ondulée ;
- Habitat en bois : murs en planches ;
- Habitat en torchis (ou *fotake*) : murs en boue consolidée par des trames en gaulettes ;
- Habitat en *vondro* : cases traditionnelles construites avec des matériaux locaux tels que les joncs, les perches et les gaulettes.

Cette typologie d'habitat illustre la diversité des besoins et des ressources disponibles dans la ville, où le bois occupe une place centrale, en particulier dans les constructions en bois, en torchis et en *vondro*.

Deux grandes catégories de bois sont principalement utilisées dans le domaine de la construction :

- Les bois d'œuvre qui sont de grande dimension, tels que les grumes, issus d'arbres âgés. Leur exploitation nécessite un cycle de croissance long et représente un enjeu majeur de durabilité ;
- Les bois de service : de plus petite dimension, ils proviennent d'essences à croissance rapide, souvent qualifiées de secondaires, et répondent à des besoins plus immédiats.

Cette distinction revêt une importance particulière pour comprendre les dynamiques de ravitaillement et les pressions exercées sur les ressources forestières locales.

Tableau 1. Typologie des bois de construction

TYPE DE BOIS	SECTION	DIMENSIONS
Longrine	Pièce à section carré	Coté supérieur à 10 cm ; longueur de 2 à 4m; épaisseur de 1 à 8 cm
Madrier	Pièce à section rectangulaire	Largeur de 15 à 20 cm; longueur de 2 à 4m ; épaisseur de 2 à 8cm
Planche	Pièce à faible épaisseur	Largeur de 15 cm à 20 cm ; longueur de 2 à 4m

Chevron	Pièce à section carré	Côté de 5 à 10 cm ; longueur de 2 à 4m
Perche	Pièce à section ronde avec ou sans écorce	Diamètre de 10 à 15cm
Gaulette	Pièce à section ronde avec ou sans écorce	Petites dimensions Diamètre de 4 à 8cm

Source : Enquête personnelle, 2021

Utilisation des bois dans les différents types de constructions

- Les maisons « *en bois* » utilisent le plus grand volume de bois : poutres, pannes, chevrons et voliges s’entrecroisent pour former la structure supportant le matériau de couverture.
- Dans les constructions « *en dur* », le bois est principalement utilisé les portes, les fenêtres, et plinthes apportant également une valeur esthétique.
- Les constructions *en tôle et en torchis*, intègrent le bois uniquement pour les éléments structurels tels que les portes, les fenêtres, et les poteaux de soutien.
- Les cases en « *vondro* » se distinguent par l’usage exclusif de bois ronds de faible diamètre (perches et gaulettes), notamment pour l’ossature des quatre coins de la maison.

-Essences de bois les plus utilisées

La demande des consommateurs tels que les ménages, les entreprises de construction et les propriétaires d’infrastructures hôtelières, se concentrent sur quelques essences de bois de qualité, issues principalement des forêts naturelles.

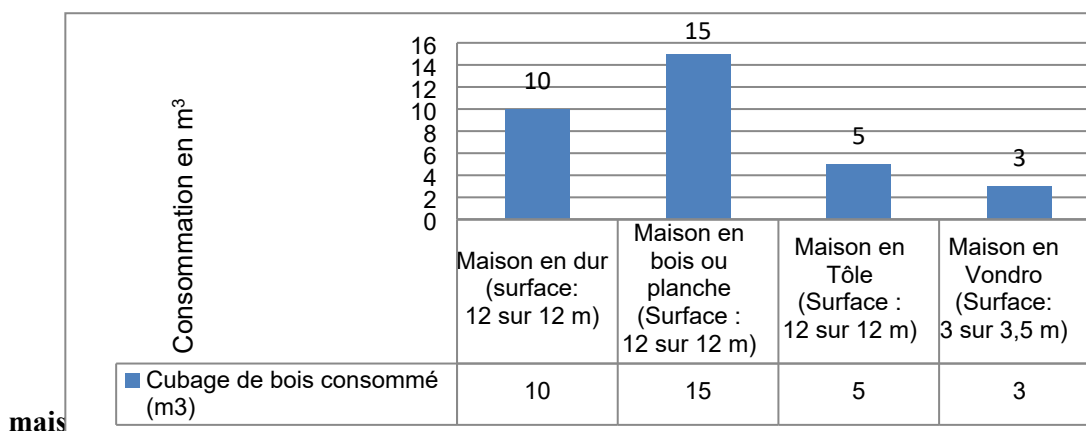
Les essences les plus recherchées par ordre d’importance, sont les suivantes :

- *Hazomalany (Hazomalania voyron)*,
- *Harofy (Commiphora arafy)*,
- *Vory (Alleanthus greveanus)*,
- *Katrafay (Cedrelopsis grevei)*, *Monongo (Zanthoxylum sp.)*
- *Nato (Capurodendron perrieri)*
- *Anakaraka (Coryza madagascariensis)*.

Par ailleurs, les bois de pin, notamment issus de plantations, gagnent en popularité grâce à leur accessibilité et leur prix compétitif, rivalisant désormais avec les essences provenant des forêts naturelles.

-Quantités globales de bois consommées pour chaque type de maison

L'estimation des volumes de bois consommés varie en fonction du type de construction et la surface bâtie. Pour une surface standard de 12 mètres x 12, les quantités moyennes observées sont les suivantes :



Source : Enquête personnelle, 2021

Concernant les cases en « *Vondro* », très prisées pour les bungalows, la consommation de bois est estimée entre 2,5 et 3m³ pour une surface de 3 X 3,5 mètres, et une hauteur de 2,70 à 2,90 mètres. Ces constructions utilisent principalement des bois ronds de faible diamètre (perches et gaulettes), ce qui explique leur moindre consommation en volume.

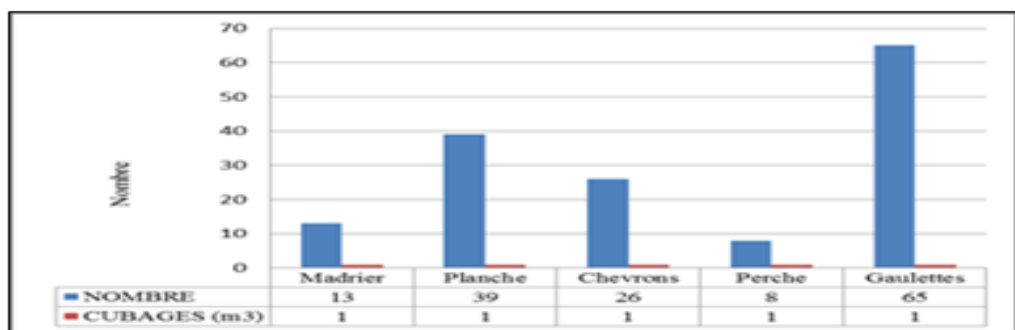


Figure 3. Répartition des cubages des bois utilisés après sciage

Source : Enquête personnelle, 2021

Provenance des bois de construction et potentiel de production

Les surfaces naturelles boisées restantes dans la région *Atsimo-Andrefana* étaient estimées 969 599 hectares en 2021 (DREDD, 2021).

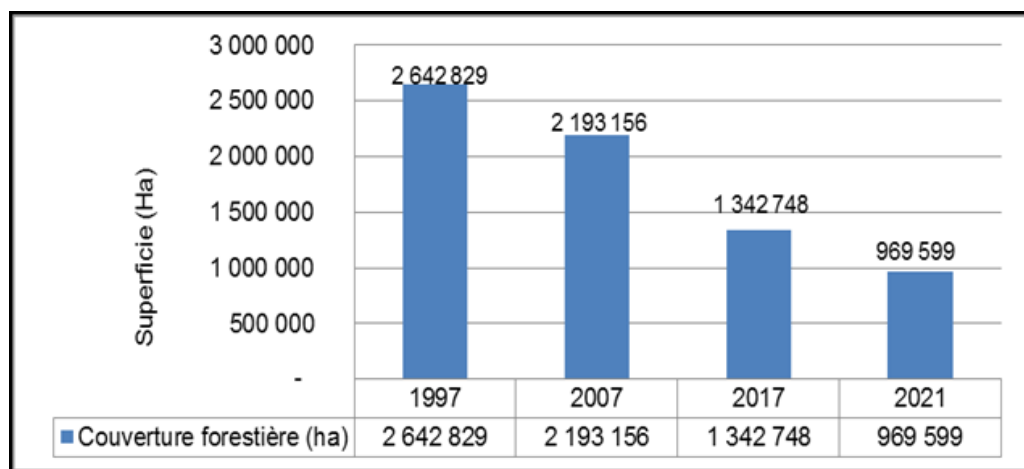


Figure 4. Superficie des surfaces naturelles boisées restantes

Source : DREDD Atsimo Andrefana, 2022

Des bois d'œuvre à Toliara en provenance des zones environnantes

Officiellement, la zone d'approvisionnement en bois d'œuvre de Toliara se situe presque exclusivement dans six Districts sur un rayon de 100 km autour de la ville. Trois zones principales concentrent la quasi-totalité de la production :

La zone 1, située au nord de la RN9, au sud-est et à l'est (environ 75 km), dans le district de Toliara II. Elle comprend les communes rurales de *Maromiandra*, *Behompy*, *Analamisampy*, *Soahazo*, *Ankilimaliniky*, *Tsianisiha* et *Ambohimahavelona*...). Cette zone représente 80% de la provenance des bois d'œuvre.

La zone 2, située au nord-est de *Toliara*, dans le District de *Sakaraha*, elle fournit environ 15% des bois d'œuvre de la ville.

La zone 3, localisée dans la partie septentrionale de *Toliara*, couvrant les Districts de *Beroroha* et d'*Ankazoabo*), elle représente 5% de l'approvisionnement (Cf. Figure 1).

En termes de potentiel de production, un hectare de forêt (surface de 20 sur 500 mètres) permet d'exploiter entre 6 à 20 arbres ayant un diamètre supérieur à 40 cm. Pour ce type de lot, le volume moyen exploité est estimé entre 10 à 20 m³ par hectare.

Lieux de prélèvement et production des perches et des gaulettes

Les bois ronds (perches et gaulettes) sont prélevés dans les environs immédiats de Toliara, avec 95% provenant des forêts d'*Anjamala*, *Mamelatra*, *Maromiandra*, *Manombo-sud* et *Ranobe*.

La densité moyenne est d'environ 3 000 pieds par hectare, répartisen1 000 perches et 2 000 gaulettes, attestant d'un approvisionnement local intensif et bien structuré.

Les apports extrarégionaux en bois

Outre l'approvisionnement local, les consommateurs de Toliara ainsi que les propriétaires des infrastructures hôtelières, dépendent également de bois importés d'autres régions. Les bois de pins en particulier, sont acheminés depuis Antsirabe, la *Haute Matsiatra* et d'*Ambalavao*. La popularité croissante de ces essences extrarégionales s'explique par leur accessibilité, leur prix compétitif et leur adaptation aux besoins de construction, notamment pour les charpentes et structures secondaires.

Le marché du bois à Toliara

Circuits de distribution du bois de construction

Les bois d'œuvre issus de l'exploitation forestière, suivent un circuit informel et illicite, conséquence directe de la suspension des permis d'exploitation par l'Etat depuis 2017. Ce circuit est animé par une chaîne d'acteurs comprenant :les transporteurs, les commerçants détaillants, les propriétaires de scieries-menuiserie, qui assurent la transformation et la distribution du bois pour le marché urbain en dehors des cadres réglementaires.

Circuit du bois de pin

Les enquêtes menées auprès des marchands de bois, des scieries-menuiseries et des entreprises de constructions, ont révélé qu'un camion de 10 tonnes avec remorque peut transporter en moyenne 600 planches non rabotés et 200 madriers non rabotés.

Ces volumes mettent en évidence l'importance logistique de l'approvisionnement en bois de pin, dont les circuits tendent à structurer davantage que ceux des bois issus des forêts naturelles.

Cette distinction illustre une hiérarchisation territoriale des ressources forestières, dans laquelle les conditions d'accès, les usages et les circuits de distribution varient selon les types de bois, la provenance (locale et extrarégionale) et les profitabilités pour les différents acteurs impliqués.

Les prix et les produits de bois à Toliara ville

Les prix des bois d'œuvre sciés varient considérablement selon l'essence, les dimensions et la qualité du produit. Le tableau 2 présente quelques tarifs observés en 1997.

Tableau 2 : Quelques tarifs des bois d'œuvre sciés bruts en 1997

ESSENCES	DIMENSION UNITAIRE	PRIX (En Ariary)
<i>Harofy</i>	Planche non raboté-raboté : 4m	1 400 à 1700
	Longrine : 18 à 20 cm de diamètre	7 000
	Chevron non raboté-raboté	1.900-2.200
	Madrier non raboté-raboté	2.200-3.600
<i>Hazomalany</i>	Planche non raboté-raboté : 4m	2.000-2.300
	Longrine non raboté-raboté 18 à 20 cm de diamètre	8.500-8.800
	Madrier non raboté-raboté : 4m	6.000-6.500
	Chevron non raboté-raboté: 4m	3.000-3.400
<i>Vory</i>	Planche non raboté-raboté : 4m	3.300-3.300
	Longrine non raboté-raboté 18 à 20 cm de diamètre	13.100-13.400
	Madrier non raboté-raboté : 4m	8.000-10.300
	Chevron non raboté-raboté: 4m	3.600-3.900
<i>Manary</i>	Longrine : 14 cm de diamètre	15.000-15.200

Source : Ravaoarline, 1999

Tableau 3. Quelques tarifs de vente des bois d'ouvres sciés bruts en 2021

ESSENCES	DIMENSION UNITAIRE	PRIX (En Ariary)
<i>Harofy</i>	Planche : 4m	13.000 à 15.000
	Longrine : 18 à 20 cm de diamètre	45.000 à 55.000
<i>Hazomalany</i>	Planche : 4m	30.000 à 40.000

Pins	Planche : 4m	7.000 à 9.000
	Madrier : 4m	8.500
	Chevron : 4m	8.500 à 9.000
<i>Manary</i>	Longrine : 14 cm de diamètre	70.000
	Longrine : 20 à 25 cm de diamètre	90.000 à 120.000
<i>Katrafay</i>	Longrine : 20 cm	60.000 à 65.000
<i>Handy</i>	Longrine : 2 mètres ; 14 à 16 cm de diamètre.	40.000 à 50.000
<i>Vory</i>	Longrine : 2 mètres	30.000 à 40.000
<i>Mendoravy</i>	Longrine : 2 mètres	50.000
<i>Vazoa</i>	Longrine : 2 mètres	45.000
Casie	Longrine : 2 mètres	40.000

Source : Enquête personnelle, 2021

Les prix varient de 7 000 à 120 000 Ariary et tout dépend des choix des consommateurs.

Le tableau 3 présente les prix observés pour différents types d'ouvrages en bois à Toliara, incluant les portes, fenêtres, voliges et plinthes, selon l'essence utilisée et la présence ou non d'un cadre :

Tableau 4 : Tarifs des ouvrages en bois en 1997

Ouvrages en bois		Prix (Ar) / Type des travaux					
Types de bois	Unités (m ²)	Cadre porte/ fenêtre	Porte/ fenêtre en barre Z	Porte/ Fenêtre à panneau	Porte/ fenêtre diamant	Volige (4m x 0,15)	Plinthe (4m x 0,15)
<i>Vory</i>	Sans cadre	50 000	75 000	135 000		20 000	20 000

	Avec cadre		112 000	165 000			
<i>Harofy</i>	Sans cadre	20 000	35 000	60 000		10 000	10 000
	avec cadre		40 000	70 000		10 000	
<i>Manary</i>	Sans cadre			200 000	250 000	-	
	avec cadre		250 000	220 000			

Source :Ravaoarline, 1999

Tableau 5. Tarifs des ouvrages en bois en 2021

Ouvrages en bois		Prix (Ar) / Type des travaux					
Types de bois	Unités (m²)	Cadre porte/ fenêtre	Porte/ fenêtre en barre Z	Porte/ Fenêtre à panneau	Porte/ fenêtre diamant	Volige (4m x 0,15)	Plinthe (4m x 0,15)
<i>Vory</i>	Sans cadre	50 000	75 000	120 000		75 000	80 000
	Avec cadre		120 000	150 000			
<i>Harofy/ Sapins</i>	Sans cadre	45 000	70 000	90 000			
	avec cadre		100 000	120 000		160 000	170 000
Palissandre	Sans cadre	55 000	80 000	170 000	250 000		
	avec cadre		250 000	275 000			

Source : Enquête personnelle, 2021

Ces tarifs reflètent la variabilité des prix selon l'essence, le type d'ouvrage, et la complexité de la finition. Les ouvrages avec des cadres et panneaux décoratifs coûtent généralement plus du double des mêmes pièces sans cadre.

Techniques de transformation et rendement

La filière bois à Toliara repose principalement sur des techniques artisanales, dans lesquelles la transformation se fait manuellement ou avec un outillage limité. Ces techniques concernent le débit et le sciage des grumes pour produire planches, madriers et chevrons, la finition et le rabotage, souvent réalisés dans les ateliers de menuiserie et enfin l'assemblage des ouvrages (portes, fenêtres, plinthes), selon les standards locaux et les demandes des clients.

Tableau 6 : Les techniques artisanales dominant la filière

Technique	Rendement moyen	Perte estimée	Outils utilisés
Sciage manuel	29%	71%	Hache, scie, machette
Sciage	60%	40%	Scierie mobile, raboteuse

Source : Institut Numérique, 2014

DISCUSSION

Les résultats obtenus mettent en évidence une filière bois de construction à Toliara profondément marquée par l'informalité, la pression écologique et les inégalités socio-territoriales. Cette situation appelle une lecture critique à la croisée de l'économie rurale, de la planification territoriale et de la gouvernance environnementale.

Pressions sur les ressources forestières

Les méthodes traditionnelles (équarrissage à la hache, sciage manuel) entraînent un rendement très faible : 29 m³ de bois transformés pour 100 m³ bruts, contre 60 m³ avec des techniques mécanisées.

Gestion irrationnelle et persistance de méthodes d'exploitation très traditionnelles par les exploitants forestiers

Le prélèvement forestier dans la région est principalement orienté vers des essences précieuses et à forte valeur commerciale telles que *Dalbergia spp.*, *Givotia madagascariensis*, *commiphora spp.* Ou d'autres espèces de bois d'œuvre recherchées (Ramanantsialonina et al., 2023 ; Randriamalala et al., 2021). Cette exploitation est sélective, car elle cible uniquement certaines espèces. Toutefois, pour localiser des individus suffisamment matures, les exploitants doivent parcourir des vastes surfaces, ouvrant des pistes et occasionnant des coupes secondaires qui entraînent une dégradation importante du milieu (Delpy et al., 2024).

Ainsi, même si le volume de bois prélevé par hectare semble faible, cette pratique provoque un recul progressif du couvert forestier, un épuisement rapide des essences exploitables et une extension des zones vers les périphéries voire l'intérieur des Aires Protégées (MEDD, 2023 ; WWF Madagascar, 2022). Selon Yvon (1993), cent mètres cubes de bois bruts transformés par la méthode traditionnelle donnent environ vingt-neuf mètres cubes de bois équarri, contre soixante mètres cubes pour la méthode mécanisée. En extrapolant ces rendements aux volumes réellement prélevés dans la région (15 000 à 20 000 m³), on obtient un rendement effectif de seulement 4 350 à 5 800 m³ pour la méthode traditionnelle, contre 9 000 à 12 000 m³ pour la méthode mécanisée. Cette extrapolation illustre les pertes importantes de bois dues aux méthodes traditionnelles et montre comment le choix de la technique de transformation influence directement la disponibilité de bois pour la construction et l'exploitation forestière. Ces pertes contribuent également à accélérer la pression sur les ressources forestières locales, en particulier dans le Sud-Ouest de Madagascar, où les essences précieuses sont déjà fortement exploitées (Ramanantsialonina et al., 2023 ; Randriamalala et al., 2021 ; WWF Madagascar, 2022).

Les pratiques des exploitants illicites

La filière bois à Toliara est marquée par une activité illicite intense, qui échappe aux dispositifs de régulation formels. Chaque année environ 5 000 m³ de bois sont extraits des zones forestières de la Circonscription de Toliara à destination de la ville. Au total, 15 000 à 20 000 m³ de bois seraient prélevés annuellement pour approvisionner les scieries et les commerçants de bois d'œuvre de Toliara-ville, ce qui correspond à la destruction de 1 500 à 2 000 hectares de forêts par an. La filière illicite est particulièrement active et dynamique, échappant aux contrôles officiels et aggravants la pression sur les ressources forestières (Menarivo, 2019).

Les pratiques d'origines paysannes : les défrichements, les feux de brousse et les besoins énergétiques

La disparition des forêts de la Région *Atsimo-Andrefana*, est due au système ancestral de production basé sur le défrichement itinérant des forêts naturelles, la pratique des feux de brousse, et l'augmentation des taux de population. Une étude de la DREDD *Atsimo-Andrefana* traitant ces questions liées à la déforestation et aux feux de brousse, démontre que la perte des surfaces forestières du District de Toliara II, y est estimée à 68.709 hectares entre 2017 et 2021, soit 6879 déboisés annuellement. Les superficies brûlées en 2021 étaient de 191 360 hectares. Pour le charbon de bois, la moyenne de consommation annuelle d'un ménage de six personnes, est de six mètres cubes par an (Ravaoarline, 1999). La production de charbon de bois est donc la première source de dégradation des forêts sèches du Sud-Ouest Malagasy (Randrianomanana et al., 2022). En outre, ces phénomènes ont été aggravés par le passage du COVID-19 dans l'île, car les forêts étaient un moyen pour les paysans d'avoir davantage d'argent rapidement.

Les gaspillages en bois ligneux dans le secteur de la construction

La consommation en bois de construction entraîne un prélèvement sélectif en forêt, souvent orienté vers des essences endémiques telles l'*Harofy* et le *Katrafay*. Ces bois, pourtant précieux, sont fréquemment utilisés pour des usages temporaires comme le coffrage ou l'échafaudage, ce qui constitue un gaspillage considérable de ressources rares et à forte valeur écologique.

Pour des usages aussi éphémères, l'exploitation de bois rares et lents à croître traduit une inefficience structurelle dans la gestion des ressources forestières. Elle participe à la dévalorisation des patrimoines végétaux locaux, et à une érosion silencieuse de la biodiversité.

Inorganisation du marché de bois et son vulnérabilité sociale

Diversité des prix

A Toliara, les prix du bois varient fortement d'un marchand à l'autre, en l'absence de régulation claire du marché. Entre 1997 et 2021, les prix des bois d'œuvre sciés bruts y ont connu une augmentation significative, bien que l'ampleur de cette hausse varie selon les essences et les dimensions des ouvrages. Les tableaux 2 et 3 présentent une synthèse des prix pour certaines essences couramment utilisées.

Comme le montre les tableaux 2 et 3, pour les planches non rabotées et raboté en *Harofy*, le prix est passé de 1 400-1 700 *Ariary* à 13 000-15 000 *Ariary*, soit une multiplication par 9 à 10 ; Pour les planches en *Hazomalany*, la hausse est encore plus marquée, passant de 2 000-2 300 *Ariary* à 30 000-40 000 *Ariary* (Multiplication par 15 à 17). Les prix des planches en *Vory* ont été multipliés par 10 à 12, tandis que les longrines en *Manary* ont vu leur prix passer de 15 000-15 200 *Ariary* à 90 000-120 000 *Ariary*, soit une multiplication par 6 à 8.

Cette forte variation des prix selon les essences et les dimensions rend l'accès au bois d'œuvre de plus en plus difficile pour les ménages modestes et contribue à accentuer la pression sur les ressources forestières locales, en particulier sur les essences les plus prisées (Ravaoarline, 1999 ; Enquête personnelle, 2021 ; WWF Madagascar, 2022).

Les problèmes de logement : une crise résidentielle territorialisée

Cette inflation du prix du bois a des répercussions directes sur les conditions de logement, notamment pour les ménages à faible revenus. Les personnes exerçant des activités subalternes perçoivent entre 80 000 et 120 000 *Ariary* par mois, tandis que les employés du secteur hôtelier gagnent entre 150 000 et 200 000 *Ariary*. Un petit fonctionnaire, avec cinq personnes à charge et un salaire modeste, consacre 80% de ses revenus à l'alimentation, ce qui rend tout investissement dans le logement impossible.

Parmi les 50 ménages échantillonnés, tous expriment le souhait de construire une maison, mais en sont empêchés par le manque de moyens financiers. Le coût estimé d'une construction en bois de 12 mètres sur 12 et 3 mètres de hauteur varie entre 3 000 000 et 6 000 000 *Ariary*, uniquement pour l'achat du bois de construction.

Ainsi, la filière bois ne représente pas seulement un enjeu environnemental, mais aussi un véritable problème social, affectant directement le droit au logement.

Absence de politique de ravitaillement en bois à Madagascar

Les politiques publiques forestières souffrent d'un manque de moyens, d'une faible coordination interinstitutionnelle, et d'une application inégale sur le terrain (Andriamalala & Gardner, 2010). La suspension des permis d'exploitation depuis 2017 a renforcé l'informalité.

Pour des raisons économiques, l'Etat malgache n'a pas pu mettre en place une structure administrative adaptée à la gestion durable des ressources forestières. Un chef de cantonnement par district ne peut, à lui seul, contrôler efficacement les exploitants illicites.

La commercialisation du bois à Madagascar se fait à la fois sur le marché intérieur et à l'international. Les ventes locales assurent le ravitaillement des villes en bois de construction et en bois d'énergie, tandis que l'exportation d'essences précieuses, notamment le palissandre et le bois de rose, génère des revenus rapides et importants. Cette situation a conduit à considérer certaines ressources forestières comme des sources de recettes immédiates, plutôt que comme un patrimoine à préserver et à gérer durablement. Le rapport *d'Environmental Investigation Agency* (2023) décrit que sur les marchés asiatiques une tonne de bois précieux malgache peut atteindre environ 25 000 USD. Ce qui donne une idée de gains bruts possibles à l'exportation. Dans la base de données commerciale internationale (commerces déclarés) World Bank/UN Comtrade récente pour 2023, les exportations de « *Wood and articles of wood ; wood charcoal* » de Madagascar : la valeur totale des exportations de ce groupe de produits a été d'environ 5, 01 millions de dollars (USD) pour l'année 2023.

L'importance des débouchés internationaux, souvent plus lucratifs que le marché national, exerce une pression supplémentaire sur les essences les plus prisées et accentue la surexploitation des forêts locales (Randriamalala et al., 2021 ; Ramanatsialonina et al., 2023 ; WWF Madagascar, 2022. En impliquant les populations locales dans la gestion des ressources, ces dispositifs permettent de réconcilier territoire, savoirs et durabilité.

La filière bois à Toliara incarne une territorialité conflictuelle, où les logiques économiques, sociales et écologiques s'entrechoquent.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le boom de la construction observé à Toliara et dans ses environs depuis près de trois décennies a entraîné une forte augmentation de la demande en bois. Les principales zones de ravitaillement proviennent des forêts sèches situées au nord de la ville.

Cependant, le marché du bois à Toliara est marqué par de graves dysfonctionnements concrétisés par des circuits et commerces informels persistants, une corruption généralisée, l'absence de contrôle de qualité, des pertes fiscales

importantes pour l'Etat. La gestion actuelle du patrimoine forestier encore disponible laisse craindre un épuisement rapide des réserves d'ici 2050.

Afin de répondre à ces défis, plusieurs recommandations territoriales peuvent être envisagées:

Premièrement, il est essentiel de renforcer la gouvernance locale. L'Etat devrait s'appuyer sur le principe de subsidiarité en déléguant une partie de ses pouvoirs de contrôle aux populations riveraines, à l'image des initiatives lancées dès les années 1990 avec la GELOSE (Gestion Locale Sécurisée) et la mise en place des Aires Protégées Communautaires (APC). Ces dispositifs ont démontré que les communautés locales peuvent jouer un rôle crucial en tant que gardiennes et gestionnaires du patrimoine forestier.

Deuxièmement, la promotion des plantations d'Eucalyptus constitue une alternative stratégique pour alimenter la filière bois. Grâce à une rotation courte et à sa bonne adaptabilité aux besoins en construction, le développement de cette essence permettrait de répondre à la demande tout en réduisant la pression sur les forêts naturelles et en dynamisant l'économie locale.

Troisièmement, il est nécessaire de structurer le marché en encadrant les prix, en améliorant la traçabilité des produits et en luttant contre la corruption ainsi que les circuits informels. Une telle organisation permettrait d'assurer une répartition plus équitable des ressources et de sécuriser les ravitaillements pour les acteurs locaux.

Enfin, la modernisation des techniques d'exploitation constitue un levier important pour améliorer la durabilité de la filière. La promotion de méthodes mécanisées et d'outils adaptés permettrait de limiter les pertes de bois, d'accroître la rentabilité des opérations et de réduire l'impact environnemental des pratiques actuellement souvent archaïques et destructrices.

En somme, l'avenir du ravitaillement en bois de construction à Toliara dépendra de la capacité à concilier préservation du patrimoine forestier et satisfaction des besoins croissants de la population urbaine. La mise en œuvre coordonnée de ces recommandations constitue une étape cruciale vers une gestion durable et inclusive des ressources forestières du Sud-Ouest de Madagascar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) ANDRIAMALALA, G & GARDEN, C. J. (2010). L'utilisation du dina comme outil de gouvernance des ressources naturelles : leçons tirées de *Velondriake*, Sud-Ouest de Madagascar. *Tropical Conservation Science*, 3(4), 447-472. https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v3/10-12-20_447-472_Andriamalala_&_Gardner.pdf
- 2) DELPY, L., KELLY, A. H., BARBE, L. (2024). Southern Madagascar, polycrisis and project failures : A scoping review. PLOS ONE, 19(1) ? e0302140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302140>
- 3) DREDD, (2021). Rapport d'un Atelier sur la situation forestière dans la Région *Atsimo- Andrefana*. Toliara, Madagascar.
- 4) ENVIRONNEMENTAL INVESTIGATION AGENCY (2023). *The Ongoing Illegal Logging Crisis in Madagascar*. En ligne

- 5) INSTAT, (2021). Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation, Tome 2, Antananarivo, Madagascar, 279p.
- 6) INSTITUT NUMERIQUE, (2014) : Evaluation des rendements et déchets au sciage. Consulté sur Institut-numérique.org. <https://www.institut-numerique.org/34-evaluation-des-rendements-et-dechets-au-siage-52f090368f89a>)
- 7) PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE (2015). Loi N° 2015-003 portant Charte de l'Environnement actualisée, 21p.<https://tetes.lexxika.com/loi-n2015-003-du-19-fevrier-2015-portant-charte-de-lenvironnement-malagasy-actualisee>.
- 8) MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ECOLOGIE ET DES FORÊTS, (2017). Politique forestier de Madagascar. Vers une gestion durable et responsable des forêts Malagasy, Décret n° 2017-376 du 16 mai 2017, 22p.
- 9) MEVANARIVO Z. E., (2019). Impacts des pratiques humaines et de l'environnement sur les propriétés du bois d'Eucalyptus robusta Sm. Pour les filières bois-énergie et bois matériau à Madagascar. Thèse de doctorat, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- 10) RANDRIAMALALA, J. R., RAZAFIMANANTSOA, H. P., & BLANC PAMARD, C. (2021). Estimating wood charcoal supply to Toliara town in southwestern Madagascar : A comparaison of methods. Scientific African, 12 e00787 ; <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00787>
- 11) RANDRIANOMANANA M., et al. (2023). Flux de bois d'œuvre et de charbon de bois entrant dans la ville de Toliara, Actes du séminaire de synthèse du projet VALSE (UE/COI-Biodiversity) « Valorisation durable des formations sèches côtières » Toliara, 17-19 septembre 2018.https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2023-03/010087270.pdf
- 12) RAMANANTSIALONINA. R. N., GROOT. A., WHEELER. E., CORNELIUS, J., & SOARIMALALA (2023). Comparative wood anatomy of 16 Malagasy Dalbergia (rosewood/palisander) species, USDA Forest Products Laboratory, FPL-GTR-290. <https://doi.org/10.273/FPL-GTR-290>
- 13) RAVAOARLINE, L., (1999). Ravitaillement de Tuléar en Bois de construction, Département de Géographie, FLSH, Université de Tuléar, Mémoire de Maîtrise, 127p.
- 14) TRADING ECONOMICS. (2023). Madagascar Export of wood and articles of wood charcoal-2025 data 2026 Forecst 1990-2023<https://tradingeconomics.com/madagascar/exports/wood-articles-wood-wood-charcoal>
- 15) WWF Madagascar (2022). Evaluation de la pression sur les ressources forestières et approvisionnement en bois-énergie dans la région Atsimo Andrefana. WWF Madagascar Programme Office.
- 16) YVON M., (1993). Les bûcherons et les exploitants forestiers à Morondava, Approche géographique du métier forestier, Département de Géographie, FLSH, Université de Toliara, Mémoire de Maîtrise, 110p.

Gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation : une meilleure approche contre la déforestation à Atsimo Atsinanana ?

Par

Andriamananjaranirina Marlin¹, Razafindraibe Rolland¹, Razafintsalama Manitra Harison¹, Rabemananjara Zo¹, Andriamanana Dafison¹, Tarimy Angela².

¹ *Ecole Doctorale Gestion des Ressources Naturelles et Développement. EA Economie, Politique des Ressources Naturelles (EPRN), Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.*

² *Association Manondroala.*

RESUME

Face à la progression continue de la déforestation, Madagascar a intégré la participation des communautés locales dans son approche de gestion durable des forêts en adoptant la loi 96-025 (Loi Gelose) en 1996, qui permet de transférer la gestion des ressources naturelles, aux communautés de base. Avant 2010, il a été constaté que la gestion communautaire des forêts à vocation strictement conservatrice (sans valorisation commerciale) issue de ce processus de transfert avait contribué à réduire la déforestation. Ce constat s'applique notamment à la région Atsimo Atsinanana où la majorité des forêts sous gestions communautaires relève de ce type.

Cependant, après 2010, l'efficacité de cette gestion communautaire des forêts dans la lutte contre la déforestation reste à évaluer. Dans ce cadre, l'évolution de la déforestation dans les zones sous gestion communautaire de la région a été analysée à partir des données de couverture forestière de Hansen (Hansen Global Forest Change v1.11, 2000–2023), puis comparée à celle observée dans les autres forêts de la région. Les résultats montrent que, de 2011 à 2023, la déforestation dans les forêts sous gestion communautaire a augmenté à un taux annuel moyen de 1,86 %, un niveau similaire à celui observé dans les autres forêts de la région, à l'exception des aires protégées, où ce taux est plus faible. En effet, la gestion communautaire des forêts, visant principalement la conservation, ne réduit pas la déforestation à long terme. Ce qui coïncide avec le constat dans d'autres zones comme le corridor Ankeniheny-Zahamena.

Mots clés : *Gestion communautaires des forêts, déforestation, Atsimo Atsinanana, Efficacité, Conservation*

ABSTRACT

Faced with the ongoing of deforestation, Madagascar had integrated the participation of local communities into its sustainable forest management approach by adopting Law 96-025 (Gelose Law) in 1996, which allow the transfer of natural resource management to grassroots communities. Before 2010, it was observed that community-based forest management with a strictly conservation-oriented purpose (Without commercial exploitation) resulting from this transfer process had contributed to reducing deforestation. This observation applies in particular to the

Atsimo Atsinanana region, where the majority of forests under community management fall into this category.

However, after 2010, the effectiveness of this community-based forest management in combating deforestation remains to be evaluated. In this context, the evolution of deforestation in areas under community management in the region was analysed using Hansen's forest cover data (Hansen Global Forest change v1.11, 2000-2023) and then, compared to that observed in other forests in the region. The results show that, from 2011 to 2023, deforestation in forests under community management increased at an average annual rate of 1.86%, as observed in other forests in the region, except for protected areas, where this rate is lower. Indeed, community forest management, which is mainly aimed at conservation, does not reduce deforestation in the long term. This is similar with the findings in other areas such as the Ankeniheny-Zahamena forest corridor.

Key words: *Community forestry management, deforestation, Atsimo Atsinanana, Effectiveness, Conservation*

INTRODUCTION

La déforestation demeure l'une des préoccupations environnementales mondiales auxquelles plusieurs pays tentent de trouver des approches ou mesures appropriées pour y faire face. A Madagascar, qui est considéré par WWF comme l'un des fronts de déforestation (Pachecco & al, 2020), diverses mesures ont été prises depuis longtemps, allant de la politique dissuasive et répressive, voire exclusive jusqu'à la participation des communautés locales et la décentralisation (Razafintsalama, 2016). Suivant la tendance environnementale mondiale, Madagascar avait légalisé cette participation locale en 1996 à travers la loi 96-025 (Rabemananjara et al, 2016) après constatation de l'augmentation des pressions occasionnées par la mise en place des aires protégées lors de la première phase du programme environnemental (PE1) renforçant l'exclusion (Bertrand et al., 2009). Cette participation y est traduite par le transfert de gestion des ressources naturelles renouvelables aux communautés locales. De cette loi découle également la gestion contractualisée des forêts (décret 2001-122), un processus de transfert de gestion (TG) spécifique pour les forêts mais qui n'est malheureusement pas, comme d'autres textes d'application, publié officiellement jusqu'à aujourd'hui (Rabemananjara et al, 2016). D'ailleurs, les forêts sont les principaux objets (92% avec les mangroves) de cette politique de TG à Madagascar selon le recensement de 2014 (Lohanivo, 2017). La région Atsimo Atsinanana, avec ses 48 TG qui concernent tous « la forêt » (Lohanivo, 2017), illustre bien cet aperçu général et dont la plupart est uniquement à vocation stricte de conservation (sans valorisation commerciale) sous l'influence de l'organisme promoteur principal qu'est le WWF. La conservation est l'un des principaux objectifs de TG permis par la loi 96-025 via son article 43 et le décret 2001-122 via son article 4. Ses autres principaux objectifs sont la *gestion d'accès et la valorisation économique des ressources naturelles (forêts)*. D'ailleurs, la dévolution de la gestion des forêts doit, selon le paragraphe 101 du décret n°97-1200 (Politique forestière), « *s'adapter aux situations locales* ».

L'efficacité de la gestion communautaire des forêts est généralement mesurée à travers les aspects écologiques, sociaux et économiques (Pagdee et *al.*, 2006 ; FAO, 2020). Ainsi, l'aspect écologique via la déforestation est privilégié dans le cadre de cette étude du fait du caractère conservatoire de ces gestions communautaires. L'évaluation de l'efficacité de la gestion communautaire des forêts issus du TG face à la déforestation avait fait l'objet de nombreuses analyses notamment pour la période d'avant 2010. Il en résultait que ceux à vocation stricte de conservation sont efficaces à Madagascar pour cette période (Rasolofson et *al.*, 2015). Ceux de la région Atsimo Atsinanana en témoignent (Rakotomalala, 2011 ; Rabelohataona, 2011) même s'ils ne faisaient pas partie des échantillons étudiés par Rasolofson et *al.* Selon WWF & fondation GoodPlanet en 2013, le taux annuel de déforestation au niveau des forêts sous gestion communautaire y était passé de 1,27% (entre 2000 et 2005) à 0,64% (entre 2005 et 2010). Cependant, avant 2010, la plupart de ces communautés, gestionnaires de forêts a été accompagné par des organismes de conservation dans le processus de TG. L'accompagnement en question concerne la mise en place et la mise en œuvre de ce processus, notamment pour les trois années du premier contrat, voire plus pour certaines Vondron'olona Ifotony (VOI ou Communauté locale) à qui la gestion des forêts a été transférée. Cela peut rendre relative l'efficacité communautaire dans la gestion de ces forêts objet de TG. D'ailleurs l'analyse de l'efficacité de la gestion communautaire des forêts face à la déforestation n'a pas encore été suivie pour d'autres périodes ultérieures au cours de laquelle les VOI sont de moins en moins appuyées et encadrées. De plus, la croissance démographique favorise le défrichement notamment dans les forêts tropicales (Leroy et *al.*, 2013). Celle de la région Atsimo Atsinanana est ainsi préoccupante au vu de la taille moyenne des ménages qui est la plus élevée à Madagascar (Instat Madagascar, 2019). Alors, en prolongeant la période d'évaluation jusqu'en 2023, cette efficacité de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation face à la déforestation demeure-t-elle valable ?

En effet, cette étude, focalisée sur la région Atsimo Atsinanana, poursuit l'évaluation de l'efficacité de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation face à la déforestation. L'objectif est ainsi de connaître si à long terme et par rapport à d'autres approches, cette approche de gestion de forêts réduit réellement la déforestation à travers deux analyses notamment pour la durée de 2011 - 2023. La première porte sur l'évolution de la déforestation au niveau des forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation durant cette période et la deuxième sur la comparaison de cette déforestation avec celle des autres forêts de la région quelles que soit les formes de leur gestion. L'issue de ces analyses permet de statuer sur l'efficacité de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation contre la déforestation par rapport à la situation d'avant 2010 d'une part et par rapport aux autres formes de gestion de forêt dans la région d'autre part.

MATERIELS ET METHODES

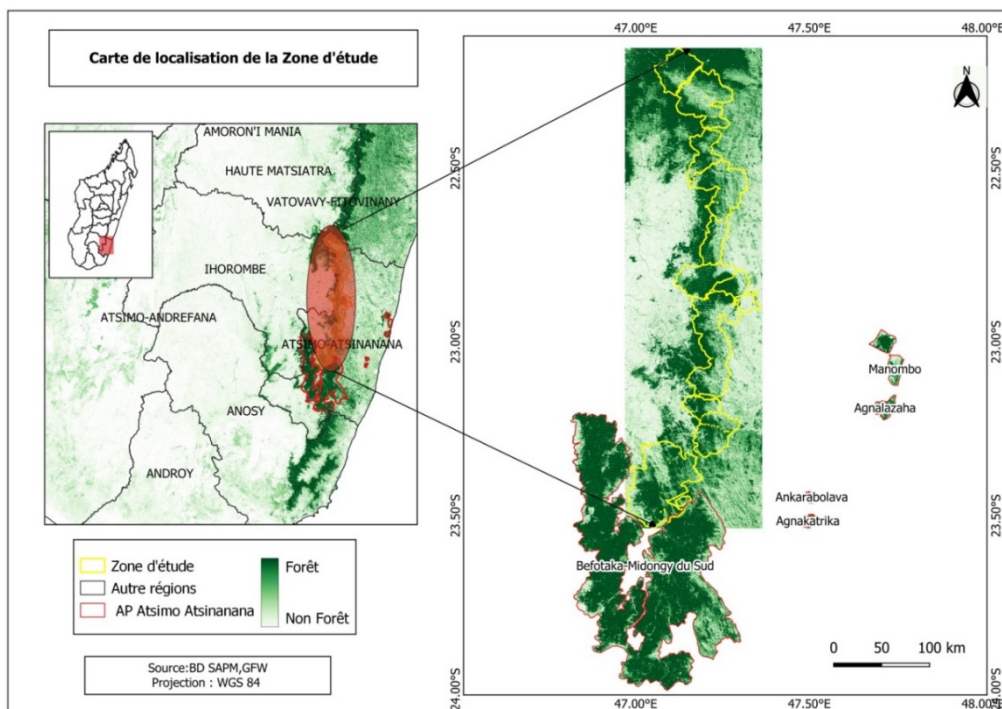
Zone d'étude

La région Atsimo Atsinanana, qui est la région la plus au sud de la province de Fianarantsoa est couverte de forêts sur environ 20% de sa superficie. On y distingue

deux types de forêts : les forêts littorales (1,5%) et les forêts denses humides sempervirentes (98,5%). Ces dernières sont en particulier dominées par les forêts se trouvant dans la zone de falaise à l'Ouest de la région (Région Atsimo Atsinanana, 2005). Elles sont constituées par le corridor forestier partant de la Nouvelle Aire Protégée « Corridor Fandriana Vondrozo » (NAP COFAV) au niveau du District de Vondrozo, jusqu'au Parc National Midongy Atsimo – Befotaka. C'est sur cette zone que se concentrent les forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation (Figure 1) de la région. Comme ces forêts constituent un tout du point de vue spatial, même si elles font l'objet de 43 TG, on les a considérées comme une seule zone (Zone de gestion communautaire de forêts à vocation stricte de conservation). D'ailleurs, l'objectif de cette étude est d'apprécier la tendance globale de la déforestation dans cette zone.

Ces forêts servent, avec le PN Midongy Atsimo – Befotaka, de réservoir d'eau pour la région entière avec ses fleuves et rivières (Manampatrana, Manambavany, Mananivo, Masihanaka, Isandra, Manambondro, Mananara,) qui y prennent source (Région Atsimo Atsinanana, 2005). Elles font parties des forêts de basse et moyenne altitude (<800m) qui sont les plus touchées par la déforestation à Madagascar avec un taux annuel de déforestation de 1% (MEEF, 2017b). Avec un taux de croissance annuel moyen de 3,59% entre 1993 et 2018 (INSTAT Madagascar, 2019), qui est parmi les plus élevés de toutes les régions de Madagascar, elles jouent ainsi un rôle primordial dans la vie socio-économique de la région. Ce qui rend leur maintien et/ou conservation d'une importance capitale. A part les aires protégées (AP), et les forêts sous gestion communautaire, de petits lambeaux de forêts qui n'ont pas de statut de gestion particulier existent encore dans la région. Elles sont gérées de façon traditionnelle (par les fokonolona) et la plupart sont des forêts taboues (lieu d'enterrement).

Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude



Méthodes

2025

Comme la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation a pour objectif principal d'endiguer ou du moins, réduire la déforestation, leur efficacité est principalement mesurée par leur capacité à ralentir la déforestation dans les zones, objet de TG. L'analyse de son efficacité a été en effet, d'une part axée sur l'évolution du capital naturel qu'est la forêt et d'autre part, sur la comparaison entre la déforestation dans la zone de gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation et celle dans les autres forêts.

Pour mettre en lumière cette évolution du capital naturel qui est l'un des 3 indicateurs d'évaluation de l'efficacité de la foresterie participative proposé par la FAO (2020), des données de couverture forestière produites par Hansen/UMD/Google/USGS/NAZA pour la période de 2000-2023 (Hansen Global Forest Change v1.11), ont été utilisées. Les images ont été superposées avec la délimitation polygonale de la zone de gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation dans la région. Pour pouvoir procéder au calcul, les mosaïques obtenues, sous projection WGS 84 ont été ensuite projetées dans UTM 38 zone Sud. Les pixels ayant une couverture forestière d'au moins 30% ont été considérés comme forêt. Pour avoir le taux annuel de déforestation, on a utilisé la différence de nombre de pixels forestiers de l'année antérieure qui sont devenus non forestiers (Hansen et al., 2009). La superficie perdue pour chaque zone a été ensuite rapportée à la superficie totale de chaque zone.

Quant à la comparaison de la déforestation entre la zone de gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation et les autres forêts de la

région, la période considérée est de 2011 à 2023. Ces autres forêts ont été catégorisées selon leur type de gestion. L’objectif est de voir si la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation réduit mieux la déforestation par rapport à d’autres types de gestion de forêts de la région. Une typologie suivant leur statut de gestion a été ainsi nécessaire. Quatre types de forêts ont été alors définis selon leur statut de gestion (Tableau 1) :

Tableau 1 : Typologie des forêts selon leur statut de gestion à Atsimo Atsinanana.

Types	Forêts objets de comparaison
Type 1	Forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation
Type 2	Forêts sous gestion communautaire à autres vocations
Type 3	Aires Protégées
Type 4	Forêts sans statut de gestion particulier

Source : Auteurs (2025)

Dans cette typologie, les forêts intégrées dans la Nouvelle Aire Protégée Corridor Forestier Ambositra Vondrozo (NAP COFAV) ont été considérée comme faisant partie des forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation, non pas dans les Aires Protégées. Cette approche a été choisie du fait que la mise en œuvre de la gestion de cette NAP n’a été effective qu’à partir de 2016. La comparaison globale des distributions de la déforestation des quatre types de forêts a été effectuée à travers le test de Friedman moyennant à IBM SPSS Statistics 29. Ce test est un test statistique non paramétrique à un facteur appliqué à plus de deux groupes avec répétition de mesures. Il sert à déterminer la différence significative entre leurs distributions (Tomczak, M. T. & Tomczak, E., 2014). On s’attendait donc à ce que la déforestation au niveau de ces forêts durant cette période, soit différente.

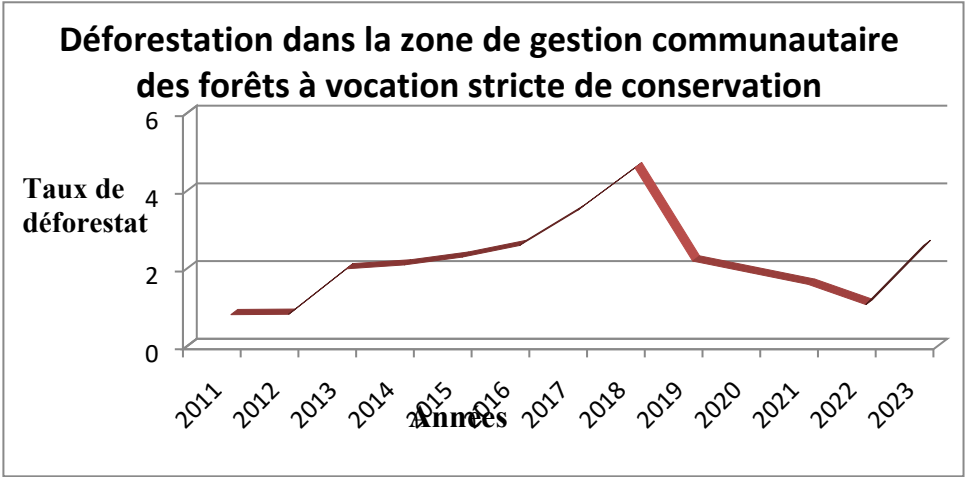
Avec cette différence, on a ensuite identifié le type de forêts qui a une déforestation différente des autres en procédant à une série de comparaison à trois (selon les types) de la déforestation. Pour ce faire, on a enlevé une par une, la distribution de la déforestation de chaque type de forêts dans la comparaison, moyennant toujours au test de Friedman. Ceci a été complété par la détermination du type de forêts qui a la moindre déforestation durant la période étudiée.

RESULTATS

L’évolution de la déforestation de la zone de gestion communautaire des forêts, à vocation stricte de conservation, peut être distinguée en deux périodes distinctes : De 2011 à 2018 la déforestation s’amplifie annuellement, allant de 0,5% à 4,3%. Par

contre, entre 2018 et 2022, on a constaté une diminution d’année en année jusqu’à 0,78% (Figure 2).

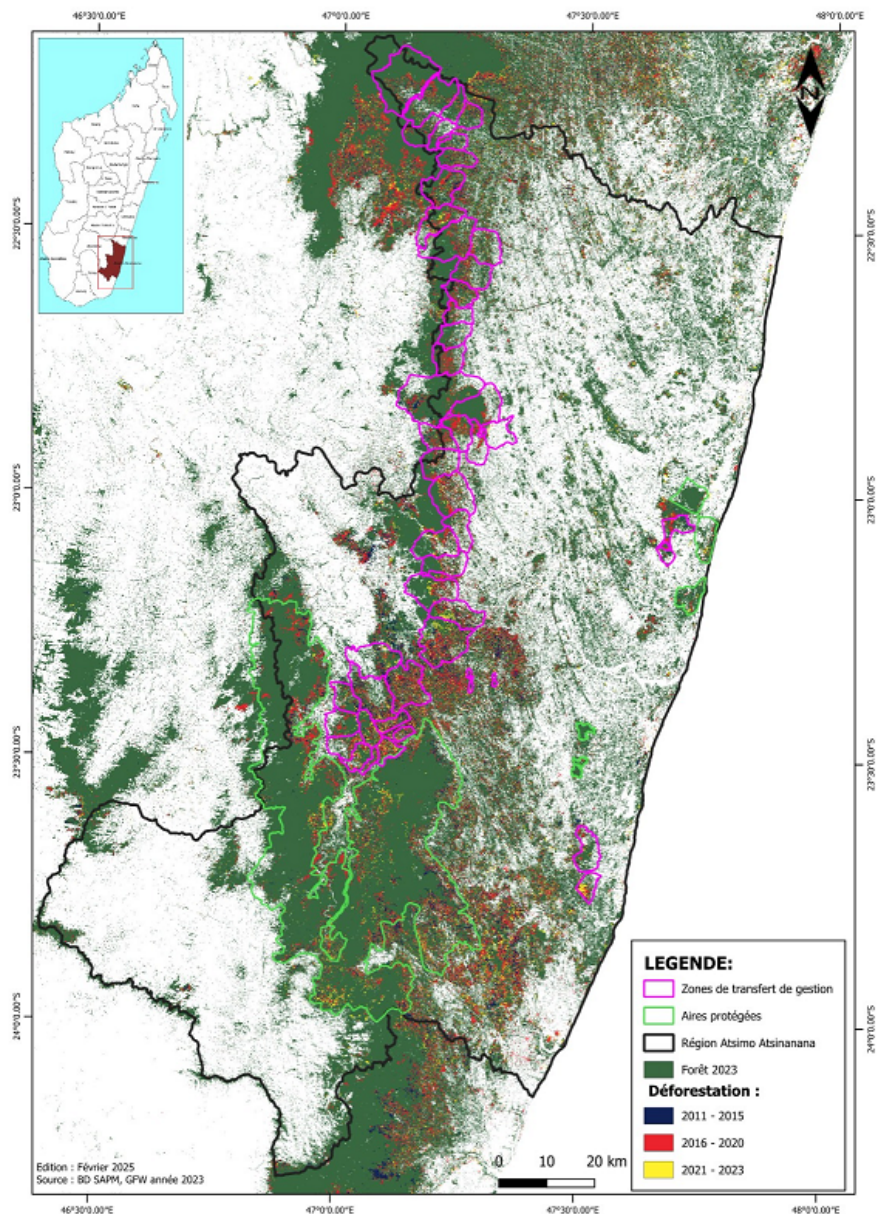
Figure 2 : Evolution de la déforestation au niveau de la zone de gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation dans la région Atsimo Atsinanana de 2011 -2023



Source : Auteurs (2025)

D’une manière générale, l’analyse de la déforestation de cette zone a montré qu’à partir de 2011 à 2023, la déforestation s’accroît à un taux annuel moyen de 1,86%, soit une perte annuelle moyenne de plus de 2680ha de forêts. Cette valeur a été obtenue à partir de la moyenne annuelle des pertes de forêts de 2011 à 2023 sur une surface forestière de 141000ha en 2010. Ce taux est quasi similaire pour toutes les forêts de la région (Figure 3).

Figure 3 : Carte de déforestation dans la région Atsimo Atsinanana de 2011 - 2023



Comparée à la déforestation durant 2005-2010, évaluée par WWF & Fondation GoodPlanet en 2013 à 0.64%, la déforestation durant les périodes quinquennales ultérieures s'empire (Tableau 2).

Tableau 2 : Déforestation dans la zone de gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation de la région Atsimo Atsinanana.

Périodes	2011 - 2015	2016 - 2020	2021 - 2023
Taux annuel de déforestation	1,31%	2,66%	1,46%

au niveau de la zone de gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation			
---	--	--	--

Source : Auteurs (2025)

D’ailleurs, en considérant une période plus longue, la déforestation de ces zones entre 2001 et 2010 a plus que doublé de 2011 à 2020. Son taux était passé de 0,7% à 1,8%. Ce qui renforce l’augmentation de la déforestation dans cette zone sous gestion communautaires des forêts à long terme. En effet, la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation ne réduit pas significativement la déforestation.

En outre, la comparaison de l’évolution de la déforestation au niveau des forêts de la région a montré que la déforestation est significativement différente ($p= 0,02 < 0,05$), pour les quatre types ($n=4$) de forêts à partir de 2011. (Tableau 3).

Tableau 3 : Comparaison de la déforestation dans la région Atsimo Atsinanana de 2011 -2023 entre les forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation, les forêts sous gestion communautaire à autres vocation, les forêts des AP et les forêts sans statut particulier de gestion.

Récapitulatif du test d’hypothèse				
	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	Les distributions de Déforestation_sous_AP, Déforestation_sous_TG_cons, Déforestation_sous_TG_Non_Cons et Déforestation_ autres_forêts sont identiques.	Analyse de la variance par rang d’ordre 2 de Friedman à échantillons associés	,002	Rejeter l’hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de signification 05.

Source : Auteurs (2025)

Avec ce résultat, on ne peut pas identifier laquelle/lesquelles de ces distributions de la déforestation est/sont différente(s) des autres. Ainsi, en faisant une série de comparaison à trois, le test de Friedmann a donné une valeur $p=0,465$, supérieure au niveau de signification (0,05) pour les distributions de la déforestation au niveau des zones de TG à stricte vocation conservatrice, des zones de TG à autres vocations et les autres forêts qui n’ont pas de statut de gestion particulier dans la région ($n=3$). En effet, la déforestation au niveau de ces forêts suit une trajectoire similaire (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparaison de la déforestation dans la région Atsimo Atsinanana de 2011 -2023 entre les forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation, celles à autres vocations et celles sans statut particulier de gestion.

Récapitulatif du test d'hypothèse

	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	Les distributions de Déforestation_TG_cons, Déforestation_TG_Non_Cons and Déforestation_ autres_forêts sont identiques.	Analyse de la variance par rang d'ordre 2 de Friedman à échantillons associés	,465	Retenir l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de significatio
05.

Source : Auteurs (2025)

Par contre, en laissant la déforestation au niveau des AP dans l'analyse comparative (toujours avec n=3 : Forêts sous gestion communautaire à vocation conservatrice, AP et forêts sans statut particulier de gestion), on a $p=0,001<0,05$ (niveau de signification). Ainsi, c'est la déforestation dans les AP qui est différente de celle autres forêts (Tableau 5). On a même constaté que la déforestation dans les zones sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation est plus intense que celle dans les aires protégées (Figure 4).

Tableau 5 : Comparaison de la déforestation dans la région Atsimo Atsinanana de 2011 -2023 entre les forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation, les AP et les forêts sans statut particulier de gestion.

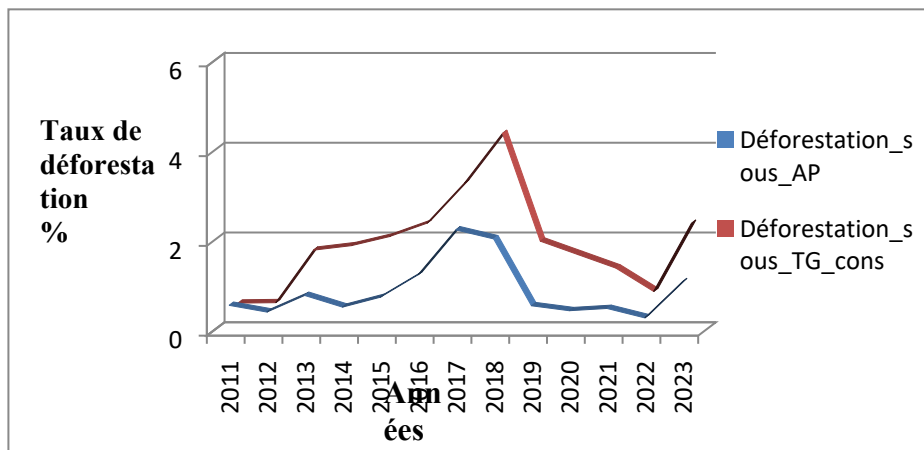
Récapitulatif du test d'hypothèse

	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	Les distributions de Déforestation_sous_AP, Déforestation_sous_TG_cons and Déforestation_Autres_forêts sont identiques.	Analyse de la variance par rang d'ordre 2 de Friedman à échantillons associés	,001	Rejeter l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de signification
05.

Source : Auteurs (2025)

Figure 4 : Comparaison de la déforestation dans les AP et dans les forêts sous gestion communautaires à vocation stricte de conservation de la région Atsimo Atsinanana de 2011 -2023.



Source : Auteurs (2025)

Tout cela met en exergue l'inexistence d'impact significatif de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation en termes de réduction de déforestation, du moins dans la région Atsimo Atsinanana. A long terme, la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation est ainsi inefficace contre le fléau de la déforestation.

DISCUSSIONS

En termes de lutte contre la déforestation, l'efficacité de la gestion communautaire des forêts se traduit surtout par la diminution de la déforestation (Foncha et al., 2020; Haritsimba, 2018; Cooke, A. et Montagne, P, 2007; Ranaivoson, 2012) mais celle-ci perdure (Pacheco, P. et al., 2020 ; Lohanivo, 2017 ; MEEF, 2017a ; Bertrand, A. et al., 2014). Cette persistance de la déforestation est une fois de plus constatée ici. Elle a même augmenté malgré le caractère conservatoire strict de la gestion communautaire des forêts de la région. Ce constat est similaire à celui de Razafintsalama (2016) dans le Corridor Ankeniheny Zahamena (CAZ) où le contexte environnemental est quasi-semblable. Cette augmentation de la déforestation suit également, pour la période de 2010-2013, la tendance de l'évolution de la déforestation établi par Rakotomala et al., (2015) pour les forêts humides de Madagascar et spécifiquement pour les zones comprises entre 0-800m d'altitude (Taux annuel de 1,15%) où se trouve notre zone focus, même si les méthodes utilisées ne sont pas les mêmes.

De plus, la projection de la déforestation réalisée par WWF & Fondation good planet en 2013 dans ces zones ont montré qu'en 2030, le taux de déforestation serait de 1,30%. Ce qui est déjà dépassé par le taux annuel moyen de déforestation depuis 2011 jusqu'en 2023 avec 1,86%. Depuis 2013, le taux de déforestation enregistré presque chaque année est supérieur à cette prévision. Par conséquent, ce type de gestion de forêts n'améliore pas la lutte contre la déforestation. Ce qui le rend inefficace (Andriamahandrisoa, 2020).

Cette augmentation de la déforestation dans la zone peut résulter de plusieurs facteurs. La croissance démographique, conjuguée avec l'étroitesse des zones irriguées fait que pour survivre, la population environnante des forêts s'adonne de plus en plus à la pratique de la culture sur brûlis (Tavy) qui est l'une des techniques rizicoles utilisées dans la zone. C'était déjà la principale cause identifiée avant 2010 dans cette zone (WWF & Fondation Goodplanet, 2013). D'ailleurs, la survie est le principal facteur influençant cette pratique dans des zones similaires comme le CAZ (Razafintsalama, 2016). Ce qui affecte particulièrement l'état de la forêt et leur gestion en dépit de la gestion communautaire de ces forêts et de son caractère conservatoire strict. La réponse apportée à cette survie constitue ainsi un facteur déterminant dans la réussite de la gestion communautaire de ces forêts contre la déforestation dans ces zones et dans des zones similaires.

La diminution de la déforestation enregistrée durant la période de 2018 à 2022 dans la zone n'a été ainsi que temporaire. Il en est de même pour le résultat positif de 2005-2010 qui est attribué à la gestion communautaire des forêts dans la zone (WWF & Fondation Good Planet, 2013). Effectivement, le bon résultat à court terme dans la gestion communautaire des forêts n'engendre pas automatiquement un succès à long terme (Börner et *al.*, 2018 ; Bowler et *al.*, 2012).

Les résultats ont montré que forêts sous gestion communautaire à vocation stricte de conservation et les forêts qui n'ont pas de statut de gestion spécifique dans cette région ont les mêmes déforestations durant cette période. Ce qui implique que les efforts déployés dans tout le processus de TG des forêts n'ont pas d'effets significatifs contre la déforestation à long terme. Néanmoins, les VOI ont été accompagnées par des organismes de conservation dans cette gestion de forêts à vocation stricte de conservation durant une grande partie de cette période étudiée. Ces accompagnements visent non seulement à renforcer la capacité des VOI dans la gestion mais également à améliorer les conditions socio-économiques notamment de leurs membres (Andriamahandrisoa, 2020). Il serait alors, intéressant d'avoir des informations sur l'évolution socio-économique des membres des VOI. Ces informations complémentaires permettront de mettre en exergue les impacts à long terme de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation et implicitement celui des soutiens des organismes d'appui. En influençant l'objectif de TG à la conservation stricte, ces organismes d'appui s'engagent à faire plus d'efforts en appui notamment sur l'amélioration des conditions de vie des communautés locales dans le but de freiner les pratiques dégradante de la forêt (Andriamahandrisoa, 2020). L'abandon de ces pratiques dégradantes comme le Tavy devient même tributaire de ces appuis. Par exemple, dans cette zone, une communauté avait même refusé d'adhérer au processus de transfert de gestion des forêts, en établissant une réglementation (Dina) bannissant tous les individus qui collaborent avec les organismes de conservation. En constatant après quelques années que les communautés voisines ont bénéficié de divers appuis, elle avait exprimé via une lettre officielle son souhait d'entrer dans le processus pour conserver la forêt à l'intérieur de son terroir.

Dans une perspective d'amélioration de la mise en œuvre du processus de transfert de gestion, et/ou de la gestion communautaire des forêts, voire dans celle de

la politique de gestion durable des forêts à Madagascar, il est important d'identifier les facteurs, du moins les facteurs clés qui ont permis d'avoir le résultat encourageant de la gestion communautaire dans la lutte contre la déforestation durant certaines périodes. D'ailleurs, comme la déforestation est grandement occasionnée par les petites exploitations agricoles à Madagascar (Pacheco et *al.*, 2020), la forte croissance démographique de la région ne devrait pas permettre d'avoir une réduction de déforestation durant ces périodes. L'identification de ces facteurs clés est d'autant plus utile au vu des défaillances juridiques concernant la gestion communautaire des ressources forestières à Madagascar qui a grandement affecté l'application de la loi 96-025 (Rabemananjara et *al.*, 2016). Ces facteurs pourront être exploités pour optimiser la participation de la population locale dans la gestion des forêts à Madagascar en particulier leur conservation dans des zones spécifiques qui en nécessitent. En outre, la plupart des contrats de TG des forêts dans cette zone sont déjà expirés (en général, il s'agit du deuxième contrat de TG pour une période de 10ans après l'évaluation du premier) et la suite de ces contrats devrait être envisagée tout en prenant en compte de ces facteurs clés. De cela dépend l'issue de la gestion durable de ces forêts.

Par rapport aux aires protégées, la participation locale dans la gestion des forêts, permis par le processus de transfert de gestion fait augmenter ainsi, la déforestation. Dans ce sens, les populations locales sont une réelle menace pour la biodiversité (Houssein et *al.*, 2016). De même, par rapport aux autres forêts qui n'ont pas de statut particulier de gestion, la responsabilisation via le processus de transfert de gestion ne permet pas de ralentir la déforestation dans les zones cibles, contrairement au constat de Ranaivoson (2012) en indiquant la gestion communautaire des forêts comme frein aux défrichements dans le Sud-Ouest de Madagascar. Là encore, son constat se tablait sur une courte période. La responsabilisation des communautés locales à travers ce processus n'est globalement qu'une illusion au vu de l'objectif du processus. Divers paramètres peuvent influencer cette responsabilisation et le contexte socioculturel de la zone pourrait avoir une importance particulière (Joiris et *al.* 2014 ; Bersaglio et Cleaver, 2018). Dans cette zone, elle peut être même tributaire de ce contexte socioculturel. Elle est en tout cas contextuelle (Karsenti, 2008 ; Joiris et *al.* 2014). Cette responsabilisation nécessite davantage d'importants efforts d'encadrement et de sensibilisation. Par contre, comme chaque contrat de transfert de gestion est spécifique (Lohanivo, 2017), la déforestation y afférente pourrait être différente de ce résultat global. Ainsi, d'autres analyses individuelles complémentaires y compris l'aspect socio-économique pourraient élucider, voire spécifier l'impact réel de la participation des communautés locales dans la gestion durables des forêts, du moins dans cette région.

La moindre déforestation au niveau des AP par rapport à celle de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation de la région, qui se reflète également entre la gestion communautaire des forêts dans la NAP COFAV et en dehors, donne également raison à l'augmentation de la surface des aires protégées pour la lutte contre ce fléau. Cette disposition fait partie des réformes adoptés durant la troisième phase du programme environnemental (PE3) (Razafintsalama, 2016).

Actuellement, l'issue de la gestion communautaire des forêts via le processus de TG demeure très floue. A Atsimo Atsinanana, les contrats de gestion (deuxième phase de 10ans) correspondants sont déjà expirés et les dispositions pour la suite de ces contrats ne sont pas claires. La loi 96-025 n'a pas défini le processus à suivre après le deuxième contrat. En Outre, la nouvelle politique forestière de 2017 n'indique pas également d'orientation particulière concernant la gestion communautaire des forêts malgré leur importance dans la gestion durable des forêts. Pour la région Atsimo Atsinanana, avec les Aires Protégées, les forêts sous gestion communautaire constituent une réserve de forêt naturelle. Ce qui réitère la nécessité d'un cadre de gestion bien défini pour que les générations futures puissent en profiter. Malgré l'échec constaté de cette gestion communautaire des forêts contre la déforestation, la régularisation de sa situation mérite réellement d'être définie, vu que les communautés locales demeurent un acteur important dans la gestion des forêts à Madagascar.

CONCLUSION

La gestion communautaire des forêts via le processus de transfert de gestion est une des alternatives de conservation des forêts à Madagascar. En l'orientant strictement à la conservation, son objectif premier est généralement le maintien de la couverture forestière, ou du moins, la réduction de la déforestation. Ce qui n'est pas, à long terme, atteint pour la gestion communautaire de forêts à vocation stricte de conservation de la région Atsimo Atsinanana, malgré une diminution durant certaines périodes. En termes de lutte contre la déforestation, on pourrait alors parler d'échec dans le cadre de cette gestion communautaire des forêts via le TG. Bref, quelque soit l'objectif des TG des forêts, ces derniers ne réduisent pas la déforestation. Cela renforce globalement les critiques à l'encontre de la conservation des forêts à Madagascar (Jones et al., 2021) et contribue ainsi à la non atteinte des objectifs de la mise en œuvre du Plan d'Action Environnemental à Madagascar (Razafintsalama, 2016).

Néanmoins, on ne peut pas ignorer les résultats ponctuels probants durant certaines périodes. Plusieurs paramètres et facteurs pourraient expliquer aussi bien cet échec global que l'efficacité périodique et leur identification dépendra de la spécificité de chaque cas de gestion communautaire des forêts. Cela réitère la complexité de la conservation des forêts à Madagascar (Jones et al, 2021). En tout cas, le but de la conservation des forêts devrait réellement émaner de la population jouxtant ces forêts pour que leur gestion soit localement appropriée et qu'il soit spécifique au contexte local. L'appui des structures pérennes locales et régionales sont sans aucun doute d'une importance particulière pour accompagner la gestion communautaire des forêts ; ce qui, probablement fait défaut dans la mise en œuvre du processus de transfert de gestion dans toute l'île. Sans leur implication effective dans la conservation des forêts, y compris la gestion communautaire des forêts, la réduction de la déforestation est inenvisageable. Cela devrait être également inscrit dans un cadre global (Niveau communal ou régional), pour que la gestion des forêts soit en harmonie avec les autres secteurs. Cette synergie intersectorielle devrait être même une priorité dans le cadre de la gestion durable de la forêt (Rabemananjara et al., 2016).

L'inefficacité à long terme de la gestion communautaire des forêts à vocation stricte de conservation contre la déforestation constatée à Atsimo Atsinanana n'est peut-être pas valable pour l'île toute entière même si dans certains endroits, les résultats sont identiques. La spécificité de chaque contexte et de l'approche de mise en œuvre du processus de TG des forêts fait que l'extension de l'analyse comparative sur un échantillon plus grande (considérant divers acteurs et diverses régions) est nécessaire pour renforcer ou non ce constat en termes d'efficacité de la gestion communautaire des forêts dans la lutte contre la déforestation à Madagascar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Andriamahandrisoa, M. E. (2020). *Évaluation des impacts du transfert de gestion des ressources naturelles dans la Nouvelle Aire Protégée Menabe Antimena* (Mémoire de master). École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo – UFR Sciences Économiques et de Gestion de Bordeaux, Parcours Études d'impacts environnementaux.
- 2) Bersaglio, B., & Cleaver, F. (2018). Green grab by bricolage: The institutional workings of community conservancies in Kenya. *Conservation and Society*, 16(4), 467–480.
- 3) Bertrand, A., Aubert, S., Montagne, P., Lohanivo, A., & Razafintsalama, M. (2014). Madagascar, politique forestière: Bilan 1990–2013 et propositions. *Madagascar Conservation & Development*, 9, 20–30.
- 4) Börner, J., & West, T. A. P., with Blackman, A., Miteva, D. A., Sims, K. R. E., & Wunder, S. (2018). National and subnational forest conservation policies: What works, what doesn't? In *Transforming REDD+: Lessons and new directions* (pp. 105–115). CIFOR.
- 5) Bowler, D. E., Buyung-Ali, L. M., Healey, J. R., Jones, J. P. G., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2012). Does community forest management provide global environmental benefits and improve local welfare? *Frontiers in Ecology and the Environment*, February 2012, 16 pp. <https://doi.org/10.2307/41479983>
- 6) Cooke, A., & Montagne, P. (2007). Le TGRNR, le PNAE et les autres cadres politiques. In *TANTEZA: Le transfert de gestion à Madagascar, 10 ans d'efforts* (pp. 71–81). Resolve Conseil – CIRAD.
- 7) FAO. (2020). *Cadre d'évaluation de l'étendue et de l'efficacité de la foresterie participative* (Document de travail sur les forêts n°12). Rome. <https://doi.org/10.4060/ca4987fr>
- 8) Foncha, J. N., & Ewule, D. M. (2020). Community forest management: A strategy for rehabilitation, conservation and livelihood sustainability: The case of Mount Oku, Cameroon. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 8, 1–14.
- 9) Haritsimba, R. H. (2018). *Évaluation du transfert de gestion du vestige forestier d'Antsapia, commune rurale Merikanjaka, District Manjakandriana* (Mémoire de master). Université d'Antananarivo, Domaine Arts, Lettres et Sciences Humaines.
- 10) Houssein, A., Rakotoniaina, L. J., Copsey, J., & Rakotobe, D. (2016). La gestion communautaire des ressources naturelles. *Lessons in Conservation*, 6, 12–29. American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation.

- 11) INSTAT Madagascar. (2019). *Troisième recensement général de la population et de l'habitation (RGPH-3)*. 98 p.
- 12) Joiris, D. V., Logo, P. B., & Abega, S. C. (2014). La gestion participative des forêts en Afrique centrale: Logique développementiste, gouvernance antiparticipative et stratégies d'acteurs. *Revue d'ethnoécologie*, 6, 1–29. DOI 10.4000/ethnoecologie 1960
- 13) Jones, J. J. P., Rakotonarivo, O. S., & Razafimanahaka, J. H. (2021). Conservation des forêts à Madagascar: Passé, présent et futur. HAL-03196021. <https://hal.science/hal-03196021>
- 14) Karsenty, A. (2008). Des communautés locales problématiques. In Ph. Méral, Ch. Castellanet, & R. Lapeyre (Eds.), *La gestion concertée des ressources naturelles: L'épreuve du temps* (pp. 277–288). Gret–Karthala.
- 15) Leroy, M., Derroire, G., Vendé, J., & Leménager, T. (2013). La gestion durable des forêts tropicales: De l'analyse critique du concept à l'évaluation environnementale des dispositifs de gestion. *AFD, A Savoir*, 18, 240 p.
- 16) Lohanivo, A. C. (2017). *Enjeux et perspectives de la gestion communautaire des ressources naturelles renouvelables après 20 ans d'existence à Madagascar* (Thèse de doctorat). EDGRND, ESSA, Université d'Antananarivo.
- 17) Ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts [MEEF]. (2017a). *Politique forestière de Madagascar: Vers une gestion durable et responsable des forêts malagasy* (Décret n° 2017-376 du 16 mai 2017). 22 p.
- 18) Ministère de l'Environnement, de l'Écologie et des Forêts [MEEF]. (2017b). *Stratégie nationale de restauration des paysages forestiers et des infrastructures vertes à Madagascar*. 100 p.
- 19) Pacheco, P., Mo, K., Dudley, N., Shapiro, A., Aguilar-Amuchastegui, N., Ling, P. Y., Anderson, C., & Marx, A. (2020). *Les fronts de déforestation: Moteurs et réponses dans un monde en mutation* (Synthèse étendue). WWF, 20 p.
- 20) Pagdee, A., Kim, Y. S., & Daugherty, P. J. (2006). What makes community forest management successful: A meta-study from community forests throughout the world. *Society and Natural Resources*, 19(1), 33–52. <https://doi.org/10.1080/08941920500323260>
- 21) Rabelohataona, T. A. M. (2011). *Étude d'impacts des transferts de gestion des forêts dans la gestion durable des ressources et l'amélioration des conditions de vie* (Mémoire d'ingénieur). Université d'Antananarivo, ESSA, Département des Eaux et Forêts.
- 22) Rabemananjara, Z. H., Raharijaona, A. S., Aubert, S., & Ramamonjisoa, B. (2016). Vu d'ailleurs: Les limites juridiques et institutionnelles de 25 ans de gestion communautaire des ressources forestières (GCRF) à Madagascar. In G. Buttoud, J. C. Nguinguiri, S. Aubert, J. Bakouma, A. Karsenty, I. Kouplevatskaya Buttoud, & G. Lescuyer (Eds.), *La gestion inclusive des forêts d'Afrique centrale: de la participation au partage des pouvoirs* (pp. 93–107). Libreville: FAO-CIFOR.
- 23) Rakotomalala, F. A., Rabenandrasana, J. C., Andriambahiny, J. E., Rajaonson, R., Andriamalala, F., & Burren, C., et al. (2015). Estimation de la déforestation des forêts humides à Madagascar utilisant une classification multitempore d'images Landsat entre 2005, 2010 et 2013.

- 24) Rakotomalala, T. J. (2011). *Étude d'impacts des transferts de gestion des forêts dans la gestion durable des ressources et l'amélioration des conditions de vie des populations locales à Vondrozo, partie sud.*
- 25) Ranaivoson, S. (2012). Gestion communautaire et foncier forestier: Le cas du Sud-Ouest de Madagascar. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 258, 213–232.
- 26) Rasolofson, R. A., Ferraro, P. J., Jenkins, C. N., & Jones, J. P. G. (2015). Effectiveness of community forest management at reducing deforestation in Madagascar. *Biological Conservation*, 184, 271–277.
- 27) Razafintsalama, M. H. (2016). *Évaluation des impacts des mesures mises en œuvre durant les 20 ans du plan d'action environnemental malgache en matière de conservation et d'appui au développement des communautés: Focus sur le Corridor Ankeniheny-Zahamena, Madagascar* (Thèse de doctorat). ESSA, Université d'Antananarivo.
- 28) Région Atsimo Atsinanana. (2005). *Plan régional de développement*. 84 p.
- 29) Tomczak, M.T. & Tomczack E. (2014). The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *Trends in SportSciences*.
- 30) WWF & Fondation GoodPlanet. (2013). *Programme holistique de conservation des forêts à Madagascar: Quatre années de mise en œuvre (octobre 2008 à décembre 2012)*. 237 p. Non publié.

Modélisation du rendement d'abattage des petits ruminants dans la Région Boeny

Par

¹GREGOIRE Clara, ²RAZAFINDRAJAONA Jean Marie

¹Ecole Doctorale « Génie des Procédés et des Systèmes Industriels Agricoles et Alimentaires », ESPA/ESSA Université d'Antananarivo, Madagascar, E-mail : gregoireclara@yahoo.fr, Tél +261 34 48 082 08

²Ecole Doctorale « Génie des Procédés et des Systèmes Industriels Agricoles et Alimentaires », ESPA/ESSA, Université d'Antananarivo, Madagascar, Email: jm_ifs@yahoo.fr ou rajaonabe@yahoo.fr, Tél + 261 34 06 404 22 // + 261 33 02 540 04 // + 261 34 03 145 47.

RESUME

La viande et le cinquième quartier de petits ruminants constituent une source essentielle de protéines et de nutriments pour les familles malgaches. Cependant, des données scientifiques sur leurs rendements à l'abattage font défaut. Cette étude a pour objectif de caractériser les rendements en carcasse et en cinquième quartier à l'abattage des petits ruminants. Après la revue bibliographie, 66 petits ruminants abattus dans la Région Boeny ont été sélectionnés pour évaluer les poids vifs, le poids de la carcasse et du cinquième quartier. Les données ont été analysées à partir d'outils statistiques à savoir : la méthode de corrélation linéaire de Pearson pour vérifier pour mesurer la force et la direction de la relation linéaire entre deux variables quantitatives, l'ANOVA pour comparer les moyennes de plusieurs groupes et déterminer si au moins une des moyennes est significativement différente des autres. Les résultats ont montré que la majorité des animaux abattus étaient des moutons. Le poids vif moyen à l'abattage est de 34 kg avec un poids moyen de la carcasse de 17 Kg et du cinquième quartier de 16,7 Kg. Le rendement en carcasse est de 51% pour les ovins et 48% pour les caprins. Il est influencé par l'espèce, le sexe et l'âge. Plusieurs modèles prédictifs de la carcasse et du 5^{ème} quartier à partir du poids vif ont été établis. Mais la plus forte corrélation entre le poids vif et la carcasse ne dépend ni de l'espèce, ni du sexe, mais de la localisation. La Commune d'Ambondromamy et d'Ambolomoty en émergent. Mieux appréhender les rendements moyens et leurs facteurs d'influence permet aux éleveurs d'évaluer la valeur marchande sur pied de leurs animaux. L'étude de la valorisation économique du 5^{ème} quartier est préconisée pour une future recherche.

Mots-clés : Petits ruminants, Poids vif, carcasse, cinquième quartier, Modélisation, Mahajanga I, Ambondromamy, Ambolomoty.

ABSTRACT

Small ruminant meat and the fifth quarter are essential sources of protein and nutrients for Malagasy families. However, scientific data on their zootechnical performance, particularly slaughter yields, remain scarce. To fill this gap, the objective of this study is to characterize the slaughter performance of small ruminants by assessing their carcass and fifth-quarter yields. Based on a review of

the literature and online sources, sixty-six (66) small ruminants slaughtered in the Boeny Region were selected. Measurements were taken of their live weight before slaughter, carcass weight, and fifth-quarter weight. The data were analyzed using XLSTAT 2014 software. Most of the animals slaughtered were sheep. For these, the average live weight at slaughter was 34 kg, with an average carcass weight of 17 kg and an average fifth-quarter weight of 16.7 kg. The carcass yield was 51% for sheep and 48% for goats. The average yields of small ruminants were influenced by species, sex, and age. Several predictive models for carcass and fifth-quarter yield based on live weight have been developed. However, the strongest correlation between live weight and carcass yield depends not on species or sex, but on location, with the Communes of Ambondromamy and Ambolomoty showing the highest correlations. A better understanding of average yields and their influencing factors will enable farmers to better assess the market value of their live animals. This research opens the door to relevant questions regarding the valorization of the fifth quarter.

Keywords: Small ruminants, live weight, carcass, fifth quarter, modelization, Mahajanga I, Ambondromamy, Ambolomoty.

FINTINA

Ny hena avy amin'ny biby fiompy mpamadikota madinika sy ny antsoina hoe “faha-dimy amin'ny ampahany” dia loharanon-tsakafo manan-danja amin'ny otrikaina sy proteinina ho an'ny fianakaviana malagasy. Na izany aza, mbola tsy ampy ny angon-drakitra ara-tsiantifika momba ny zava-bitra ara-pamokarana, indrindra eo amin'ny tahan'ny vokatra azo amin'ny famonoana. Mba hamenoana io banga io dia mikendry ny hamaritana ny zava-bitan'ny biby fiompy madinika amin'ny famonoana ity fikarohana ity, amin'ny alalan'ny fanombanana ny tahan'ny vokatra amin'ny taolana sy ny ampahany fahadimy. Tao aorian'ny famintinana lahatsoratra ara-tsiantifika sy loharano anaty tambajotra, dia nifantina biby fiompy mpamadikota madinika enina amby enimpolo (66) novonoina tao amin'ny Faritra Boeny izahay. Natao taminy ny fandrefesana toy ny lanja mivantana alohan'ny famonoana, nylanjan'ny taolana (carcasse), ary ny lanjan'ny ampahany fahadimy. Nodinihina tamin'ny rindrambaiko XLSTAT 2014 ireo angon-drakitra voangona. Ny ankamaroan'ny biby novonoina dia ondry. Ho an'ireo biby ireo, 34 kg ny salanisan'ny lanja mivantana amin'ny famonoana, 17 kg ny lanjan'ny taolana, ary 16,7 kg ny lanjan'ny ampahany fahadimy. 51 % ny tahan'ny vokatra amin'ny taolana ho an'ny ondry ary 48 % ho an'ny osy. Voakasiky ny karazana, ny lahy sy vavy, ary ny sokajin-taona ny tahan'ny vokatra afak'azo amin'ny biby fiompy madinika. Efa misy modely maro maminavina ny lanjan'ny hena sy ny “faha-dimy amin'ny ampahany” avy amin'ny lanjan'ny velona. Nefa, ny tena mampifandray mafy ny lanjan'ny velona sy ny hena dia tsy ny karazana na ny lahy sy vavy, fa ny toerana. Hita fa Ambondromamy sy Ambolomoty no manana an'io fifandraisana matanjaka indrindra io. Ny fahatakarana lalina kokoa ny tahan'ny vokatra sy ireo lafin-javatra misy fiantraika ny aminy dia hanampy ireo mpamboly sy mpiompy amin'ny fanombanana marina ny lanjan'ny biby mbola velona eo amin'ny tsena. Manokatra lalana amin'ny fandinihana manan-danja momba ny fomba hanomezana lanja bebe kokoa ny “faha-dimy amin'ny ampahany” ity fikarohana ity.

Teny fototra: Mpamadikota madinika, lanja velona, vatambe, ampahadimimbatana, tsipy, Mahajanga I, Ambondromamy, Ambolomoty.

INTRODUCTION

D'après la FAO (2014), les petits ruminants jouent un rôle crucial pour assurer les moyens de subsistance, la nutrition et la sécurité alimentaire de millions d'éleveurs, d'agriculteurs et de consommateurs. A Madagascar, l'élevage de petits ruminants est susceptible de fournir rapidement des revenus et des protéines aux populations rurales (FAO, 2019). Cependant, les informations scientifiques sur les performances zootechniques des races locales y compris leurs rendements à l'abattage demeurent encore insuffisantes. Il est ainsi essentiel d'avoir une meilleure connaissance des rendements de ces petits ruminants. L'objectif est donc d'évaluer et modéliser les rendements en carcasse et en cinquième quartier des petits ruminants abattus dans la Commune Urbaine de Mahajanga I, la Commune Rurale d'Ambondromamy et la Commune Rurale d'Ambolomoty de la Région Boeny. Deux hypothèses ont été émises : (1) Plusieurs facteurs influent sur les rendements en carcasse et en 5^{ème} quartier des petits ruminants abattus dans la Région, (2) Il est possible d'estimer les poids de la carcasse et du 5^{ème} quartier de ces petits ruminants à partir du poids vif. L'article se structure en plusieurs sections, après l'introduction, il expose les matériels et méthodes, suivis des résultats et de la discussion, et enfin de la conclusion.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Zones et période d'études

La recherche s'est déroulée dans trois Districts de la Région Boeny: Mahajanga I, Ambatoboeny et Marovoay, plus précisément dans la Commune Urbaine de Mahajanga I et les Communes Rurales d'Ambondromamy et d'Ambolomoty. La collecte des données a eu lieu directement chez les bouchers à Mahajanga I et à Ambondromamy, et sur le lieu d'abattage traditionnel pour Ambolomoty. L'étude s'est déroulée sur une période de trois mois, d'avril à Juillet 2024.

Matériels

Divers matériels ont été mobilisés pour la revue documentaire incluant des articles, des livres, des ouvrages, des revues, mémoires, thèses et sites web. Pour les pesées, une balance à crochet d'une capacité de 100 kg avec une précision de 0,1 kg, ainsi qu'une balance de cuisine précise à 1g ont été utilisées, accompagnées d'un harnais. Parmi les autres équipements spécifiques figuraient des fiches d'enquêtes, du matériels de prises de notes, un smartphone ainsi que des gants, des blouses, des seaux, des chiffons et des couteaux. Les données collectées ont été traitées et analysées à l'aide d'un ordinateur muni des logiciels Word, Excel et XLStat version 2014.

Méthodes

Échantillonnage

Dans la Commune Urbaine de Mahajanga I et la Commune Rurale d'Ambolomoty, tous les animaux abattus chez le boucher sélectionné ont été systématiquement étudiés pendant une durée d'un mois. Parallèlement, une enquête préliminaire dans la Commune Rurale d'Ambondromamy, a révélé l'existence de cinq boucheries, avec trois abattages par semaine, chaque boucher procède à l'abattage d'un animal en moyenne à chaque fois. Cela a abouti à un total d'environ 60 animaux abattus par mois. Au cours de la période d'étude, 30 animaux ont été sélectionnés de manière aléatoire. L'échantillon total analysé a ainsi concerné 66 animaux âgés de 1 à 4 ans, dont 43 moutons (20 mâles et 23 femelles) et 23 chèvres (14 femelles et 9 mâles).

Données collectées

Deux grandes catégories de données ont été collectées, à savoir l'identification de l'animal (espèce, sexe et âge) et leur caractéristiques pondérales (poids vif PV, poids de la carcasse PC, poids du cinquième quartier P5Q).

L'âge des animaux a été estimé à l'aide d'une méthode fondée sur l'analyse de la dentition. En ce qui concerne les poids mesurés étudiés, ils ont été obtenus par pesée directe, à l'aide d'une balance à crochet d'une portée de 100 kg et d'une précision de 0,1 kg, ainsi que d'une balance de cuisine offrant une précision de 1 g.

Analyse des données

Les données collectées ont été enregistrées et traitées à l'aide d'un ordinateur équipé du logiciel statistique XLStat version 2014 :

- **L'identification des animaux** (espèce, sexe et âge) a été convertie en pourcentages, puis illustrée à l'aide de graphiques et de diagrammes ;

- **La caractérisation des différents paramètres pondéraux** (Poids vif, poids de la carcasse et poids du cinquième quartier), une analyse statistique descriptive a été réalisée, elle englobe les valeurs minimales, moyennes, maximales, ainsi que l'écart-type et le coefficient de variation ;

- **Les trois rendements** caractéristiques de l'abattage ont été calculés comme suit :

- Rendement en carcasse (RC) = $\frac{\text{Poids de la carcasse (PC)}}{\text{Poids vif (PV)}} \times 100$
- Rendement du cinquième quartier (R5Q) = $\frac{\text{Poids total du 5ème quartier (P5Q)}}{\text{Poids vif (PV)}} \times 100$
- Proportion carcasse et cinquième quartier = $\frac{\text{Poids total du 5ème quartier (P5Q)}}{\text{Poids de la carcasse (PC)}} \times 100$

- **la méthode de corrélation linéaire (Pearson)** a été utilisée pour analyser les relations entre les différents paramètres pondéraux qui mettent en lumière les éventuelles interdépendances entre ces variables. Deux modèles de relations ont été élaborés pour l'ensemble de la population et ils prennent en compte, les deux espèces, le sexe et les origines des animaux étudiés :

- Poids de la carcasse en fonction du Poids vif ;

- Poids total du cinquième quartier en fonction du Poids vif.

- **Pour spécifier les différents facteurs qui influent sur les rendements** d'abattage des animaux étudiés, les paramètres Poids vifs, poids de la carcasse et poids total du cinquième quartier ont d'abord été soumis à un test de normalité. Si ce test a été significatifs ($P > 0,05$), un test de comparaison de moyenne a été réalisé avec une analyse de la variance (ANOVA). Dans le cas contraire, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé. Le seuil de signification alpha a été de 5%. Les décisions suivantes ont été ensuite adoptées :

- Si la valeur de P est supérieure à 0,05, l'hypothèse nulle (H_0) est acceptée, ce qui indique qu'il n'existe pas de différence significative entre les des variables de la population étudiée ;
- Si par contre la valeur de P est inférieure 0,05, l'hypothèse alternative (H_1) est acceptée, cela signifie qu'il y a une différence significative entre les moyennes de la population étudiée.

RESULTATS

Caractéristiques générales des petits ruminants abattus

Espèce, sexe et âge des animaux abattus

La répartition des espèces et sexe des animaux abattus est présentée dans les figures 1 et 2 ci-après.

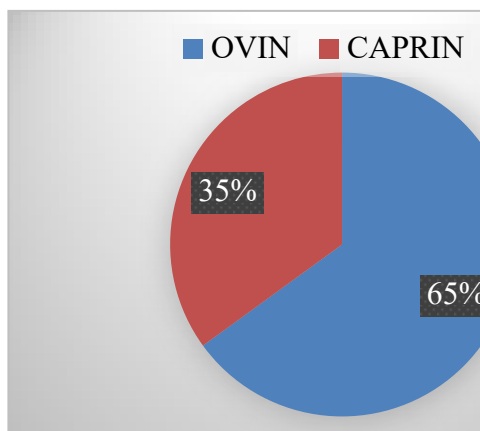


Figure 1 : Espèces des animaux abattus dans les zones d'études

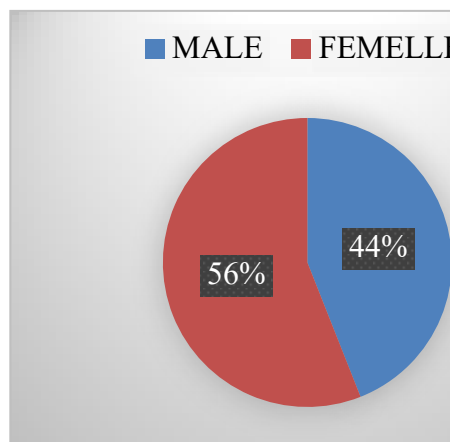


Figure 2: Sexe des animaux abattus dans les zones d'études

La figure 1 illustre clairement que la majorité des animaux abattus sont des ovins, ils représentent (65%) d'entre eux, contre seulement 35% pour les caprins. De plus, il est à noter que les femelles sont plus fréquemment abattues, avec un pourcentage de 56%, par rapport aux mâles qui représentent 44%. La figure 3 montre les âges estimés des animaux abattus.

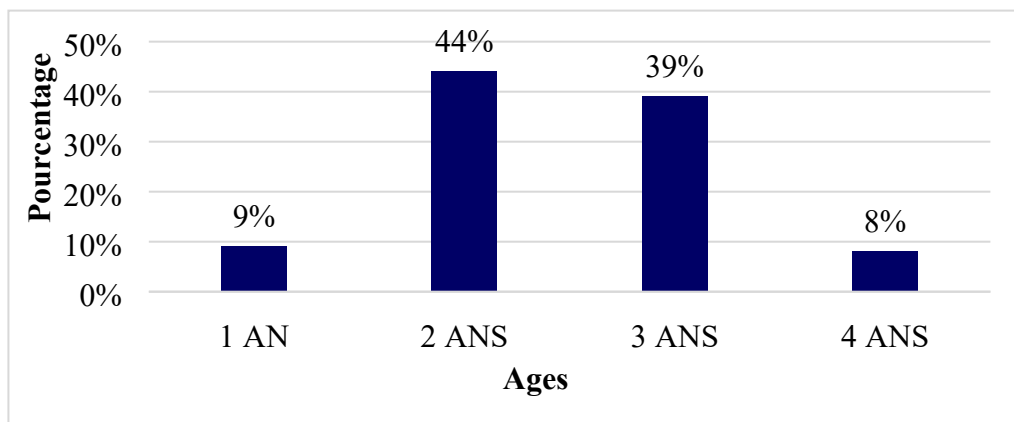


Figure 3 : Âges estimés des animaux abattus dans la zone d'études

La figure 3 illustre que les animaux âgés de 2 ans constituent la catégorie la plus fréquemment abattue avec un taux de 44% des échantillons. Ils sont suivis par les animaux âgés de 3 ans qui représentent 39%. En revanche, les animaux âgés de 1 et 4 ans sont les moins souvent abattus, avec respectivement 9% et 8% des échantillons.

Poids vifs des animaux abattus

La figure 4 présente la répartition du poids vifs des animaux abattus dans la zone d'études.

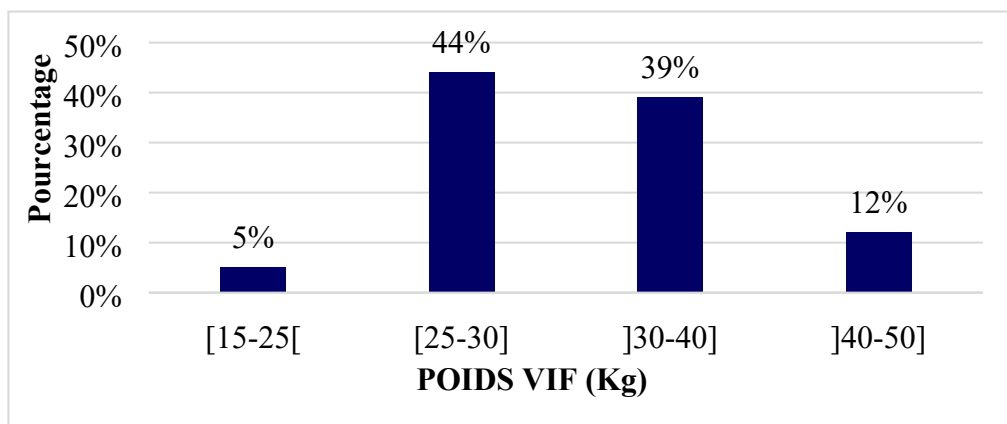


Figure 4 : Poids vifs des animaux abattus dans la zone d'études

La figure 4 révèle que les petits ruminants les plus fréquemment abattus ont généralement un poids vif compris entre 25 et 30 kg, ils représentent 44% des échantillons. Ils sont suivis par ceux qui affichent un poids vif de 30 kg à 40 kg, ils constituent 39%. En revanche, les animaux de grande taille (poids vif supérieur à 40 kg) sont moins courants, ils représentent 12%, tandis que ceux pesants entre 15 et 25 kg sont encore moins nombreux avec seulement 5%.

Bilan matière de l'abattage des petits ruminants

Le tableau 1 présente les âges et le bilan matière de l'abattage des petits ruminants dans la zone d'études.

Tableau 1 : Âges et bilan matière de l'abattage des petits ruminants abattus

Indicateurs	Age (An)		Poids vif (Kg)		Carcasse (Kg)		5 ^{ème} quartier (Kg)	
	Ovin	Caprin	Ovin	Caprin	Ovin	Caprin	Ovin	Caprin
Minimum	1	1	15	24	9	9	6	9,5
Maximum	4	3	50	39	30,5	20	25,5	25
Moyenne	2,58	2,22	34,17	29,18	17,37	13,92	16,77	15,28
Ecart-type	0,85	0,518	7,6	4,9	5,41	2,9	4,30	4,32
Coefficient de Variation	32,9	23,3	22,2	16,8	31,1	20,8	25,6	28,3

Le tableau 1 présente les âges variés des moutons, avec une moyenne d'abattage qui tend vers 2 ans et 7 mois. Leur poids vif est homogène, avec une moyenne de $34 \pm 7,6$ kg, ce qui entraîne des poids de carcasse également disparates, avec une moyenne de 17,37 kg. En revanche le poids des cinquièmes quartiers est homogène, il est évalué à $16,77 \pm 4,30$ kg.

Pour les caprins, l'âge moyen à l'abattage est de 2 ans et 3 mois. Leur poids vif moyen est également homogène, il s'élève à $29,18 \pm 4,9$ kg, ce qui correspond à un poids de carcasse homogène d'environ $13,92 \pm 2,9$ kg et un poids des cinquièmes quartiers homogène d'environ de $15,28 \pm 4,32$ kg.

Rendements en carcasse à l'abattage

Le tableau 2 synthétise les rendements en carcasse en fonction de quatre paramètres

Tableau 2 : Rendement en carcasse à l'abattage des petits ruminants

Variable		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	CV	P-value
Espèce	Ovin	36,0	67,8	50,5	8,4	16,6	0,343
	Caprin	33,6	66,7	48,2	9,0	18,7	
Sexe	Mâle	34,7	67,8	46,8	8,0	17,1	0,010
	Femelle	33,6	67,8	52,0	8,5	16,4	

Âge (ans)	1	37,5	62,0	48,3	8,1	16,7	0,237
	2	33,6	66,7	47,9	8,3	17,2	
	3	35,8	67,8	51,0	9,2	18,0	
	4	43,3	60,2	55,1	6,8	12,3	
Origin e	Ambon droma my	36,0	67,8	55,2	8,1	14,6	< 0,0001
	Majung a I	33,6	60,2	44,7	6,3	14,1	
	Ambol omoty	37,5	57,5	46,0	5,7	12,4	

Quatre paramètres pourraient influencer le rendement en carcasse.

Rendement en carcasse en fonction de l'espèce

Le tableau 2 montre que les moutons présentent un rendement moyen en carcasse légèrement supérieur à celui des chèvres. Cependant, la comparaison par paires indique qu'il n'y a pas de différence significative dans ce rendement en carcasse en fonction de l'espèce, (p-value calculée de 0,343, supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$).

Rendement en carcasse en fonction du sexe

Toujours d'après le tableau 2, le rendement en carcasse des femelles (52%) en moyenne surpasse celui des mâles (47%). La comparaison par paires indique qu'il y a une différence significative sur le rendement en carcasse en fonction du sexe, avec une p-value calculée de 0,010, inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$.

Rendement en carcasse en fonction de l'âge

Les animaux âgés de 4 ans et 3 ans affichent en moyenne un meilleur rendement en carcasse que les animaux âgés de 2 ans et 1 an. La comparaison par paire indique qu'il n'y a pas de différence significative sur le rendement en carcasse en fonction de l'âge (p-value calculée de 0,237, supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$) (Tableau 2).

Rendement en carcasse en fonction de la localisation

Les animaux abattus à Ambondromamy ont en moyenne un rendement plus élevé par rapport aux autres localités. La comparaison par paires indique qu'il y a une

différence significative sur le rendement en carcasse pour Ambondromamy comparée à Mahajanga et Ambolomoty avec une p-value calculée de $< 0,0001$, elle est inférieure au niveau de signification, seuil $\alpha=0,05$ (Tableau 2).

Rendement en cinquième quartier

Les rendements des cinquièmes quartiers sont analysés en fonction de quatre paramètres : l'espèce, le sexe, l'âge et l'origine des petits ruminants abattus dans la zone d'étude (Tableau 3).

Tableau 3 : Rendement en cinquième quartier de l'abattage des petits ruminants

Variable		Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	CV	P-value
Espèce	Ovin	32,22	64,00	49,16	8,37	17,0	0,322
	Caprin	33,33	65,83	51,91	9,09	17,5	
Sexe	Mâle	32,22	65,71	52,92	8,13	15,4	0,012
	Femelle	32,22	65,83	47,93	8,53	17,8	
Âge (ans)	1	38,00	62,50	51,94	8,21	15,8	0,224
	2	33,33	65,83	51,92	8,25	15,9	
	3	32,22	63,76	48,75	9,22	18,9	
	4	40,00	56,67	44,63	6,94	15,5	
Localisation	Ambondromamy	32,22	64,00	44,80	8,07	18,0	$< 0,0001$
	Majunga I	41,02	65,83	54,92	6,57	12,0	
	Ambolomoty	40,00	62,50	53,82	6,25	11,6	

Rendement en cinquième quartier en fonction de l'espèce

Le rendement en cinquième quartier des caprins semble dépasser celui des ovins. Cependant, la comparaison par paires indique qu'il n'y a pas de différence significative dans le rendement en cinquième quartier en fonction de l'espèce (p-value calculée de 0,322 supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$) (Tableau 3).

Rendement en cinquième quartier en fonction du sexe

En moyenne, les mâles ont un rendement en cinquième quartier plus élevé par rapport aux femelles. La comparaison par paires indique qu'il y a une différence significative sur le rendement en cinquième quartier en fonction du sexe, avec une p-value calculée qui est de 0,012, elle est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$ (Tableau 3).

Rendement en cinquième quartier en fonction de l'âge

Les animaux âgés de 4 ans semblent avoir un rendement en 5^{ème} quartier moins important que les autres. Mais la comparaison par paire indique qu'il n'y a pas de différence significative sur le rendement en cinquième quartier en fonction de l'âge, avec une p-value calculée de 0,224 qui est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$ (Tableau 3).

Rendement en cinquième quartier en fonction de la localisation

Les petits ruminants abattus à Mahajanga et Marovoay ont en moyenne un rendement en cinquième quartier plus élevé. La comparaison par paires indique qu'il y a une différence significative sur le rendement en cinquième quartier pour Ambondromamy comparée à Mahajanga et Ambolomoty avec une p-value calculée de $< 0,0001$ qui est inférieure au niveau de signification, seuil $\alpha=0,05$ (Tableau 3).

Proportions de la carcasse et du cinquième quartier

La figure 5 représente la proportion des moyennes des rendements en carcasse et en cinquième quartier.

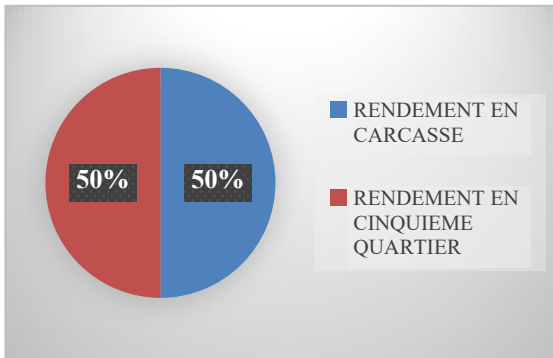


Figure 5 : Proportions de la carcasse et du cinquième quartier

Le rendement en carcasse est égal au rendement en 5^{ème} quartier.

Corrélations entre le poids vif, le poids de la carcasse et du 5^{ème} quartier

Corrélation des trois variables pour la population totale

La matrice de corrélation de Pearson, met en relation les variables de la carcasse, du cinquième quartier et du poids vif pour l'ensemble de la population (Tableau 4).

Tableau 4 : Matrice de corrélation (Pearson)

Variables	Poids vif (kg)	Poids carcasse (kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (kg)
Poids vif (kg)	1		
Poids carcasse (kg)	0,80	1	
Poids 5 ^{ème} quartier (kg)	0,73	0,18	1

Les données présentées dans le tableau 4 révèlent une forte corrélation entre le poids de la carcasse des ovins et le poids vif, elle est illustrée par l'équation de régression suivante : $PV = PC \times 1,15 + 13,68$, avec un $R^2 = 0,64$. Par ailleurs, le poids du cinquième quartier montre une corrélation modérée avec le poids vif de l'animal, représentée par l'équation de régression $PV = P5Q \times 1,21 - 12,80$ avec un $R^2 = 0,53$. En revanche, la relation entre le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier s'avère être faible.

Corrélation des trois variables par espèce

La Matrice de corrélation (Pearson), met en relation les variables liées à la carcasse, le 5^{ème} quartier et le poids vif chez les ovins (Tableau 5).

Tableau 5 : Matrice de corrélation (Pearson)

Variables	Poids vif (Kg)	Poids carcasse (Kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (Kg)
Poids vif (Kg)	1		
Poids carcasse (Kg)	0,83	1	
Poids 5 ^{ème} quartier (Kg)	0,72	0,21	1

Le tableau 5 indique qu'il y a une forte corrélation entre le poids de la carcasse des ovins et le poids vif avec une équation de régression $PV = PC \times 1,16 + 13,88$ ($R^2 = 0,69$). De même le poids du cinquième quartier est corrélé au poids vif de l'animal avec $R^2 = 0,51$ et une équation de régression $PV = P5Q \times 1,27 - 12,81$. Le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont faiblement corrélés.

Le tableau 6 présente cette corrélation chez les caprins.

Tableau 6 : Matrice de corrélation (Pearson)

Variables	Poids vif (Kg)	Poids carcasse (Kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (Kg)
Poids vif (Kg)	1		
Poids carcasse (Kg)	0,44	1	
Poids 5 ^{ème} quartier (Kg)	0,80	-0,12	1

Le tableau 6 montre que le poids de la carcasse des caprins est corrélé positivement au poids vif avec une équation de régression $PV=PC \times 0,82 + 17,66$, et $R^2 = 0,23$, très faible. Le poids du cinquième quartier est fortement corrélé au poids vif de l'animal avec une équation de régression $PV=P5Q \times 0,91 + 15,21$ et $R^2 = 0,64$. Le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont faiblement corrélés.

Corrélation des trois variables par sexe

Le tableau 7 donne la synthèse de la Matrice de corrélation (Pearson) des variables liées à la carcasse, au 5^{ème} quartier et au poids vif chez les mâles.

Tableau 7 : Matrice de corrélation (Pearson)

Variables	Poids vif (kg)	Poids carcasse (kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (kg)
Poids vif (kg)	1		
Poids carcasse (kg)	0,81	1	
Poids 5 ^{ème} quartier (kg)	0,72	0,19	1

Chez le mâle, le poids de la carcasse est fortement corrélé au poids vif. L'équation de régression est la suivante : $PV=PC \times 1,16 + 14,70$ ($R^2 = 0,67$). Le poids du cinquième quartier est positivement corrélé au poids vif de l'animal et l'avec une équation de régression $PV=P5Q \times 1,24 + 11,26$ ($R^2 = 0,52$). Le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont faiblement corrélés.

Le tableau 8 donne un aperçu de la Matrice de corrélation (Pearson) de la carcasse, du 5^{ème} quartier et du poids vif chez les femelles.

Tableau 8 : Matrice de corrélation (Pearson) de la carcasse, cinquième quartier et le poids vif chez les femelles.

Variables	Poids vif (kg)	Poids	Poids 5 ^{ème}
-----------	----------------	-------	------------------------

		carcasse (kg)	quartier(kg)
Poids vif (kg)	1		
Poids carcasse (kg)	0,81	1	
Poids 5 ^{ème} quartier (kg)	0,75	0,23	1

Chez les femelles, le poids de la carcasse des femelles est fortement corrélé au poids vif avec une valeur de 0,81 et $R^2 = 0,65$. Le poids du cinquième quartier est également positivement corrélé au poids vif de l'animal (0,75) et $R^2 = 0,57$. Le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont faiblement corrélés.

Corrélation des trois variables par Commune

Le tableau 9 présente un résumé de la Matrice de corrélation de Pearson de la carcasse, du 5^{ème} quartier et du poids vif dans la Commune de Mahajanga.

Tableau 9 : Matrice de corrélation (Pearson) de la carcasse, du cinquième quartier et du poids vif chez les femelles.

Variabiles	Poids vif (kg)	Poids carcasse (kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (kg)
Poids vif (kg)	1		
Poids carcasse (kg)	0,799	1	
Poids 5 ^{ème} quartier(kg)	0,736	0,186	1

Dans la Commune urbaine de Mahajanga, les données présentées dans le tableau démontrent une forte corrélation entre le poids de la carcasse des femelles et le poids vif, illustrée par l'équation de régression suivante : $PV = PC \times 1,16 + 15,59$, avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,63$. Le poids du cinquième quartier est également positivement corrélé au poids vif de l'animal avec l'équation de régression $PV = P5Q \times 1,22 + 10,74$, et un $R^2 = 0,54$. En revanche, la corrélation entre le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont faiblement corrélés.

Tableau 10 : Matrice de corrélation (Pearson) de la carcasse, du cinquième quartier et du poids vif dans la Commune Rurale d'Ambondromamy.

Variabiles	Poids vif (kg)	Poids carcasse (kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (kg)
------------	----------------	---------------------	--------------------------------------

Poids vif (kg)	1		
Poids carcasse (kg)	0,857	1	
Poids 5 ^{ème} quartier(kg)	0,758	0,315	1

Dans la **Commune Rurale d'Ambondromamy**, les données présentées dans le tableau 10 indiquent une forte corrélation entre le poids de la carcasse des femelles et le poids vif avec une équation de régression $PV=PC \times 1,24 + 10,22$, et un $R^2 = 0,73$. Le poids du cinquième quartier est également positivement corrélé au poids vif de l'animal comme en témoigne l'équation de régression $PV=P5Q \times 1,39 + 12,47$, avec un R^2 de 0,57. Le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont faiblement corrélés.

Tableau 11 : Matrice de corrélation (Pearson) entre la carcasse, le cinquième quartier et le poids vif dans la Commune Rurale d'Ambolomoty.

Variables	Poids vif (kg)	Poids carcasse (kg)	Poids 5 ^{ème} quartier (kg)
Poids vif (kg)	1		
Poids carcasse (kg)	0,89	1	
Poids 5 ^{ème} quartier (kg)	0,95	0,71	1

Dans la **Commune Rurale d'Ambolomoty**, les données présentées dans le tableau 11 indiquent une forte corrélation entre le poids de la carcasse et le poids vif avec une équation de régression $PV=PC \times 2,08 + 1,64$, et un R^2 de 0,80. Le poids du cinquième quartier est également fortement corrélé au poids vif de l'animal avec une équation de régression $PV=P5Q \times 1,47 + 5,84$, et un R^2 de 0,90. Le poids de la carcasse et celui du 5^{ème} quartier sont enfin positivement corrélés.

DISCUSSIONS

Cette étude s'est concentrée sur l'évaluation des performances à l'abattage des petits ruminants. En ce qui concerne les espèces, les ovins sont les plus fréquemment abattus, ce qui confirme les préférences des consommateurs dans cette Région. En effet, la viande de mouton est largement privilégiée par rapport à celle de chèvre. Cette tendance peut s'expliquer par le fait que la saveur de la viande ovine est souvent perçue comme plus délicate et familière, tandis que la viande de chèvre a une saveur plus prononcée avec un arrière-goût légèrement musqué (Mandolesi et al., 2024). De plus, cette préférence peut également être influencée par des habitudes culturelles et des traditions culinaires propres à la Région.

Les femelles sont abattues plus fréquemment que les mâles, comme l'indique l'étude réalisée par Mopate et *al.* (2020) sur des ovins abattus dans un abattoir au Tchad, où 60% des animaux abattus sont des femelles. Cette pratique peut entraîner des pertes en termes de reproduction pour les femelles. Selon Nana et *al.* (2014), les pertes à l'abattage chez les chèvres gestantes représentent environ 7 % de l'effectif total des femelles.

Dans cette étude, les animaux sont abattus à un jeune âge, alors qu'ils sont encore en période de croissance et n'ont pas atteint leur taille adultes. La rareté de l'abattage de très jeunes animaux contribue à ce que la consommation d'agneaux ne soit pas une pratique culinaire courante dans cette région. En revanche, en France, la viande d'agneau bénéficie d'une reconnaissance sous forme d'Indication Géographique Protégée ou de Label Rouge (Franceagrimer, 2023).

Les animaux qui ont un poids vif inférieur sont abattus beaucoup plus fréquemment que ceux qui ont des poids vifs plus élevés. Le poids vif moyen des ovins de cette étude est de 34 kg. En 2021, Maigret a trouvé un poids moyen de 35 kg pour les agneaux et de 45 à 50 kg pour les brebis. En ce qui concerne les caprins, le poids vif moyen est de 29 Kg, ce qui est largement inférieur à celui des ovins. Par conséquent, il en ressort que les caprins de cette Région sont généralement plus petits que leurs homologues ovins.

Le rendement en carcasse, un critère déterminant pour l'efficacité de la production de viande, quantifie la proportion du poids vif de l'animal qui devient une carcasse commercialisable, une fois abattu et débarrassé de ses parties non consommables (tête, pattes, peau/toison, viscères, sang). Pour les petits ruminants, la carcasse constitue habituellement entre 40 % et 60 % du poids vif de l'animal. Le rendement en carcasse de l'étude est de 51 % pour les moutons et 48 % pour les chèvres mais la différence n'est pas significative.

Ces résultats se rapprochent de ceux observés chez les ovins sahéliens, dont le rendement en carcasse varie de $52,59 \pm 3,89$ à $60,28 \pm 4,48\%$ (Djenontin et *al.*, 2017). Cependant, ils sont supérieurs à ceux rapportés dans d'autres études, notamment, la race Martinik (OMK) qui est élevée en conditions intensives, où le rendement en carcasse est de 45 à 47% chez les agneaux mâles, 42 % chez les femelles (Alexandre et *al.*, 2008) ou encore 46 % selon (Maigret, 2021). Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Mopate et *al.*, (2020), qui ont rapporté un rendement de 54,42%. Il convient également de noter qu'il existe des différences entre le rendement en carcasse des ovins et des caprins, celui des caprins est plus élevé. Toutefois, plusieurs études démontrent le contraire. Une étude menée au Malawi a révélé un rendement en carcasse des ovins compris entre 52,3 et 55,1% (FAO, 1985), tandis que pour les caprins, ce rendement se situe entre 40% et 50% (RECA-Niger, 2011). Plusieurs paramètres peuvent influencer le rendement en carcasse. Le sexe peut faire varier ce rendement. Dans cette étude, les femelles ont un rendement en carcasse plus élevés que les mâles avec une différence significative. Selon certaines recherches, le rendement en carcasse des femelles peut surpasser celui des mâles, en fonction de leur âge et de leur état physiologique (Mopate et *al.*, 2020). L'âge est un facteur qui influe sur le rendement en carcasse. Dans cette étude, les animaux âgés de 3 et 4 ans ont un rendement plus important que ceux plus

jeunes, mais avec une différence non significative. Le rendement est moins élevé chez les jeunes animaux qui présentent un développement insuffisant. Selon Dudouet (2003), il a été démontré que chaque animal possède un âge d'abattage optimal. Si l'abattage intervient trop tôt, les masses musculaires ne sont pas suffisamment développées, ce qui entraîne un faible rendement. Le rendement moyen en carcasse à Ambondromamy est très différent des autres localités avec une différence statistiquement significative. A Ambondromamy, la peau n'est pas retirée lors de l'abattage de l'animal, mais reste attachée à la carcasse, ce qui peut contribuer à augmenter le rendement en carcasse. En effet, la peau peut représenter entre 5 % et 15 % du poids vif des ovins, et entre 5% et 9% pour les caprins (RECA-Niger, 2011). De plus, à Mahajanga et Ambolomoty, la peau est considérée comme faisant partie du cinquième quartier.

Les animaux de l'étude ne sont abattus ni dans un abattoir, ni dans une tuerie mais plutôt dans les lieux d'abattage traditionnels ou directement chez le boucher. La méthode d'abattage, ainsi que la rigueur des opérations telles que la saignée, l'éviscération et le dépeçage, peuvent avoir une incidence sur le rendement. De même, le rendement peut être impacté négativement par le stress, le transport et les manipulations subies par les animaux avant l'abattage, ce qui entraîne souvent une perte de poids (Massender et al., 2021).

Le rendement du 5^{ème} quartier représente jusqu'à la moitié du poids vif. Il constitue une part importante et non négligeable du poids vif total après abattage de l'animal. Bien que la carcasse demeure la principale source de revenus, il est essentiel de noter que le volume total du cinquième quartier équivaut à son propre poids en carcasse. Négliger cette part significative, c'est passer à côté de près de la moitié des produits que l'abattage peut offrir avec un potentiel de valorisation considérable (Francegrimer, 2013).

Les animaux n'ont pas été soumis à un jeûne préalable à l'abattage. Or, pour optimiser le rendement et obtenir un poids vif qui reflète plus fidèlement celui de la carcasse, un jeûne adéquat est nécessaire, afin de vider leur tube digestif. Kennedy (2019), a souligné que l'une des raisons majeures des écarts observés dans le rendement en carcasse réside dans le poids du tube digestif au moment de la pesée. Plus un animal ne jeûne pas, plus le contenu de ses intestins sera important donc le rendement en 5^{ème} quartier va être plus élevé.

Le poids de la carcasse est fortement corrélé au poids vif, et ce, tant pour la population totale que pour les ovins et les caprins, indépendamment du sexe et de l'origine des animaux. Cela signifie qu'une augmentation du poids vif de l'animal entraîne une augmentation proportionnelle du poids de la carcasse. Cependant, la corrélation la plus marquée entre le poids vif et le poids de la carcasse n'est pas influencée par l'espèce ou le sexe, mais plutôt par la localisation géographique en particulier pour les animaux originaires des communes d'Ambondromamy et d'Ambolomoty. Ainsi, il est avantageux pour le boucher de privilégier l'abattage d'animaux qui présentent un poids vif élevé afin d'obtenir une carcasse conséquente et de privilégier les animaux provenant de ces deux Communes plutôt que ceux de la Commune de Mahajanga. Ce constat rejoint les travaux réalisés par Rabearimisa en 2023 et ceux de Razafindrajaona et Andriamahery en 2025, sur l'espèce bovine.

CONCLUSION

Cette étude a permis de déterminer les rendements de l'abattage des petits ruminants de la Région Boeny. Les diverses mesures pondérales sur un échantillon de 66 animaux, dont 43 moutons et 23 chèvres, ont montré que les rendements moyens en carcasse et en cinquième quartier des petits ruminants varient en fonction de l'espèce, du sexe et de l'âge de l'animal et de leur localisation. Les animaux plus âgés ont donné généralement de meilleurs rendements en carcasse et en cinquième quartier, sans toutefois en être statistiquement significatifs. Le rendement en carcasse est supérieur chez les femelles par rapport aux mâles avec une différence statistiquement significative. Le rendement en cinquième quartier représente la moitié du poids vif de l'animal. Le poids de la carcasse est fortement corrélé au poids vif de l'animal quel que soit l'espèce, le sexe et l'origine de l'animal. Les données collectées ont ensuite servi de base à l'élaboration de plusieurs modèles prédictifs fiables qui permettent d'estimer divers paramètres à partir du poids vif de l'animal.

Grâce à ces rendements moyens, aux modèles établis et aux facteurs qui les influencent, les éleveurs pourront estimer de manière de plus en plus précise, la valeur commerciale sur pied de leurs animaux. Cependant, l'influence du système d'élevage, en particulier l'alimentation, ainsi que l'historique des animaux sur ces rendements, requiert encore des études approfondies. De même, la qualité et la valorisation du cinquième quartier à des fins économiques méritent une attention particulière. Ces investigations viendront compléter la présente recherche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBGRAPHIQUES

- 1) Alexandre, G., Bocage, B., et Coppry, O. (2008). Paramètres de découpe et de mensurations des carcasses d'agneaux Martinik élevés en conditions intensive. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 2008, 61 (2) : 121-126
- 2) Amegee, Y. (1984). Le mouton de Vogan (croisé Djallonké x Sahélien) au Togo III : Performances d'engraissement et rendement des carcasses ». *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* 37 : 97-106.
- 3) ANN. ZOOTECH. (1979). Estimation de la composition chimique du mouton adulte.
https://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/1979/04/Ann.Zootech._0003-424X_1979_28_4_ART0003.pdf (Page 259)
- 4) Ayssiwede, S., Ba, K., Fall, F., Diouf, N. et Cisse, M. (2023). Performances de croissance, caractéristiques de carcasse et éléments du 5^e quartier chez des agneaux au Sénégal. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, Vol. 76, p. 1-11
- 5) Clinquart A. (2021). Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality. *Elsevier B.V.* on behalf of The Animal Consortium. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100426> 1751-7311/Ó 2021
- 6) Centre de recherche et d'appui à l'analyse économique à Madagascar. (2013). Monographie Région Boeny. CREAM.

https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg_mef_monographie-region-boeny_2014.pdf,

- 7) Devendra, C., Burns, M. (1983). Goat production in the tropics. *Commonwealth Agricultural Bureau*.
- 8) Dossa, L. H., Alakou, V. L., Kounde, C. G. et Adandedjan, C. (2007). Spatial distribution and phenotypic characterisation of indigenous goat populations in Benin. *Animal Genetic Resources Information*: 41, 35-46.
- 9) Djenontin, J., Senou, M., Salifou, C. F. A., Ahounou, G. S., Issifou, T. M., Youssao, A. K. I. (2017). Influence du type génétique sur la composition corporelle et la qualité de la viande des ovins élevés dans les systèmes d'élevage traditionnels. *Arch. Zootec.* 66 (256): 523-533.
- 10) Dudouet, C. (2003). *La production du mouton* : 2^{ème} Edition , Editions France Agricole,
<https://books.google.mg/books?hl=fr&id=cqPw983FC9EC&q=rendement#v=snippet&q=rendement&f=false>
- 11) Dumas, R., Petit, J. P. (1964). Variations du poids vif et du rendement en viande de bœufs zébus de l'Adamaoua au cours de la saison sèche. *Rev. Eh. Med. VM.* Pays f@., 1964.49, 4 (573-579).
- 12) FAO. (2019). Organisation de la filière des petits ruminants dans la Région Diana. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/807da69b-eec5-4007-a426-40af8ca90e29/content>
- 13) FAO. (2017). Meat and meatproducts: Production, processing and future challenges. Rome: FAO.
- 14) FAO. (2012). Directives pour la caractérisation des ressources génétiques animales. Rome: FAO.
- 15) FAO. (1994). Slaughterhouses.
- 16) <https://www.fao.org/4/x6114e/x6114e04.htm>
- 17) FAO. (1985). Caractéristiques des petits ruminants de la zone de Mitundu au Malawi. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6219132c-af7b-4ddf-a0ac-0721b47b1da3/content/x5464b0x.htm>
- 18) Faugere, O., Almazan, E. E., Ba, A. et Ba, M. (1990). Détermination de l'âge des petits ruminants par l'examen de la dentition, Elaboration et utilisation de grilles d'évaluation au Sénégal (Mémoire de fin d'études de Doctorat en Médecine Vétérinaire). EISMV.
- 19) Franceagrimer. (2023). Fiche filière Ovine. <https://www.franceagrimer.fr/Mediatheque/INSTITUTIONNEL/PUBLICATION/S/ETABLISSEMENT/2023/Les-fiches-de-FranceAgriMer-2023/Fiche-filiere-Ovine>
- 20) Kennedy, D. (2019). Prévoir le poids carcasse des agneaux. *Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario*

- 21) Limea, L. (2012). Effets des conditions d'alimentation et d'abattage sur les caractéristiques de carcasse et de viande du Caprin Créole (Thèse pour obtenir le grade de Docteur). Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) Spécialité : Agronomie
- 22) Madruga, M.S.P., Araújo, E.A., Lira, B.H.T. et Cutrim, J.C.C. (2011). Carcass and meat quality of goats. *A review. Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(supl.), 193-201.
- 23) Maigret, C. (2021). Systèmes ovins viande en Martinique : Référentiel technico-économique - Conjoncture 2021. *Institut de l'Elevage*, 149 rue de Bercy – 75595 Paris
- 24) Matika, O., Chikowore, A.N., Nzimande, S.L. et Ncube, T.E. (2003). A description of growth, carcass and reproductive traits of Sabisheep in Zimbabwe. *Small Ruminant Res.*, 48: 119-126.
- 25) Massender E. et al. (2021). Effets des manipulations précédant l'abattage et du transport des petits ruminants sur la qualité et le rendement des carcasses. Fiche technique N°21-054- AGDEX 430/26 Août 2021
- 26) Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. (2025). Au printemps, de l'agneau français sur la table ». <https://agriculture.gouv.fr/au-printemps-de-lagneau-francais-sur-la-table>
- 27) Mopate, L., Djimtoingar, N., Djekoure, C. et Adamou, Y. (2020). Rendement carcasse des ovins sahéliens dans la Province du Guera au Centre-Est du Tchad. *Journal of Applied Biosciences* 146: 15074 - 15080. at www.m.elewa.org/journals/ on 29th February 2020, <https://doi.org/10.35759/JABs.146.10>
- 28) Nana, F.C.N., Tume, C., Daouda, Djitie, F.K., Dandji, M.B.S., Zoli, A.P. et Beckers, J.F. (2014). Impact de l'abattage des chèvres gravides sur l'élevage des petits ruminants au Cameroun. *Livestock Research for Rural Development*: Volume 26, Article #210. <http://www.lrrd.org/lrrd26/11/nana26210.html>
- 29) N'Dri, A.L., Aka, N'Dri N., Konan, K.K. et Sangare, M. (2016). Caractéristiques morphométriques des ovins locaux vendus au marché de bétail d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* : 10(5), 2320-2331.
- 30) Ontario.CA.(2021). Prévoir le poids carcasse des agneaux . <https://www.ontario.ca/fr/page/prevoir-le-poids-carcasse-des-agneaux>
- 31) Rabearimisa, J. (2023). Variations morphologiques et leur impact sur l'estimation du poids chez le zébu malgache. *Research in Animal Morphometry*.
- 32) Rakotondravao, N., Rakotondravao, N., Andriambololona, H., Razafindraibe, S., Rakotozafy T. (2015). Caractérisation phénotypique des populations locales de chèvres à Madagascar. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* : 68(4), 133-140.

- 33) Rafenomanjato, Z. (2011). Mouton de race local malagasy : Caractéristiques morphométriques et baryométriques : Cas des abattoirs dans la périphérie Sud-Ouest d'Antananarivo (Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Agronomie, Option Elevage). Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo.
- 34) Ralijaona, T., (2014). Importance de l'élevage des petits ruminants dans la Commune Urbaine de Mahajanga : p 24.
- 35) Razafindrajaona, J. M. et Andriamahery, E. V. H (2025). Modélisation baryométrique et des différents produits de zébu Malagasy (*Bos indicus*) dans la Région du Boeny. *Bulletin de l'Académie Malgache* (sous presse).
- 36) Razafindrakoto, M., Rakotondramanana, N., Ranaivoson, L. et Andrianarimalala, M. (2018). Contribution de l'élevage de petits ruminants à la sécurité alimentaire des ménages ruraux dans la région de Vakinankaratra, Madagascar. *Madagascar Conservation & Development* : 13(2), 77-85.
- 37) Region Boeny. (2005). Plan Régional de Développement de la Région Boeny . Document
- 38) RECA-Niger., 2011, Référentiel Technico-Économique de l'Embouchage Ovine Commerciale, https://recaniger.org/IMG/pdf/DOSSIER_REFERENTIEL_EMB_OVINE.pdf
- 39) Sanon, Y.M., Kabore, K. et Kouda, Y. (2008). Caractéristiques pondérales et rendements à l'abattage de moutons Djallonké dans la région de l'Est du Burkina Faso. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* : 61(1-2), 19-24.
- 40) Soulat, J., Sibra, C., Picard, B. et Monteils, V. (2015). Prédire à partir des pratiques d'élevage le rendement des carcasses et la tendreté de la noix d'entrecôte. Journée de l'Ecole Doctorale 2015, May 2015, Clermont-Ferrand, France. 1 p. {hal-02794500}.

Exploitation et traitement du graphite à Madagascar : évaluation des externalités négatives sur l'environnement et bilan économique. Étude comparative entre deux sites situés dans les régions Atsinanana et Atsimo-Andrefana

RAZANAKOLONA Harivao Fenoso¹, RAMIARISON Claudine¹,
ANDRIAMIFALIHIRIMANANA Rado¹, ANDRIANAIVOARIMANGA Justin
Nathanael¹, RANDRIAMALALA René Paul², RAKOTONDRAVALY Désiré
Alphonse.³

ED GRND

Faculté des Sciences et Technologie Université d'Antananarivo

Université de l'Itasy

RESUME :

Cette étude évalue les impacts socio-environnementaux et les retombées économiques de l'exploitation du graphite à Madagascar entre 2019 et 2024, en confrontant les engagements formels des projets miniers à leur mise en œuvre effective ainsi que les rapports nationaux officiels. Une approche méthodologique mixte (analyse documentaire, mesures quantitatives, enquêtes) est appliquée à deux sites majeurs aux contextes écologiques et climatiques contrastés : le projet A situé dans la région humide de l'Atsinanana et le Projet B, dans la région semi-aride de l'Atsimo Andrefana. L'analyse s'appuie sur les évaluations des Impacts Environnementaux et Sociaux (EIES), permettant de comparer les prévisions et mesures d'atténuation avec les résultats sur le terrain. Les rapports publiés par l'Initiative pour la Transparence des Industries Extractives (ITIE) Madagascar entre 2019 à 2023, complétées par des informations opérationnelles récentes à travers les documents d'étude d'impact environnemental et les rapports de suivi environnemental, ont été analysés.

Les résultats révèlent, sur les deux sites, une dégradation avérée des ressources en eau.

Pour le projet B, les prélèvements ont atteint 41 615 m³ en 2025 (114 m³/jour en moyenne), dans un contexte de stress hydrique marqué (précipitations moyennes de 743 mm/an). En ce qui concerne le projet A, les prélèvements ont excédé l'autorisation de 156 m³/jour, atteignant jusqu'à 545 m³/jour en 2022-2023, avec des épisodes de pollution de la rivière Vatomaina lors de fortes pluies.

La dépendance aux combustibles fossiles reste forte : les émissions directes (Scope 1) du projet A ont plus que triplé, passant de 1 031 à 3 204 tonnes éq. CO₂ entre 2021 et 2023, tandis que le projet B, malgré l'installation d'une centrale solaire hybride de 2,5 MW couvrant 35 % de ses besoins, émet encore 2 631 tonnes éq. CO₂ en 2025.

¹ ED GRND

² Faculté des Sciences et Technologie Université d'Antananarivo

³ Université de l'Itasy

Les retombées économiques sont notables mais différenciées. Le projet B, en production depuis 2023, vise 45 000–50 000 t/an et a créé entre 280 et 491 emplois directs.

Il a déclaré des paiements de 3,64 milliards d'Ariary à l'État⁴ en 2023 et 13,908 milliards d'Ariary en 2022⁵ et investi 2,006 milliards d'Ariary dans des programmes socio-environnementaux entre 2021 et 2024. Le projet A, a déclaré 2,153 milliards d'ariary à l'état en 2022 en production depuis 2019-2020, a produit 5 139 tonnes en 2022-2023 et emploie 256 personnes. Cependant, ces bénéfices coexistent avec des lacunes persistantes de transparence environnementale, des tensions communautaires et un déficit de suivi indépendant.

L'étude conclut à un écart significatif entre les engagements des EIES et la réalité des impacts, surtout dans la gestion des ressources en eau, accentué par des faiblesses de gouvernance. Elle plaide sur la transparence des données de suivi hydrique et adapter les prélèvements aux réalités climatiques ; de promouvoir l'économie circulaire dans la filière graphite, de conditionner les avantages fiscaux à la performance environnementale et à l'intégration effective d'énergies renouvelables ; refonder le dialogue social via des comités de suivi participatifs, des mécanismes de gestion des plaintes contraignants.

Mots-clés : Graphite, EIES, externalités environnementales, ressources en eau, GES, gouvernance minière, ITIE, Madagascar.

INTRODUCTION

L'augmentation mondiale de la demande en graphite qui, portée par la transition énergétique vers les véhicules électriques et le stockage d'énergie, a propulsé Madagascar au rang de premier exportateur africain et de deuxième producteur mondial de graphite naturel (Hui Gyeong Park et Chi Keung Song, 2025 ; Global Graphite Mining Industry Report, 2025).

Il est prévu que la demande de graphite quadruplera d'ici 2023 par rapport au niveau de 2023 (Gyeong Park et Keung Song, 2025). Cette demande croissante, essentielle pour les technologies bas-carbone, place les pays riches en ressources comme Madagascar dans une position stratégique mais aussi vulnérable, face à ce que d'aucuns nomment la « criticité » des minéraux de la transition (Bouramdane, 2023 ; Barber et al., 2025). La Chine a extrait environ 77 % des 1 600 kt de graphite naturel produites en 2023, soit 1 200 kt. Elle est talonnée de très loin par Madagascar (100 kt), le Mozambique (96 kt) et le Brésil (73 kt)⁶. Si cette filière génère d'importantes recettes d'exportation et contribue significativement à l'économie nationale. Le secteur extractif a contribué à hauteur de 1,74% aux recettes fiscales de l'Etat en 2022, avec des exportations représentant 43,80% des exportations totales du

⁴Rapport ITIE 2023

⁵ Rapport ITIE 2022

⁶U.S. Geological Survey, 2024, *Mineral Commodity Summaries 2024*: U.S. Geological Survey, 212 p. [En particulier la section "Graphite (natural)", page 78]. <https://doi.org/10.3133/mcs2024>

pays⁷, puis en 2023, le secteur extractif a contribué à hauteur de 3,65% aux recettes fiscales de l'État, et ses exportations ont représenté 33,05% des exportations totales du pays.⁸ Elle s'accompagne par des préoccupations croissantes quant à ses impacts socio-environnementaux locaux, qui peuvent varier selon les contextes géographiques, climatiques et la rigueur de la mise en œuvre des mesures de gestion (Gardner et al., 2023 ; Henry &Partzsch, 2023). Ces impacts sont liés, notamment à la contamination des eaux et due au traitement du minerai du graphite, à la dégradation du sol et aux conflits fonciers. En effet, l'extraction de graphite, nécessaire pour les technologies vertes, crée un paradoxe où la transition énergétique peut induire des impacts socio-environnementaux cumulatifs⁹ (Namaganda ; 2023). Outre les impacts environnementaux, l'exploitation du graphite peut avoir des conséquences sociales importantes pour les communautés locales¹⁰ (Dou, Amuakwa 2022). Les impacts varient considérablement en fonction des méthodes d'extraction utilisées et des pratiques de gestion des déchets miniers. La baisse de la teneur en minerai est aussi à l'origine de l'augmentation des impacts environnementaux de l'extraction des métaux.¹¹ (Pigneur ,2021). Cette dynamique illustre le paradoxe fondamental de la filière : présentée comme un pilier de la transition verte globale, son exploitation génère localement des externalités négatives potentiellement irréversibles (Dou et Amuakwa, 2022 ; Namaganda et al., 2023).

Les études d'Impact Environnemental et Social (EIES), obligatoires pour les projets publics ou privés susceptibles d'avoir des impacts significatifs sur l'environnement, la biodiversité et les communautés locales, sont encadrées par la réglementation Malagasy (MECIE¹²) qui a été récemment amendée (Décret n°2025 – 080). Elles constituent l'outil principal pour anticiper, atténuer et gérer ces impacts à travers des Plan de Gestion Environnementale Spécifique (PGES) ou des Cahiers de Charge Environnemental et Social (CCES) obligatoires pour ce type de projet. Parallèlement, l'Initiative pour la Transparence dans les Industries Extractives (ITIE), à laquelle Madagascar adhère depuis 2008, vise à renforcer la gouvernance du secteur par la publication des rapports (ITIE Madagascar, 2010 à 2023). Cependant, l'efficacité de ces cadres à concilier impératifs économiques, équité sociale et préservation de l'environnement reste une question empirique, la littérature souligne les défis persistants de l'adoption de pratiques durables, comme l'économie circulaire, dans les industries minières des pays en développement (Kahupi et al., 2024 ; Xavier et al., 2021).

⁷Rapport EITI Madagascar 2022

⁸ Rapport EITI 2023, dernier rapport publié en 2025

⁹Namaganda, Otsuki, Steel, 2023, Understanding the cumulative socio-environmental impacts of energy transition-induced extractivism in Mozambique: The role of mixed methods

¹⁰Dou ,Amuakwa 2022, The impact of mineral resource extraction on communities: How the vulnerable are harmed

¹¹Pigneur ,2021 , Mise au point d'une méthode intégrée d'analyse des impacts des filières de matières premières minérales

¹²Mise en Conformité des Investissements avec l'Environnement

L'hypothèse de recherche se focalise sur les externalités négatives significatives et irréversibles engendrées par les activités d'exploitation de graphites notamment sur l'eau, tout en générant les bénéfices économiques tant au niveau local qu'au niveau national.

Cette étude adopte une approche paradoxale entre impacts socio-environnemental, impacts économiques et une approche comparative entre deux projets emblématiques opérant dans des écosystèmes et climats opposés : le projet A en zone de forêt humide de l'Est et le Projet B en zone semi-aride du Sud-Ouest de Madagascar. Les données utilisées proviennent plus particulièrement des rapports ITIE de 2019 à 2023, des rapports d'étude d'impact environnemental EIE et des rapports de suivi environnemental ainsi que des informations issues des enquêtes auprès des responsables des deux Sociétés. Cette étude comparative vise ainsi à établir un état des lieux multidimensionnel et une contextualité des impacts de l'exploitation du graphite à Madagascar, contribuant directement au premier objectif de la recherche dont elle est issue. Elle constitue une première étape des analyses, faites sur la base d'informations écrites surtout, des autres travaux d'enquêtes seront menés pour préciser et approfondir les données.

METHODOLOGIE

Données sur les zones d'étude

L'étude a été menée sur deux sites principaux représentatifs de la diversité écologique, climatique et opérationnelle de la filière graphite à Madagascar. Leur choix s'est fait parmi les dizaines d'Entreprises opérationnelles actuellement dans le pays. Au total de 85 permis miniers délivrés à la fin 2024 portent sur le graphite à savoir (31 permis de recherche, 45 permis d'exploitation et 9 permis réservés aux exploitants artisanaux)(Site officiel BCMM Madagascar). Les deux entreprises sont sélectionnées sur la base de critères tels que leur stade d'exploitation, la disponibilité des données environnementales et sociales, leur localisation, leur contribution économique locale, leur niveau de transparence, leur implication dans des conflits ou programmes sociaux, et leur potentiel pour une analyse comparative. Par souci de respect pour les deux entreprises, elles ne sont pas nommées dans le présent article, elles seront qualifiées comme étant le projet A et le projet B.

Le site du projet A¹³ est localisé dans Région Atsinanana. Le contexte climatique de la zone d'exploitation est fortement pluvieux, avec des précipitations présentes 75 % de l'année et une saison cyclonique marquée. Ces conditions entraînent une érosion importante des sols et des pistes, compliquent la gestion des eaux et des boues, et perturbent régulièrement les activités opérationnelles et les transports.

La production annuelle de graphite a progressé sur la période, passant de 3 210 tonnes en 2021–2022 à 5 139 tonnes en 2022–2023, atteignant environ 57 % de l'objectif annuel de 11 400 tonnes. En 2023–2024, 105 963 m³ de minerais ont été extraits, avec une unité de raffinage d'une capacité de 18 000 t/an et un système de

¹³ La société est une filiale malgache d'un groupe international, cotée en bourse. Elle détient le Permis d'Exploitation N°38321 octroyé en 2015 portant 64 carrées minières de 625 mètres de côté, pour une durée de 40 ans.

pré concentration sur site (49,96 % de carbone). Des interruptions opérationnelles en 2024 ont toutefois affecté la continuité de la production.¹⁴

Les zones d'habitation concernées par le projet sont des villages ruraux dispersés dont (Ambinaninony, Andasibe, et plusieurs hameaux environnants). La population directement et indirectement concernée est estimée environ 8 000 personnes. Les zones sont agro-pastorale caractérisées par l'auto subsistance, la vulnérabilité de la population face aux changements environnementaux et fonciers. La durabilité de leurs activités est intrinsèquement liée à l'intégrité de leur écosystème (sol, eau, forêt).

Le second site est celui du Projet B¹⁵ dans, Région AtsimoAndrefana. Cette région, connaît un climat semi-aride marqué par une insuffisance pluviométrique chronique, avec une moyenne annuelle de seulement 743 mm de précipitations sur la période 1980-2022. La région subit une tendance à l'assèchement, avec une baisse notable des pluies après l'an 2000, particulièrement prononcée dans sa partie australe et littorale où le déficit atteint environ 100 mm (Ravanomanantsoa et al, 2024).

Le projet B a entamé la phase de construction en 2022 il est en phase de production commerciale depuis 2023, visant une production à grande échelle de 45 000-50 000 t/an (NextSource Materials, 2022-2024). En 2023, 39 tonnes ont été acheminées vers Toliara, puis 991 tonnes en 2024, et 350 tonnes sur les deux premiers mois de 2025, avec des exportations principalement vers la Chine, les États-Unis, l'Allemagne, l'Indonésie et l'Inde.

Plusieurs petits hameaux (*fokontany*) et campements pastoraux sont disséminés autour du site minier. Des localités, tels que: Maromainandro, Ankilimiarivo, Ampataka, Antsakoamamy, Andranobory sont souvent mentionnés dans les études du projet.

La population autour de ce projet est constituée par des éleveurs-agriculteurs vulnérables à cause notamment d'un environnement aride. Leur survie est intimement liée à l'accès à la terre pour le pâturage et à l'eau. La population est impactée par le projet de deux manières ; une partie estimée à 1500 individus est directement impactée par le projet, tandis qu'une autre partie, de l'ordre de 5 000 -7 000 individus est impactée de manière plus élargie.

Méthodes

Cette étude repose sur une méthodologie structurée en trois étapes clés, conçue pour tester l'hypothèse d'un paradoxe entre retombées économiques et externalités environnementales dans la filière graphite à Madagascar.

¹⁴ Rapport de suivi environnemental 2021-2022

¹⁵ C'est une compagnie d'exploration et de développement minier basé à Toronto, au Canada, qui s'occupe actuellement de l'exploration et du développement de son projet Graphite du site Molo dans le Sud-ouest de Madagascar. Sa filiale de droit malagasy détient le Permis d'Exploitation N°39807 octroyé en 2019 portant 448 carrés miniers de 625 mètres de côté, pour une durée de 40 ans.

- Premièrement, la recherche s'appuie sur une conception comparative ciblée. Une étude de cas contrastés a été privilégiée, centrant l'analyse sur les projets A en région humide et B en région semi-aride. Cette sélection délibérée est méthodologiquement stratégique : elle permet d'analyser comment des contextes écologiques diamétralement opposés modulent la nature, l'intensité et la perception des pressions sur la ressource en eau. Simultanément, elle offre un cadre rigoureux pour comparer l'ampleur et la structure des retombées économiques locales et nationales générées par chacun des deux modèles d'exploitation.

- Deuxièmement, la collecte des données a impliqué une triangulation systématique de sources multiples afin de garantir la fiabilité et la nuance de l'état des lieux. L'analyse documentaire a constitué le socle, s'appuyant sur les Études d'Impact Environnemental et Social (EIES) et les rapports de suivi environnemental pour établir le référentiel des engagements, et sur les rapports EITI (2019-2023) pour quantifier les bénéfices économiques. Ces données ont été enrichies et confrontées à des informations opérationnelles récentes (2022-2024) recueillies via des entretiens et questionnaires auprès des responsables des sociétés minières, portant sur la gestion effective de l'eau, l'énergie et les investissements sociaux. Une revue de la littérature académique et de la presse spécialisée a enfin servi de source complémentaire pour contextualiser les enjeux et recouper les informations sur des incidents ou tensions moins documentés.

- Enfin, l'analyse a été conduite selon une méthode d'évaluation des écarts (gap analysis). Pour chaque projet, les prévisions et engagements formalisés dans les EIES ont été systématiquement confrontés aux données de mise en œuvre issues du suivi et des enquêtes. Cette confrontation a été menée sur deux axes parallèles : un axe environnemental focalisé sur la ressource en eau ayant trait à la conformité des prélèvements, efficacité des mesures d'atténuation, et d'autre part, un axe économique portant sur la matérialisation des retombées promises. Cette démarche permet de construire une analyse multidimensionnelle et contextualisée, permettant de vérifier dans quelle mesure les bénéfices économiques générés coexistent avec des externalités négatives significatives sur l'eau, validant ainsi l'hypothèse paradoxale centrale. Cette phase constitue un diagnostic robuste préalable à des investigations ultérieures plus approfondies auprès des communautés affectées.

RESULTATS

Vulnérabilités et mesures d'atténuation dans la gestion des ressources en eau

Les analyses des données disponibles des deux projets avaient identifié la gestion de l'eau comme des enjeux majeurs dans l'activité d'exploitation et traitement du graphite naturel.,

Pour le projet B en zone semi-aride, en s'appuyant sur une revue documentaire exhaustive des plans de gestion environnementale (PGES 2021, EIES de 2015) et des données opérationnelles récentes (2025), les analyses portent sur l'évaluation de la conformité réglementaire, la durabilité des prélèvements et les mesures

d'atténuation face aux risques hydriques dans un bassin versant caractérisé par une forte variabilité climatique.

Le cadre réglementaire de la gestion des ressources en eau est défini par une autorisation de l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ANDEA) fixant un plafond de prélèvement maximal à 726 m³/jour. Les études hydrogéologiques fondatrices (EIES, 2015) avaient identifié 16 forages, avec un rendement sécuritaire total estimé à 1 322 m³/jour, les forages MMB12¹⁶ et MMB13 présentant les débits les plus élevés. Toutefois, le PGES de 2021 a statué que le forage MMB13 ne serait pas exploité afin d'éviter des relocalisations de populations. Les prélèvements effectifs pour l'année 2025, réalisés via les forages MMB12, MPB1¹⁷ et MPB2, s'élèvent à 41 615 m³, soit une moyenne journalière de 114 m³. Ce volume, bien qu'inférieur à la limite réglementaire et au rendement sécuritaire historique, marque une nette augmentation par rapport aux besoins initiaux de la phase de construction qui est estimé à 15 m³/jour, reflétant le passage à la phase d'exploitation. Par ailleurs, la qualité de l'eau souterraine présente une variabilité significative. Les données de référence du PGES montrent des pH compris entre 6,2 et 8,2 et des conductivités allant de 9,3 à 214 mS/m¹⁸, certaines valeurs excédant les normes malgaches pour l'eau potable. Les analyses de surveillance de 2025 indiquent une qualité globalement conforme, avec un pH de 6,5-8,0 et une conductivité de 100-500 µS/cm. Cette divergence pourrait s'expliquer par la sélection de forages spécifiques ou par un traitement de l'eau. Néanmoins, des vigilances persistent sur certains paramètres dont les nitrates, fluorures et arsenic pour lesquels des dépassements ponctuels des références internationales de l'OMS¹⁹ et de l' IFC²⁰ avaient été identifiés.

L'évaluation des risques met en lumière la vulnérabilité du bassin face à la sécheresse, classée comme risque modéré (cotation 3B) dans le PGES. Cette vulnérabilité est confirmée par des études récentes (Barber et *al*, 2025) soulignant le stress hydrique potentiel dans cette zone à pluviométrie irrégulière (~860 mm/an). Pour y faire face, le promoteur a déployé un système de mesures d'atténuation incluant le recyclage et l'économie d'eau dans les procédés, l'épaississement des résidus, l'instauration d'une base de données hydrologique et un réseau pérenne de surveillance (piézomètres, analyses mensuelles).

Cependant, l'étude relève un défi majeur en matière de gouvernance et de transparence. Le PGES prévoit un mécanisme de gestion des plaintes et la transmission de rapports annuels à l'Office National de l'Environnement (ONE), mais sans obligation de diffusion publique systématique des données de suivi. Ce manque de transparence, identifié dans la littérature comme un facteur

¹⁶ Code d'identification d'un forage hydrogéologique spécifique

¹⁷ Forage de production et de surveillance, feront partie du champ de captage d'eau souterraine destiné à alimenter le projet en eau brute.

¹⁸ Unité qui quantifie le niveau de salinité/minéralisation des eaux souterraines.

¹⁹ Organisation Mondiale de la Santé, qui fixe les limites pour protéger l'Homme dans la consommation d'eau potable

²⁰ Société Financière Internationale qui fixe des limites pour protéger à la fois l'Homme et l'environnement par rapport aux rejets industriels et la qualité de l'eau ambiante.

d'exacerbation des conflits socio-environnementaux dans les chaînes d'approvisionnement minières, peut alimenter la méfiance des communautés riveraines.

En conclusion, bien que les prélèvements actuels du projet Brestent dans les limites autorisées et que des mesures techniques sophistiquées de gestion de l'eau aient été mises en œuvre, la résilience à long terme du système hydrique reste conditionnée par une gouvernance inclusive et transparente. Il est recommandé de renforcer le dialogue avec l'ensemble des parties prenantes, de systématiser et de rendre accessible la publication des données de monitoring environnemental, et d'actualiser régulièrement les modèles hydrogéologiques pour tenir compte de la variabilité climatique croissante. Cette approche est essentielle pour concilier les impératifs du développement minier et la sécurité hydrique des populations et des écosystèmes locaux.

Le projet A exploité dans un contexte de forêt humide, a planifié son approvisionnement en eau par prélèvement dans la rivière Vatomaina. Le document d'EIE prévoyait une capacité de prélèvement de 18 m³/h, un volume initial de mise en service de 780 m³, et un système de traitement en circuit fermé avec bassin de décantation (44 x 30 m) et citerne de rétention (180 m³), visant à réduire la consommation nette à 8 m³/h. Cette conception supposait un risque minimal de conflit d'usage, compte tenu du débit supposé élever de la rivière (10 733 m³/s) et incluait des mesures d'atténuation standards (revégétalisation, canaux antiérosifs, suivi de la qualité de l'eau).

Cependant, la mise en œuvre opérationnelle révèle plusieurs écarts critiques. Les prélèvements réels ont systématiquement excédé l'autorisation administrative de 156 m³/j, atteignant jusqu'à 545 m³/j lors de la période 2022-2023. Le système de traitement, bien que démontrant une efficacité partielle en conditions normales avec une réduction satisfaisante des paramètres classiques (pH, MES²¹, turbidité), présente une vulnérabilité structurelle lors des épisodes pluvieux intenses. Ces événements ont provoqué des débordements, conduisant à une pollution visible de la rivière Vatomaina et à la sédimentation des rizières en aval, malgré un taux de traitement en circuit fermé d'environ 60% des effluents générés (379 058 m³ en 2023-2024). Cette situation a nécessité la mise en place de mesures correctives post-hoc (curage, bassin de secours).

Sur le plan social, le projet, bien que générant 256 emplois et menant des initiatives communautaires, est marqué par des contentieux persistants avec les communautés riveraines, notamment à Ambinaninony. Les populations rapportent une pollution perçue des rizières et dénoncent une concurrence pour l'eau d'irrigation. Ces conflits, couplés à des risques accrus d'érosion et de lessivage des stériles lors des fortes pluies, un phénomène insuffisamment documenté dans les rapports de suivi – illustrent les impacts significatifs sur les communautés vulnérables et soulignent l'insuffisance des mécanismes de résolution des griefs, malgré l'existence d'un programme formel de surveillance annuelle de la qualité de l'eau

²¹ Matière en suspension

Émissions de GES et transition énergétique

Les deux sites restent largement dépendants des combustibles fossiles en phase d'exploitation initiale, un constat qui questionne la durabilité de la « mine verte ».

L'évaluation de la performance environnementale du projet A, révèle des lacunes significatives dans la transparence et la gestion de son profil énergétique et climatique. L'Étude d'Impact Environnemental (EIE) initiale présente une absence notable de métriques énergétiques fondamentales. Aucune donnée quantitative n'y est fournie concernant la consommation horaire ou annuelle de carburant, l'efficacité énergétique du procédé de flottation, les émissions de CO₂ équivalent, ou les coûts opérationnels liés à l'énergie. Bien que les émissions atmosphériques y soient identifiées comme un impact négatif "moyen", l'évaluation n'est étayée par aucune quantification des émissions spécifiques des générateurs diesel (particules, NO_x, SO_x), affaiblissant ainsi la base scientifique des mesures d'atténuation proposées.

Sur le terrain le mix énergétique du projet reste fortement dépendant des combustibles fossiles. L'approvisionnement est principalement assuré par des groupes électrogènes diesel d'une puissance installée totale de 8,5 kW, représentant 90 % du mix énergétique en 2023-2024. La part des énergies renouvelables, bien que présente à hauteur de 10% via l'énergie solaire, demeure marginale. Cette dépendance au diesel se reflète directement dans l'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES). Le suivi des émissions selon le protocole des trois périmètres (Scopes) montre une hausse significative des émissions directes (Scope 1), qui ont plus que triplé, passant de 1 031 tonnes d'équivalent CO₂ en 2021-2022 à 3 204 tonnes en 2022-2023. Cette augmentation coïncide avec une consommation volatile de gaz butane pour le séchage (179 525 kg en 2021-2022 contre 64 540 kg en 2023-2024), dont les volumes réels s'écartent notablement des prévisions initiales. En revanche, les émissions indirectes liées à l'énergie achetée (Scope 2) et les autres émissions de la chaîne de valeur (Scope 3) sont restées stables, à respectivement 341 et 350 tonnes.

Il existe donc un écart marqué entre les intentions déclarées et les réalisations opérationnelles. Alors que la société affiche une vision de projet "à très faible émission de carbone" et a mentionné des projets d'énergie solaire hybride dans le rapport ITIE 2023, aucune donnée publique indépendante ne permet à ce jour de vérifier la mise en service effective de ces installations ou d'en quantifier la contribution à la réduction des émissions. La trajectoire actuelle, caractérisée par le doublement des émissions de Scope 1 entre 2021 et 2023 et la domination persistante du diesel, souligne les défis de la transition énergétique dans le secteur minier malgache spécifiquement dans la filière graphite et soulève des questions sur la robustesse de la stratégie bas-carbone annoncée.

Le projet B qui présente un cas d'étude pertinent sur la transition énergétique dans le secteur minier africain. Face aux défis d'une empreinte carbone initialement dominée par la génération diesel, son Plan de Gestion Environnementale Spécifique de 2021 a formulé une stratégie de décarbonations structurée en deux axes : des actions d'atténuation immédiates et le déploiement d'infrastructures renouvelables durables. Dès la phase de construction, cette approche s'est concrétisée par

l'installation d'un parc photovoltaïque de 3 hectares (2 MVA), couplée à un protocole strict de suivi de la consommation de carburant et à l'interdiction du brûlage à ciel ouvert des déchets, visant à réduire simultanément la dépendance aux hydrocarbures et les émissions de particules.

L'évaluation initiale de l'empreinte carbone, réalisée dans l'Étude d'Impact Environnemental (EIE, 2015) selon les méthodologies du GIEC²², identifiait les émissions directes (Scope 1) liées à la combustion du diesel pour la production électrique et les équipements miniers comme la source prépondérante. Dans ce contexte hors-réseau, les émissions indirectes liées à l'électricité (Scope 2) étaient nulles. Le plan de gestion associé prévoyait une surveillance continue des émissions et l'optimisation des processus, incluant un mécanisme de compensation carbone pour atténuer l'impact de cette activité énergivore.

La phase opérationnelle a marqué une accélération significative de cette stratégie. Conformément aux déclarations faites dans le rapport EITI 2023, le promoteur, en partenariat avec CrossBoundary Energy, a mis en service une centrale hybride solaire-batterie d'une puissance de 2,5 MW. Cette installation, composée de 4 902 panneaux sur 1,3 hectare, couvre jusqu'à 35 % des besoins énergétiques de la mine et permet d'éviter l'émission d'environ 2 275 tonnes de CO₂ annuellement. Ainsi, le mix énergétique actuel (2025) repose sur une combinaison d'une centrale solaire (2 592 kWc) et de groupes électrogènes diesel (3 320 kW_e), ayant généré des émissions de Scope 1 de l'ordre de 2 631 tonnes équivalent CO₂.

Cette trajectoire démontre une évolution notable depuis l'analyse initiale. Le projet est passé d'une dépendance presque exclusive au diesel à un système hybride intégrant une part substantielle d'énergie renouvelable, réduisant son intensité carbone. La vision stratégique, qui prévoit de maintenir un minimum de 35 % d'énergie verte lors des futures expansions via le solaire, l'éolien et le stockage, inscrit cette initiative dans une démarche de décarbonations progressive. Cette étude illustre la faisabilité et les bénéfices environnementaux de l'intégration d'infrastructures renouvelables dans des projets miniers isolés, tout en soulignant l'importance d'un cadre de planification (PGES) suivi d'investissements concrets et de partenariats spécialisés pour en assurer la matérialisation.

Retombées économiques (2019-2024)

Production et valeur

En termes de valeurs d'exportation, le graphite se confirme comme le deuxième produit minier exporté par Madagascar (EITI Madagascar, 2023). Le Projet B, par son ambition (50 000 t/an), représente un saut quantitatif. projet A, à plus petite

²²Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, un organisme des Nations Unies qui évalue la science du changement climatique. Pour ce projet, faire référence au GIEC signifie que l'étude d'impact a utilisé les méthodes de calcul standardisées et les facteurs d'émission publiés par cet organisme pour garantir que l'évaluation de l'empreinte carbone du projet soit scientifiquement valide et internationalement reconnue.

échelle (12 000 t/an), se distingue par la production de paillettes "jumbo" à haute valeur sur le marché des batteries.

En 2023, le graphite a représenté une production de 25 904 tonnes à Madagascar, d'une valeur d'environ 2,05 millions USD, principalement destinée à l'exportation asiatique. Cette activité minière est portée par plusieurs projets structurants, dont les plus avancés sont ces deux projets.

Le projet B, a déclaré en 2022 des revenus de 13,6 milliards d'Ariaryet une production de 114 634 tonnes. Le projet est en phase avancée de développement et prévoit une extension de sa capacité de transformation. Parallèlement, le projet, a généré 2,1 milliards d'Ariaryde revenus la même année et exporte déjà du graphite, avec un objectif de porter sa production à 30 000 tonnes annuelles.

Ces deux projets contribuent significativement à l'économie extractive nationale et illustrent la dynamique de la filière graphite malgache. Portée par la demande mondiale en batteries et technologies vertes, cette ressource offre un potentiel économique croissant, même si une analyse fine nécessite de croiser les données agrégées des rapports ITIE avec les informations spécifiques publiées par les entreprises.

Emplois et développement local : Le projet Aa généré 256 emplois directs (2023-2024) et a mené des initiatives sociales (infrastructures, soutien agricole). Cependant, l'analyse identifie d'importantes lacunes : 1) une transparence limitée (absence de ventilation des emplois par origine géographique, type de contrat ou genre), 2) un écart non vérifiable entre les données et engagements de l'EIE et les réalisations, et 3) une dissonance critique où ces retombées positives sont éclipsées par la persistance de conflits socio-environnementaux graves, notamment des plaintes liées à la pollution des rizières et à la concurrence pour l'eau avec la communauté d'Ambinaninony. Cela indique que les investissements sociaux ne répondent pas efficacement aux impacts négatifs les plus préjudiciables. En discussion, ces constats soulignent les limites d'une approche compensatoire où le développement local est disjoint de la gestion des impacts environnementaux. L'opacité des données et la coexistence de bénéfices et de préjudices non résolus érodent la "licence sociale d'opérer" du projet et reflètent des mécanismes de dialogue et de règlement des griefs inefficaces.

En conclusion, pour renforcer sa légitimité, le projet A doit adopter une gouvernance plus intégrée et transparente. Cela nécessite de publier des données socio-économiques désagrégées, de réorienter les actions sociales vers l'atténuation prioritaire des impacts négatifs les plus critiques (dégradation des ressources eau/sol), et de renforcer les canaux de participation et de réclamation communautaires. Cette étude illustre la nécessité d'une approche holistique conciliant impératifs économiques, équité sociale et durabilité environnementale dans l'industrie extractive.

Le projet B constitue une entreprise extractive significative dans le paysage minier malgache. Son inclusion dans le périmètre de réconciliation de l'Initiative

pour la Transparence dans les Industries Extractives (ITIE) pour l'année 2023 offre un cadre d'analyse de sa contribution déclarée. Selon le rapport ITIE 2023, la société a déclaré des paiements totaux d'environ 791 000 USD aux autorités. Toutefois, ce rapport ne détaille pas la nature ou l'impact de ses activités sociales, environnementales ou de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE), limitant ainsi la transparence sur l'utilisation effective des revenus générés par le projet.

Les données internes de reporting couvrant la période 2021-2024 permettent de reconstituer partiellement ces engagements. Le projet rapporte un investissement socio-environnemental cumulé de 1,73 milliard d'Ariary (soit environ 381 000 USD au taux moyen de la période), dont 1,56 milliard d'Ariary sur 2021-2023 et 167,5 millions d'Ariary en 2024. Ces fonds ont été alloués à un portefeuille d'actions structurantes comprenant : un soutien aux moyens de subsistance et des compensations foncières ; la construction et la réhabilitation d'infrastructures communautaires (écoles, points d'eau potable, routes) ; des programmes de restauration écologique, dont la reforestation de 230 ha ; ainsi que la distribution de lampes solaires et le développement d'activités génératrices de revenus, notamment via le maraîchage et la formation féminine. En parallèle, les effectifs employés sont estimés entre 280 et 491 personnes, dont 12 expatriés, bien que cette divergence dans les chiffres mérite une clarification.

Une analyse critique de ces déclarations fait ressortir plusieurs points. D'une part, la diversité et le volume des investissements socio-environnementaux témoignent d'une volonté d'intégration locale et d'atténuation des impacts. D'autre part, l'écart entre le montant total des paiements déclarés à l'ITIE et le budget spécifiquement alloué aux programmes RSE suggère que la majeure partie des revenus est dirigée vers d'autres postes (fiscaux, opérationnels). De plus, l'absence de métriques d'impact claires (par exemple, le nombre de bénéficiaires directs, les taux de survie des plantations, l'évolution des revenus des ménages soutenus) dans le reporting public limite l'évaluation de l'efficacité réelle de ces initiatives. La divergence dans le nombre d'employés soulève également des questions sur la précision et la granularité des données de suivi.

En conclusion, bien que le projet B démontre un engagement formel envers le développement local à travers des investissements ciblés, l'opacité relative entourant l'articulation précise de ses flux financiers et l'absence d'indicateurs de résultats robustes dans son reporting public entrave une évaluation complète de sa performance sociale. Pour renforcer sa redevabilité et sa licence sociale d'opérer, il serait essentiel que la société adopte un reporting plus détaillé et standardisé, aligné sur les meilleures pratiques internationales en matière de transparence des industries extractives et de mesure d'impact des investissements communautaires.

Transparence et suivi environnemental :

Les volets transparence et environnemental constituent les points critiques. Les rapports EITI montrent une amélioration de la déclaration financière agrégée (EITI Madagascar, 2022, 2023). En revanche, la transparence environnementale désagrégée par projet fait défaut. Les rapports de suivi environnemental tel que la

qualité de l'eau, la réhabilitation progressive ne sont pas systématiquement publiés. L'accès aux documents initiaux (EIES, PGES) reste théorique et difficile pour les communautés et la société civile. Les capacités de suivi indépendant des autorités environnementales régionales dont principalement l'ONE, la DREED, le Ministère tutelle et des organisations locales sont limitées par un manque criant de moyens techniques et financiers.

DISCUSSION

Cette étude comparative basée essentiellement sur la documentation disponible de deux projets majeurs d'exploitation du graphite à Madagascar, opérant dans des écosystèmes contrastés, révèle des dynamiques complexes et parfois contradictoires entre les impératifs économiques de la transition énergétique globale et les réalités socio-environnementales locales. Les résultats confirment l'hypothèse de recherche en mettant en lumière des externalités négatives significatives, particulièrement sur la ressource en eau, qui coexistent avec des retombées économiques notables mais différenciées. Cette discussion synthétise les principaux enseignements, les confronte aux cadres théoriques et pratiques existants, et en dégage les implications pour la gouvernance du secteur.

La gestion de l'eau : un défi critique amplifié par le contexte climatique

Les résultats de cette recherche illustrent de manière éloquent comment les vulnérabilités hydriques, bien qu'identifiées dans les Études d'Impact Environnemental et Social (EIES), sont exacerbées par la mise en œuvre opérationnelle et le contexte climatique. Au projet B en zone semi-aride, la gestion apparaît techniquement rigoureuse, avec des prélèvements inférieurs aux seuils autorisés et des mesures d'atténuation sophistiquées comme le recyclage et le suivi. Cependant, la résilience à long terme du système hydrique face à une variabilité climatique croissante (Barber et al., 2025) et la faible transparence dans la diffusion des données de suivi représentent des risques majeurs. Ce cas souligne que le respect des plafonds réglementaires ne suffit pas à garantir la soutenabilité dans un bassin versant où la compétition pour une ressource rare est intrinsèquement politique.

À l'inverse, le projet A, en zone humide, l'écart entre les prévisions et la réalité est flagrant : les prélèvements ont excédé les autorisations et les systèmes de traitement ont été débordés lors d'épisodes pluvieux intenses, conduisant à une pollution avérée et à des conflits avec les agriculteurs. Ce contraste démontre que l'abondance pluviométrique ne garantit pas une gestion durable ; elle peut au contraire induire un sentiment de sécurité trompeur, conduisant à des négligences opérationnelles et à une sous-estimation des risques de pollution par ruissellement et érosion. Dans les deux cas, le déficit de transparence et les mécanismes de résolution des griefs inefficaces alimentent les tensions communautaires, validant les travaux antérieurs sur les conflits liés à l'eau dans les chaînes d'approvisionnement minières (Gardner et al., 2023).

La transition énergétique inachevée : entre discours « vert » et dépendance aux fossiles

L'analyse du bilan carbone et du mix énergétique révèle un paradoxe central pour cette filière présentée comme un pilier de la transition bas-carbone. Les deux projets

restent fortement dépendants des générateurs diesel, source majeure de leurs émissions de GES (Scope 1). Toutefois, leurs trajectoires divergent radicalement. Le projet B illustre une volonté de décarbonation active, matérialisée par des investissements conséquents dans une centrale solaire hybride couvrant une part substantielle de ses besoins. Cette évolution, bien qu'insuffisante pour une neutralité carbone, démontre la faisabilité technique et économique de l'intégration des renouvelables dans des projets miniers isolés en Afrique, répondant en partie aux appels de la littérature pour une plus grande circularité énergétique (Kahupi et al., 2024).

À l'opposé, le projet A présente un bilan opaque et peu dynamique, avec une part marginale de solaire et une hausse préoccupante des émissions directes. L'écart entre les déclarations d'intention (« projet à très faible émission de carbone ») et la réalité opérationnelle souligne les risques de « greenwashing » et la faiblesse des incitations ou des exigences réglementaires en la matière. Cette dichotomie met en exergue le rôle crucial de la planification stratégique (comme le PGES du projet B) et des partenariats spécialisés, mais aussi l'absence d'un cadre contraignant qui permettrait de généraliser les bonnes pratiques et de rendre les opérateurs redevables de leurs engagements climatiques.

Retombées économiques et licence sociale d'opérer : une équation fragile

Les bénéfices économiques sont indéniables : contributions aux exportations nationales, création de plusieurs centaines d'emplois directs, et investissements sociaux et environnementaux significatifs, notamment pour le projet B. Ces retombées s'inscrivent dans le récit dominant du développement minier comme moteur de croissance. Cependant, l'analyse fine révèle les limites de ce modèle. Premièrement, la qualité et la durabilité des emplois créés, ainsi que leur répartition géographique et genrée, restent opaques, limitant l'évaluation de leur impact réel sur le développement local. Deuxièmement, et c'est le point le plus critique, ces retombées positives coexistent avec, et ne compensent pas, des préjudices socio-environnementaux perçus ou avérés, essentiellement la pollution, concurrence pour l'eau. Au projet A, les investissements sociaux semblent même déconnectés des griefs principaux des communautés, érodant la « licence sociale d'opérer ». Ce phénomène valide les travaux de Namaganda et al. (2023) sur le paradoxe des impacts cumulatifs de la transition énergétique. Il montre que dans un contexte de faiblesse de la gouvernance, les mécanismes de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) peuvent être instrumentalisés dans une logique compensatoire plutôt que comme un levier d'intégration et de prévention des conflits. La légitimité des projets ne se gagne pas seulement par les emplois et les infrastructures, mais par la capacité à gérer de manière transparente et équitable leurs impacts négatifs les plus criants.

Gouvernance et transparence : le grand écart entre cadre formel et mise en œuvre

L'étude identifie une faiblesse systémique de la gouvernance environnementale, constituant le dénominateur commun aux problématiques identifiées. D'un côté, Madagascar dispose d'un cadre réglementaire relativement complet (Code minier,

MECIE, EITI). De l'autre, sa mise en œuvre est entravée par : (i) une transparence environnementale parcellaire, où la publication des données de suivi (qualité de l'eau, réhabilitation) n'est pas systématique ni accessible ; (ii) des capacités de contrôle insuffisantes des autorités environnementales (ONE, DREED²³), limitant le suivi indépendant et l'application des sanctions ; et (iii) un déficit de participation effective des communautés aux processus de suivi et de règlement des griefs. LL'ITIE, centrée sur la transparence financière, peine à capturer ces dimensions socio-environnementales, laissant dans l'ombre l'écart entre les engagements des EIES/PGES et la réalité des impacts. Cet écart de gouvernance explique en grande partie pourquoi les mesures d'atténuation prévues sur le papier échouent souvent sur le terrain, et pourquoi les bénéfices économiques ne se traduisent pas automatiquement en développement durable local (Henry &Partzsch, 2023).

CONCLUSION

Cette étude comparative des deux projets a permis de dresser un état des lieux contrasté et contextualisé des impacts socio-environnementaux et des retombées économiques de l'exploitation du graphite à Madagascar entre 2019 et 2024. Elle confirme l'hypothèse centrale selon laquelle les bénéfices économiques substantiels générés par ces projets coexistent avec des externalités environnementales significatives, mal atténuées et des lacunes persistantes dans la gouvernance et la transparence.

- Les risques identifiés dans les EIES se matérialisent différemment selon le contexte climatique. Pour le projet B localisé en zone semi-aride, la pression sur les eaux souterraines et les tensions en saison sèche sont avérées. A Sahamamy dans une zone humide, la pollution perçue et les conflits d'usage avec l'agriculture dominant. Les systèmes de suivi existent, mais leur accessibilité publique reste limitée, nourrissant la méfiance des communautés.

sur les émissions de GES : les deux projets restent fortement dépendants des combustibles fossiles (groupes électrogènes diesel), malgré des projets annoncés d'énergies renouvelables (solaire hybride) dont la mise en œuvre effective et l'impact sur la réduction des émissions ne sont pas pleinement documentés. L'empreinte carbone de la filière graphite malgache, bien qu'évaluée dans les EIES, n'est pas systématiquement rendue publique ni intégrée dans une stratégie nationale de décarbonation du secteur minier.

Pour les retombées économiques, les deux projets contribuent significativement aux exportations nationales et à la création d'emplois locaux de l'ordre de plusieurs centaines directs et indirects. Si les bénéfices économiques sont indéniables en termes de contributions aux exportations nationales et de création d'emplois locaux, ils s'avèrent fragiles. Leur coexistence avec des préjudices environnementaux perçus ou avérés, couplée à une transparence environnementale parcellaire et à des mécanismes de règlement des griefs inefficaces, érode la légitimité des projets. Ce constat souligne les limites d'une approche compensatoire où les investissements sociaux ne répondent pas aux impacts négatifs les plus critiques.

²³ Direction Régionale de l'Environnement et du Développement Durable

Les perspectives ouvertes par cette étude dessinent un programme de recherche résolument tourné vers l'accompagnement des transformations nécessaires à une exploitation minière durable. En matière de gouvernance de l'eau, les travaux futurs devront explorer les mécanismes institutionnels et économiques sur une selon la rareté, accès public aux données de suivi susceptibles de garantir une gestion à la fois sobre et équitable de cette ressource vitale. La recherche aura également pour mission d'évaluer et de diffuser les techniques d'économie d'eau, telles que le recyclage ou l'épaississement des résidus, afin d'en faire des standards vérifiables et généralisables.

Par ailleurs, la contribution de la filière graphite à la transition énergétique se heurte au paradoxe d'une ressource dite « verte » dont l'extraction demeure profondément carbonée. Il devient dès lors impératif d'étudier les conditions de passage à l'échelle des solutions énergétiques bas-carbone, qu'elles soient hybrides ou renouvelables. La conception de cadres de suivi indépendant, couplée à l'institution d'une comptabilité carbone obligatoire et publique alignée sur les standards internationaux, constituerait un levier décisif pour résoudre cette contradiction et aligner effectivement la filière sur les objectifs qu'elle est censée servir.

Enfin, la question des retombées économiques invite à dépasser le paradigme compensatoire pour conceptualiser un modèle de création de valeur partagée ancré dans les principes de l'économie circulaire. L'enjeu ultime est d'ancrer l'activité minière dans une logique de régénération des écosystèmes et de résilience des territoires, seule à même d'inscrire l'exploitation des ressources dans une trajectoire de long terme compatible avec les impératifs du développement durable.

Ces axes constitueront les orientations de recherche de la prochaine étape de la recherche, basée sur des enquêtes participatives approfondies auprès des communautés riveraines, des consultations auprès des dirigeants, des responsables publics, des ONG, auprès des deux Communes concernées par les projets.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Barber, M., Ceska, S., Noilhetas, V., & Ventura, Y. (2025). *Étude des risques environnementaux, socio-sociétaux et juridiques des approvisionnements en minerais stratégiques pour les transitions énergétique et numérique*. HAL.
- 2) Bouramdane, A.-A. (2023). *Minéraux de la Transition Énergétique : Criticité Géologique, Géostratégique et Environnementale*.
- 3) Cotrina-Teatino, M. A., & Marquina-Araujo, J. J. (2024). Circular economy in the mining industry: A bibliometric and system literature review. *Resources Policy*, 105513.
- 4) Danino-Perraud, R. (2024). *Le graphite, un enjeu européen d'autonomie stratégique pour la mobilité propre*. Briefings de l'IFRI.
- 5) Dou, S., & Amuakwa, F. (2022). The impact of mineral resource extraction on communities: How the vulnerable are harmed. *The Extractive Industries and Society*.

- 6) EITI Madagascar. (2016). *Rapport ITIE Madagascar 2016, 2019-2013*. Secrétariat Permanent de l'ITIE Madagascar.
- 7) EITI Madagascar. (2022). *Rapport assoupli 2019-2020*. Secrétariat Permanent de l'ITIE Madagascar.
- 8) EITI Madagascar. (2023). *Rapport ITIE Madagascar 2023 sur l'exercice 2021-2022*. Secrétariat Permanent de l'ITIE Madagascar.
- 9) Gardner, A., Rinaudo, A., & Scown, F. (2023). The dark side of green growth: Environmental and social impacts of graphite mining in Madagascar. *The Extractive Industries and Society*.
- 10) GCS (Water & Environment) & Agetipa. (2015). *Projet de Graphite de Molo – Évaluation des Impacts Environnementaux et Sociaux (ESIA)*. Rapport n°13-723.
- 11) Global Graphite Mining Industry Report 2025. (2025). Research and Markets.
- 12) Godfrey, L. (2021). *Exploring circular economy opportunities across South Africa's economic sectors*. CSIR.
- 13) Haque, N., & Norgate, T. (2015). Life cycle assessment of iron ore mining and processing. In *Iron Ore* (pp. 615-630). Elsevier.
- 14) Hegeman, P., & Zhou, L. (2025). Towards a sustainable supply of graphite: A geological way forward.
- 15) Henry, J.-B., & Partzsch, P. (2023). Between green transition and territorial control: The political economy of graphite mining in Madagascar. *Resources Policy*, 85, 103951.
- 16) Ravanomanantsoa Hery N, Tsiorisoa Harempahasoavana, Hadidja Aboudou, Espérant Flaubert Veriza et Martial A. Rakotonjanahary (2022), Impacts, perceptions et adaptations du système agro-pastoral au changement climatique dans le Sud-Ouest de Madagascar
- 17) Hui Gyeong Park, & Chi Keung Song. (2025). Ionic Liquid-Protected Edge Plane of Graphite to Overcome Initial Irreversible Capacity Loss for Improved Lithium-Ion Batteries. *Energy Reports*.
- 18) Jara, A. D., Betemariam, A., Woldetinsae, G., & Kim, J. Y. (2019). Purification, application and current market trend of natural graphite: A review. *International Journal of Mining Science and Technology*.
- 19) Kahupi, I., Yakovleva, N., Okorie, O., & Hull, C. E. (2024). Implementation of Circular Economy in a Developing Economy's Mining Industry Using Institutional Theory: The Case of Namibia.
- 20) Namaganda, E., Otsuki, K., & Steel, G. (2023). Understanding the cumulative socio environmental impacts of energy transition-induced extractivism in Mozambique: The role of mixed methods.
- 21) NextSource Materials. (2022-2024). Communiqués de presse et rapports opérationnels.

- 22) Pigneur, J. (2021). *Mise au point d'une méthode intégrée d'analyse des impacts des filières de matières premières minérales.*
- 23) Pineau, P.-O., Gauthier, P., Whitmore, J., Normandin, D., Beaudoin, L., & Beaulieu, J. (2019). *Projet de recherche sur le potentiel de l'économie circulaire sur la réduction de gaz à effet de serre des émetteurs industriels québécois.*
- 24) Rana, R., Singh, A., & Dutta, S. (2019). Beneficiation of low-grade graphite ore from Eastern Madagascar by flotation. *International Journal of Mining Science and Technology.*
- 25) Rapports de suivi environnemental années 2021à 2024 projet Sahamamy de la Société Tirupati
- 26) Rapport sur la mise à jour 2025 du projet Molo
- 27) République de Madagascar. (2023). Loi n°2023-007 du 23 juillet 2023 portant refonte du code minier.
- 28) République de Madagascar. (2025). Décret n°2025-080 du 29 janvier 2025 fixant les règles et procédures de l'Evaluation Environnementale et Sociale (MECIE).
- 29) Tirupati Graphite PLC. (2019-2024). Rapports annuels, documents publics et Études d'Impact Environnemental et Social (EIES) du projet Sahamamy.
- 30) Xavier, L. H., Giese, E. C., Ribeiro-Duthie, A. C., & Lins, F. A. F. (2021). Sustainability and the circulareconomy: A theoreticalapproachfocused on e-wasteurbanmining.
- 31) Young, A., & Barreto, M. L. (2021). *Vers l'adoption d'une approche axée sur l'économie circulaire dans le cadre d'une activité minière.* Materials EfficiencyResearch Group.

ETUDE DE LA REPARTITION DE FLORE MACRO BENTHIQUE DANS LES PARCELLES MARINES DU PARC MARIN MASOALA

Par

BEANJARA Nomé ⁽¹⁾, MARA Edouard Remanevy ⁽²⁾, RANDRIANJAFY
Vololomboahangy⁽³⁾

(1) Ecole Doctorale de l'Ecosystème Naturel, Université de Mahajanga, Madagascar

*(2) Professeur, Institut Halieutique et des Sciences Marines, Université de Tuléar,
Madagascar*

*(3) Professeur, Ecole Doctorale de l'Ecosystème Naturel, Université de Mahajanga,
Madagascar*

RESUME

Le Parc national Masoala, y compris les trois parcelles marines où la présente étude a été effectuée est actuellement connu dans le monde entier en raison de sa richesse en biodiversité tant terrestre que marine. Plusieurs facteurs ont favorisé et contribué à cette situation, à savoir les conditions climatiques, physiques, topographiques, géologiques et hydrologiques de la région. Mis à part ces facteurs, le plus important est l'effet péninsulaire, c'est-à-dire l'isolation partielle de cette partie de l'île. La présente étude a été conduite pour connaître la répartition quantitative et qualitative des flores macro benthiques du Parc marin Masoala. La méthodologie adoptée comporte deux parties dont la première est axée sur la collecte des données sur terrain par l'inventaire floristique marine suivant une ligne de transect de 100 m, perpendiculaire au rivage dans les différentes stations choisies. Trois transects ont été réalisés dans chaque station pour tenir compte de la variabilité du site et de traitement des données (Conand et al., 1997). Il est à noter que tout échantillonnage est effectué en apnée et pendant la basse mer. La deuxième partie concerne le traitement des données en vue de sortir la liste floristique, leur abondance, la classification bionomique de chaque espèce et l'estimation de la biomasse algale. Pourtant, 142 espèces ont été identifiées dont 10 espèces de Phanérogames, 59 espèces de Rhodophycées, 49 espèces de Chlorophycées et, enfin, 24 espèces de Phéophycées. La classification bionomique a pu sortir deux espèces caractéristiques dans les parcelles marines Tanjona, neuf pour celles d'Ambodilaitry et cinq pour la parcelle marine Tampolo. L'estimation de biomasse algale dans les deux sites a montré que les biomasses obtenues dans toutes les stations échantillonnées ne diffèrent pas significativement dans leur ensemble.

Mots clés : Parc, Parcelles marines, Biodiversité, Flores macro benthiques, Espèces

ABSTRACT

Masoala National Park, including the three marine parcels where this study was conducted, is currently known worldwide because of its richness in both terrestrial

and marine biodiversity. Several factors have contributed to this situation, namely the climatic, physical, topographic, geological and hydrological conditions of the region. Apart from these factors, the most important is the peninsular effect, that is, the partial isolation of this part of the island. This study was conducted to determine the quantitative and qualitative distribution of macro benthic flora in Masoala Marine Park. The methodology adopted has two parts, the first part of which focuses on the collection of data on the ground by the marine floristic inventory along a transect line of 100 m, perpendicular to the shore at the various stations chosen. Three transects were made at each station to account for site variability and data processing (Conand et al., 1997). It should be noted that all sampling is carried out in apnea and during the low sea. The second part concerns the processing of the data with a view to extracting the floristic list, their abundance, the bionomic classification of each species and the estimation of the algal biomass. However, 142 species have been identified including 10 species of Phanerogams, 59 species of Rhodophyceae, 49 species of Chlorophyceae and, finally, 24 species of Pheophyceae. The bionomic classification was able to bring out two characteristic species in the Tanjona marine plots, nine for those of Ambodilaitry and five for the Tampolo marine plot. The estimation of algal biomass at the two sites showed that the biomasses obtained at all sampled stations did not differ significantly overall.

Keywords: Park, Marine plots, Biodiversity, Macro benthic flora, Species

INTRODUCTION

Située au Nord-Est de Madagascar entre la province d'Antsiranana et celle de Toamasina, la presqu'île Masoala est une région exceptionnelle avec une immense étendue de couverture forestière, type sempervirente dont la surface est de 400 000 ha environ. Le littoral bordant le quart de la péninsule sur une longueur de 300 km est délimité à l'Ouest par la baie d'Antongil et à l'Est par l'Océan Indien. La présence de deux écosystèmes contigus (forestier et marin) procure à la presqu'île Masoala l'une des régions du monde les plus riches en faune et flore (Ratsifandrihamanana, 1999).

La côte ouest de la baie d'Antongil est dépourvue d'édifice récifale mais présente un intérêt important pour la pêche traditionnelle et industrielle.

Pour bien gérer ce parc, la disposition de documents contenant les informations sur la biodiversité, y comprise la flore macro benthique est primordiale. La présente recherche se focalise sur l'étude quantitative et qualitative de la répartition de flore macro benthique au niveau des parcelles marines du Parc marin Masoala.

La flore macro benthique est constituée par une végétation marine englobant les phanérogames et les algues marines fixées sur le fond marin. Les algues sont des végétaux chlorophylliens mais la chlorophylle est parfois masquée par d'autres pigments surnuméraires. Les algues jouent un rôle important dans le fonctionnement et l'équilibre de tout écosystème marin et au delà de la biosphère tout entière.

METHODOLOGIE

Méthode d'échantillonnage

La méthodologie adoptée comporte trois parties dont la première est focalisée sur la collecte des données sur terrain par l'inventaire floristique marin suivant une ligne de transect de 100 m et perpendiculaire au rivage. Dans ce cas, trois transects ont été réalisés pour tenir compte de la variabilité du site et de traitement des données. 2,5 m ont été considérés de part et d'autre de la corde. Il est à noter que tout échantillonnage est effectué en apnée et durant la basse mer.

Pour l'estimation de la biomasse algale, la méthode de quadrat qui est une aire déterminée, de superficie réduite mais représentative du microcosme étudié a été appliquée (Ranivoarivelo, 2001). Si la couverture algale est très dense, le quadrat est divisé en quatre petites surfaces et toutes les algues comprises dans le quart de ce quadrat sont ramassées, et les poids obtenus sont multipliés par quatre pour avoir leurs poids totaux. Ensuite, un pesage du poids frais et poids sec par espèce sont effectués.

Traitement des données

○ *Classification bionomique de chaque espèce*

Après avoir récolté les données sur terrain, les caractéristiques des espèces ou du peuplement étudié sont déterminées. Chaque peuplement possède une structure particulière en rapport avec les espèces qu'il renferme et les conditions du milieu (Mara, 1988). La classification bionomique résume les espèces floristiques en termes d'espèces caractéristiques, espèces tolérantes et espèces rares.

❖ La constance (C)

La constance (C) d'une espèce est définie par le rapport du nombre des relevés du peuplement contenant l'espèce étudiée au nombre total de relevés réalisés sur ce peuplement (Dajoz (1971), in Mara (1988)):

$$Ca,1 = \frac{Ra}{R1 \times 100}$$

Où :

Ca,1 : constance de l'espèce a dans le peuplement 1 Ra : nombre de relevés du peuplement où existe

l'espèce a

R1 : nombre de relevés du peuplement 1

Quatre catégories d'espèces sont généralement définies suivant la valeur de la constance :

- de 0 à 24,99 % : espèces rares
- de 25 à 49,99 % : espèces peu communes
- de 50 à 74,99 % : espèces communes
- de 75 à 100 % : espèces constantes

❖ Fidélité (F)

(Dajoz (1971), in Mara (1988)) ; et (Gentil (1976), in Mara (1988)), définissent que la fidélité d'une espèce à un peuplement exprime l'intensité avec laquelle une espèce est inféodée à une biocénose. Son énoncé est formulé comme suit :

$$Fa,1 = \frac{Ca,1}{\sum Ca,i}$$

Où :

Fa,1 : Fidélité de l'espèce a dans le peuplement 1 Ca,1 : constance de l'espèce a dans le peuplement 1 Ca, i : constance de l'espèce a dans le peuplement i

Autrement dit, la fidélité est le rapport de la constance de cette espèce dans ce peuplement sur la somme des constances de cette espèce dans les peuplements comparés. L'échelle de la fidélité comprend un certain nombre de catégories :

- de 0 à 24,99 % : espèces occasionnelles
- de 25 à 49,99 % : espèces indifférentes
- de 50 à 74,99 % : espèces préférentes
- de 75 à 100 % : espèces électives

❖ Classification bionomique

Le Tableau de classification bionomique suivant résume l'étude de la caractérisation des peuplements par la constance et la fidélité. Il se présente sous la forme d'une liste d'espèces ventilées entre les différentes modalités de constance et de fidélité.

Fidélité Constance	Espèces électives 75 à 100 %	Espèces préférentes 50 à 74,99 %	Espèces indifférentes 25 à 49,99 %	Espèces occasionnell es 0 à 24,99 %
Espèces constantes 75 à 100 %	Espèces les plus caractéristiques du peuplement		Espèces tolérantes à large répartition, non caractéristiques du peuplement	
Espèces communes 50 à 74,99 %				
Espèces peu communes 25 à 49,99 %	Espèces caractéristiques mais rares		Espèces ne présentant pas de caractéristiques apparentes	
Espèces rares 0 à 24,99 %	Espèces trop rares pour être considérées comme caractéristiques			

○Biomasse algale

La biomasse algale est la valeur du poids sec, en gramme, des algues par unité de surface (m²). Après avoir déterminé les différentes moyennes de biomasse pour chaque station, il est nécessaire de comparer ces moyennes pour avoir un peu plus d'informations sur les données collectées. Pour comparer simultanément ces moyennes, la méthode statistique pratiquée est l'analyse de la variance de Fischer (ANOVA). Cette méthode met en évidence deux types de variances :

- Variance intragroupe qui représente les fluctuations individuelles à l'intérieur d'un groupe :

$$\sum(x-m_1)^2+\dots+\sum(x-m_k)^2$$

$$\text{Var intragroupe} = \frac{\quad}{N-K}$$

Où : m : moyenne

N : effectif total

K : nombre de moyennes

- Variance intergroupe qui met en évidence les fluctuations d'un groupe à l'autre :

$$\text{Var intergroupe} = \frac{\sum n_i (m_i - M)^2}{\quad}$$

Par ailleurs, un test de divergence entre les deux variances est fait comme suit :

$$F_{\text{exp}} = \frac{\text{Var intergroupe}}{\text{Var intragroupe}}$$

Selon la valeur de F_{exp} , deux cas peuvent se présenter :

- Si $F_{\text{exp}} < 1$: les moyennes ne diffèrent pas significativement
- Si $F_{\text{exp}} > 1$: un recours dans la table de Snedecor est réalisé pour voir la valeur de F_s qui est l'intersection de $v = k-1$ et $v = N-k$.

Enfin, si $F_{\text{exp}} > F_s$, alors les moyennes diffèrent significativement dans leur ensemble. Par contre, si $F_{\text{exp}} < F_s$, les moyennes ne diffèrent pas significativement.

RESULTATS

Résultats d'inventaire

○ Effectif des espèces floristiques rencontrées pour chaque classe

Tableau 1. Richesse spécifique du parc marin

Classes	Effectif des espèces
Phanérogames	10
Rhodophycées	59
Chlorophycées	49
Phéophycées	24
Total	142

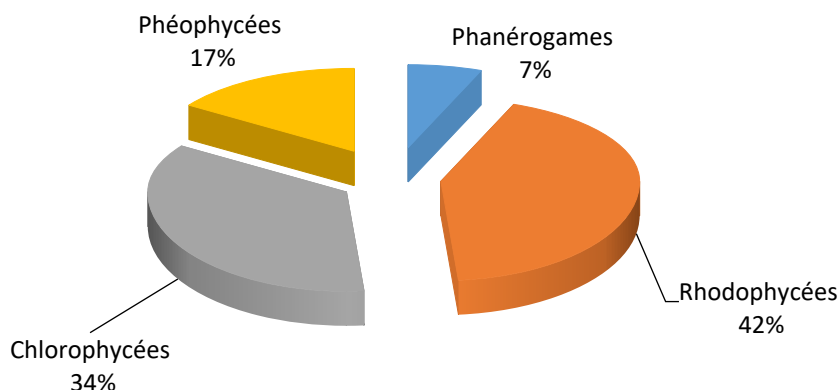


Figure 1. La dominance par classe

Les espèces floristiques inventoriées présentent une richesse spécifique remarquable des algues rouges (Rhodophycées) avec 59 espèces recensées et présentent une dominance jusqu'à 42 %. Ensuite, les algues vertes (Chlorophycées) comptent 49 espèces et la dominance est à 34 %. En ce qui concerne les Phéophycées ou algues brunes, on a rencontré 24 espèces qui ne présentent que 17 % de dominance. Enfin, les Phanérogames présentent 10 espèces et la dominance n'est que 7 %.

○ Répartition des espèces par site

Tableau 2. Richesse spécifique par site

Site Classe	Tanjona	Ambodilaitry	Tampolo
Phanérogames	10	9	9
Rhodophycées	28	47	25
Chlorophycées	25	44	15
Phéophycées	22	10	6
Total	85	110	55

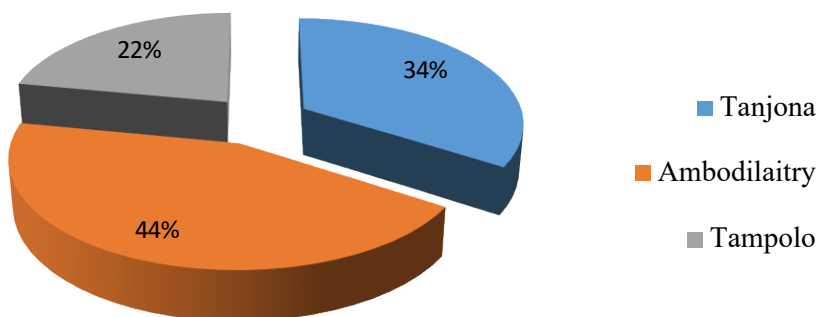


Figure 2. Abondance des espèces par site d'étude

La Figure 2 montre que le site d'Ambodilaitry est plus riche en espèces par rapport aux autres sites avec 44 % des espèces totales recensées, suivi du site de Tanjona avec 34 % des espèces répertoriées. On peut dire que le site d'Ambodilaitry est propice à l'installation des algues par rapport aux autres sites d'étude.

○ *Classification bionomique*



Parcelle marine de Tanjona

Tableau 3. Classification bionomique des espèces floristiques pour la parcelle marine de Tanjona

Fidélité Constance	Espèces électives 75 à 100 %	Espèces préférantes 50 à 74,99 %	Espèces indifférentes 25 à 49,99 %	Espèces occasionnelles 0 à 24,99 %
Espèces constantes 75 à 100 %	Caulerpa sertularioides Caulerpa racemosa		Cymodocea rotundata Cymodocea serrulata Halimeda opuntia Halophila ovalis Syringodium isoetifolium Dictyosphaeria cavernosa	
Espèces communes 50 à 74,99 %				
Espèces peu communes 25 à 49,99 %	Amphiroa fragilissima Caulerpa biserrulata Caulerpa serrulata var. boryana Ulva reticulata Chnoospora implexa Sargassum asperifolium Laurencia similis Lithothamnium sp. Hypnea pannosa Chamaedoris delphinii Sargassum ilicifolium		Thalassia hemprichii Thalassodendron ciliatum Centroceras clavulatum Acanthophora spicifera Gracilaria salicornia Hypnea spicifera Galaxaura elongata Halophila stipulacea Halodule pinifolia Halodule uninervis Halymenia durvillei Jania adhaerens Galaxaura	

Espèces rares 0 à 24,99 %	Halophila minor Spyridia filamentosa Digenea simplex Amphiroa ephedrea	verprecula Neomeris van bosseae Halimeda micronesica
	Jania rubens Eucheuma denticulatum Eucheuma sp. Sarconema filiforme Galaxaura marginata Liagora boergesenii Yamadaella caenomyce Caulerpa webbiana Halimeda cf. discoidea Udotea glaucescens Cladophora mauritiana Codium dwarkense Dictyota crispata Lobophora variegata Sphacelaria rigidula Rosenvingeia intricata Cystoseira myrica Cystoseira sp. Sargassum merifeldii Sargassum oligocystum Jania capillacea Jania sp. Liagora divaricata Caulerpa filicoides var. andamanensis Caulerpa serrulata Avrainvillea obscura Cladophora glomerulata Neomeris annulata Ulva pertusa Cystoseira trinodis Turbinaria ceranoides	Codium arabicum Dictyota humifusa Padina boergesenii Colpomenia sinuosa Turbinaria decurrens Dictyota cervicornis Caulerpa taxifolia Codium geppi PADina boryana Hydroclathrus clathratus Turbinaria decurrens

Le Tableau 3 montre que les espèces caractéristiques de la parcelle marine de Tanjona sont constituées par les algues vertes de la famille Caulerpaceae (Caulerpa sertularioides et Caulerpa racemosa). Parmi les espèces tolérantes, on peut citer les Phanérogames (Cymodocea rotundata, Cymodocea serrulata, Halophila ovalis et Syringodium isoetifolium) et les algues vertes comme Halimeda opuntia et Dictyosphaeria cavernosa. Les espèces considérées comme caractéristiques mais rares existent, parmi lesquelles Amphiroa fragilissima, Hypnea pannosa, Chamaedoris delphinii, Sargassum asperifolium, Sargassum ilicifolium.



Parcelle marine d'Ambodilaitry

Tableau 4. Classification bionomique des espèces floristiques pour la parcelle marine Ambodilaitry

Fidélité Constance	Espèces électives 75 à 100 %	Espèces préférées 50 à 74,99 %	Espèces indifférentes 25 à 49,99 %	Espèces occasionnelles 0 à 24,99 %
Espèces constantes 75 à 100 %	<i>Thalassia hemprichii</i> <i>Eucheuma</i> sp. <i>Caulerpa mexicana</i> <i>Enteromorpha</i> <i>kylinii</i> <i>Cymodocea serrulata</i> <i>Acanthophora spicifera</i> <i>Hypnea</i> <i>cornuta</i> <i>Hypnea spicifera</i> <i>Neomeris van bosseae</i>		<i>Thalassodendron ciliatum</i> <i>Caulerpa sertularioides</i> <i>Halimeda</i> <i>cf. discoidea</i> <i>Halophila ovalis</i> <i>Cymodocea rotundata</i> <i>Halodule</i> <i>uninervis</i>	
Espèces communes 50 à 74,99 %				
Espèces peu communes 25 à 49,99 %	<i>Lithothamnium</i> sp. <i>Pteroclada nana</i> <i>Hypnea valentii</i> <i>Eucheuma</i> <i>denticulatum</i> <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>peltata</i> <i>Boodlea composita</i> <i>Chaetomorpha</i> <i>crassa</i> <i>Codium arabicum</i> <i>Codium geppi</i> <i>Cystoseira discors</i> <i>Halodule pinifolia</i> <i>Amphiroa fragilissima</i> <i>Hypnea</i> <i>pannosa</i> <i>Caulerpa webbiana</i> <i>Enteromorpha compressa</i> <i>Padina</i> <i>boryana</i> <i>Hydroclathrus clathratus</i>		<i>Halophila stipulacea</i> <i>Laurencia flexilis</i> <i>Laurencia</i> <i>similis</i> <i>Jania adhaerens</i> <i>Lithophyllum bamleri</i> <i>Caulerpa mexicana</i> var. <i>pluriseriata</i> <i>Caulerpa</i> <i>racemosa</i> <i>Cladophora saviniana</i> <i>Syringodium isoetifolium</i> <i>Halymenia durvillei</i> <i>Caulerpa</i> <i>filicoides</i> var. <i>andamanensis</i> <i>Caulerpa serrulata</i> <i>Caulerpa</i> <i>taxifolia</i> <i>Halimeda opuntia</i> <i>Dictyosphaeria cavernosa</i> <i>Dictyosphaeria versluisii</i> <i>Dictyota cervicornis</i> <i>Dictyota</i> <i>humifusa</i> <i>Jania capillacea</i> <i>Galaxaura</i> <i>verprecula</i>	
Espèces rares 0 à 24,99 %	<i>Ceramium strictum</i> <i>Griffithsia</i> sp. <i>Dictyurus purpurascens</i> <i>Euptilota</i> sp. <i>Halitilon subulatum</i> <i>Laurencia</i> <i>glandulifera</i> <i>Laurencia</i> sp. <i>Neurymeria fraxinifolia</i> <i>Herposiphonia</i> sp. <i>Amphiroa anceps</i> <i>Jania unguolata</i> <i>Jania</i> sp. <i>Gelidiopsis variabilis</i> <i>Gelidiopsis</i> sp. <i>Gigartina</i> sp. <i>Gracilaria</i> sp. <i>Hypnea</i> sp. <i>Sarcodia montagneata</i> <i>Sarconema</i> <i>filiforme</i> <i>Galaxaura elongata</i> <i>Liagora</i> <i>boergesenii</i> <i>Liagora ceranoides</i> <i>Yamadaella caenomyces</i> <i>Bryopsis</i> <i>pennata</i> <i>Caulerpa urvilleana</i> <i>Halimeda</i> <i>miconesica</i> <i>Cladophora glomerulata</i> <i>Cladophoropsis sundanensis</i>			
	<i>Codium dwarkense</i> <i>Codium</i> sp. <i>Enteromorpha ramulosa</i> <i>Ulva fasciata</i> <i>Microdictyon aghardianum</i> <i>Ceramium</i> <i>mazatlanense</i> <i>Crouania attenuata</i>			

	Digenea simplex Cheilosporum spectabile Pterocladiella capillacea Hypnea spinella Caulerpa serrulata var. boryana Caulerpa serrulata f. spiralis Halimeda macroloba Avrainvillea obscura Udotea geppi Cladophora mauritiana Cladophora sp. Ulva pertusa Chamaedoris delphinii Boergesenia forbesii Padina boergesenii Sphacelaria rigidula Colpomenia sinuosa Cystoseira myrica Sargassum oligocystum	
--	--	--

Ce site présente de nombreuses espèces caractéristiques, représentées à la fois par les Rhodophycées, Chlorophycées et les Phanérogames marines. Parmi les algues rouges, on peut citer Eucheuma sp., Acanthophora spicifera, Hypnea cornuta et Hypnea spicifera. Pour les algues vertes, les espèces présentes sont Caulerpa mexicana, Enteromorpha kylinii, Neomeris van bosseae. Enfin, pour les Phanérogames, on a repertorié Thalassia hemprichii et Cymodocea serrulata.

Les espèces tolérantes sont en majorité représentées par les Phanérogames marines, entre autres, Thalassodendron ciliatum, Halophila ovalis, Cymodocea rotundata et Halodule uninervis.

❖

Parcelle marine de Tampolo

Tableau 5. Classification bionomique des espèces floristiques pour la parcelle marine de Tampolo

Fidélité Constance	Espèces électives 75 à 100 %	Espèces préférantes 50 à 74,99 %	Espèces indifférentes 25 à 49,99 %	Espèces occasionnel les 0 à 24,99 %
Espèces constantes 75 à 100 %	Jania unguolata Hypnea pannosa Jania adhaerens Galaxaura elongata Cystoseira myrica		Cymodocea rotundata Cymodocea serrulata Halodule uninervis Thalassia hemprichii Syringodium isoetifolium Amphiroa fragilissima Galaxaura verprecule Caulerpa sertularioides Turbinaria ornata Cystoseira discors	
Espèces communes 50 à 74,99 %				

Espèces peu communes 25 à 49,99 %	Amphiroa anceps Lithothamnium sp. Gelidiella acerosa Pterocladia capillacea Gracilaria corticata Digenea simplex Lithophyllum bamleri Hypnea cornuta Caulerpa racemosa Caulerpa serrulata Hypnea esperi Sarcodia montagneata Avrainvillea erecta Udotea argentea Udotea geppi Codium arabicum Padina boergesenii Caulerpa webbiana Neomeris van bosseae Padina boryana	Halophila ovalis Halophila stipulacea Halodule pinifolia Thalassodendron ciliatum Acanthophora spicifera Pterocladia nana Caulerpa taxifolia Avrainvillea obscura Dictyosphaeria cavernosa Gracilaria salicornia
Espèces rares 0 à 24,99%	Halitilon subulatum Jania rubens Grateloupia livida Sarconema filiforme Galaxaura sp. Halimeda macroloba Halimeda opuntia Ventricaria ventricosa Dictyopteris delicatula Neurymeria fraxinifolia	

Au niveau de ce site, les espèces caractéristiques sont représentées par les deux classes systématiques, parmi lesquelles les algues rouges représentées par *Jania unguolata*, *Hypnea pannosa*, *Jania adhaerens* et *Galaxaura elongata*. Et les algues brunes sont représentées par une seule espèce *Cystoseira myrica*.

Les espèces tolérantes sont représentées par les espèces de Phanérogammes (*Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, *Thalassia hemprichii* et *Syringodium isoetifolium*), les Rhodophycées (*Amphiroa fragilissima*, *Galaxaura verprecula*), les Chlorophycées (*Caulerpa sertularioides*) et Phéophycées (*Turbinaria ornata*, *Cystoseira discors*).

Estimation de la biomasse algale



Parcelle marine Tanjona

Tableau 6. Biomasse algale pour la parcelle marine de Tanjona

Station	St1		St2		St3		St4	
Espèces	PF	PS	PF	PS	PF	PS	PF	PS
Amphiroa ephedrea			13	2,5				
Caulerpa racemosa	4	1						
Caulerpa serrulata	10	1						
Caulerpa serrulata var.boryana	4	1						
Centroceras clavulatum	100	10			80	14		
Cheilosporum sp.	720	200						
Codium arabicum	15	1,25	30	2,5				
Codium dwarkense			65	5				
Codium geppi			105	20				
Colpomenia sinuosa			160	20			15	2,5
Dictyosphaeria cavernosa	52	5,5	20	2	15	1,5		
Dictyosphaeria versluyisii			40	2	55	2,75	23	1,25
Eucheuma sp.	40	5			40	6		
Galaxaura marginata			30	10				
Galaxaura verprecula			20	2				
Gracilaria salicornia	4	1						
Halimeda opuntia	350	125			260	93		
Halymenia durvillei	60	5	235	40				
Hydroclathrus clathratus			20	2			5	2,5
Hypnea pannosa	30	5			30	4		
Jania adhaerens	100	30			95	23		
Jania capillacea	20	5						
Jania rubens	220	60						
Laurencia sp.	4	0,5			5	1,25		
Laurencia similis	520	80					38	5
Liagora sp.			5	0,5				
Turbinaria ornata	50	10						
Ulva pertusa	25	2,5	80	10				
Total	2328	548,8	823	119	580	145,5	81	11,3
Moyennes		28,88		9,12		18,19		2,81

St1 : Ankarambiavy

PF : Poids frais (g)

St2 : Ankaraniatiro

PS : Poids sec (g)

St3 : Ankarana anivo

St4 : Oalamisampana

Le Tableau 6 montre que la biomasse est énorme à Ankarambiavy (St1) avec une valeur de 548,8 g/m², et elle est très faible à Oalamisampana (11,3 g/m²).

Cette situation indique que les conditions écologiques sont favorables à Ankarambiavy avec une superposition de petites barrières récifales en amont qui empêchent le fort déferlement des vagues.



Parcelle marine d'Ambodilaitry

Tableau 7. Biomasse algale pour la parcelle marine d'Ambodilaitry

Station	St1		St2		St3		St4	
Espèces	PF	PS	PF	PS	PF	PS	PF	PS
Caulerpa biserrulata					10	0,5		
Caulerpa racemosa					25	5		
Ceramium mazatlanense	130	20	10,5	1,25	20	3		
Ceramium strictum	10	3						
Cheilosporum spectabile	185	73			40	18		
Crouania attenuata	10	1						
Dictyosphaeria cavernosa	40	2			5	0,5	2,5	0,3
Dictyosphaeria versluisii	60	10			12,5	0,5	5	0,5
Dictyurus purpurascens	20	1						
Gelidiopsis sp.	20	1						
Halimeda macroloba	30	2						
Halimeda opuntia	60	14	313	143	200	83	7,5	4
Halymenia durvillei	40	1						
Hypnea pannosa	125	30	53,8	8	15	5		
Hypnea spinella	25	1,5						
Hypnea valentic			5	1	12,5	2,5		
Jania capillacea	260	110	25,9	7,5	18,8	5	5	0,3
Jania sp.	160	50						
Jania unguolata	40	8,5						
Laurencia flexis	60	10	47,5	5,85	219	30	13	2,8
Laurencia glandulifera			10	2,5	20	5		
Laurencia similis	20	8					13	6,3

Laurencia sp.	36,5	4	35	7,5			70	5
Lithophyllum bamleri					45	33		
Pterocladia nana	20	1						
Pteroclatiella capillacea			4,75	0,5				
Sarcodia montagneata	40	5						
Total	1392	356	505,45	177,1	642,8	191	116	19,2
Moyennes		16,95		19,68		14,69		2,74

St1 : Andranomiditra PF : Poids frais (g)

St2 : Ankarambiavy PS : Poids sec (g)

St3 : Ankarambe

St4 : Ankoalambanona

La biomasse est très élevée à Andranomiditra (St1) avec 356 g/m². Par contre, elle est plus faible à Ankoalambanona (19,2 g/m²). Donc, Andranomiditra est plus favorable à l'installation des algues avec une forme de petite baie calme et la présence de petites barrières récifales.

Comparaison des moyennes de biomasses algales

❖ Parcelle marine Tanjona

~~Station Paramètres~~	St1	St2	St3	St4
N	19	13	8	4
M	28,88	9,12	18,19	2,81

Où :

N : nombre d'espèces

M : moyenne de biomasse algale

En appliquant la formule de Fischer, on obtient $F_{exp} = 1,09375 > 1$.

On doit recourir à la table de Snedecor pour chercher F_s à l'intersection de $v=3$ et $v=40$.

Dans la table, on a trouvé $F_s = 2,85$ au coefficient de sécurité 0,05.

Ces résultats montrent que $F_{exp} < F_s$ au coefficient de sécurité 0,05. Par conséquent, les moyennes de biomasse des quatre stations d'étude ne diffèrent pas significativement. Leur différence est due seulement aux fluctuations d'échantillonnage.



Parcelle marine d'Ambodilaitry

~~Station Paramètres~~	St1	St2	St3	St4
N	21	9	13	7
M	16,95	19,68	14,65	2,74

Où :

N : nombre d'espèces

M : moyenne de biomasse algale

Après calcul, on trouve $F_{exp} = 0,55081 < 1$, cela veut dire que les moyennes de biomasse de ces quatre stations ne diffèrent pas significativement. Leur différence est due seulement aux fluctuations d'échantillonnage.

DISCUSSION

• Richesse spécifique

Les espèces floristiques inventoriées au cours de la présente étude ont montré une dominance des algues rouges jusqu'à 42 % des espèces recensées, suivi des algues vertes qui dominent jusqu'à 34 %. Les autres classes (Phéophycées et Phanérogames) ne présentent qu'une faible dominance avec 17 % et 7 % respectivement.

Parmi les trois sites d'étude, le site d'Ambodilaitry est plus riche en espèces par rapport aux deux autres avec 44 % des espèces totales recensées. On peut dire que ce site est propice pour l'installation des algues vue ses qualités écologiques.

• Classification bionomique

En appliquant la formule de Dajoz, on a pu caractériser les peuplements par la constance et la fidélité d'un site à l'autre comme suit :

- Parcelle marine de Tanjona : les espèces caractéristiques sont constituées par les algues vertes de la famille Caulerpaceae (*Caulerpa sertularioides* et *Caulerpa racemosa*).

Parmi les espèces tolérantes, on peut citer les Phanérogames (*Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis*, *Syringodium isoetifolium*) et les algues vertes représentées par *Halimeda opuntia* et *Dictyosphaeria cavernosa*.

- Parcelle marine d'Ambodilaitry : ont été identifiées comme espèces caractéristiques les algues rouges (*Eucheuma* sp., *Acanthophora spicifera*, *Hypnea cornuta* et *Hypnea spicifera*) et quelques algues vertes comme *Caulerpa mexicana*, *Enteromorpha kylinii* et *Neomeris van bosseae*.

- Parcelle marine Tampolo : les espèces caractéristiques sont représentées par les algues rouges (*Jania unguolata*, *Hypnea pannosa*, *Jania adhaerens*, *Galaxaura elongata*) et brunes (*Cystoseira myrica*).

• Biomasse algale

Au niveau de la parcelle marine de Tanjona, la biomasse est énorme de 548,8 g/m² à Ankarambiavy (St1), et elle est très faible à Oalamisampana (11,3 g/m²). L'analyse de variance a montré que $F_{exp} \square F_s$ au coefficient de sécurité 0,05. Par conséquent, les moyennes de biomasse des quatre stations d'étude ne diffèrent pas significativement. Leur différence est due seulement aux fluctuations d'échantillonnage.

Quant à la parcelle marine d'Ambodilaitry, la biomasse est très élevée à Andranomiditra (St1) avec 356 g/m², par contre, elle est plus faible à Ankoalambanona (19,2 g/m²). L'analyse de la variance de Fischer (ANOVA) a montré que $F_{exp} = 0,55081 \square 1$. Donc, les moyennes de biomasse de ces quatre stations ne diffèrent pas significativement. Leur différence est due seulement aux fluctuations d'échantillonnage.

CONCLUSION

Le Parc national Masoala est très riche en biodiversité, ce qui lui permet d'attirer de nombreux scientifiques (nationaux et étrangers) pour la recherche. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude permettent de comprendre l'état de santé du parc.

Au sein des trois parcelles marines étudiées, ont été inventoriées 142 espèces de plante marine dont 10 espèces de Phanérogames marines, 59 espèces de Rhodophycées, 49 espèces de Chlorophycées et 24 espèces de Phéophycées.

La répartition des flores macro benthiques diffère d'un site à l'autre, à savoir 85 espèces dans la parcelle marine de Tanjona, 110 espèces à Ambodilaitry et 55 espèces à Tampolo. Cette inégalité de répartition des espèces a mis en lumière les

impacts des facteurs écologiques, en particulier, l'hydrodynamisme et les substrats qui conditionnent en majorité des cas l'installation des algues.

REFERENCES CITEES

- 1) Conand et al. (1997). Programme Régional Environnement de la commission de l'Océan Indien (PRE-COI). Manuel méthodologique pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens du sud-ouest de l'océan indien.
- 2) Mara. (1988). Méthodes d'analyse des données utilisées en écologie. Application au peuplement des Cailloutis à épibiose sessile de la Manche orientale (France), Station marine de Wimereux, Univ. Lille. 96 p.
- 3) Ranivoarivelo. (2001). Etude d'une agarophyte, *Gelidium madagascariense* dans le sud et sud-est de Madagascar. Mémoire D.E.A en océanologie appliquée. 76 p.
- 4) Ratsifandrihamanana. (1999). Identification des sites sous-marins d'intérêt écotouristique et sites écotouristiques de la zone côtière de la presqu'île Masoala. Rapport final. Care International-Projet Masoala. 77 p.

Principes d'adoption des pratiques innovantes des riziculteurs dans les communes rurales d'*Ankazomiriotra* et d'*Ambohibary Sambaina*, Région de *Vakinankaratra*

Par

RAHANTAMALALA Hanitriniaina Nomenjanahary^{1,2}, RAZAFINDRAIBE Rolland¹, HERIMANDIMBY Vestalys¹, RAKOTOARIVELO Marie Laure^{1,2}, RAMANANARIVO Sylvain^{1,3}

¹ Ecole Doctorale en Gestion des Ressources Naturelles et Développement (GRND) - Equipe d'accueil Agro-Management et Développement Durable des Territoires (AM2DT)

² Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique (CIDST)

³ Ecole Supérieure de Management et d'Informatique Appliquée (ESMIA)

RESUME

Le riz est la principale source de nourriture pour plus de la moitié de la population mondiale. A Madagascar, il est la nourriture principale de la plupart des Malagasy. Les populations rurales cherchent en général à établir un système agricole qui puisse leur assurer avant tout l'autosubsistance, à travers une production variée et adaptée à leurs besoins et à l'environnement. La région du *Vakinankaratra* qui constitue la zone d'étude, notamment, les communes rurales (CR) d'*Ankazomiriotra* et d'*Ambohibary Sambaina*, est classée parmi les régions les plus productrices de riz, divers projets de développement rizicole y ont ainsi été introduits. Dans ce cadre, ces deux communes ont été choisies comme pôles de développement rizicole. Cette étude vise à analyser les principes de l'adoption des pratiques innovantes par les riziculteurs. L'échantillon se compose de 106 riziculteurs à *Ankazomiriotra* et de 180 à *Ambohibary Sambaina*. Les principaux paramètres qui décrivent les techniques de riziculture ont été utilisés : la fertilisation, le choix de semences, la gestion de l'eau, le système. Les résultats se rapportent donc aux points suivants : le système rizicole amélioré (SRA) motive le plus les agriculteurs avec une large majorité (99,56 %) dans la commune rurale d'*Ambohibary Sambaina* et 37,75 % pour la commune rurale d'*Ankazomiriotra*. La situation du riz pluvial varie selon les zones. Dans la CR d'*Ambohibary Sambaina*, 75 % des riziculteurs ne l'ont pas encore adopté, et parmi ceux qui le cultivent, le Système de Culture en Couverture Végétale (SCV) morte est majoritaire. En revanche, dans la CR d'*Ankazomiriotra*, la moitié des riziculteurs pratique déjà le riz pluvial, bien que l'adoption du SCV moderne demeure faible. Ces observations éclairent les besoins et préférences des riziculteurs face aux innovations proposées. Comme hypothèses, les riziculteurs pratiquent les systèmes rizicoles qui correspondent à leurs conditions locales et à leurs préférences et l'adoption des innovations techniques s'ajuste par les paysans en fonction de leurs contraintes agroécologiques, socio-économique et leurs connaissances traditionnelles. **Mots clés** : Système rizicole, pratiques culturelles, pratiques innovantes, *Ankazomiriotra*, *Ambohibary Sambaina*

ABSTRACT

Rice is the main source of food for more than half of the world's population. In Madagascar, it is the staple food for most Malagasy people. Rural populations, generally strive to develop an agricultural system that can ensure a degree of self-sufficiency through varied production adapted to their needs and to the environment. The *Vakinankaratra* region, where the study area is located - specifically the rural communes of *Ankazomiriotra* and *Ambohibary Sambaina* - is among the top rice-producing regions, and various rice development projects have been implemented there. Within this context, these two communes were chosen as hubs for rice development. This study aims to analyze the principles of rice farmers' adoption of innovative practices. The sample consists of 106 and 180 rice farmers, respectively. The main parameters describing the environment and rice-growing techniques were used. As a result, the Improved Rice System (IRS) is the most motivating factor for farmers, with a large majority (99.56%) adopting it in the rural commune of *Ambohibary Sambaina* and 37.75% in the rural commune of *Ankazomiriotra*. Regarding upland rice, the situation varies by region. In the rural commune of *Ambohibary Sambaina*, 75% of rice farmers do not yet practice it. Among those who do, the dead cover cropping system (SCV) is the most commonly used? Conversely, in the rural commune of *Ankazomiriotra*, half of the rice farmers already cultivate upland rice, but the adoption of modern SCV remains very low. These principles among rice farmers help to understand their needs and preferences regarding the innovations introduced. As hypotheses, rice farmers practice rice-growing systems that correspond to their local conditions and preferences, and the adoption of technical innovations is adjusted by farmers according to their agroecological and socio-economic constraints as well as their traditional knowledge.

Keywords: Rice system, farming practices, innovative practices, *Ankazomiriotra*, *Ambohibary Sambaina*

INTRODUCTION

Le riz est la principale source d'alimentation pour plus de la moitié de la population mondiale (Bienvenido O. J., 1994). A Madagascar, depuis des décennies, le riz occupe une place économique, sociale, culturelle et politique très importante et définit la vie quotidienne de la population malagasy (Gaglio, 2011). La région *Vakinankaratra*, la zone d'étude, est l'une des régions les plus productrices de riz, elle participe énormément à l'autosuffisance alimentaire du pays (Penot et al, 2009). Sélectionnées comme pôles de développement rizicole au sein de la région du *Vakinankaratra*, les CR d'*Ankazomiriotra* et d'*Ambohibary Sambaina* représentent respectivement un pôle de riziculture pluviale et un pôle de riziculture irriguée. Dès les années 80, elles ont été ciblées par les programmes de vulgarisation des systèmes rizicoles modernes afin d'appuyer l'essor de la filière dans la région. Ces communes ont servi de terrain pour l'introduction du système rizicole amélioré (SRA), du système de riziculture intensive (SRI) adapté à la riziculture aquatique, ainsi que du système pluvial avec travail du sol. Elles ont également, vu le lancement des premières recherches sur le système sous couverture végétale (SCV) à Madagascar, initiées par l'équipe de Séguy (2002), lesquelles constituent une étape majeure dans

l'avancement des travaux sur la culture pluviale (Husson et al, 2013). TAFE ²⁴ a également élaboré une approche visant à promouvoir les techniques agro-écologiques dans les terroirs villageois à travers un dispositif de conseil de proximité auprès des exploitations (GSDM, 2007). Parallèlement, AfricaRice et le CIRAD, en partenariat avec le FOFIFA, mènent de manière continue de recherches relatives aux intrants, avec un accent particulier mis sur l'amélioration de l'accessibilité aux semences (Razafindraibe R., 2019).

En dépit de la vulgarisation des techniques rizicoles innovantes et de l'introduction répétée de projets de développement, les rendements restent à 2t/ha (SSA, 2002). Cette situation paradoxale constitue un frein à la réalisation de l'autosuffisance rizicole dans un contexte de hausse démographique permanente.

Au regard de ces réalités contradictoires, la problématique suivante se pose sur la manière d'adoption des innovations rizicoles par les riziculteurs, et d'accroître leur production ? Cet article vise à analyser les attitudes et pratiques culturelles des riziculteurs afin de mieux appréhender leur rapport au développement rizicole. Les hypothèses ci-après sont avancées : les riziculteurs pratiquent les systèmes rizicoles qui correspondent à leurs conditions locales et à leurs préférences et l'adoption des innovations techniques s'ajuste par les paysans en fonction de leurs contraintes agroécologiques, socio-économique et leurs connaissances traditionnelles.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Zone d'étude

La zone d'étude comprend deux communes rurales qui se trouvent dans la région *Vakinankaratra*, l'un des Greniers à riz de Madagascar à savoir : *Ankazomiriotra*, située dans le district de *Betafo*, dont les coordonnées approximatives sont de 19°79'00'' de latitude Sud et 46°91'00'' de longitude Est. La commune fait partie de la zone agro-écologique du moyen ouest de la région et s'étend sur une superficie de 404 Km², ensuite, *Ambohibary Sambaina*, d'environ 19°37'00'' de latitude Sud et 47°09 de longitude Est, elle se situe à 140 km de la capitale vers le Sud et à 38 km d'*Antsirabe*, chef-lieu de Région au Nord. Au sein de la commune rurale d'*Ankazomiriotra*, la riziculture s'appuie sur deux grands types de terroirs: les rizières adaptées à la riziculture irriguée et les vastes plateaux ou « *tanety* » destinés à la riziculture pluviale. La présence des surfaces cultivables disponibles et surtout la domination des *tanety* aménageables du Moyen-Ouest de la Région offrent une grande possibilité de mécanisation agricole (Région *Vakinankaratra*, 2005). Par contre, dans la commune rurale *Ambohibary Sambaina* : une cuvette dénommée « *vohitry ny vary* » - village du riz est particulièrement réputée. La riziculture irriguée y constitue la principale pratique agricole. Par ailleurs, la valorisation des *tanety*, grâce à une rotation culturale riz pluvial/cultures maraichères, représente aujourd'hui un nouvel enjeu pour cette commune.

²⁴ TAFE est une ONG chargée de l'identification des systèmes SCV adaptés à chaque région et de la formation des personnels de projet.

Echantillonnage

La commune rurale d'*Ankazomiriotra* compte seize *fokontany*, dont onze sont accessibles. De son côté, la commune rurale d'*Ambohibary Sambaina* regroupe 19 *fokontany*, quatre d'entre eux, les plus éloignés, se situent à plus de 13 km du Chef-lieu de commune. Toutefois, certains riziculteurs issus des *fokontany* difficilement accessibles ont été enquêtés lors des jours de marché. Il s'agit des riziculteurs des *fokontany* de *Marogoaika* et de *Mandakibo* de la commune rurale d'*Ankazomiriotra* et des riziculteurs des *fokontany* *Manerinerina*, *Mandritsara Miaradia*, *Madera Ambohimadinika* et *Kianjasoa Atsimondapa* de la commune rurale d'*Ambohibary Sambaina*. En raison des difficultés d'accès à certains *fokontany*, et de l'absence de listes de riziculteurs dans les zones d'études, il a été nécessaire d'adopter la méthode échantillonnage aléatoire simple. La méthode « boule de neige » a été utilisée pour identifier les acteurs ²⁵ (Goodman, 1961). Des entretiens ont d'abord été réalisés avec les autorités locales (maires et chefs *Fokontany*). Ces interlocuteurs ont ensuite aidé à identifier d'autres acteurs également rencontrés pour des entretiens. La sélection des personnes à interviewer a été effectuée de manière raisonnée en concertation avec les autorités locales qui ont porté un jugement éclairé sur la pertinence des profils retenus. La sélection a été basée sur des critères d'ancienneté dans la pratique rizicole, jugée comme indicateur de leur maîtrise des aspects techniques liés à cette activité. Ainsi, l'échantillon se compose de 106 riziculteurs issus de la commune rurale d'*Ankazomiriotra*, et de 180 riziculteurs appartenant à la commune rurale d'*Ambohibary Sambaina*.

Collecte des données

La méthodologie adoptée combine une approche qualitative et quantitative. Les approches mixtes se développent actuellement comme des stratégies d'enquête à part entière (Di Roberto, 2020) et se fondent sur le postulat selon lequel elles permettent une compréhension des problèmes de recherche mieux que chacune des approches prises séparément (Creswell et al, 2017). L'approche qualitative a été privilégiée pour l'analyse exploratoire, afin d'identifier les comportements des riziculteurs et d'acquérir une compréhension préliminaire du fonctionnement et de l'organisation de la chaîne de valeur. Cela a impliqué des entretiens (individuels et en groupe) et des enquêtes réalisées auprès de divers acteurs de la chaîne de valeur, qui considère la production, la transformation, la commercialisation et la consommation. Quant à l'approche quantitative, elle a été mobilisée afin de déterminer les taux relatifs aux systèmes rizicoles pratiqués par chaque riziculteur.

Quand les paysans n'étaient pas disposés à remplir les fiches d'enquête, d'autres options se sont imposées dont :

²⁵ C'est une méthode non-probabiliste qui propose d'échantillonner une population de la manière suivante : dans un premier temps on fait un tirage aléatoire au sein de la population cible. Puis, on demande à chacun des individus ayant été sélectionnés dans ce premier tirage d'inclure *k* « ami(s) » dans l'enquête. Ces derniers sont admis dans l'enquête s'ils n'y sont pas déjà présents, c'est-à-dire qu'ils ne font pas partie du tirage initial. Finalement, on peut itérer cette opération *s* fois (Goodman, L.A. (1961). Échantillonnage en boule de neige. *Annals of Mathematical Statistics*, 32, 148-170)

- Observation directe : Cette méthode a consisté à analyser les pratiques rizicoles des agriculteurs, y compris leurs techniques de culture ainsi que les outils et équipements qu'ils utilisent. L'observation directe a permis de collecter des données qualitatives approfondies sans recourir à des questionnaires formels, ce qui a facilité une compréhension nuancée des comportements des riziculteurs ;

- Enquêtes orales : Des entretiens approfondis ont été menés auprès des riziculteurs. Cette approche qualitative a permis de recueillir des informations sur les expériences et les perceptions des agriculteurs, relatives à leurs pratiques.

- Collaboration avec les autorités locales : En association avec les chefs de *fokontany*, les maires locaux et des représentants de la direction régionale de l'agriculture et de l'élevage, des questions semi-ouvertes et semi-fermées ont été élaborées. Cette stratégie a été cruciale pour l'obtention *d'informations sur les riziculteurs, elle a validé les données préexistantes, notamment celles de Ramamonjisoa* (1996).

- Focus group : Il permet de mieux saisir les comportements des riziculteurs sur le mode d'adoption des techniques innovantes. Le maire a organisé un groupe de discussion qui a réuni les chefs de *fokontany*. Cette méthode a également permis de comprendre comment ces chefs de *fokontany* diffusent les informations auprès des riziculteurs de leur communauté.

Analyse statistique descriptive

Une analyse statistique descriptive a déterminé l'effectif et le pourcentage des riziculteurs en fonction des systèmes rizicoles qu'ils ont choisis de pratiquer. L'histogramme a été utilisé en tant qu'outil graphique pour cette analyse. L'outil log-linéaire a expliqué les choix des riziculteurs sur le système rizicole à travers des facteurs socio-économiques, techniques ainsi que leur perception de l'innovation.

Benchmarking

Pour obtenir la typologie des riziculteurs en matière de pratiques culturelles, les données collectées ont été saisies, codifiées et triées sur le tableur Excel. Cette étape a rendu possible la conception d'une matrice variables/individus. Les données codifiées ont été analysées sur XLSTAT en vue de réaliser différentes analyses. Une Analyse factorielle discriminante (AFD) a été effectuée pour classer les riziculteurs ; après avoir sélectionné les valeurs avec une $p\text{-value} < 0,05$. Les variables significatives mobilisées ont été synthétisées. L'algorithme du Benchmarking a ensuite conduit à la caractérisation des classes présentées sous forme de graphique radar, réalisées après la comparaison des valeurs de ces variables avec les valeurs maximales considérées comme référence. Les variables fondamentales de l'analyse sont celles dominantes et influentes.

Ordonnancement

L'ordonnancement des variables significatives a été effectué afin de déterminer les besoins prioritaires en pratiques culturelles des riziculteurs. Sa réalisation a mobilisé l'utilisation d'une matrice de corrélations intervariables, obtenue via l'Analyse Factorielle discriminante (AFD). La diagonale inférieure de la matrice

ainsi que les variables avec une p-value supérieure à 0,05 ont été effacés et seules les corrélations significatives ont été retenues. Ces corrélations ont été obtenues via la formule :

$$|P| > t_{\alpha=0,05} \sqrt{(n-2) / (t^2 + n - 2)}$$

où $t = 1,96$ et $n = 106$ et 180

Le seuil de significativité de la corrélation équivaut à 0.189. Toutes les observations significatives, avec des valeurs supérieures au seuil de significativité, sont retenues et remplacées par « x », tandis que celles non significatives sont directement retirées. Le nombre de « x » par ligne est compté et le minimum par ligne est précisé. Toutes les variables avec une somme de « x » égale à 1 sur les colonnes sont retirées tant au niveau des lignes que des colonnes. Ces étapes ont été répétées jusqu'à l'absence de variables en colonne et en ligne, ce qui a permis d'obtenir l'ordonnement.

RÉSULTATS

Les Systèmes rizicoles adoptés par les riziculteurs

La situation de la riziculture peut varier d'une zone à l'autre en raison des facteurs tels que le climat, les ressources en eau, la situation géographique, la mise en œuvre des politiques agricoles et les infrastructures. La CR d'*Ankazomiriotra* se caractérise par deux grands types de terroirs dédiés à la riziculture : les rizières pour l'écologie du riz irrigué et les vastes plateaux ou les « *tanety* » pour l'écologie du riz pluvial. La riziculture irriguée s'étend non seulement sur les bas-fonds mais valorise également les pentes par l'aménagement de rizières en terrasse. Quant à la riziculture pluviale, elle se développe en réponse à la croissance démographique et l'évolution des pratiques agricoles.

La CR d'*Ambohibary Sambaina*, présente une histoire qui témoigne d'une forte vocation rizicole. Ce territoire comprend des *tanety*, dédiés aux cultures pluviales telles que le riz de *tanety* et les tubercules à feuilles comestibles : comme la patate douce et le manioc. De plus, des bas-fonds existent, adaptés à la riziculture inondée et aux cultures de contre saison.

Différents systèmes de culture et techniques pour cultiver le riz sont utilisés en fonction des spécificités géographiques propres à chaque commune. Certains agriculteurs favorisent les systèmes traditionnels, tandis que d'autres choisissent d'adopter des systèmes modernes selon leurs préférences. (Figure 1).

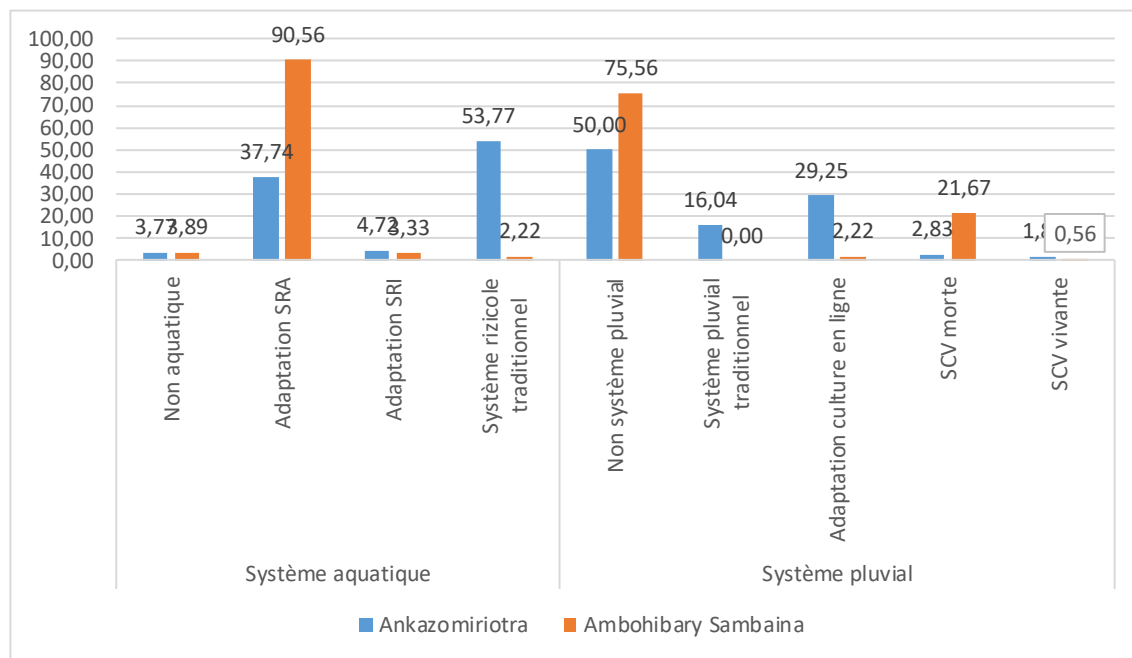


Figure 1 : Systèmes adoptés par les riziculteurs dans les communes rurales d'Ankazomiriotra et

Pour les cultures irriguées, le Système de Riziculture Intensive (SRI) reste peu répandu, seulement avec une adoption de l'ordre de 4,70 % au niveau des riziculteurs de la CR d'Ambohibary Sambaina et 3,33 % de ceux de la CR d'Ankazomiriotra. En revanche, c'est le Système de Riziculture Améliorée (SRA) qui motive le plus les agriculteurs. La CR d'Ambohibary Sambaina enregistre un taux d'adoption de (99,56 %), ceci signifie que très peu de riziculteurs utilisent le Système de Riziculture Traditionnelle (SRT). À Ankazomiriotra, le SRA attire également de nombreux agriculteurs, bien qu'il reste moins pratiqué que le SRT (37,75 % contre 53,77 %). Quant au riz pluvial, la situation diffère selon les zones. Dans la CR d'Ambohibary Sambaina, 75 % des riziculteurs ne le pratiquent pas encore. Parmi ceux engagés dans cette culture, le Système de Culture en Couverture Végétale (SCV) morte représente l'option la plus courante. En revanche, dans la CR d'Ankazomiriotra, la moitié des riziculteurs cultivent déjà du riz pluvial, bien que

l'adoption du SCV moderne reste très faible. La majorité des agriculteurs favorisent encore le repiquage en ligne estimé (*tora-tady* ou *tomba-maso*), basé sur leur expérience ainsi que les méthodes de semis traditionnelles (*fafy saritaka*).

Pour expliquer ces choix des riziculteurs, trois principaux facteurs ont été : les considérations socio-économiques, les aspects techniques et la perception de l'innovation rizicole. Les résultats présentés dans les tableaux ci-après illustrent ces points.

Système irrigué

Tableau n° 1 : Facteurs socio-économiques

Source	DDL	Khi ² (LR)	Pr > LR
A	2	1058,4800	< 0,0001
G	1	2241,8079	< 0,0001
SM	3	283,04	< 0,0001
E	3	787,75	< 0,0001
O	1	517,38	< 0,0001
P	1	3,72	0,0536
D	3	1 467,90	< 0,0001
OT	2	24,60	< 0,0001
BR	1	152,63	< 0,0001
Otr	2	7 836,41	< 0,0001
Cr	2	997,10	< 0,0001

Tableau n° 2 :
Facteurs techniques

DD				
Source	L	Khi ² (LR)	Pr > LR	
GE	1	9,56	0,0020	
OM	6	871,69	< 0,0001	
Fi	6	7 616,87	< 0,0001	
Sem	2	307,09	< 0,0001	
SarI	5	3 471,12	< 0,0001	
Rot	1	3,99	0,0458	
Prot	1	20,83	< 0,0001	

Tableau n° 3 :
Perceptions de l'innovation

Source	DDL	Khi ² (LR)	Pr > LR
Form	4	385,64	< 0,0001
Event	1	142,82	< 0,0001
Com	2	34 300,87	< 0,0001
RaoPP	2	221,26	< 0,0001
Asso	1	81,34	< 0,0001

Pour le système irrigué, l'âge (A), le genre (G), le niveau d'instruction (D) et les autres revenus (Otr) constituent des facteurs socio-économiques qui influencent le choix des riziculteurs. Du côté des facteurs techniques, la fertilisation (Fi) et le sarclage (SarI) jouent un rôle déterminant. Parmi les facteurs liés à la perception de l'innovation, le comportement face à l'innovation (Com) se révèle largement associé aux choix des riziculteurs.

Système pluvial

Tableau n° 4 :
Facteurs socio-économiques

Source	DDL	Khi ² (LR)	Pr > LR
A	2	36,94357172	< 0,0001
G	1	1585,964793	< 0,0001
SM	3	886,7180164	< 0,0001
E	3	287,1147663	< 0,0001
O	1	23,42189008	< 0,0001
P	1	21,56469093	< 0,0001
D	3	1224,103081	< 0,0001
OT	2	1124,328776	< 0,0001
BR	1	41,20703415	< 0,0001
Otr	2	1610,707977	< 0,0001
Cr	2	1631,625163	< 0,0001

Tableau n° 5 : Facteurs techniques

Source	DDL	Khi ² (LR)	Pr > LR
OM	6	1 086,08	< 0,0001
Fp	6	1 323,42	< 0,0001
Sem	2	227,20	< 0,0001
SarP	4	7 528,97	< 0,0001
Rot	1	164,52	< 0,0001
Prot	1	6,81	0,0091

Tableau n° 6 :
Perception innovation

Source	DDL	Khi ² (LR)	Pr > LR
Form	4	15969,72556	< 0,0001
Event	1	52145,19484	< 0,0001
Com	2	2026399,575	< 0,0001
RaoPP	2	12408,80005	< 0,0001
Asso	1	3399,610315	< 0,0001

Pour le système pluvial, concernant les facteurs socio-économiques, toutes les variables proposées influencent le choix des riziculteurs. Seuls l'accès au crédit rizicole (Cr), les autres revenus (Otr), le genre (G), le niveau d'instruction et l'organisation de travail (OT) figurent parmi les plus considérées. Pour les facteurs techniques, toutes les variables proposées affectent le choix des riziculteurs à l'exception de la variable protection (Prot). Le sarclage (SarP) se révèle particulièrement important, suivi de la fertilisation (Fp) et des outils et matériels (OM). Enfin, en ce qui concerne la perception de l'innovation, toutes les variables apparaissent étroitement liées au choix des riziculteurs, en particulier l'intérêt pour l'innovation rizicole, à l'exception de l'accès à l'association des paysans (Asso).

Les pratiques culturelles des riziculteurs

Les pratiques rizicoles diffèrent selon les régions, les localités et même des exploitations agricoles (Le Bourdieu, 1974). Connaître la typologie des riziculteurs selon leur mode de culture du riz permet d'analyser leurs pratiques culturelles.

Typologie des riziculteurs selon leurs techniques culturelles

L’analyse des résultats obtenus via la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et l’AFD distingue trois classes de riziculteurs dans chaque zone d’étude, et ce, suivant les pratiques culturelles innovantes (Figures 2 et 3).

Présentation des classes des riziculteurs

Dans la commune rurale d’Ankazomiriotra

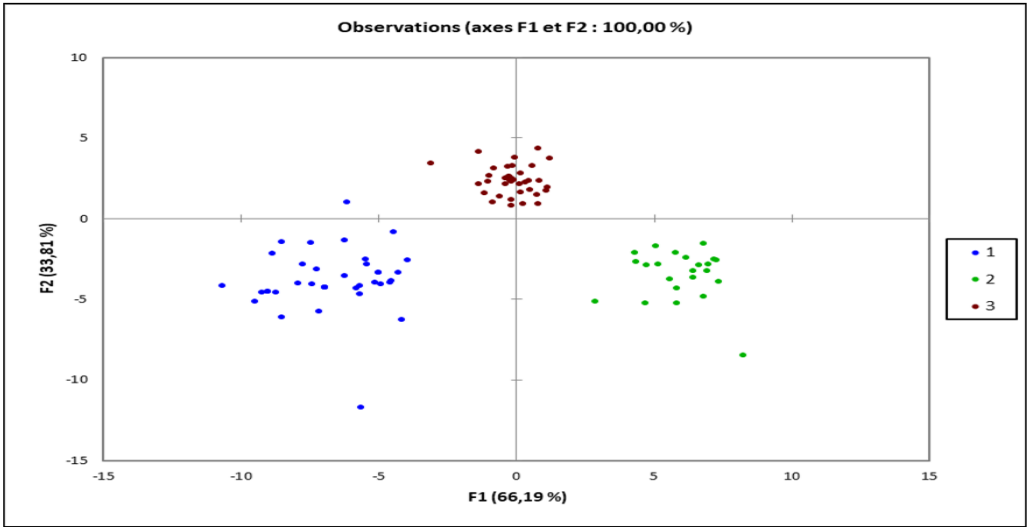


Figure 2 : Classification par AFD des riziculteurs selon leurs pratiques culturelles face à l'innovation

*** Effectif et pourcentage des riziculteurs par classe :**

Classe	1	2	3
effectif	46 (43,40 %)	21 (19,81 %)	39 (36,79 %)

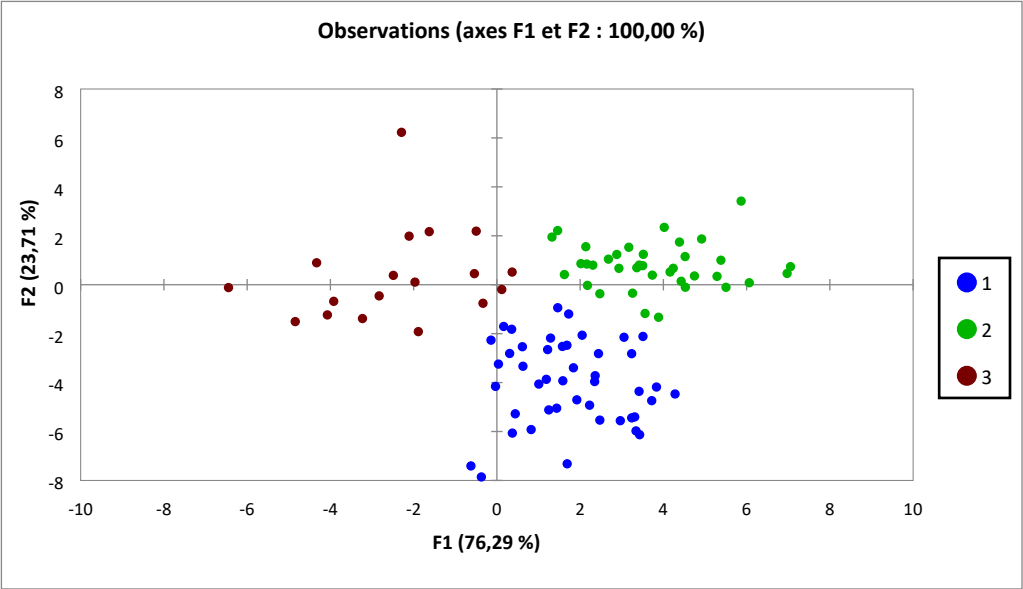


Figure 3 : Classification par AFD des riziculteurs selon leurs pratiques culturelles face à l'innovation

Effectif pourcentage riziculteurs classe :	et des par	Classe	1	2	3
		Effectif	78 (43,33 %)	42 (23,33 %)	60 (33,34 %)

Caractéristiques culturelles des riziculteurs face à l’innovation rizicole

L'analyse des pratiques culturelles des riziculteurs permet de déterminer leurs caractéristiques face à l’innovation rizicole, oscillant entre acceptation et résistance. Les deux communes rurales ne sont pas encore prêtes à abandonner certaines pratiques agricoles traditionnelles, qu’elles soient :

Techniques : recours persistant aux intrants organiques (Fi-1), à la traction animale et aux outils manuels (OM-1) ;

Financières : absence de budgetisation spécifique pour la riziculture (Br-0) ;

Socio-morales : réticence à contracter des emprunts, faible motivation à intégrer des associations paysannes, et relations limitées avec les acteurs de développement rizicole (Asso-0).

Toutefois, l’analyse révèle que chaque classe de riziculteurs présente des spécificités propres vis-à-vis de l’innovation.

La réticence des riziculteurs à recourir aux emprunts financiers pour la conduite des activités rizicoles constitue une caractéristique marquante. Les variables relatives au recours au crédit ne s'inscrivent ni parmi les variables dominants ni parmi les variables influentes. En revanche, les riziculteurs de cette commune se distinguent par une maîtrise approfondie des différents types de fertilisants qu'ils exploitent efficacement dans leurs pratiques culturales. L'exploitation de l'engrais issu de la culture contre saison, qu'il s'agisse de maintenir le sol dans son état initial ou de l'amender par des apports organique et/ou chimique constitue le facteur technique le plus déterminant. Cette influence se manifeste de manière significative aussi bien en système de riziculture irriguée (Fi-1, Fi-2, Fi-3, Fi-5, Fi-6, Fi-7) qu'en système de riziculture pluvial (Fp-3). Outre, l'adoption d'autres systèmes de fertilisation tels que l'utilisation du lombricompost en riziculture pluvial et du système *ongona*²⁶ en riziculture irriguée occupe également une place significative dans l'amélioration des pratiques culturales. Toutefois, chaque classe de riziculteurs se distingue par ses propres spécificités. Les riziculteurs de la classe 1, techniquement ouverts à l'innovation, se montrent proactifs dans l'adoption des innovations rizicoles (Com-2), ils amorcent l'utilisation des semences améliorées bien qu'ils soient historiquement attachés aux semences domestiques (Sem-2). De manière similaire, leur passage à l'utilisation d'outils et de matériels modernes se traduit par un intérêt légèrement croissant pour la motorisation (OM-3). Pour la classe 2, les riziculteurs se distinguent par leur engagement et leur dynamisme dans les formations agricoles (Form-3), lesquelles leur ont permis de renforcer leurs compétences et d'améliorer leurs pratiques en matière de fertilisation. Quant à ceux de la classe 3, ils présentent encore un faible niveau d'adoption des innovations rizicoles que ce soit au niveau des intrants, que de la formation. Il est souligné que l'utilisation des outils et matériels modernes reste marginale, en particulier en ce qui concerne la motorisation (OM-3).

²⁶ D'après l'explication des riziculteurs et le technicien agricole de *Vakinankaratra*, après la récolte du riz, les rizières sont aménagées en buttes destinées à conserver la chaleur du sol, où les chaumes résiduels de riz servent d'engrais naturel pour la prochaine campagne sans recours à d'autres formes de fumure

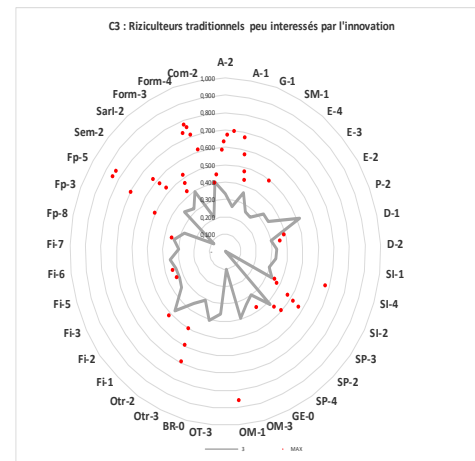
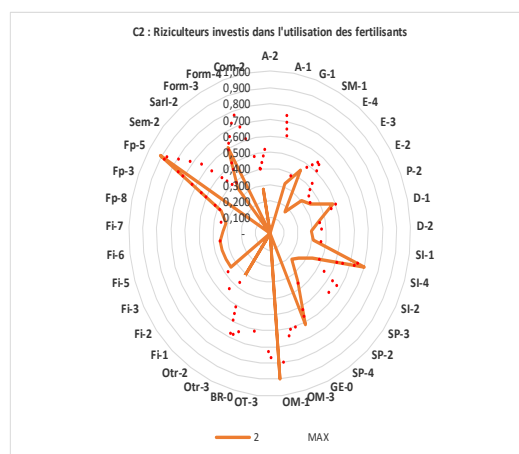
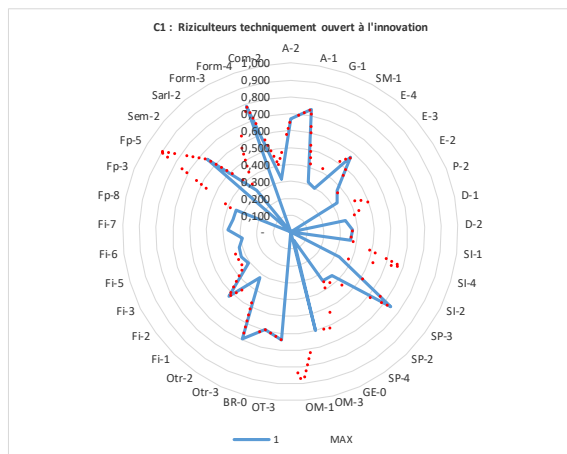


Figure n° 4 : Benchmarking des pratiques culturales des riziculteurs dans la CR d'Ankazomiriotra

Les riziculteurs constituent des acteurs centraux dans l'amélioration de la riziculture, qu'ils conservent les méthodes traditionnelles ou qu'ils soient ouverts aux innovations rizicoles, qu'ils soient analphabètes ou instruits au niveau supérieurs. Deux caractéristiques principales distinguent les riziculteurs de cette Commune Rurale :

Aspect technique : ils démontrent une maîtrise avérée de la gestion de l'eau (GE-1), mobilisent les fertilisants disponibles chez eux (Fi-2, Fi-8, Fp8) et mettent en œuvre des techniques de rotation culturale qui contribue à la régénération et à la durabilité des rizières (Fi-3, Fp-5). La stratégie adoptée par les riziculteurs de cette commune en matière d'utilisation des fertilisants présente une homogénéité marquée ;

Aspect financier : les riziculteurs manifestent une forte propension à mobiliser des ressources financières externes par le biais d'emprunts dédiés à la riziculture. Trois dispositifs structurent leurs pratiques financières : le *sompitra*²⁷ (Cr-2) qui est un mécanisme local de solidarité financière, favorise l'accès rapide aux liquidités, la microfinance (Cr-3) une motivation individuelle du riziculteur intéressé et le crédit *Fihariana* qui fait partie du projet présidentiel (Cr-5).

Concernant les caractéristiques spécifiques de chaque classe des riziculteurs de cette commune :

- les riziculteurs de la classe 1 privilégient encore les techniques traditionnelles : semence domestique (Sem-1) mais intéressés également par les semences améliorées (Sem-3), se consacrent entièrement à l'agriculture ; l'élevage et autres revenus complémentaires pour subvenir à leurs besoins (Otr-3). Peu importe le niveau des investissements et des pertes, ces agriculteurs ne renonceront jamais à la culture du riz. Quant à l'utilisation des outils et matériels, leur adoption demeure encore très faible (OM-3),

- la classe 2 regroupe ceux qui demeurent fortement ancrés dans les méthodes traditionnelles ; y compris ceux qui ont poursuivi des études secondaires et supérieures (D3, D4). Sur le plan technique ; une majorité ne pratique pas les travaux de sarclage (SarI-0), pour ceux qui les pratiquent, ils se limitent en une seule opération (SarI-1). En ce qui concerne l'aspect financier, à part le recours au crédit pour la riziculture, ils disposent de revenus complémentaires en dehors de l'agriculture et l'élevage (Otr-3)

²⁷ Dans la région de *Vakinankaratra*, d'après l'explication des *Vondron'Oloha Ifotony* (VOI), le crédit *sompitra* est une formule de contrat élaboré entre l'institut de microfinance (IMF) et l'agriculteur. Ce dernier emprunte de l'argent auprès d'une IMF pour financer ses activités agricoles. Il dépose une partie de sa récolte dans le *sompitra*. Ce stock est bloqué et ne peut pas être utilisé par lui avant la période de remboursement. Si l'agriculteur rembourse normalement, il récupère son riz. Par contre, s'il ne peut pas rembourser, l'IMF vend le riz du *sompitra* (souvent aux enchères) pour couvrir la dette.

- les riziculteurs de la classe 3 continuent de maintenir certaines techniques traditionnelles comme l'utilisation des semences domestiques (Sem-1) et le non pratique des travaux de sarclage (SarI-0). Quant à l'utilisation des outils et matériels modernes, ils se montrent particulièrement dynamiques, notamment dans l'adoption de la motorisation.

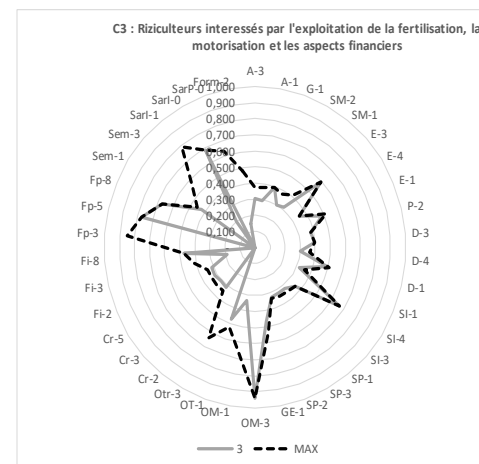
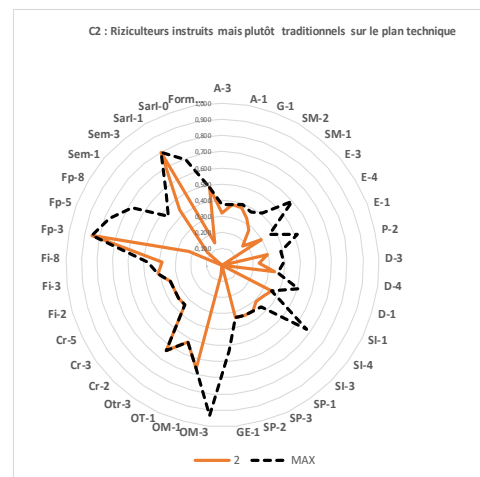
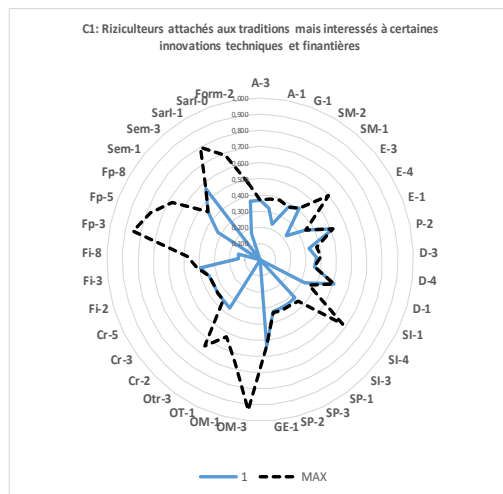


Figure n° 5 : Benchmarking des pratiques culturelles des riziculteurs dans la CR d'Ambohibary Sambaina

Hiérarchisation des principes culturelles des riziculteurs selon les caractéristiques spécifiques

Cette section analyse la priorisation des pratiques culturelles adoptées par les riziculteurs en fonction des caractéristiques spécifiques, telles que les techniques culturales, l'organisation du travail ainsi que leurs profils socio-économiques. Dans chaque commune, les choix en matière de pratiques culturelles sont étroitement liés aux caractéristiques socioéconomiques des riziculteurs et aux particularités pédologiques de chaque zone.

A-2	SM-2	SI-1	SP-3	P-2	SP-2	Fi-5	E-4	D-2	E-2	BR-2	SarP-0	Form-1	SM-3
A-1	SM-1	SP-4	GE-0	SI-2	Otxr-2	Fp-8	Fi-6	OM-3	Fi-2	Sem-2	Com-2	Sir-1	O-1
G-1	D-1		OM-1	OT-3	Fi-1	Fp-4	Fp-5	Fp-0	Fp-3	Sarl-1	RaoPP-0	SLP-0	D-3
	SI-4			OT-1	Fi-3	Fp-2	Sem-3	Sarl-2	Form-2	Rot-0	Asso-1	SLP-3	Cr-1
				BR-0	Fi-7		SarP-1	SarP-2	Form-4	Com-1	Sir-2	SLP-4	Fp-6
				Otr-3				Form-3	Event-1	RaoPP-1			Prot-1
													Sir-3
													Rdmt Sir-1
													Rdmt Sir-0
													SLP-2
													Rdmt Plu-0
													Rdmt Plu-2
													Rdmt Plu-3

Figure 6 : Ordonnancement des caractéristiques et pratiques culturelles des riziculteurs de la commune rurale d'Ankazomiriotra

G-1	A-1	A-3	P-2	SM-2	SP-3	OM-1	SP-1	BR-0	Fi-2	SarP-0	Event-0	Cr-1	O-1
E-3	SM-1	E-4	SI-1	SI-4	Otr-1	OT-2	OT-1	Otr-3	Sem-1	Rot-0	RaoPP-2	RaoPP-3	Cr-4
	D-3	E-1	GE-1	BR-2	Cr-2	Fp-5	Fi-8	Fp-3	Sem-3	Form-2	Rdmt Sir-1	Sir-1	Fi-4
		D-1	OM-3	Otr-4	Fi-1	Fp-6	SarP-2	Fp-8	Sarl-1	Com-1	Rdmt Sir-0	SLP-1	Fi-6
		SI-3		Cr-3	Fi-3	Sarl-0		Prot-1	Form-3	Sir-3		SLP-3	Fp-0
		SP-2		Cr-5					Com-0				Form-1
													Asso-1
													Rdmt Sir-2
													SLP-0
													Rdmt SLP-1
													Rdmt SLP-2

Figure 7 : Ordonnancement des caractéristiques et pratiques culturelles des riziculteurs de la commune rurale d'*Ambohibary Sambaina*

Légende

Variables	Codifications	Variables	Codifications
Age : A2 – A 3	[30-50[, ≥ 50]	Semence : Sem-2, Sem-3	2(selectionnée), 3(domestique et selectinnée)
Genre : G 2	femme	Sarclage riz irriguée : Sarl-0, Sarl-1, Sarl 2	0(non sarclage), 1(1 fois), 2 (2fois)
Sit° matrimoniale : SM1	célibataire	Sarclage riz pluvial : SarP- 0, SarP-1, SarP-2	0(non sarclage), 1(1 fois), 2 (2fois)
Nb enfant : E1	[0-1]	Protection : Prot- 0, Prot-1	Non, oui
Niveau d'étude : D4	étude supérieur	Formation : Form-0, Form-1, Form-2, Form-3, Form-4	0(aucune), 1(interessé mains non au courant), 2(1 fois), 3(>1 fois), 4(toujours partant)
Surface irriguée en are : SI-1, SI-2, SI-3, SI-4	1[0-25[, 2[25-50[, 3[50-100[, 4≥100	Evènements agricoles : Event-1	oui
Surface pluviale en are : SP-1, SP-2, SP-3, SP-4	1[1-25[, 2[25-50[, 3[50-100[,4≥100	Comportement innovation : Com-1, Com-2	1(pratique innovation), 2(melange innovation- tradition)
Outils et matériels : OM-1, OM-2, OM- 3	traction animale, outils manuels, motorisation	Relation avec les acteurs de développement rizicole : RaoPP-1, RaoPP2, RaoPP3	1(aucune), 2(1 relation), 3(>1 relations)
Organisation de travail : OT-1, OT-2, OT 3	familiale, main d'œuvre, familiale et main d'œuvre	Association : Ass- 0, Ass-1	non, oui
Budget riz : BR 2	insuffisant	Système irrigué : Sir-0, Sir-1, Sir-2, Sir-3	0(non au syst irrigué), 1(Adaptation syst rizicole amélioré-ASRA), 2(Adaptation syst rizicole intensif -ASRI), 3 (système rizicole traditionnel-SRT)
Crédit riz : Cr-1, Cr-2, Cr-3,	1(non credit), 2(microfinance), 3(sompitra)	Rendement riz irrigué : Rdmt Sir-0, Rdmt Sir-1, Rdmt Sir-3	0(pas de rendement), 1[0-2[, 3(≥4)

Variables	Codifications	Variables	Codifications
Féertilisation riz irriguée : Fi-1, Fi-2, Fi-3, Fi-4, Fi-5, Fi-6, Fi-7, Fi-8	1(matière organique), 2(engrais chimique), 3(culture contre saison) 4(matière organique et chimique), 5(mat org, culture contre saison), 6(chimique, culture contre saison), 7(mat org, culture contre saison, chimique), 8 (ongona ou lombric)	Système pluvial : SLP-0, SLP-1, SLP-2, SLP-3, SLP-4	0(non au syst pluvial), 1(en foule), 2(en ligne), 3(syst de couverture végétale morte-SCVM), 4 (syst de couverture végétale vivante-SCVV)
Fertilisation riz pluviale : Fp-0, Fp-3, Fp-5, Fp-7, Fp-8	0(non au riz pluv), 3(cult contre saison), 5(mat org, culture contre saison) ,7(mat org, culture contre saison, chimique), 8(ongona ou lombric)	Rendement riz pluvial : Rdmt SLP-1, Rdmt SLP-2, Rdmt SLP-3	1[0-2[, 2 [2-4[, 3(≥4)

Les figures 6 et 7 montrent que les agriculteurs de la commune rurale d'*Ankazomiriotra* accordent une importance particulière à l'exploitation d'engrais et à l'utilisation de semences de qualité, qu'elles soient locales ou améliorées. En revanche, ceux de la commune rurale d'*Ambohibary* privilégient l'utilisation d'équipements modernes et ont tendance à recourir à des emprunts pour les travaux rizicoles. Les riziculteurs des deux communes présentent des caractéristiques socioculturelles similaires. Cependant, leur niveau d'éducation représente un facteur différenciant. La commune d'*Ambohibary Sambaina* dispose d'un niveau d'enseignement équivalent au secondaire (D-3), tandis que celle d'*Ankazomiriotra* est caractérisée par un niveau d'étude primaire (D-1). En ce qui concerne l'utilisation des terres cultivées, la commune d'*Ankazomiriotra* exploite une superficie plus importante (SI-4, SP-4), tant pour la riziculture irriguée que pour la riziculture pluviale, par rapport à *Ambohibary Sambaina* (SI-3, SP-2). La gestion de l'eau à *Ambohibary Sambaina* est jugée nettement plus efficace que celle d'*Ankazomiriotra*.

En résumé, les riziculteurs intègrent des innovations dans la culture du riz en s'appuyant sur leurs expériences et les pratiques qu'ils ont vécues.

DISCUSSION

Traditions face à l'innovation

Dans la société rurale malagasy, la détention de rizières et leur exploitation annuelle sont considérées comme des repères sociaux fondamentaux. Pour la majorité des paysans, la rizière représente, non seulement un élément important de

leur patrimoine, mais également une sorte de prestige familial. Quelles que soient les dépenses et les pertes encourues, les agriculteurs ne se désistent pas de la culture du riz. De ce fait, l'importance du riz dans la vie quotidienne des riziculteurs favorise une organisation familiale. Chaque membre s'unit dans un esprit de solidarité pour s'entraider dans la culture du riz, la main-d'œuvre est ainsi mobilisée tant au sein de la famille élargie qu'en dehors du cercle familial (Blanc-Palmard, 1987). C'est le *valintàna* ou *mifampindrana*, c'est-à-dire respectivement, « rendre la main » ou « emprunt réciproque (de bras) », cette action marque le *fihavanana*, lien social basé sur des règles d'entraide et de solidarité. Ceci vient conforter le proverbe malagasy qui dit : « *Ny asa vadi-drano, tsy vita raha tsy ifanakonana* » : les durs travaux des rizières et défrichements ne se font point, sans que l'on s'entraide. Les travaux se répartissent entre les hommes et les femmes. D'après (Rabemananjara R., 2001), les Malagasy sont solidaires parce qu'ils se réclament de la même lignée. Ils utilisent des stratégies issues de leur expérience pour gérer efficacement leur espace culturel (Sourisseau et al, 2014). Quant aux pratiques rizicoles, elles sont soigneusement établies selon les traditions ancestrales. Le travail dans les rizières irriguées nécessite une main-d'œuvre importante, s'effectue lors de périodes où un effort soutenu et rapide est requis : les hommes s'occupent du labour, les femmes du repiquage, et la moisson est réalisée par les deux sexes. En ce qui concerne les techniques culturales, les agriculteurs poursuivent la pratique la rotation des cultures en alternant le riz, le maïs et les légumineuses lors des cultures de contre saison. Cependant, ils continuent d'utiliser des engrais obtenus par compostage traditionnel à base de fumier, de feuilles et de déchets végétaux, afin de préserver la fertilité du sol. Cette organisation de travail perdure, malgré l'introduction des systèmes rizicoles modernes et constitue l'une des raisons qui freinent l'adoption des innovations dans la culture du riz.

En ce qui concerne les systèmes rizicoles innovants, il est important de noter que deux méthodes ont été introduites en matière de riziculture irriguée : la méthode améliorée de riziculture - SRA, pratiquée à Madagascar depuis les années 1960 et initiée par de grands projets soutenus par l'Institut de recherches agronomiques à Madagascar (IRAM) et le Système de Riziculture Intensive (SRI), également lancé à Madagascar et considéré comme agroécologique par leurs promoteurs, ce système a été adopté²⁸ comme norme nationale de vulgarisation en 1995 (Laulanié H., 1993). Concernant le riz pluvial, le système semi-direct qui utilise la couverture végétale morte ou vivante a été proposé par Husson et son équipe (Husson et al a, 2008). Selon les résultats présentés dans la figure n° 1, l'adaptation du SRA est la méthode la plus couramment pratiquée en riziculture irriguée. Néanmoins, d'après les données collectées par l'Association *Tefy Saina* (ATS), les meilleurs rendements en SRI observés à Madagascar entre 1993 et 2003 varient de 15 à 24 tonnes par hectare.

²⁸ Serpentié, G.(2013), Genèse malgache d'un modèle agroécologique : Le système de riziculture intensive (SRI), Cahiers Agricultures, vol 22, n° 5, p. 393-400 : « Le SRI, (...), est apprécié des bailleurs et des ONG. Il a aussi la faveur du ministre de l'Agriculture depuis 1992. Après la phase de pré-vulgarisation « réussie », le Ministère de l'Agriculture ne peut donc que l'adopter comme thème de vulgarisation pour les situations à bonne maîtrise d'eau, sous le terme de « *voly vary maro anaka* (culture du riz à` nombreuse progéniture) »

Pour le riz pluvial, le SCV offre de nombreux avantages aux praticiens, tant sur le plan de la qualité du sol, utilisé au niveau des cultures, des aspects économiques que de l'environnement (Husson et *al* b, 2009). Si tels sont les résultats attendus, il conviendrait que les acteurs impliqués dans le développement rizicole orientent davantage leurs efforts vers l'élaboration de mécanisme permettant l'articulation des systèmes rizicoles modernes avec les réalités agro-écologiques locales ainsi qu'avec les besoins socio-économiques des riziculteurs.

Inadéquation entre le niveau d'instruction des paysans et la complexité des formations

Quelle que soit la complexité technique et/ou financière d'un système innovant tel que le SRI ou le SCV, il est indéniable que son adoption contribue à l'amélioration et l'accroissement de la production rizicole (Rabenandrasana, 1995-1996). Selon les résultats, les agriculteurs malgaches rencontrent plusieurs obstacles à l'adoption du Système de Riziculture Intensifiée (SRI). Ces obstacles incluent la complexité des techniques de culture, liée à leur faible niveau d'instruction d'une part, et une aversion systématique au risque d'autre part. De plus, il y a une augmentation significative de la main d'œuvre, estimée entre 38 et 54 % supérieure à celle des méthodes traditionnelles (Moser, 2002). Compte tenu des caractéristiques socio-culturelles des riziculteurs, la majorité d'entre eux qui n'ont seulement qu'un niveau d'éducation primaire ne manifestent pas d'enthousiasme à comprendre la valeur des techniques modernes. De plus, même ceux qui ont poursuivi des études ou supérieures restent influencés par ce schéma mental. Cette situation rend difficile l'adoption des techniques SRI en riziculture irriguée et/ou SCV en riz pluvial pour la plupart d'entre eux. Ces techniques sont plus complexes que les méthodes traditionnelles. Il existe également des agriculteurs qui sont confrontés à des problèmes de gestion de l'eau, ce qui les pousse à rejeter les techniques innovantes. Bien qu'il puisse y avoir des solutions potentielles à cette problématique, leur identification reste difficile en raison des lacunes en compétences, en connaissances, en motivation et en capacité à prendre des risques. La technique moderne qui suscite l'intérêt des agriculteurs est le SRA car elle correspond bien aux caractéristiques pédologiques et climatiques de leur région. Ils l'ajustent à leurs besoins et à leurs ressources en pratiquant un repiquage en ligne sans précision (*toratady atao tombamaso*) avec des plants de 30 jours. De plus, les autres acteurs du secteur rizicole ne réussissent pas à répondre efficacement aux besoins des agriculteurs. Les entretiens avec les techniciens agricoles, chargés de suivre les techniques culturales des riziculteurs, révèlent qu'ils font face à des contraintes importantes telles que : effectifs insuffisants, manque de moyens logistiques et limitations financières. Les stratégies des promoteurs de projets ne s'alignent pas sur les réalités socioéconomiques des riziculteurs. Par exemple, dans le cadre du projet de plateforme de développement rizicole d'AfricaRice, les paysans n'ont pas accès en temps voulu aux équipements et aux aides qui leur sont offerts. Ce sont, en effet, les membres du bureau de la plateforme et leurs proches qui en bénéficient en priorité. Par crainte de ne pas pouvoir respecter le calendrier cultural, les riziculteurs renoncent souvent à attendre leur tour. De leur côté, les décideurs étatiques et locaux se trouvent dans une position de dépendance vis-à-vis des propositions formulées par les partenaires techniques et financiers.

En ce qui concerne l'introduction du riz hybride à Madagascar, par exemple, les rendements annoncés se situent entre 8 et 12 tonnes par hectare et suscite initialement l'intérêt des agriculteurs. Cependant, la prise de conscience des exigences techniques liées à cette culture, telles que l'augmentation des coûts des semences et des engrais chimiques ainsi que les effets négatifs de ces derniers sur la conservation des sols a amené de nombreux riziculteurs à reconsidérer leur choix. Ils soulignent que les caractéristiques pédologiques de Madagascar diffèrent de celles de la Chine, ce qui rend les résultats escomptés difficilement applicables. Malgré cette situation, les décideurs continuent d'inciter les agriculteurs à adopter cette culture de riz hybride.

Aspect financier

Les riziculteurs manifestent encore peu d'intérêt à accorder une valeur spécifique aux dimensions financières à la conduite de la riziculture. Les figures 6 et 7 mettent en évidence la persistance de techniques traditionnelles, telles que l'utilisation des tractions animales et les outils manuels (OM-1). Les intrants mobilisés sont essentiellement ceux disponibles à proximité immédiate (Fi-1, Fi-3, Fp-3). La tolérance vis-à-vis des pertes de rendement reste élevée, les travaux de sarclage sont rarement effectués plus qu'une fois (SarP-0, SarI-1), et la protection phytosanitaire contre les ravageurs est quasi inexistante (Prot-0). Par ailleurs, la main d'œuvre familiale continue d'assurer la totalité des travaux culturels dès lors que cela reste possible (OT-1). Ces différents facteurs illustrent une aversion aux risques financiers chez les riziculteurs, fortement conditionnée par la récurrence des aléas naturels. Cette attitude se traduit par la mentalité des riziculteurs caractérisée par une aversion marquée pour le risque financier. Cette attitude s'explique par la crainte des aléas naturels auxquels ils sont quelquefois confrontés, les incitent à éviter toute prise de risque susceptible d'entraîner des pertes. Elle se manifeste également par une anxiété accrue et par la limitation de revenus, dans la mesure où la riziculture constitue leur principale source de revenus, engendre une contrainte budgétaire sévère limitant la capacité d'investir à des activités d'expansion. Or, les résultats de recherche, relatifs au développement rizicole, menés par les chercheurs tels que FOFIFA, AfricaRice, PAPRIZ, révèlent pourtant une pluralité d'innovations techniques (Duchaufour H., 2016). Toutefois la diffusion et la vulgarisation auprès des paysans demeure insuffisante. Cette situation est aggravée par la politique rizicole, qui ne parvient pas à atteindre efficacement les riziculteurs, en raison d'un décalage manifeste entre les orientations intentionnelles et les besoins réels des paysans.

CONCLUSION

Conformément aux résultats obtenus, les deux hypothèses associées aux principes d'adoption des pratiques innovantes des riziculteurs ont été confirmées. En ce qui concerne l'état des pratiques culturelles des riziculteurs : parmi les innovations mises en place dans les deux communes rurales étudiées d'*Ankazomiriotra* et d'*Ambohibary Sambaina*, il a été confirmé que les riziculteurs adoptent des techniques innovantes qui répondent à leurs besoins spécifiques, ils ne renoncent toutefois pas aux méthodes traditionnelles qui leur conviennent. Le SRA se révèle être la méthode la plus adaptée à leurs exigences culturelles, mais il l'adapte à leur manière. Les riziculteurs ont ainsi été répartis en trois catégories distinctes selon

leurs caractéristiques propres. Dans la commune rurale d'*Ankazomiriotra*, il y a ceux qui sont techniquement ouverts à l'innovation ; ceux qui s'engagent dans l'utilisation des fertilisants et d'intrants ; et ceux qui préservent les pratiques traditionnelles. Quant à la commune rurale d'*Ambohibary Sambaina*, les trois catégories sont : les riziculteurs attachés aux traditions mais intéressés à certaines innovations techniques et financières ; les riziculteurs instruits mais plutôt traditionnels dans le domaine technique rizicole ; et enfin, ceux qui sont plus ouverts à certaines innovations rizicoles telles que l'exploitation de la fertilisation, la motorisation et les offres de la microfinance.

Les pratiques culturelles des riziculteurs, influencées par leurs spécificités culturelles, ainsi que les obstacles qui freinent leur développement, mettent en lumière les stratégies rizicoles qu'ils adoptent. Cependant, il est préférable de développer une approche qui les accompagne dans l'amélioration de leurs pratiques en riziculture, une activité que les agriculteurs malagasy n'ont pas encore abandonnée. En effet, la riziculture est profondément enracinée dans la culture malagasy. Il est donc essentiel que toute stratégie de développement rizicole, qu'elle soit technique ou financière, soit élaborée en tenant compte des réalités locales.

Références bibliographiques

- 1) Bienvenido O. J., F. (1994). Le riz dans la nutrition humaine,. *Collection FAO : Alimentaire et Nutrition*(26), 153-180. Rome, Italie.
- 2) Blanc-Palmard, C. (1987). Systèmes de production paysans et modèle rizicole intensif : deux systèmes en décalage : l'exemple des riziculteurs de la SOMALAC sur les Hautes Terres centrales de Madagascar. *Cahiers des Sciences Humaines*, 23(3/4), pp. 507-531. Consulté le 15 Décembre 2025.
- 3) Creswell et al, J. W. (2017, Septembre). "Designing and Conducting Mixed Methods Research (Conception et réalisation de recherches à méthodes mixtes). 3^{eme} édition, 520 p. SAGE Publications, Inc. Consulté le Février éé, 2024
- 4) Di Roberto. (2020). "Méthode mixte : une stratégie d'enquête à part entière" de Di Roberto. Consulté le Janvier 16, 2024
- 5) Duchafour H., Razafimbelo T., Rakotoarsoa J., Ramamonjisoa B., Rakotondravao (2016), Recherche interdisciplinaire pour le développement durable et la biodiversité des espaces ruraux malgaches, Application à différentes thématiques de territoire, pp 393-400, Acte de projet PARRUR, Antananarivo, Ed MYE
- 6) Gaglio, G. (2011). *Sociologie de l'innovation . Il fait partie de la collection " ? " .* France, Paris, France: Presses Universitaires de France (PUF). Consulté le Février 16, 2020
- 7) Gillain J. (1992). MAR (mÈthode améliorée de riziculture sur les Plateaux malgaches. Consulté le Novembre 21, 2025
- 8) Goodman, L. (1961). *Snowball sampling , Annals of Mathematical Statistics* (Vol. 32). doi:(DOI 10.1214/aoms/1177705148

- 9) GSDM, G. S. (2007). *Stratégie du GSDM pour la mise au point, la formation et la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar* (éd. GRET). Antananarivo, Madagascar.
- 10) Husson et al. (2013, octobre). *Agriculture de conservation et durabilité des systèmes de culture à base de riz pluvial : leçons des expériences asiatiques et malgaches*, présenté lors du 3ème congrès du riz en Afrique, 14. Yaoundé, Cameroun. Consulté le Février 16, 2020
- 11) Husson et al a. (2008). Manuel pratique du semis direct à Madagascar, Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes. *Système d'information sur les ressources en aliments, Volume III*. Consulté le Septembre 11, 2025
- 12) Husson et al b. (2009, Octobre). Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente. *Manuel pratique du Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) Application à Madagascar, Volume I(Chapitre I)*. Antananarivo, Antananarivo, Madagascar: GSDM/CIRAD. Consulté le Septembre 11, 2025
- 13) Laulanié H. (1993). Le système de riziculture intensive malgache. *Tropicultura*, 11(3), pp. 110-114. Consulté le Janvier 16, 2020
- 14) Moser. (2002). Les limites du système de riziculture intensif et les leçons apprises pour la promotion de technologies agricoles à Madagascar. (FOFIFA, Éd.) *Cahier d'études et de recherches en économie et sciences sociales* (4). Consulté le Janvier 15, 2022
- 15) Penot et al. (2009). intitulé "Rôle et place du riz pluvial dans les exploitations du Vakinankaratra (Hauts Plateaux et Moyen Ouest)". Antananarivo, Madagascar. Consulté le Avril ', 2020
- 16) Programme Alimentaire Mondial à madagascar (Bureau pays) : Mai 2019, La filière riz à Madagascar face à la fortification, antananarivo, madagascar
- 17) Rabemananjara R. (2001). *Le monde malgache : sociabilité et culte des ancêtres* (éd. Editions L'Harmattan). France: L'Harmattan.
- 18) Rabenandrasana. (1995-1996). SRI Experience of Association Tefy Saina in MADAGASCAR (copie 2002 par Cornell International Institute). Antananarivo, Antananarivo, Madagascar. Consulté le Septembre 13, 2025
- 19) Ramamonjisoa, B. (1996). Méthodes d'enquêtes. p. 30. Consulté le Decembre 20, 2023
- 20) Razafindraibe R., R. J. (2019). *Etude de marché de semences de riz, incluant la commercialisation des produits (collecte) : Variété Madikatra et autres semences à cycle court promues dans le cadre du MIRR : Cas de la région de Vakinankaratra*. Africa Rice. Antananarivo: FOFIFA. Consulté le Décembre 19, 2023
- 21) Région Vakinankaratra. (2005). Plan régional de développement. Antsirabe. Consulté le Février 12, 2023

- 22) Seguy, H. O. (2002). Le semis direct sur couverture végétale - Extrait de l'intervention de Lucien Seguy. *Conférences à l'Académie des Sciences*, 12. Antananarivo, Madagascar: CIRAD/ca/gec. Consulté le Février 16, 2020
- 23) Sourisseau et al. (2014). *Les agricultures familiales à Madagascar : Un atout pour le développement durable*. CIRAD. Antananarivo: CIRAD. Consulté le Décembre 15, 2025
- 24) SSA, S. d. (2002). *Annuaire de la statistique agricole*. Consulté le Septembre 2, 2025