

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I.MILIEU D'ETUDE	3
I.1. Contexte historique	3
I.2. Localisation de la zone d'étude.....	3
I.3. Milieu abiotique	5
I.3.1. Pédologie, relief et géologie	5
I.3.2. Climat	5
I.3.3. Hydrographie	6
I.3.4. Milieu biotique	6
I.3.4.1. Flore et végétation	6
I.3.4.2. Faune	7
II.MATERIELS ET METHODES	9
II.1. Période d'investigation et sites d'étude.....	9
II.2. Présentation de l'espèce étudiée.....	12
II.2.1. Classification	12
II.2.2. Description de l'animal	12
II.2.3. Statuts	13
II.2.4. Distribution.....	13
II.3. Méthode de détermination de la structure de la population	14
II.3.1. Transect et plot	14
II.3.2. Méthode de marquage des tortues	15
II.3.3. Estimation de la densité.....	16
II.3.3.1. Estimation de la densité par « Distance Sampling »	16
II.3.3.2. Estimation de la densité à partir de l'abondance de Lincoln-Petersen	19
II.3.4. Mesure morphométrique.....	20
II.3.5. Détermination des sexes	20
II.4. Les facteurs de pression sur la population de tortues.....	22
II.4.1. Perturbation de l'habitat	22
II.4.2. Braconnage	22
II.5. Analyses statistiques	23

III.RESULTATS ET INTERPRETATIONS	25
III.1. Recensement des tortues radiées	25
III.2. Estimation de la densité de la population des tortues radiées	25
III.2.1. Distance de détection de chaque individu de tortue en fonction de la longueur de leur carapace.....	25
III.2.2.1. Probabilité de détection et distance perpendiculaire de détection des tortues radiées	27
III.2.2.2. Densités obtenues par la méthode « Distance sampling ».....	29
III.2.2. Estimation de l'abondance et de la densité par la méthode de Lincoln-Petersen (LP)	29
III.2.3. Comparaison de la densité estimée selon les deux méthodes adoptées : Méthode de Lincoln-Peterson et Distance Sampling	30
III.3. Classe d'âges	32
III.4. Répartition des sexes dans les trois sites.....	33
III.5. Répartition des individus selon le type de sol.....	34
III.6. Les facteurs de pression sur la population de tortues.....	34
III.6.1. Perturbation de l'habitat	34
III.6.2. Braconnage	35
IV.DISCUSSIONS	37
CONCLUSION	42
RECOMMANDATIONS	43
BIBLIOGRAPHIE	44
ANNEXES	48

LISTE DES TABLEAUX, DES FIGURES, DES ANNEXES ET ABREVIATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1: Estimation de la densité moyenne dans les trois sites à partir de la méthode DS	.29
Tableau 2 : Abondance relative et densité des trois sites d'étude à partir de la méthode de LP	30
Tableau 3 : Comparaison des densités dans les trois sites par la méthode DS et celle de LP	.30
Tableau 4: Tableau montrant la variation de la moyenne des densités par la méthode de Lincoln-Peterson et celle du Distance Sampling 31
Tableau 5: Nombre de tortues recensées selon chaque classe d'âges dans les trois sites d'étude pour l'année 2011 et celle de 32
Tableau 6: Sexe ratio de la population de tortues radiées dans les trois sites d'étude pour l'année 2011 et celle de 2012. 33
Tableau 7: Résultat des inventaires dans les trois sites selon le type de sol pour les années 2011 et 2012 34

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	4
Figure 2 : La végétation du plateau Mahafaly (Andramanoatse)	7
Figure 3 : Photo montrant l'aspect de l'habitat dans le site AP	10
Figure 4 : Photo montrant l'aspect de l'habitat dans le site TG	11
Figure 5 : Photo montrant l'aspect de l'habitat dans le site DU.....	11
Figure 6 : Tortue radiée adulte	12
Figure 7 : Photo d'un transect dans le site Lavavolo.....	15
Figure 8 : Tortue marquée par une peinture	16
Figure 9 : Mesure de la distance perpendiculaire	18
Figure 10 : Longueur de la carapace d'une tortue	20
Figure 11 : Largeur de la carapace d'une tortue	20
Figure 12 : Orifice anale d'une tortue femelle adulte.....	21
Figure 13: Fourche anale d'une tortue mâle adulte	21
Figure 14 : Détermination de l'âge de tortue par comptage des anneaux de croissance.....	22
Figure 15 : courbe cumulative des individus de tortues recensés	25
Figure 16 : Estimation de la distance de détection de chaque individu en fonction de la longueur de la carapace pour les 3 sites d'étude 26

Figure 17: Probabilité de détection des tortues en fonction de la distance perpendiculaire....	27
Figure 18 : Probabilité de détection des tortues en fonction de la distance perpendiculaire...	28
Figure 19: Probabilité de détection des tortues en fonction de la distance perpendiculaire....	28
Figure 20 : Divagation de zébus dans la forêt	35
Figure 21 : Carapace d'une tortue juvénile	41
Figure 22 : Œuf d'une tortue mangé par un prédateur	41

Liste des annexes

Annexe 1 : Fiche de collecte de données.....	I
Annexe 2 : Trafics des tortues	II
Annexe 3 : PV délivré par MNP.....	III

Liste des abréviations

CITES	: Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées
GELOSE	: Gestion Locale Sécurisée
LP	: Lincoln Petersen
DS	: Distance Sampling
MNP	: Madagascar National Parks
CDS	: Conventional Distance Sampling
MCDS	: Multiple Covariate Distance Sampling
AIC	: Critère d'Information d' Akaike
VOI	: Vondron'Olona Ifotony
TG	: Transfert de Gestion
AP	: Aire Protégée
DU	: Zone à droit d'usage
WWF	: World Wildlife Fund
PV	: Procès Verbal
PN	: Parc National

INTRODUCTION

Madagascar figure parmi les pays ayant une forte richesse en diversité biologique. L'herpétofaune malgache, avec ses 289 espèces d'Amphibiens décrites, présente une endémicité très élevée de 99% (Vieites *et al.*, 2009) et ses 380 Reptiles endémiques à 95% (IUCN, 2012).

Cinq espèces de tortues endémiques sont rencontrées sur la grande Ile dont 4 terrestres: la tortue à soc *Astrochelys yniphora* (Angonoky), la tortue radiée *Astrochelys radiata* (Sokake), la tortue araignée *Pyxis arachnoïdes*, (Sokapila), la tortue à queue plate *Pyxis planicauda*, (Kapidolo) et une aquatique : la tortue d'eau douce *Erymnochelys madagascariensis* (Rere). Elles sont toutes menacées et en danger critique d'extinction selon l'UICN (Union pour la Conservation de la Nature) et protégées par les législations nationale et internationale par le biais de la CITES.

Le Parc National de Tsimanampetsotsa, avec son extension récemment effectuée par Madagascar National Parks (MNP), abrite les tortues radiées, espèces endémiques sauvages (classée dans l'annexe I de la CITES, espèce en danger critique de la liste rouge de IUCN).

Parmi les biorégions de Madagascar, la forêt épineuse du Sud est la moins représentée dans le réseau des aires protégées (Du Puy & Moat 2003). Faisant partie des espèces emblématiques de cette forêt épineuse du Sud, *Astrochelys radiata*, est gravement menacée par la destruction de son habitat et la collecte illicite, à la fois pour la consommation locale et le marché international (O'Brien *et al.*, 2003). Ces renseignements permettent aux différents organismes œuvrant dans la conservation afin de développer la mise en place des systèmes de conservation des tortues radiées malgaches à partir des travaux de recherche effectués par les biologistes. D'après les travaux antérieurs, cette espèce a déjà fait l'objet de nombreuses études. Comme O'Brien *et al.*, (2003) ayant travaillé sur le déclin de la tortue radiée dans le Sud de Madagascar. Par ailleurs, Leuteritz *et al.*, (2005) ont étudié la distribution, les statuts et la conservation de cette espèce dans le sud. L'étude la plus récente sur les tortues radiées dans la région d'Itampolo a été effectuée par Rasoma *et al.*, (2010).

Ces travaux consistent tous à l'étude et au statut de conservation des tortues radiées dans la partie Sud-ouest Malgache. Ils montrent surtout le déclin des populations de tortues radiées malgaches.

Etant donné que la tortue radiée est une espèce « tabou » pour les Mahafaly, la population locale s'engage à la protéger. Les collectes illicites de cette espèce continuent surtout dans les forêts non protégées qui se trouvent en dehors du parc. Ainsi, la mise en place

des transferts de gestion autour du parc pourrait-elle diminuer ces collectes de tortues? Ainsi s'intitule la présente étude : **Suivi de la dynamique des populations et des menaces sur l'espèce cible de conservation, *Astrochelys radiata* (Gray, 1973), dans trois sites (aire protégée, transfert de gestion, zone à droit d'usage) du plateau Mahafaly**. Ainsi, une analyse comparative de trois sites selon les types de gestion s'avère nécessaire afin d'améliorer les transferts déjà existants et d'envisager de nouveaux transferts autour du parc en vue de la mise en place d'une gestion durable des forêts et paysages périphériques du Parc National Tsimanampetsotsa par les communautés locales.

L'Objectif principal de la présente étude est de faire l'estimation de la taille de la population selon le type de gestion afin d'établir des stratégies de conservation.

Les Objectifs spécifiques sont:

- Etudier la structure de la population de *A. radiata* (densité, classe d'âge, sex-ratio) ;
- Estimer les effets de la perturbation de l'habitat sur la structure de la population de tortues radiées ;
- Proposer des stratégies de conservation afin de contribuer à la protection d'*Astrochelys radiata*.

Les hypothèses alternatives :

- les populations de tortues dans les sites protégés (AP et TG) sont en bonne situation par rapport au site à droit d'usage (DU) et sont en abri des menaces;
- Le transfert de gestion permet de réduire les pressions et menaces pesant sur *A. radiata* dans TG.

Le présent mémoire comporte quatre grandes parties. Une étude descriptive du site de recherche dans la première partie. Les méthodes utilisées pour la détermination de la structure des populations de tortues radiées et pour l'étude de leurs menaces seront décrites dans la deuxième partie. La troisième partie traitera les résultats et leurs interprétations. La dernière partie se focalise sur les discussions, suivie de la conclusion générale et des recommandations.

I. MILIEU D'ETUDE

I.1. Contexte historique

Le site de Tsimanampetsotsa a été créé en 1927, comme dixième Réserve Naturelle Intégrale malagasy et première Aire Protégée de la province de Toliara avec une superficie de 17.520 ha. Ayant fait l'objet d'une extension jusqu'à 43.200 ha en juin 1966 suivant le décret 66-242, ce site devient le Parc National n° 16 en 2002 suivant le décret n° 2002-797. Le Parc National Tsimanampetsotsa appartient à l'écorégion du sud (ANGAP, 2001).

I.2. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve dans la partie Sud-ouest de Madagascar, plus précisément dans le district d'Ampanihy, commune d'Itampolo et est située à environ 375 km vers le sud de la ville de Toliara sur route. Elle fait partie de l'extension vers le Sud du PN de Tsimanampetsotsa (figure 1). Le parc est localisé entre 24° 03' - 24° 12' latitude Sud et 43° 46' - 43° 50' longitude Est sur le plateau calcaire Mahafaly se trouvant à l'Est des zones littorales.

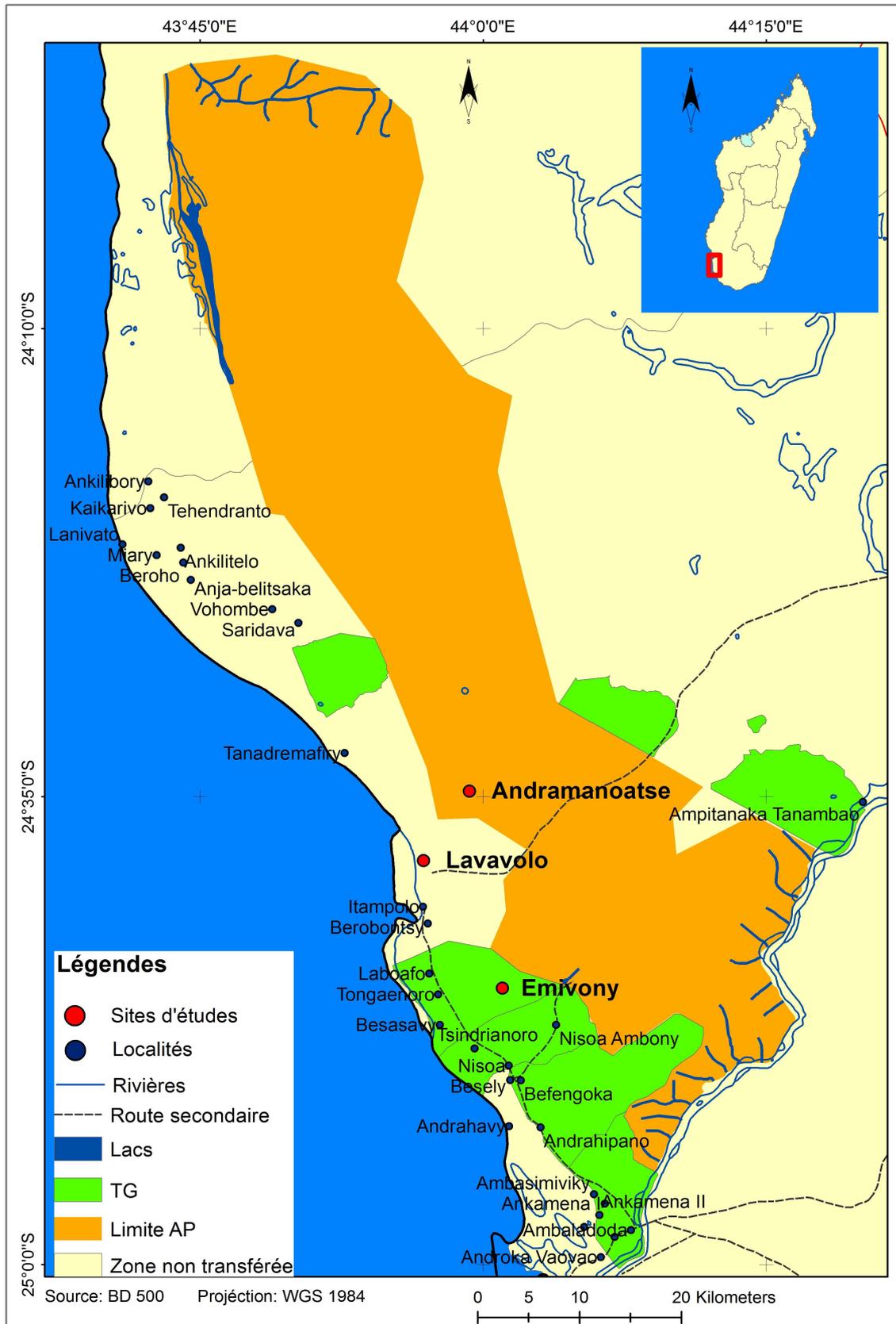


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (BD 500, FTM)

I.3. Milieu abiotique

I.3.1. Pédologie, relief et géologie

La région possède soit des substrats dominés par des sables non consolidés soit des plateaux calcaires du tertiaire. La partie occidentale de ces plateaux est limitée par une falaise de 50 à 120 m de hauteur. Elle se présente sous forme de grandes dalles calcaires, parfois recouvertes de sables résultant de la décalcification de la roche mère (Nicoll & Langrand, 1989). La partie Est du parc a pourtant un type de sol constitué de sable dunaire. La végétation s'installe sur des vallons encadrés par diverses collines. La densité des dalles rocheuses augmente au fur et à mesure que l'on monte en altitude. En revanche, elle diminue en allant vers la partie Est du Parc.

I.3.2. Climat

Les forêts épineuses font partie de la région la plus sèche de Madagascar et la moins exposée aux pluies, à l'abri derrière les chaînes montagneuses de l'Est et loin de l'humidité de la partie Nord-est de Madagascar. Les régions les plus sèches avec moins de 350 mm de pluie par an sont celles sur les côtes, et la saison sèche peut y durer de 9 à 11 mois (Donque, 1972). Le plateau calcaire Mahafaly est soumis à l'influence de la Mousson, vent du Nord-ouest qui souffle en permanence avec une vitesse de 25 km par heure et apporte une pluviométrie de 350 à 500 mm. Le climat est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide, la période des pluies se situent entre octobre et avril. De longues périodes de sécheresse sont communes à la région. La pluviosité augmente au fur et à mesure que l'on pénètre à l'intérieur des terres. La pénétration du courant marin froid est à l'origine de la sécheresse, générateur de brise de mer, brise de terre et source d'importantes rosées qui compensent les pertes par l'évapotranspiration.

La température reste toujours élevée pendant la période chaude (août à novembre) et la saison humide (décembre à février). Elle est assez basse pendant la période froide (mars à juillet). La température moyenne annuelle est de 23°C (Zicoma, 1999) plus précisément de 30 à 33°C au maximum et de 15 à 21°C au minimum.

Le climat, de type tropical semi-aride, est caractérisé par deux saisons bien distinctes :

- Une saison sèche qui s'étend du mois de mars à novembre. Elle est subdivisée en deux périodes: une période chaude (août à novembre) et une période froide (mars à juillet) ;
- Une saison humide, de décembre à février.

I.3.3. Hydrographie

Le plateau calcaire, y compris le PN de Tsimanampetsotsa ne présente pratiquement pas de cours d'eau permanent. Par sa nouvelle extension, la rivière de Linta traverse la partie Sud avant de se déverser dans le canal de Mozambique.

I.3.4. Milieu biotique

Le PN Tsimanampetsotsa présente une importance biologique par son taux d'endémicité élevé de faune et flore de 90% (ANGAP, 2001).

I.3.4.1. Flore et végétation

La forêt dans le Parc National de Tsimanampetsotsa est de type sec et épineux (Moat & Smith, 2007). La végétation dans la région est dominée par les végétations herbeuses poussant sur sable dunaire dans la partie Est du parc ; tandis que sur le côté Ouest du parc, les formations à haut fourré xérophile s'alternent sur le calcaire et le sol latéritique (ANGAP, 2003). En raison de l'aridité du climat, la végétation est caractérisée par des fourrés ou bush épineux (Koechlin *et al.*, 1974). La végétation sur la zone littorale est constituée par une forêt épineuse dégradée du fait principalement des activités humaines.

Ainsi, les formations végétales sur le plateau calcaire sont représentées par le fourré d'une hauteur de 2 m environ. En général, dans cette partie du Sud, la diversité spécifique est faible, mais l'endémisme est très marqué comme les groupements à *Pachypodium geayi* (APOCYNACEAE) et *Adansonia rubrostipa* (MALVACEAE) qui font l'originalité de cette végétation. Il est à noter également la présence localisée d'*Alluaudia montagnacii* (DIDIERACEAE).



Figure 2: La végétation du plateau Mahafaly (Andramanoatse)

D'après la figure ci-dessus, les plantes à aspect digitées font parties de la famille des DIDIERACEAE et les autres arbustes sont des EUPHORBIACEAE. Ces types de végétaux marquent les particularités de la végétation du Sud.

I.3.4.2. Faune

La faune des vertébrés du Parc de Tsimanampetsotsa compte de nombreuses espèces à distribution limitée au Sud et certaines endémiques à ce secteur précis.

Selon Goodman *et al.*, (2002) :

L'ichtyofaune, particulièrement pauvre dans ce secteur, est cependant représentée par une espèce cavernicole, aveugle *Typhleotris madagascariensis*. Elle est localisée dans les grottes du plateau calcaire entre Tsimanampetsotse et Itampolo et recensée à un nombre réduit.

Parmi les 34 espèces de Reptiles, deux ne se rencontrent que dans le Parc : *Ebenavia maintimainty* et *Paroedura maingoka* appartenant à la Famille des GEKKONIDAE, *Pyxis arachnoides* et *Astrochelys radiata* y sont aussi représentées.

Pour les espèces d'oiseaux, 112 sont recensées dont 31 aquatiques et 81 terrestres. Un petit oiseau de rivage, le « Gravelot de Madagascar », niche sur ses berges.

Onze espèces de mammifères y ont été recensées dans ce parc, parmi lesquelles une espèce de carnivore, *Galidictis grandidieri*, connue comme étant spécifique à la région de

Tsimanampetsotsa et 3 espèces de lémuriens dont *Lemur catta* représenté en grand nombre dans la région.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Période d'investigation et sites d'étude

L'étude sur terrain a été menée pendant les saisons sèches (mois de juillet, août et septembre) des années 2011 et 2012.

Choix et description des sites d'étude

La période d'étude correspond au temps d'hibernation des tortues radiées où elles ne sont pas actives et leur rythme d'activité se ralentit. Cette période a été choisie parce que ces tortues ne bouge pas beaucoup, il est donc plus facile de les recenser.

Quelques critères sont nécessaires pour le choix des sites d'échantillonnage :

- un site ayant un signe de présence des tortues radiées encore en nombre significatif ;
- moyen de déplacement : en l'absence de moyen de transport, il nous a été logistiquement impossible de choisir des sites trop éloignés les uns des autres. La présence d'eau potable a été aussi un facteur déterminant.

La région d'Itampolo est comprise dans l'aire de répartition géographique d'*Astrochelys radiata* qui, selon Glaw & Vences (1994) s'étend le long de la côte Sud et Sud-ouest malgache, entre Amboasary à l'Est et Morombe à l'Ouest.

Dans le but de faire une analyse comparative, trois sites différents se trouvant dans la commune d'Itampolo ont été choisis : un à transfert de gestion (TG), un dans une Aire Protégée (AP) et un hors Aire Protégée ou zone à droit d'usage (DU).

Le site Andramanoatse dans le parc (AP) et géré par MNP

Il se situe à 7 km du village de Malangiriake (se trouvant à 12 km de la ville d'Itampolo) et fait partie de l'aire protégée du parc géré par le MNP. Il a comme coordonnées géographiques : 24°35'46.0'' de latitude Sud et 043°57'56.7'' de longitude Est, avec 144 m d'altitude. Le site Andramanoatse a comme type de végétation le fourré xérophile qui pousse sur deux types de sol : rocailleux et à sable roux.



Figure 3: Photo montrant l'aspect de l'habitat dans le site Andramanoatse dans le Parc National

Le site Emivony (Tongaenoro) à TG de type GELOSE

Il est géré par COGESFOR et WWF, la gestion est transférée par le VOI Mandrosoa « Vondron'Olonia Ifotony Mandrosoa » depuis 2007. Ce site fait partie de la commune d'Itampolo, il se trouve à 8 km du village de Tongaenoro (se trouvant à 9 km de la ville d'Itampolo) et a comme coordonnées géographiques : 124 m d'altitude, 24°44'11.1'' de latitude Sud et 044°01'56.7'' de longitude Est. Le type de végétation est caractérisé par un fourré xérophile sur sol rocailleux et sable roux. Deux types majeurs de roches caractérisent cette écorégion des Forêts Epineuses : les roches argileuses datant du Tertiaire du Plateau Mahafaly et le sable rouge à l'intérieur des terres. Cette géologie correspond à une division majeure de l'habitat pour les plantes (Du Puy & Moat, 1996), la forêt dense sèche sur le sol sableux est dominée par *Didiera madagascariensis* et les espèces xérophytiques adaptées se trouvent sur le plateau calcaire.



Figure 4: Photo montrant l'aspect de l'habitat dans le site Emivony, à TG

Le site Lavavolo (DU) : site utilisé et exploité par les villageois

Ce troisième site qui se trouve à 1 km du village Lavavolo, cette dernière se situe à 4 km de la ville d'Itampolo. Lavavolo a comme coordonnées géographiques : 24°38'13.5'' de latitude Sud et 043°56'35.9'' de longitude Est, avec 16 m d'altitude. La végétation sur la zone littorale est de type forêt dégradée sur sol sableux. Cette zone se trouve en dehors de la limite de l'aire protégée et de celle du transfert de gestion.



Figure 5: Photo montrant l'aspect de l'habitat et du sol dans le site Lavavolo à DU

II.2. Présentation de l'espèce étudiée

II.2.1. Classification

Règne	: ANIMAL
Embranchement	: CHORDES
Sous-Embranchement	: VERTEBRES
Classe	: REPTILES
Ordre	: TESTUDINES
Sous-Ordre	: CRYPTODIRES
Famille	: TESTUDINIDES
Sous-Famille	: TESTUDININES
Genre	: <i>Astrochelys</i> (Gray, 1873)
Espèce	: <i>radiata</i> (Shaw, 1802)
Noms vernaculaire	: sokatra, sokake (antandroy et antanosy), kotroky (mahafaly)



Figure 6: Tortue radiée adulte

II.2.1. Description de l'animal

Astrochelys radiata présente une dossière bombée caractéristique de couleur brun foncé à noire. Au centre de chacune de ces écailles se trouve des lignes radiées de couleur jaune, d'où son nom de « tortue radiée ». Le plastron, les membres et la gorge sont également de couleur jaune. Les juvéniles ont une couleur très voyante qui régresse petit à petit avec

l'âge. Les tortues radiées ont un dimorphisme sexuel lorsqu'elles atteignent la maturité sexuelle. En général, les mâles sont plus grands que les femelles. Ils sont caractérisés par la concavité de leur carapace et une longue queue avec une fourche anale plus large. La concavité du plastron permet aux mâles de progresser facilement sur le dos de la femelle pendant l'accouplement. *Astrochelys radiata* est la deuxième tortue vivante de grande taille à Madagascar. Chez l'adulte, la carapace peut atteindre une longueur supérieure à 400 mm et un poids jusqu'à 16 kg. La tortue radiée est ovipare et la femelle peut pondre jusqu'à trois fois au cours d'une année, avec 2 à 5 œufs par ponte (Leuteritz, 2002). La durée d'incubation est très variée, entre 79 et 273 jours (Behler & Iaderos, 1991) selon les conditions d'incubation. A l'éclosion, la carapace des juvéniles peut mesurer jusqu'à 40 mm de long et le stade adulte est atteint vers la vingtième année de l'individu (Glaw & Vences, 2007).

II.2.4. Statuts

Les tortues radiées sont protégées par la loi Malgache au niveau National (Décret 60 126, octobre 1960 et décret 2006-400, 13 juin 2006) au moyen d'amendes et de peines d'emprisonnement (Durrell *et al.*, 1989). Elles bénéficient d'une protection absolue sur tout le territoire de la République Malgache et ne peuvent ni être chassées, ni capturées, ni être détenues, à l'exclusion de la capture et de l'exportation à des fins d'études et d'échanges scientifiques.

Astrochelys radiata est classée dans l'Annexe I de la CITES (Convention sur le Commerce International des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction) et elle est catégorisée parmi les espèces « en danger critique » de la Liste Rouge de l'IUCN (IUCN, 2010).

II.2.4. Distribution

Astrochelys radiata se rencontre dans le Sud-ouest du pays, le long de la côte, entre Amboasary à l'Est et Morombe à l'Ouest (Glaw & Vences, 1994). La distribution des tortues radiées ne cessait de diminuer jusqu'à plus de 20% sur 30 ans (Juvik, 1975 ; O'Brien *et al.*, 2003). En 1975, l'aire de distribution des tortues radiées était très élevée avec une surface de 27 650 km² et en 2000 cette aire disponible pour les tortues a beaucoup diminué avec seulement 21 875 km² (O'Brien, 2002).

II.3. Méthode de détermination de la structure de la population

II.3.1. Transect et plot

❖ Transect

La mise en place des transects est précédée d'une intensive visite de reconnaissance pendant deux jours. Ensuite, les coordonnées GPS des sites d'étude ont été ensuite enregistrées.

Le recensement des tortues s'effectue par comptage des individus dans les 3 sites où des signes de présence de cette espèce ont été constatés. Le travail s'effectue le long des transects en traversant la forêt inventoriée. Dans chaque site, deux pistes ont été établies parallèlement, ayant chacune une longueur de 1 kilomètre. L'écart entre ces deux layons ne doit pas être inférieur à 200 m. Cette distance est nécessaire pour éviter la recapture des mêmes individus. Les observations des tortues ont été faites dans une même direction Nord-Sud pour tous les transects. Les deux pistes traversent deux habitats différents dont du sable roux et du sol rocailleux, sauf pour le site non transféré, il ne constitue que du sol sableux.

Les heures de recensement ont été fixées de 7 h à 11 h le matin et de 14 h 30 à 18 h l'après-midi afin d'avoir un résultat significatif. Mais elles peuvent varier en fonction de l'ensoleillement car l'activité des tortues commence un peu plus tard dans la journée quand il fait froid (Andriamampandry, 1989). La vitesse de parcours est maintenue à 2,5 km /h. L'observateur a compté les tortues vu à partir de la ligne de transect. Ainsi, la distance perpendiculaire où l'on a trouvé l'animal par rapport à la ligne de transect est mesurée. Les tortues capturées ont été mesurées selon les paramètres suivant (longueur et largeur de la carapace, la fourche anale et l'orifice anal), puis marquées avec de la peinture et sont tout de suite relâchées.

Le calcul de la densité des tortues par la méthode Distance Sampling nécessite un trajet des transects d'étude pour chaque site.

Concernant le sex-ratio, la classe d'âge et le type d'habitat des tortues radiées, les résultats ont été obtenus en parcourant les deux transects pendant 10 jours (une fois par jour) pour chaque site. Pour cela, les individus déjà marqués et les nouvellement marqués ont été enregistrés à chaque traversé des transects.



Figure 7: Photo d'un transect d'étude dans le site Lavavolo

❖ Plot

L'utilisation des plots est nécessaire pour le calcul de l'abondance relative de la population de tortues radiées dans chaque site. Pour chaque site, les surfaces surveillées sont constituées par deux plots de 20 m x 1000 m chacun et ils sont éloignés de 500 m l'un de l'autre, ceci pour éviter le brassage des tortues. L'observation et la fouille d'*Astrochelys radiata* a suivi des lignes en zig zag dans chaque plot. Deux séances de capture ont été faites (Greenwood, 1996) et les deux périodes doivent être rapprochées (trois jours). Chaque individu de tortue recensé pendant la première séance de capture dans la surface à étudier est marqué puis relâché dans le même endroit où il a été capturé. Après trois jours, une deuxième séance de capture a été faite en recensant tous les individus trouvés dans la même surface d'étude ; les individus déjà marqués et nouvellement marqués ont été enregistrés (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Capture-marquage-recapture#Bibliographie>).

II.3.2. Méthode de marquage des tortues

Le recensement des tortues nécessite le marquage de tous les individus trouvés le long du transect et dans la surface du plot afin de les distinguer individuellement. Chaque animal trouvé est numéroté individuellement sur la dossière au niveau de la cinquième écaille

centrale à l'aide d'un pinceau (Cagle, 1939) en utilisant une peinture de couleur plus remarquable comme le rouge.

Après chaque capture, la tortue marquée est relâchée dans le même endroit où on l'a capturée.



Figure 8: Tortue marquée par une peinture

II.3.3. Estimation de la densité

Le calcul de la densité de la population des tortues est nécessaire afin de connaître l'estimation générale de leur nombre dans chaque site recensé.

Par définition, la densité d'une population est le nombre d'individus de cette population par unité de surface. Pour se faire, deux méthodes ont été utilisées : estimation par Distance Sampling et estimation à partir de l'abondance relative de Lincoln-Petersen.

II.3.3.1. Estimation de la densité par « Distance Sampling »

Principe du logiciel « Distance »

Le programme « Distance Sampling 6.0 » a été utilisé (Buckland *et al.* 2004). Il sert à analyser les données obtenues à partir d'échantillonnages par distance : lignes de transects, points de transects et comptages à vue.

L'hypothèse dans la méthode « Distance Sampling » s'appuie sur le principe général disant que plus les indices directs ou indirects de présence d'un animal vont être éloignés du

layon d'inventaire, plus leur probabilité de détection sera faible. La densité pour chaque espèce animale se base donc sur la détermination d'une fonction appelée « fonction de détection », notée $g(y)$:

$$g(y) = \text{taux de détection} / \text{distance perpendiculaire } y$$

Cette fonction de détection, appelée $g(y)$, décrit la probabilité de détection d'un objet (individu ou clan) à une distance perpendiculaire x de la ligne de transect (Buckland *et al.*, 1993).

Ainsi, les valeurs de $g(y)$ sont toujours comprises entre 0 et 1 ($0 \leq g(y) \leq 1$) et on peut considérer

$g(0) = 1$ pour les objets détectés sur les lignes de transects.

D'après le principe du programme « Distance », il existe quatre options pour la fonction clé : Uniforme, Semi-normal, Taux de hasard et Exponentiel négatif. Et pour les ajustements, il y a trois options: Cosinus, Hermite polynomiale et Simple polynomiale. L'utilisateur est libre de choisir la combinaison qui lui semble la mieux indiquée pour procéder à l'estimation de la densité.

Pour cela, les tests AIC (Critère d'Information d'Akaike) peuvent aider dans le choix du modèle à utiliser, c'est-à-dire qu'après avoir essayé plusieurs modèles et obtenu des courbes de détection, la densité estimée sera obtenue en choisissant le modèle ayant une valeur minimale d'AIC.

Comme l'illustre la figure suivante, la méthode « Distance Sampling » nécessite la mesure de la distance perpendiculaire entre la ligne du transect et chaque indice direct ou indirect de présence animale.

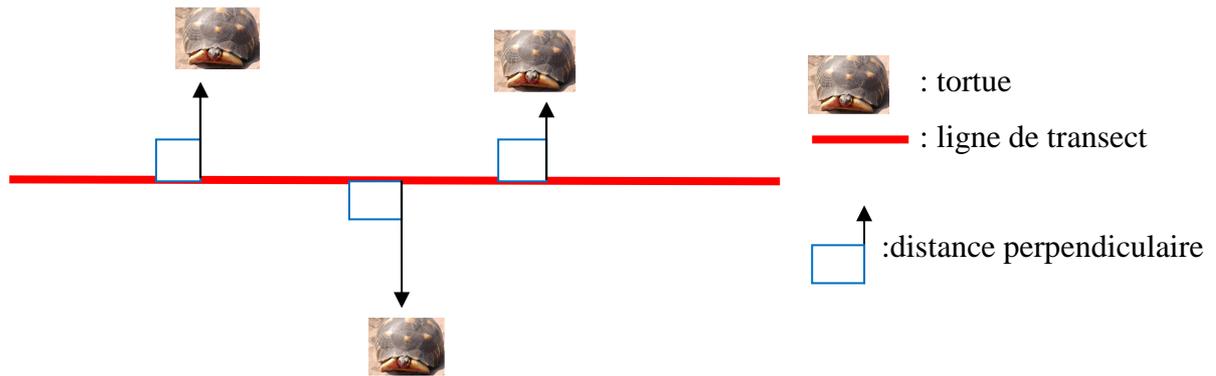


Figure 9: Mesure de la distance perpendiculaire

Vu qu'un grand nombre d'individus se trouvant loin de la ligne de transect ne seront pas détectés, la probabilité de détection diminue avec la distance à partir de la ligne de transect et celle-ci est traduite par la fonction de détection $g(x)$.

Après sélection du modèle approprié pour modéliser la fonction de détection, le programme « Distance » estimera alors la densité selon l'équation suivante :

$$D = n / 2 L \int_0^w g(x) dx$$

Avec :

D : Densité estimée

$g(x)$: Fonction de détection

n : nombre d'objets d'intérêt observés sur toutes les lignes de transect

L : longueur totale des transects parcourus

w : largeur des bandes de transect.

$d(x)$: largeur effective de transect, c'est-à-dire l'intégrale de $g(x)$ sur la largeur du transect (x).

Analyse des données avec « Distance »

Selon le programme « Distance », chaque analyse est définie par 3 propriétés correspondant au type d'analyse à utiliser pour estimer la densité, le modèle de fonction de détection le plus approprié et la méthode d'estimation de la variance :

- la méthode d'échantillonnage utilisée,
- le filtreur de données élimine les données qui ne suivent pas l'allure générale de la courbe de détection
- les modèles de définition.

De ce fait, le programme propose deux techniques d'analyse à l'utilisateur :

- « CDS engine » (Conventional Distance Sampling) : elle considère que la ligne ou le point de transect est égale à 1, et que la distance soit la seule variable pour la modélisation de la fonction de détection.
- « MCDS engine » (Multiple Covariate Distance Sampling) : la modélisation de la fonction de détection peut s'effectuer par des variables autres que la distance telles que le sexe, l'habitat, la taille des groupes etc.

Afin d'estimer la densité, nous avons utilisé la première technique qui est le « CDS engine » parce qu'on a considéré $g(0) = 1$ pour les individus trouvés sur la ligne du transect.

II.3.3.2. Estimation de la densité à partir de l'abondance de Lincoln-Petersen

Méthode de Lincoln-Petersen (capture-marquage-recapture)

La méthode de Lincoln-Petersen (Greenwood, 1996) est utilisée pour estimer la taille de la population par marquage-capture-recapture. Cette méthode a été choisie car elle ne recommande que deux capture/recapture (Greenwood, 1996).

La surface surveillée utilisait deux plots de 20 m x 1000 m pour chacun des sites d'étude. La méthode de Lincoln-Peterson nécessite un double échantillonnage avec deux séances de capture. Les deux périodes doivent être rapprochées (trois jours). Durant les deux efforts de capture, chaque individu est recensé, marqué et libéré.

L'abondance de la population (N) peut alors être estimée par la formule :

$$N = [(n_1 + 1) (n_2 + 1) / (m_2 + 1)] - 1 \quad \text{avec :}$$

N = abondance de la population de tortue dans une surface déterminée

n_1 = nombre d'individus marqués à la 1^{ère} séance de capture

n_2 = nombre d'individus capturés à la 2^{ème} séance de capture

m_2 = nombre d'individus marqués à la 2^{ème} séance de capture

La densité est ainsi calculée à partir de la surface correspondante à cette abondance N.

$$D = \text{Abondance de la population de tortue (N)} / \text{Surface}$$

II.3.4. Mesure morphométrique

Durant les visites des transects, les mesures suivantes ont été prises pour chaque individu capturé :

- La longueur et la largeur de la carapace à l'aide d'un pied à coulisse de 40 cm ;

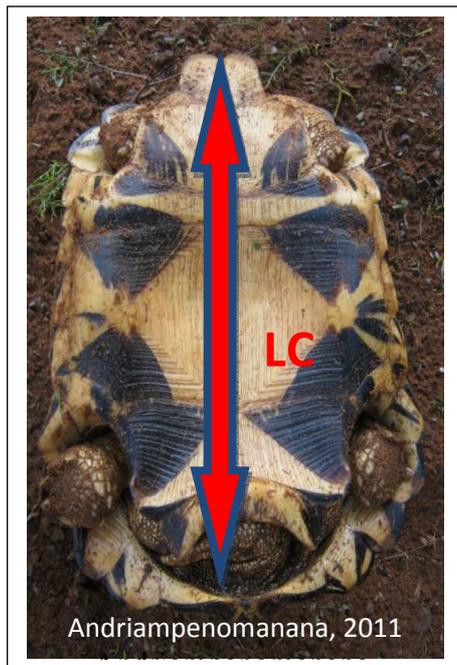


Figure 10: Longueur de la carapace d'une tortue

LC : longueur de la carapace

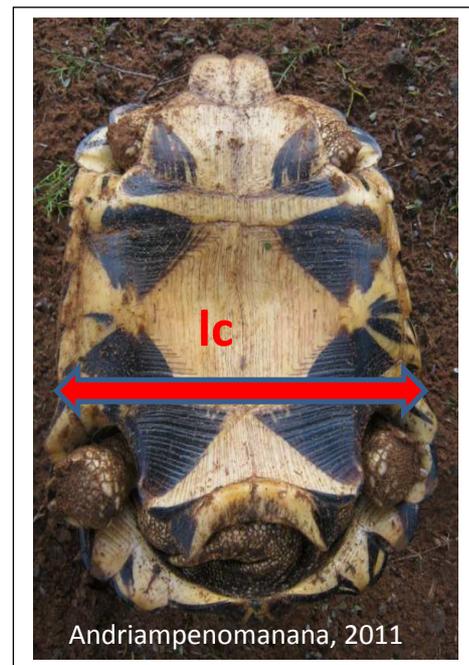


Figure 11 : Largeur de la carapace d'une tortue

lc : largeur de la carapace

II.3.5. Détermination du sexe

Le sexe de chaque individu de tortue recensé est déterminé à partir des mensurations de la fourche anale et de l'orifice anal à l'aide d'un pied à coulisse de 15 cm ;

Pour distinguer le mâle de la femelle, les tortues adultes présentent un dimorphisme sexuel. Il s'agit en premier lieu de la concavité du plastron chez le mâle adulte, permettant à ce dernier de progresser facilement sur le dos de la femelle au moment de l'accouplement.

Chez la femelle, le plastron n'est pas concave, il est plus ou moins plat. Le sexage des tortues est aussi obtenu à partir de la forme de l'écaille supra-caudale. En effet, le mâle a une fourche anale plus large et une queue plus longue et épaisse. Contrairement chez la femelle, la fourche anale est plus étroite avec une queue plus courte et fine. Chez les tortues

subadultes, l'identification des individus mâles et femelles s'avère un peu difficile. Ainsi, pour déterminer le sexe chez la tortue, des vérifications par des calculs doivent toujours être effectuées. Selon la méthode de Pedrono *et al.*, (2000), ils ont utilisé la formule suivante :

Rapport de la fourche anale = Fourche Anale / Orifice Anal = FA/OA

FA : Fourche anale

OA : Orifice anal

Dans le cas des tortues radiées, si $FA/OA \geq 1,7$, l'individu trouvé est un mâle. Par contre si $FA/OA < 1,7$, il s'agit d'une femelle. $FA/OA < 1,7$, il s'agit d'une femelle.

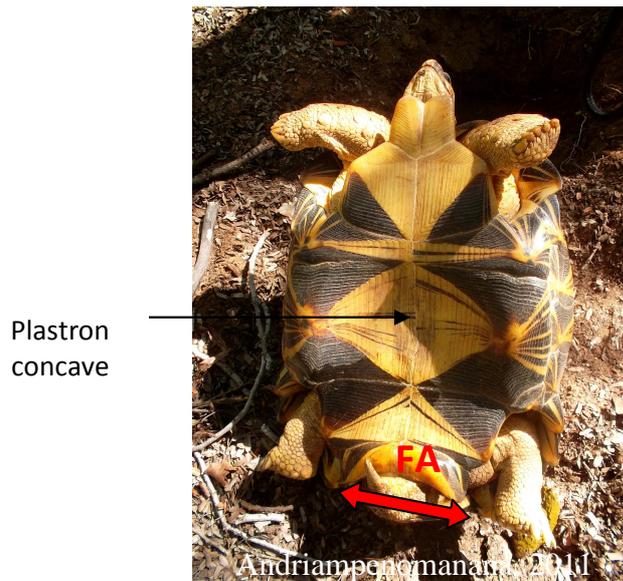


Figure 12 : Fourche anale (FA) d'une tortue mâle adulte



Figure 13 : Orifice anal (OA) d'une tortue femelle adulte

II.3.6. Détermination de l'âge

La détermination de l'âge des tortues se fait par comptage du nombre d'anneaux de croissance se formant périodiquement au niveau des écailles de la carapace. Ces dépôts se forment selon une périodicité annuelle en raison d'un anneau chaque année (Wilson & Tracy, 2003). Après l'éclosion, les juvéniles entament leur première phase de croissance avec le dépôt de leur premier anneau de croissance marquant ainsi approximativement leur première année de naissance. Les anneaux de croissance successifs correspondent donc à des marques annuelles de croissance depuis l'éclosion (une strie = une année). Le dénombrement des anneaux de croissance se fait au niveau de la deuxième écaille dorsale car c'est la moins affectée par des usures externes par rapport aux autres.

Notons que cette méthode n'est pas valable pour les tortues âgées car les stries se sont effacées, ce qui rend très difficile la détermination de leur âge (Goodman *et al.*, 2002).

Chez les tortues radiées, la répartition d'âge se fait en trois classes :

Juvenile : 1 à 7 ans ;

Subadulte : 8 à 16 ans ;

Adulte : plus de 16 ans.

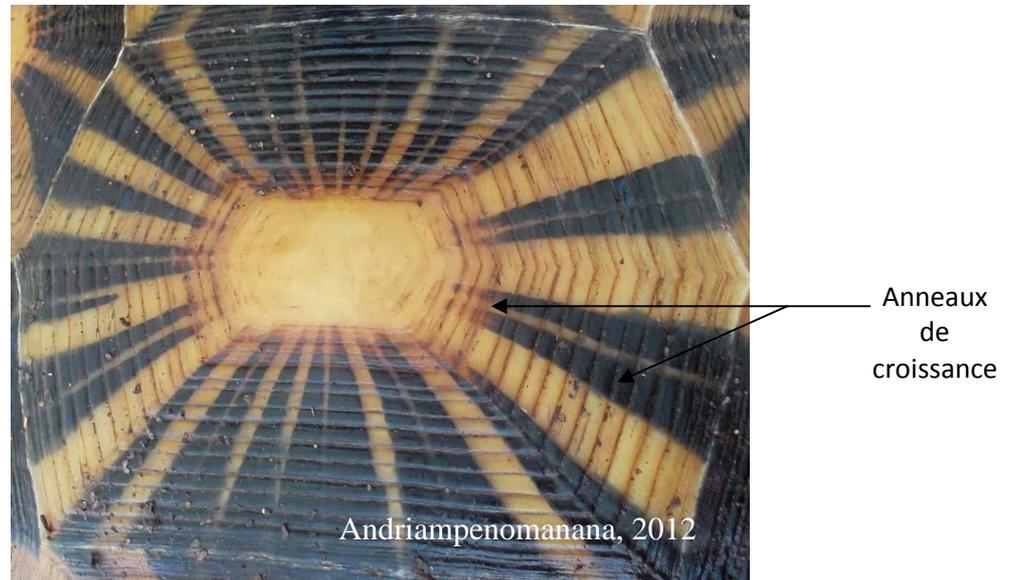


Figure 14 : Détermination de l'âge de tortue par comptage des anneaux de croissance sur la cinquième écaille dorsale

II.4. Les facteurs de pression sur la population de tortues

II.4.1. Perturbation de l'habitat

Pour savoir le degré de perturbation de chaque site d'étude, un comptage des troupeaux de zébus, de chèvres et de moutons a été fait. Ceci inclut tous les individus dans chaque troupeau rencontré pendant la visite des transects.

II.4.2. Braconnage

Des enquêtes ont été faites au niveau de la population locale des trois sites d'étude. Les questionnaires sont surtout basés sur le type et le degré de menace concernant le braconnage des tortues radiées, les lieux, le nombre de tortues capturées, les moyens de transport utilisés par les braconniers. Les contributions du VOI ou population locale sont ainsi enregistrées.

Un comptage du nombre de carapaces qui se trouvaient dans les deux transects d'études pour chaque site a été fait pendant l'inventaire.

II.5. Analyses statistiques

Le test t et l'analyse de variance ou ANOVA ont été utilisés afin de détecter la différence de structures (densité, âge, sexe) sur la population de tortue radiée dans les trois sites d'étude.

Analyse de variance ou ANOVA (Zar, 1984)

L'analyse de variance permet de comparer les moyennes de plusieurs échantillons indépendantes qui diffèrent selon les modalités de un ou plusieurs critères. Elle permet de déterminer s'il existe des différences de moyenne entre trois groupes ou plus.

Principes :

- les facteurs qui déterminent les échantillons peuvent faire varier la moyenne des variables explicatives pour chaque échantillon mais non pas la variance.
- L'hypothèse nulle H_0 : les échantillons ou groupes sont issus d'une seule distribution, c'est-à-dire, les moyennes de tous les groupes sont les mêmes.
- L'hypothèse alternative H_1 : les échantillons sont issus de distributions différentes, autrement dit certaines moyennes diffèrent les unes des autres. Alors, les facteurs testés ont un effet significatif sur la variable mesurée.

Donc les résultats de l'analyse de variance est comme suit :

- Si $p > 0,05$ ou si $F_{table} \geq F_{calculé}$: l'hypothèse H_0 est acceptée.
- Si $p \leq 0,05$ ou si $F_{table} \leq F_{calculé}$: l'hypothèse H_0 est rejetée.

Le test t ou t. student (Zar, 1984)

Le test t est un test de comparaison des moyennes à partir des échantillons. Ce test est paramétrique, exigeant une distribution normale des données.

Il s'agit alors de comparer une moyenne observée (moyenne des densités) sur l'échantillon par rapport à une valeur théorique de moyenne μ_0 . Voir ensuite dans la table de t s'il y a des variations significatives ou non entre les moyennes pour les méthodes Distance Sampling et Lincoln-Petersen.

T se calcule par la formule suivante :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

Avec :

n : nombre des données

S : valeur de l'écart type

μ : moyenne théorique

x : moyenne observée.

- Si t calculé $<$ t table : la variation est non significative
- Si t calculé $>$ t table : la variation est significative

Test de Mann-Whitney (Test U)

Le test Mann-Whitney permet de comparer les valeurs des variables pour deux échantillons indépendantes. Il vérifie si les variations observées entre les paramètres des échantillons sont significatives ou non. La procédure de calcul est basée sur le rang et elle teste la différence entre les médianes du variable des échantillons considérés :

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2$$

- n_1 et n_2 : respectivement la taille de deux échantillons (populations).
- R_1 et R_2 : Somme de rangs de variable pour l'échantillon n_1 et n_2

U_1 et U_2 : valeur calculée du test. Ainsi, deux hypothèses sont considérées : l'hypothèse nulle (H_0) stipule que les valeurs des médianes sont égales (les sommes totales de rangs de deux variables sont égales), quant à l'hypothèse alternative (H_A) confirme que les médianes sont différentes. Une table de test U est utilisée pour déterminer la signification de valeur calculée (en cas de calcul manuel). Dans ce cas, il s'agit de comparer la valeur calculée avec la valeur issue de la table (avec la probabilité d'erreur $\alpha \leq 0,05$). Si l'une de la valeur de U est inférieure à la valeur donnée par la table, alors, H_0 est rejetée et H_A est acceptée. Dans le cas où l'on utilise de logiciel statistique (SPSS 11.0), il suffit de regarder la probabilité d'erreur. Si $\alpha \leq 0,05$, alors le test U est significatif, c'est-à-dire, H_0 est rejetée et H_A est acceptée.

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III.1. Recensement des tortues radiées

Les résultats obtenus après recensement pendant 10 jours ont donné au total 194 individus de tortues radiées dans l'ensemble des trois sites d'étude pour les années 2011 et 2012 combinées

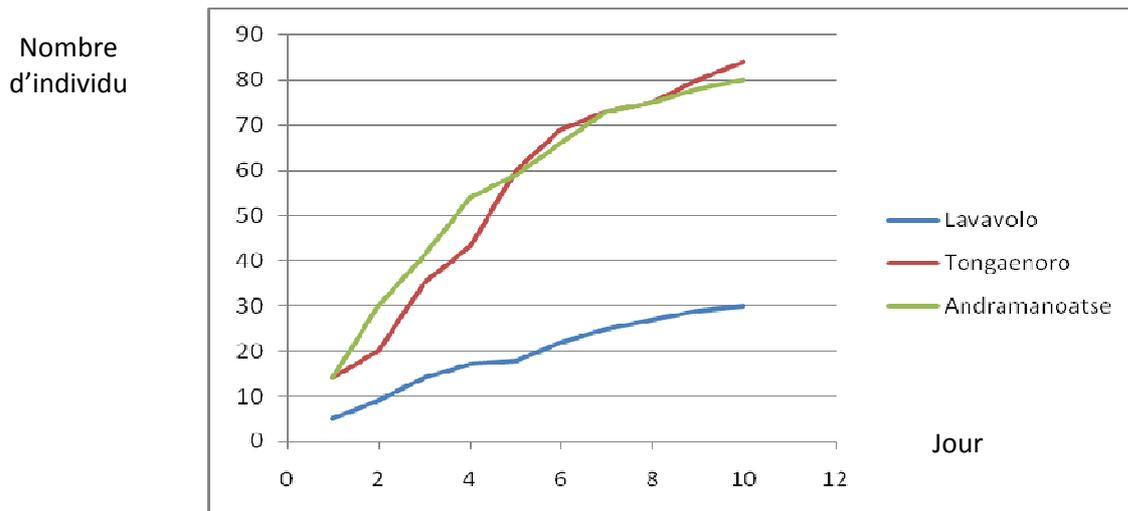


Figure 15 : Courbe cumulative des individus de tortues recensés pendant 10 jours pour les deux années combinées.

Une croissance exponentielle du nombre de tortues recensées est constatée entre le premier et le septième jours. A partir du huitième jour, le nombre d'individus inventorié diminue d'où l'allure de la courbe. En fait, la plupart des tortues existantes dans les transects d'étude sont dénombrées. Toutefois, le recensement n'est pas exhaustif, car aucun de trois sites n'atteint le plateau (indique l'inventaire complet des individus).

III.2. Estimation de la densité de la population des tortues radiées

Le logiciel permet d'estimer la probabilité de détection de l'animal par rapport à la ligne de transect. Or, la probabilité de détection d'un animal diminue avec la distance.

III.2.1. Distance de détection de chaque individu de tortue en fonction de la longueur de leur carapace

Les trois diagrammes (figure 16) montrent la distance de détection de chaque individu en fonction de la longueur de leur carapace pour les trois sites d'étude.

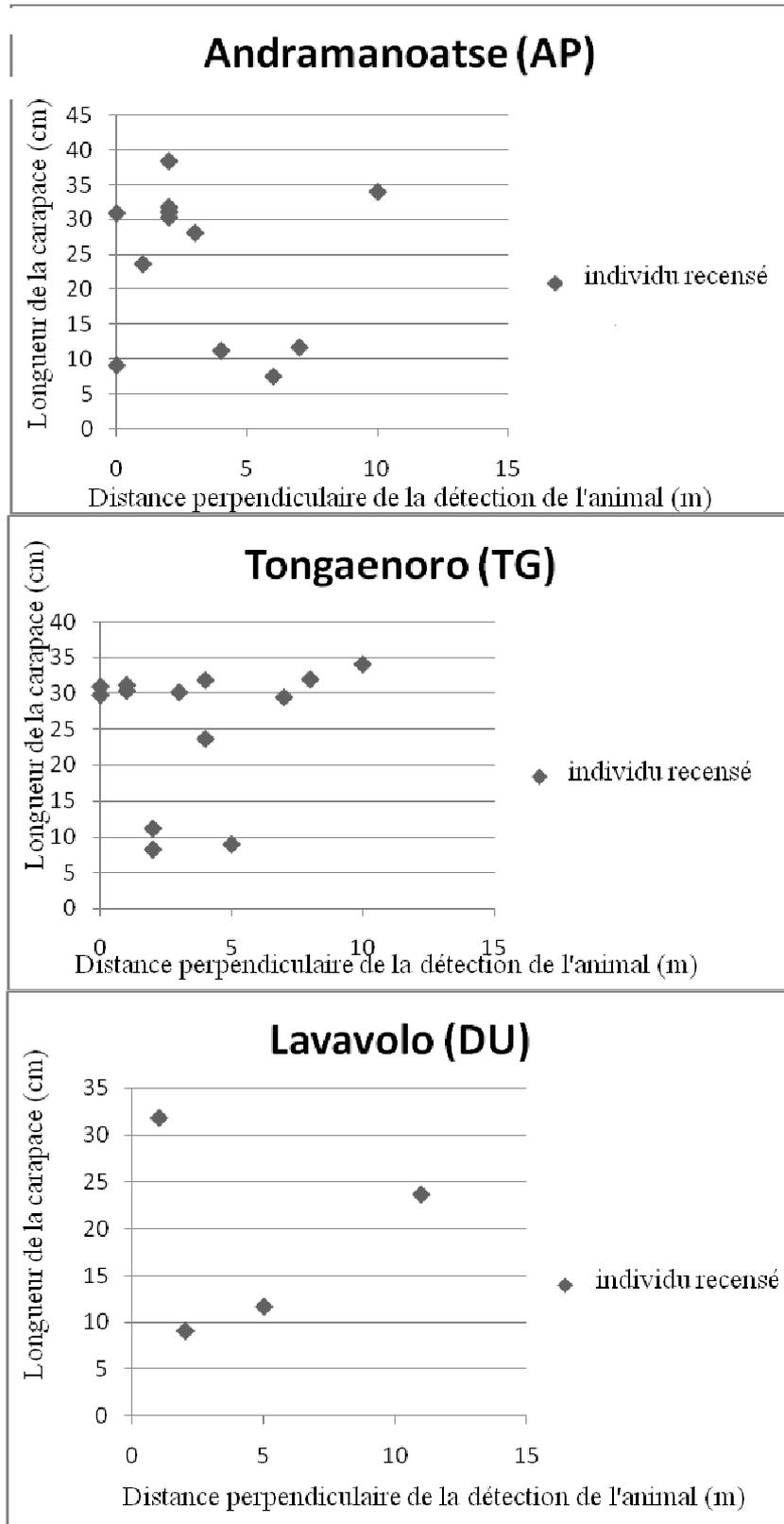


Figure 16 : Estimation de la distance de détection de chaque individu en fonction de la longueur de la carapace pour les trois sites d'étude

Les résultats montrent que la détection de l'animal est influencée par la taille de la carapace (longueur).

Selon l'analyse de l'ANOVA ($F = 22,180$; $p = 0,0001$), la variation est significative c'est-à-dire la distance de détection de chaque individu est différente selon la longueur de la carapace. Alors, les grands individus sont encore nombreux à une distance au-delà de 5 m. Contrairement aux individus de petite taille, ils sont faiblement recensés à une distance qui se trouve au-delà de 5 m.

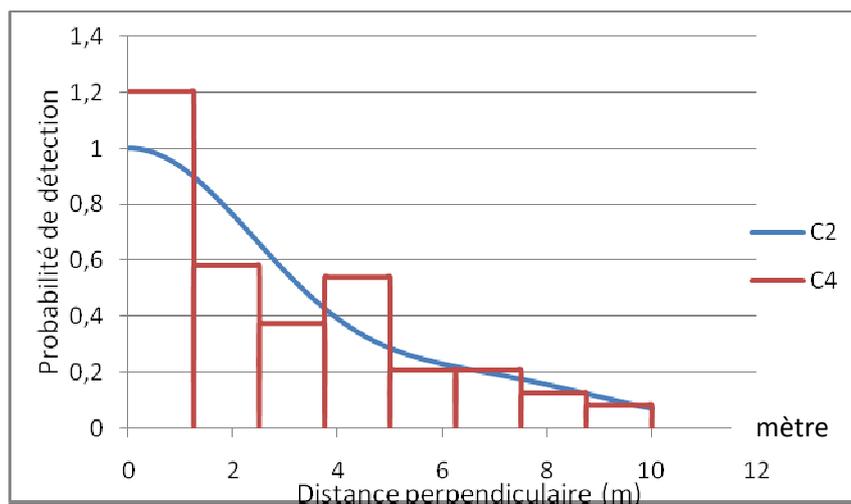
III.2.2. Estimation par la méthode « Distance Sampling »

III.2.2.1. Probabilité de détection et distance perpendiculaire de détection des tortues radiées

Le modèle choisi après utilisation du logiciel Distance est la combinaison du semi-normal comme fonction clé et le cosinus comme série d'ajustement. Ce modèle a été choisi après avoir essayé plusieurs modèles et c'est celui qui a une valeur minimale du test statistique AIC « Critère d'Information d'Akaike ».

Les figures 17, 18 et 19 représentent le modèle de courbe choisi pour chaque site, elles montrent la variation de la probabilité de détection des tortues recensées le long des transects en fonction de la distance perpendiculaire où elles ont été détectées initialement.

Site Andramanoatse (AP)

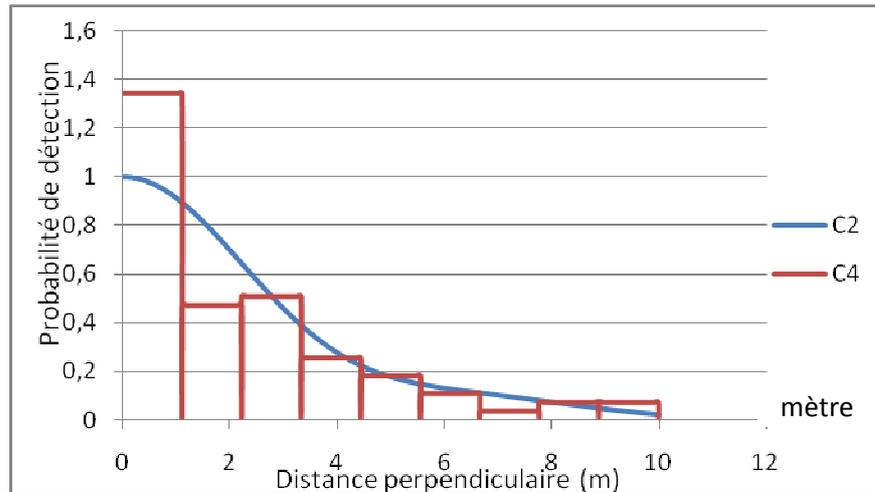


C2 : courbe

C4 : histogramme

Figure 17 : Probabilité de détection des tortues en fonction de la distance perpendiculaire

❖ Site Tongaenoro (TG)

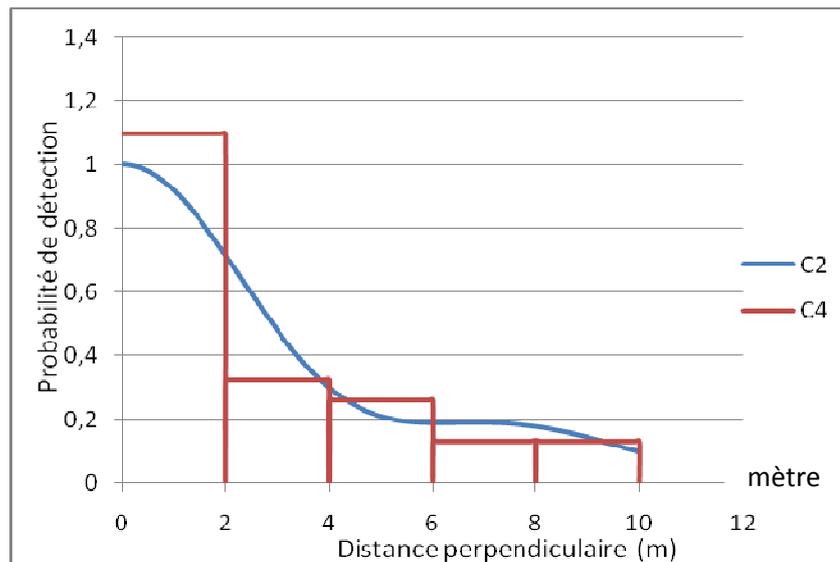


C2 : courbe

C4 : histogramme

Figure 18 : Probabilité de détection des tortues en fonction de la distance perpendiculaire

❖ Site Lavavolo (DU)



C2 : courbe

C4 : histogramme

Figure 19 : Probabilité de détection des tortues en fonction de la distance perpendiculaire

Des différences entre les histogrammes ont été constatées entre les sites car le nombre d'individus recensé est différent pour chaque distance de détection correspondante. Pourtant les trois courbes ont les mêmes allures, elles décroissent de 1 à 0. A la distance correspondante à 0 m, la probabilité de détection maximale (100 %) est équivalente à 1 ou $g(0)=1$. Cette probabilité diminue progressivement lorsqu'on s'éloigne de la ligne du transect, elle varie de 1 à 0,1 avec une distance correspondante de 0 à 10 m.

III.2.2.2. Densités obtenues par la méthode « Distance sampling »

Le logiciel « distance » donne l'estimation de la densité par hectare de la population des tortues radiées dans chaque site.

Le tableau ci-dessous montre l'estimation par Distance de la densité moyenne de la population des tortues radiées dans chaque site (aire protégée, transfert de gestion et zone à droit d'usage) en deux ans successifs.

57 individus de tortues radiées ont été recensés dans les six transects des trois sites.

Tableau 1: Estimation de la densité moyenne dans les trois sites à partir de la méthode DS

Site	Andramanoatse (AP)		Tongaenoro (TG)		Lavavolo (DU)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Densité estimée (individus/ha)	4,8237	4,1921	4,8796	4,5566	0,98418	1,2434
Coefficient de variation	15,34	7,70	20,01	8,71	6,36	4,12

AP : Aire Protégée

TG : Transfert de Gestion

DU : Site à Droit d'usage

D'après l'analyse des variances ou ANOVA ($p = 0,002 < 0,05$; $F = 86,092$), la variation de la densité est significative. Pour les deux descentes, la densité estimée des tortues radiées est plus élevée dans le site à transfert de gestion (TG) et dans l'aire protégée (AP) avec une valeur de 4 individus par hectare chacune. En revanche dans le site à droit d'usage (DU), la valeur de la densité estimée est très faible, soit environ 1 individu par hectare.

III.2.3. Estimation de l'abondance et de la densité par la méthode de Lincoln-Petersen (LP)

Les résultats de l'estimation de l'abondance relative et de la densité pour les trois sites d'étude sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Abondance relative et densité des trois sites d'étude à partir de la méthode de LP

Site	Andramanoatse (AP)		Tongaenoro (TG)		Lavavolo (DU)	
Année	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Abondance relative (individus)	19,43	21,75	21,75	20,12	5	7,4
Densité estimée (individus/ha)	4,85	5,43	5,44	5,03	1,25	1,85

Pour les deux sites protégés (zone du parc AP et zone transférée TG), la densité estimée est assez élevée par rapport au site situé en dehors de l'aire protégée (DU). Le test ANOVA montre que la variation de la densité entre les trois sites est significative (**p = 0,004; F = 61,252**).

III.2.4. Comparaison de la densité estimée selon les deux méthodes adoptées : Méthode de Lincoln-Peterson et Distance Sampling

La comparaison de la méthode la plus fiable nécessite de faire un test statistique et de comparer la moyenne des densités de chacune des deux méthodes.

Tableau 3 : Comparaison des densités dans les trois sites par la méthode DS et celle de LP

Site	Andramanoatse (AP)		Tongaenoro (TG)		Lavavolo (DU)	
Année	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Densité estimée en individu / ha par Distance Sampling (DS)	4,82	4,19	4,87	4,55	0,98	1,24
Densité estimée en individu / ha par Lincoln Peterson (LP)	4,85	5,43	5,44	5,03	1,25	1,85

Après avoir analysé les résultats par le test t ($p=0,876$; $F=0,026$), il n'y a pas de variation significative entre les deux méthodes (DS et LP) donc c'est à partir de la déviation standard de la moyenne des densités pour chacune des méthodes qu'on pourrait les comparer.

La méthode de capture-marquage-recapture tient compte du nombre d'individus observés dans chaque site durant les deux sessions de capture avec deux échantillonnages. Pour la méthode « Distance Sampling », tous les individus de tortues (observés et non observés) sont examinés en utilisant une fonction de détection $g(x)$ et en considérant chaque distance perpendiculaire où chaque animal a été trouvé. Alors pour savoir la méthode la mieux adaptée à cette étude, il faut faire la comparaison de la déviation standard de la moyenne pour chaque méthode.

Tableau 4: Tableau montrant la variation de la moyenne des densités par la méthode de Lincoln-Peterson et celle du Distance Sampling

Méthode	N	Mean (ind/ha)	Déviati on standard de la moyenne	Erreur standard
Distance Sampling (DS)	6	3,4417	1,90174	0,74466
Lincoln-Peterson (LP)	6	3,9750	1,82403	0,77638

D'après le tableau 4, la variation de la moyenne par la méthode Distance Sampling est élevée que celle de la méthode de Lincoln Peterson et c'est le cas inverse pour l'erreur standard de la moyenne.

Déviati on standard de la moyenne: 1,90 (DS) > Déviati on standard de la moyenne: 1,82(LP)

Erreur standard : 0,74466 (DS) < Erreur standard : 0,77638 (LP)

De ce fait, la méthode de Lincoln Peterson et celle de Distance Sampling donnent les mêmes résultats pour le calcul de la densité des tortues radiées.

III.3. Classe d'âges

L'estimation du nombre de tortue pour chaque classe d'âges est trouvée à partir du nombre de tortues recensées dans les 12 transects en 2011 et en 2012.

Tableau 5: Nombre de tortues recensées selon chaque classe d'âges dans les trois sites d'étude pour l'année 2011 et celle de 2012

		Andramanoatse (AP)		Tongaenoro (TG)		Lavavolo (DU)	
Année		2011	2012	2011	2012	2011	2012
Age (ans)							
1 à 7 ans		1	4	1	2	2	3
8 à 16 ans		13	16	3	6	19	18
17 ans et plus		66	68	80	74	9	12
Total		80	88	84	82	30	33

D'après le tableau ci-dessus, pour les deux sites protégés (AP et TG), le nombre des individus adultes atteignent plus de la moitié de tous les individus recensés dans chaque site. A Lavavolo (site à DU), 1/4 des individus recensés seulement sont des adultes. Le nombre des tortues de grande taille (17 ans et plus) est élevé par rapport à celui des tortues subadultes (8 à 16 ans) et juvéniles (1 à 7 ans) dans les AP et TG. Mais dans le site à DU, ce sont les tortues subadultes qui sont les plus nombreux que les adultes et juvéniles (Année)

Selon le test de ANOVA à deux facteurs (âge et site), la distribution de tortues varie d'une manière significative ($p = 0,0001$; $F_{4,17} = 236,40$). Donc les facteurs âge et site influencent la variation de l'abondance de tortues observé.

III.4. Répartition des sexes dans les trois sites

Tous les individus détectés dans les transects d'étude sont identifiés autant que possible. D'après le tableau suivant, il montre le nombre des individus de tortues recensées suivant le sexe dans les trois sites d'études.

Tableau 6: Sexe ratio de la population de tortues radiées dans les trois sites d'étude pour l'année 2011 et celle de 2012.

	Andramanoatse (AP)		Tongaenoro (TG)		Lavavolo (DU)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
femelle	34	39	39	34	21	19
mâle	45	45	44	46	7	11
juvénile	1	4	1	2	2	3
sexe ratio	1,35	1,25	1,10	1,41	0,36	0,65

D'après le tableau 6, le nombre des tortues femelles est plus élevé par rapport à celui des tortues mâles dans le site à droit d'usage (DU) avec une valeur de sex-ratio inférieure à 1. Contrairement à cela, dans les sites AP et TG, les individus mâles sont plus nombreux avec une valeur de sex-ratio supérieure à 1 (tableau 6). Selon le test ANOVA, la différence entre le nombre de tortue mâle et femelle dans les trois sites est significative ($p = 0,035$; $F_{2,5} = 12,58$). Donc, il y a une variation entre le nombre de tortues mâles et celui de tortues femelles. Les sites influencent la valeur du sex-ratio. Les mâles sont plus abondants que les femelles dans les sites protégés (AP et TG) et inversement dans le site non protégé (DU).

III.5. Répartition des individus selon le type de sol

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus dans les transects des trois sites selon le type de sol en 2011 puis en 2012:

Tableau 7: Résultat des inventaires dans les trois sites selon le type de sol pour les années 2011 et 2012

Site	Andramanoatse (AP)		Tongaenoro (TG)		Lavavolo (DU)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Résultats en année						
Nombre de tortues dans les transects 1 (sol rocailleux)	16	21	40	25		
Nombre de tortues dans les transects 2 (sable)	64	67	44	57	30	33

D'après le tableau 7, le nombre de tortues recensé dans le type de sol sableux est élevé par rapport à celui du sol rocailleux en deux années successives (2011 et 2012) dans la zone de l'AP. Mais pour le site TG, on a environ le même nombre de tortues dans les deux types de sol en année 2011. Selon le test de Mann-Whitney ($p = 0,01$; $U=0,00$; $Z = -2,55$), la distribution des tortues varie significativement avec le type de sol. Cela explique que les tortues sont abondantes dans l'habitat à sable roux et c'est le cas contraire dans celui du sol rocailleux.

III.6. Les facteurs de pression sur la population de tortues

III.6.1. Perturbation de l'habitat

Les « Mahafaly » et les « Tanalana » forment la majorité de la population dans cette région. Leurs activités sont basées sur l'agriculture (culture sur brûlis), l'élevage (bovin, caprin et ovin) et la pêche maritime, qui constituent les principales sources de revenus de la population. L'élevage est de type extensif, les animaux sont laissés en liberté dans la forêt. En effet, ces activités villageoises sont les origines des menaces sur les tortues radiées comme la perte de l'habitat.

Durant les 25 dernières années, la distribution des tortues radiées a diminué d'environ de 20% due à la perte de leur habitat naturel (O'Brien *et al.*, 2003). En 2011 et 2012, pour le

site de l'aire protégée, 15 et 16 zébus ont été recensés durant 5 jours d'inventaire, soit une moyenne de 3 zébus par jour. Dans le site transféré, 25 et 31 zébus ont été rencontrés avec une moyenne de 5 et 6 zébus par jour. En revanche, ce nombre est très élevé dans le site à droit d'usage ou non protégé avec une valeur de 205 et 190 zébus au total, soit une moyenne de 41 et 38 zébus par jour. L'élevage des bestiaux dans la zone à droit d'usage est de type extensif et ces animaux vivent au dépend de la forêt qui se trouve à proximité des villages.



Figure 20 : Divagation de zébus dans la forêt

III.6.2. Braconnage

Durant le parcours des transects en 2011, neuf carapaces de tortues dont quatre adultes et cinq juvéniles ont été recensées dans le site à DU (Lavavolo), deux dans le site TG (Tongaenoro) dont un adulte et un juvénile et aucune carapace n'a été trouvée dans les transects du site AP (Andramanoatse). En 2012, le même nombre de carapace a été recensé dans les deux sites protégés, mais dans le site à DU, il y avait 5 carapaces adultes et 5 carapaces juvéniles. La présence de ces carapaces adultes en nombre élevé dans le site à DU est expliquée par la présence du braconnage.

Des enquêtes ont été faites au niveau de la population locale des trois sites d'étude. D'après ces enquêtes, les tortues sont des tabous « fady » pour les Tanalana, c'est-à-dire qu'ils ne les mangent pas. Ce sont donc les braconniers qui capturent les tortues pour les vendre sur le marché local (pour être mangés dans les grands hôtels, pour être domestiqués) ou international. D'après les villageois, avant la mise en œuvre du TG, le braconnage était très élevé, surtout dans les zones littorales ; mais après la mise en place de ce transfert, ce phénomène a beaucoup régressé.

Quelques résultats concernant le braconnage des tortues dans la zone d'Itampolo ont été obtenus :

En 2010 : 12 sacs de viande soit 1326 tortues ont été capturées.

En 2007 : 96 individus de tortues radiées ont été capturés (Ramassage, transport par pirogue)

En 2007 : 200 individus de tortues radiées ont été capturés (Ramassage et capture, transport par pirogue et par charrette vers Toliara)

En 13 avril 2009 : 265 dont 104 vivantes, 121 viandes et 40 mortes (Ramassage et capture par charrette)

En 2005 : 1.700kg soit 685 tortues vivantes ont été capturées

Ces résultats montrent que les braconnages sont nombreux dans la zone d'Itampolo. Le nombre de tortues chassées diminue de 685 à 96 entre 2005 et 2007. Contrairement en 2010, 12 sacs de viande de tortues (1326 individus de tortues) ont été saisis.

Or, pendant les années 2011 et 2012, les villageois ont confirmé que le braconnage est restreint.

IV. DISCUSSION

Densité des tortues radiées dans les trois sites

D'après les résultats obtenus, les deux méthodes sont efficaces pour calculer la densité de tortues radiées dans chaque site d'étude. Or, la méthode Distance est la plus utilisée par les biologistes à cause de sa fiabilité sur le recensement des tortues. Plusieurs chercheurs ont utilisé cette méthode à savoir : Lewis en 1995, Leuteritz en 2000, O'Brien en 2002, Rakotondrainy en 2008, Rasoma et al en 2010.

La densité de la population des tortues radiées varie suivant la zone d'habitat des tortues et selon le degré de la pression existante dans chaque site.

La densité est élevée dans les deux sites protégés (AP et TG) avec quatre à cinq individus par hectare (400 à 500 individus par km²) chacun. Pour le site à droit d'usage, la densité est plus faible avec un individu par hectare (100 individus par km²). La population des tortues reste stable sur les deux années d'observation dans la partie de l'extension du parc, dans le site transféré et dans le site à droit d'usage parce que les valeurs de la densité obtenues en 2011 sont plus ou moins les mêmes que celles obtenues en 2012.

La densité faible obtenue dans le site à DU est due aux actions de braconnage (recensement de quatre à cinq carapaces adultes) et de la destruction des habitats des tortues radiées. Cette perte d'habitat conduit à la diminution de la survie des tortues juvéniles qui ne supportent pas ces perturbations (cinq carapaces juvéniles trouvées sur le chemin qui mène vers les transects d'étude et au sein même de ces transects). La présence de trou sur la dossière des carapaces adultes trouvées signifie alors que les braconniers ont capturé et tué les tortues en laissant les carapaces vides de ces animaux dans la forêt (Rakotondrainy, 2008).

Par ailleurs, le nombre de carapaces de tortues trouvées dans les sites AP et TG est faible (deux carapaces dans TG et aucune dans AP), ce qui prouve l'absence de pression humaine dans ces zones protégées. Ces carapaces trouvées appartiennent à une tortue juvénile et à une autre adulte car elles ne présentent pas de trou sur leur dossière donc non victimes du braconnage. De plus, l'absence de layon ou chemin dans ces zones diminue le nombre de braconnage.

Selon l'étude de Lewis (1995), la densité relative dans le parc et ses alentours est de 262 individus/ha à 1 076 individus/ha. D'après les études faites par Rakotondrainy (2008), la valeur de la densité autour de la région d'Itampolo (à l'extérieur du parc) était de 15,46 individus/ha et l'étude faite par Rasoma *et al* (2010) a trouvé 0 à 5 individus/ha pendant la

saison humide. Ainsi, on constate que la densité des tortues radiées ne cesse de diminuer. Par contre, cette stabilité de la densité des tortues en 2011 et en 2012 peut être alors expliquée par la présence des agents du parc qui font des patrouilles et par les travaux de surveillance effectués par les VOI dans le site transféré.

Cela explique que les VOI ont bien géré la zone transférée ; cette dernière est comme une sorte de barrière de protection de la zone du parc.

Distance de détection et qualité d'observation des tortues

Les tortues adultes sont beaucoup plus nombreuses que les tortues juvéniles dans les trois sites d'étude. Les tortues de grande taille sont visibles même à une distance de détection assez éloignée. Pour les tortues juvéniles, elles sont difficiles à détecter à une distance située au-delà de 5 mètres de la ligne de transect. Les tortues recensées sont presque trouvées enfouies sous les bois coupés tombés par terre et sous les herbes vertes à cause du froid car l'étude a été faite durant la période d'hiver pendant laquelle ces animaux hibernent et ont une mode de vie inactive. C'est pourquoi il est difficile d'observer les individus juvéniles d'où leur faible nombre.

Ensuite, la structure de la végétation peut influencer la qualité de l'observation des tortues juvéniles et subadultes. La pénétration dans les fourrés composés par des plantes épineuses ainsi que l'abondance des buissons rendent difficile l'observation des tortues de petite taille. Les résultats obtenus dans les sites protégés (AP et TG) devraient être meilleurs si la pénétration dans les fourrés aurait été plus facile. De plus, les tortues s'enfouissent dans les buissons et au-dessous des troncs d'arbre morts, ceux qui rendent plus difficile leur observation. Cela concerne surtout les tortues juvéniles et subadultes. De ce fait, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la ligne de transect, la probabilité de détection des tortues de petite taille diminue.

Cette situation se présente surtout dans l'habitat à sol rocailleux de la zone transférée et de l'aire protégée d'où la difficulté d'observation des tortues de petite taille.

Classe d'âges et répartition des sexes dans les trois sites

Pour les deux sites AP et TG, l'effectif des individus adultes est élevé avec un pourcentage supérieur à 50%. Par contre dans le site à DU, le nombre de tortues subadultes dominant celui des tortues juvéniles et adultes. Le faible effectif des tortues adultes dans le site à DU peut être expliqué par l'abondance du braconnage. En fait, les braconniers trient les

individus de grande taille qui sont très charnus pour être vendus dans des grands restaurants et pour être exportés.

Les braconniers venant de Toliara collectent des milliers de tortues adultes annuellement. D'après l'étude faite par O'Brien *et al* en 2003, il a estimé que 270–2325 tortues adultes sont collectées par un groupe de braconniers composé de deux à trois personnes en une année.

D'après les résultats, une différence a été constatée entre le nombre de tortues selon le sexe dans les trois sites. Pour le site transféré et celui du parc, le nombre de tortues mâles est plus élevé que celui de tortues femelles. Ce résultat explique que le braconnage n'est pas trop prononcé dans ces deux zones conservées. Les travaux conduits par O'Brien (2002) dans des sites ayant été soumis à de fortes pressions de collecte ont montré que ce sont plutôt les mâles qui sont les plus collectés en raison de leur grande taille. Cependant, le sexe ratio à la naissance est égal à 1 après la démonstration faite par Randriamahazo *et al* (2007). L'augmentation ou la diminution du sexe ratio est donc causée par les braconnages et les morts des tortues par la destruction de leur habitat. Ainsi, les agents du parc affirment que les braconniers prélèvent de préférence les tortues de sexe mâle qui ont une taille plus grande, c'est pourquoi dans le parc et dans la zone transférée il y a encore beaucoup d'individus mâles et c'est le cas contraire dans le site à droit d'usage.

Selon la population locale, le nombre de braconnage a connu une forte diminution après que le WWF lui a transféré la gestion de ce site.

Répartition des individus selon le type de sol

Pour le site de la zone transférée, le nombre des individus recensés en 2011 est presque le même dans les deux habitats avec deux types de sol tel que : l'habitat à sable roux et l'habitat à sol rocailleux calcaire. Durant l'inventaire dans cette zone transférée, pendant lesquels il pleuvait, le nombre de tortues recensées est presque le même dans les deux habitats différents.

Par contre, durant l'inventaire dans la zone transférée en 2012, dans le site AP en 2011 et en 2012, il n'y avait pas de pluie et un faible résultat a été trouvé dans le transect qui passait sur le type de sol rocailleux. Cela expliquerait alors que les tortues radiées préféreraient comme habitat le sol sableux en l'absence de pluie et elles passeraient dans les sols rocailleux afin de rechercher de l'eau à boire quand il pleut. Pendant la saison sèche, les tortues sont principalement inactives (Lewis, 1995). Par contre, les pluies rendraient les tortues plus

actives et les feraient migrer dans les sols rocaillieux calcaires parce que les roches peuvent servir de réservoir d'eau pendant la période de pluie. Ces tortues passent dans les sols rocaillieux en buvant les flacs d'eaux (*ranovato*) se trouvant dans les roches (Leuteritz, 2003).

Braconnages et destruction des habitats des tortues radiées

En réalité, étant les plus exposées aux chemins des braconniers, les tortues de la zone littorale sont les plus victimes par rapport à celles qui habitent à l'intérieur et à la périphérie du parc. Ainsi, la présence des routes et des voies maritimes se trouvant tout près de cette zone à droit d'usage rend encore plus facile le prélèvement des tortues. De plus, les gens résidant à l'extérieur de la zone des Mahafaly et des Antandroy collectent régulièrement les tortues en utilisant des pirogues et leur immigration parmi les gens locaux cause le non respect du *fady* (Lingard et *al.*, 2003). La présence de nombreuses carapaces (quatre) dans la zone à droit d'usage prouve que le braconnage est élevé. Les trous sur les carapaces de tortues, en particulier sur leurs dossières, signalent que ces animaux ont été tués de la même façon. Par ailleurs, l'étude menée par Rakotondrainy (2008) montre que d'après l'analyse des carapaces de tortues trouvées, 61% présentaient des trous, ces derniers marquent la prédation par l'homme. De plus, la présence des carapaces des tortues juvéniles (sept) dans la zone à DU peut être expliquée par la destruction de l'habitat et par les activités anthropiques (la déforestation, les feux de brousses et la divagation de bétail). La dévastation de la forêt (feu de brousse, déforestation) faite par les villageois conduit à la perte de l'habitat des tortues radiées en provoquant leur mort. Aussi, la mise en pâturage des cheptels dans la forêt provoque à l'anéantissement des jeunes pousses de plantes qui sont les principales nourritures des tortues radiées.

Signalons aussi la présence des carnivores comme *Galidictis*, et les chiens dans les zones protégées qui produisent les mêmes effets par la prédation des jeunes tortues et des œufs, accentuant ainsi la rareté des juvéniles (d'après mes propres observations et les versions des agents du parc).



Figure 21 : Carapace d'une tortue juvénile

Echelle : $\frac{1}{2}$



Figure 22 : Œuf d'une tortue mangé par un prédateur

Echelle : $\frac{1}{2}$

Le faible nombre de tortues adultes dans le site à DU est dû aux braconnages, où les individus de grande taille constituent les premiers cibles ; cela est confirmé par la réponse des villageois d'après les enquêtes. Par ailleurs, dans le site à DU, les individus subadultes et juvéniles sont plus nombreux par rapport aux deux autres sites protégées.

CONCLUSION

L'étude a été faite pendant des périodes de saisons sèches de l'année 2011 et 2012. Le travail s'est effectué dans trois sites différents : TG, AP et DU où les tortues radiées se trouvent encore en nombre non négligeable.

Dans chaque site, la densité de la population diminue selon l'importance des collectes illicites des tortues et le degré de perturbation de l'habitat. Elle est élevée dans la partie de l'extension du parc ainsi que dans les zones transférées. Contrairement, dans la partie littorale ou zone à droit d'usage, elle est très faible. Dans ces zones protégées, la collecte n'est pas très prononcée contrairement au site hors aire protégée où elle est assez importante et où l'on ne rencontre qu'un nombre assez faible de tortues. Ces résultats prouvent alors que le transfert de gestion est un succès du fait que le nombre de tortues recensé dans l'aire protégée et dans la zone de transfert est sensiblement égal en deux années successives. Donc, une bonne gestion de la zone transférée est alors prouvée.

Parmi les tortues recensées dans les trois sites d'étude, les individus adultes sont en nombre très élevé par rapport aux subadultes et juvéniles. Les tortues de petite taille sont difficiles à repérer dans la forêt surtout que l'étude a été faite durant la saison sèche où ces animaux sont en période d'hibernation. Elles s'enfouissent sous les herbes vertes et sous les troncs d'arbres morts tombés à terre.

L'existence des troupeaux de bétail dans la forêt marque la perturbation de l'habitat des tortues, entraînant ainsi la sensibilité et la diminution de la survie de ces animaux.

En tenant compte de l'endémicité de ces tortues radiées en plus de leur statut où elles sont catégorisées parmi les espèces « en DANGER CRITIQUE » de la Liste Rouge de L'IUCN (IUCN, 2010), la pérennisation de la conservation de l'espèce d'*Astrochelys radiata* est très importante. Il faut donc lutter contre la destruction des habitats de ces animaux, leur milieu de vie devrait être meilleur en l'absence de toutes perturbations et de menaces.

RECOMMANDATIONS

- Conservation de l'habitat

Vu la situation actuelle sur les pressions anthropiques à savoir le défrichement de la forêt, les cultures sur brûlis, les tortues sont victimes de toutes destructions des habitats. Donc, il faut sensibiliser les populations locales et leur apprendre les techniques d'agriculture moderne.

- Application des règlements et des lois

Pour mieux gérer et protéger les populations de tortue radiée, il faut renforcer les règlements déjà existants contre le prélèvement illicite des ressources naturelles comme la forêt et les tortues. La population locale doit aussi participer à la poursuite des braconniers même si les tortues sont taboues pour eux.

- Education de la population locale

Il faut sensibiliser la population locale afin d'aboutir à une stratégie de conservation à long terme des tortues qui sont menacées de disparition. La conscientisation des villageois peut diminuer les collectes illicites de tortue ainsi que la destruction de l'habitat. Pour cela, l'éducation et la sensibilisation sur les mass médias sont nécessaires.

- Réintroduction des tortues saisies

Un centre de détention sera alors nécessaire surtout dans la région d'Itampolo ; ceci afin de faire une réintroduction efficace des tortues saisies après les avoir mises en quarantaine. C'est nécessaire pour une bonne santé et la survie des tortues détenues en captivité avant de les réintroduire dans leur habitat naturel.

- Mise en place de nouveaux transferts de gestion de type GELOSE dans les zones non transférées :

Une mise en place de nouveaux transferts de gestion s'avère nécessaire parce que seule la population locale ou les VOI peuvent atténuer ou supprimer les collectes illicites des tortues radiées. Elles ont pour fonction de surveiller les braconniers et protéger les forêts.

BIBLIOGRAPHIE

- Andriamampiany, R. D. 1989.** *Contribution à l'étude bio-éthologique de Geochelone radiata (Shaw, 1802) (Famille des Testudinidae) dans la Réserve Spéciale de Beza Mahafaly.* Mémoire de Fin d'Etude, Ecole Supérieure Scientifique Agronomique, Antananarivo.
- ANGAP. 2001.** Plan de Gestion de la Conservation du Parc National de Tsimanampetsotsa.
- ANGAP. 2003.** Plan de Gestion de la Conservation du Parc National de Tsimanampetsotsa.
- Behler, J. L. & Iaderosa, J. 1991.** A Review of the Captive Breeding Program for the Radiated Tortoise at the New York Zoological Society's Wildlife Survival Center, pp. 160-162. In: Beaman, K. R., Caporaso, F., McKeown, S. & Graff, M. D. (eds.). *Proceedings of the first international symposium on turtles and tortoises: conservation and captive husbandry*, Chapman University, California. August 9-12, 1990.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P. & Laake, J. L. 1993.** Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall, London. Pp. 446.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L. Borchers, D. L & Thomas, L. (eds) 2004.** Advanced Distance Sampling. Oxford University Press, London.
- Cagle, F. R. 1939.** A system of Marking turtles for future identification. *Copeia* 1: 170-173
- Donque, G. 1972.** The Climatology of Madagascar. Pp. 87-144. In: Battistini, R. & Richard-Vindard, G. (eds.). *Biogeography and Ecology in Madagascar*, Hague, Netherlands.
- Du Puy, D. J. & Moat, J. 1996.** A Refined classification of the Primary Vegetation of Madagascar Based on the Underlying Geology Using GIS to Map Its Distribution and to Assess Its Conservation Status. In: Lourenço, W. R. (eds). *Biogéographie de Madagascar*. Pp. 205-218, + 3 maps. Editions de l'ORSTOM, Paris.

- Du Puy, D. J. & Moat, J. 2003.** Using geological substrate to identify and map primary vegetation types in Madagascar and the implications for planning biodiversity conservation. In: Goodman, S. M. & Benstead, J. P. (eds.). *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press, Ltd., London. Pp. 51-67.
- Durrell, L., Groombridge, B., Tonge, S. & Bloxam, Q. 1989.** *Geochelone radiata* Radiated Tortoise, *Sokake*. Pp. 96-98. In: Swingland, I. R. & Klemens, M. W. (eds). *The Conservation Biology of Tortoises*, Durrell Institute for Conservation and Ecology, Canterbury, Kent, UK. Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission (SSC) No.5.
- Glaw, F. & Vences, M. 1994.** A Fieldguide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar, 2nd edition, Vences & Glaw Verlags, Cologne. Pp 480.
- Glaw, F. & Vences, M. 2007.** A Fieldguide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar, 3rd edition, Vences & Glaw Verlags, Cologne. Pp 496.
- Goodman, M. S., Raherilalao, M. J., Rakotomalala, D., Rakotondravony, D., Raselimanana, A. P., Razakarivony, H. V. & Soarimalala, V. 2002.** Inventaire des vertébrés du Parc National Tsimanampetsotsa. *Akon'ny Ala*, 28: 1-36.
- Greenwood, J. J. D. 1996.** Basic techniques. In: Sutherland, W.J. (Ed.), *Ecological Census Techniques: a Handbook*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 11–109
- IUCN. 2010.** 2010 IUCN Red List of threatened species. <www.iucnredlist.org>.
- IUCN. 2012.** 2012 IUCN Red List of threatened species. <www.iucnredlist.org>.
- Juvik, J.O. 1975.** The Radiated Tortoise of Madagascar. *Oryx*, 13: 145-148.
- Koechlin, J. 1974.** Flora and Vegetation of Madagascar. In: Battistini, R. & Richard-Vindard, G. (eds). *The Biogeography and Ecology of Madagascar*. Pp. 145-190.
- Leuteritz, T. E. J. 2002.** Distribution, Status and Reproductive Biology of the Radiated Tortoise, *Geochelone radiata* (Shaw, 1802) in Southwest Madagascar. Thèse de Doctorat, Université de George Mason, Fairfax, Virginie, USA.

- Leuteritz, T. E. J. 2003.** Observations on the diet and drinking behaviour of radiated tortoises (*Geochelone radiata*) in southwest Madagascar. *African Journal of Herpetology* 52: 127–130.
- Lewis, R. E. 1995.** Status of the Radiated Tortoise (*Geochelone radiata*). WWF Madagascar, unpublished report.
- Lingard, M., Raharison, N., Rabakonandrianina, E., Rakotoarisoa, J. A. & Elmqvist, T. 2003.** The role of local taboos in conservation and management of species: the radiated tortoise in southern Madagascar. *Conservation Society*, 1:223–246.
- Moat, J. & Smith, P. 2007.** Atlas de la végétation de Madagascar. Royal Botanical Garden, Kew.
- Nicoll, M. E. & Langrand, O. 1989.** Madagascar: Revue de la Conservation et des Aires Protégées. World Wild life Fund. Gland.
- O'Brien, S. 2002.** Population Dynamics and Exploitation of the Radiated Tortoise *Geochelone radiata* in Madagascar. Thèse de Doctorat. Darwin College, Université de Cambridge & Institute of Zoology, Zoological Society of London, UK.
- O'Brien, S., Ellis, R., Beard, V., Rakotondrainy, M. R., Reid, A., Raharisoa, V. & Coulson, T. 2003.** Decline of the Madagascar Radiated Tortoise (*Geochelone radiata*) Due to Overexploitation. *Oryx*, 37:338-343.
- Pedrono, M. & Sarovy, A. 2000.** Trial release of the world's rarest tortoise *Geochelone yniphora* in Madagascar. *Biological Conservation*, 95 : 333-342.
- Rakotondrainy, M. R. 2008.** Contribution à l'étude de population de tortue radiée *Astrochelys radiata* (Shaw, 1802) dans la région d'Itampolo, Sud-ouest de Madagascar. Mémoire pour l'obtention d'une Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA). Département de Biologie Animale. Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. Antananarivo. Pp 58.
- Randriamahazo, H., Traylor-Holzer, K., Leus, K. & Byers, H. O. 2007.** *Population and Habitat Viability Assessment Workshop for Endemic Tortoise Species in Madagascar* *Geochelone radiata* (radiated tortoise and *Pyxis archnoides* (spider tortoise). IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, MN.

- Rasoma, R. V. J., Ranivoarivelo, S., Marquard, M., Ramilijaona, O. R., Rakotomalala, D., Raselimanana, A. P. & Ganzhorn, J. U. 2010.** Estimation de la densité des populations d'une espèce menacée de tortue terrestre (*Astrochelys radiata*) dans le Parc National Tsimanampetsota au Sud de Madagascar. *Malagasy Nature*, 4: 33-48.
- Shaw. 1802.** Tortoise, *Geochelone radiata* in Southwest Madagascar. Thèse de Doctorat, Université de George Mason, Fairfax, Virginie, USA.
- Thomas, E .J., Leuteritz, T. L. & Limberaza, J. C. 2005.** Distribution, status, and conservation of radiated tortoises (*Geochelone radiata*) in Madagascar. *Biological Conservation* 124: 451–461.
- Vieites, D. R., Wollenberg, K. C., Andreone, F., Kohler, J., Glaw, F. & Vences, M. 2009.** Vast underestimation of Madagascar's biodiversity evidenced by an integrative amphibian inventory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 106: 8267-8272.
- Wilson, D. S. & Tracy, C. R. 2003.** Estimating age of turtles from growth rings: A critical evaluation of the technique. *Herpetologica*, 59: 178-194.
- Zar, J. H. 1984.** Biostatistical analysis. Second ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. Pp 718.
- Zicoma, P. 1999.** Les zones d'importance pour la conservation des Oiseaux à Madagascar. Projet ZICOMA. Antananarivo, Madagascar. Pp 266.
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Capture-marquage-recapture#Bibliographie>
- .

Annexe 2 : Trafics des tortues

date trafic	nombre tortues capturées	Nature du délit	lieu de l'infraction	nombre braconniers	nombre arrestation	Moyens
14-12-01	1323	Dont 265 tortues tuées ou fumées	Ilanivato	112	30	Pieds
28-02-03	281		Bemanateza			Pirogues
08-04-05	109		Malangiriake			Charettes
05-03-07	96		Besasavy Sud			Bicyclettes
21-03-08	248		Plateau Mahafaly			Voitures
22-03-09	265					
27-09-10	47					
Total	2369					

Annexe 3 : PV délivré par MNP

date	Nature du délit	Lieu de capture	Nombre de tortues	Observations
2002	Capture de tortues radiées	Tongobory	22	PV mise en liberté dans un parc national ou forêt naturelle
2003	Transport de tortues	Tameantsoa Antanimena	28	
2004	Vente illicite de tortues	Ampasifasy	121	Non jugé mais PV déjà dressé et transmis à l'audience
2004	Vente illicite de tortues	Tongobory Ampotake	20	
2005	Transport et vente illicite de tortues	Itampolo Androka	1.700kg soit 685 tortues vivantes	17 délinquants condamnés en justice
2006	Transport et consommation	Tranora Beloha	9	Non jugé
2007	Ramassage,	Itampolo	96	6 mois

	transport par pirogue			d'emprisonnement avec amande
2007	Ramassage et capture, transport par pirogue et par charrette vers Tuléar	Ampitanaky Itampolo Tanindranto	200 350	6 mois d'emprisonnement avec amande
13 avril 2009	Ramassage et capture par charette	Ampitanake Itampolo	265 dont 104 vivantes 121 viandes 40 mortes	6 mois d'emprisonnement avec amande
2010		Ampitanake Itampolo	12 sacs de viande soit 1326 tortues	Emprisonnement et amande

TITRE : Suivi de la dynamique des populations d'*Astrochelys radiata* (Gray, 1973), espèce cible de conservation, dans trois sites (aire protégée, transfert de gestion, zone à droit d'usage) du plateau Mahafaly.

RESUME

Astrochelys radiata, appelée aussi tortue radiée, est l'une des quatre espèces endémiques terrestres des forêts épineuses du sud de l'île de Madagascar. La présente étude est réalisée afin d'établir dans l'avenir des stratégies de conservation. Les collectes de données ont été réalisées dans la région d'Itampolo, exactement dans les sites gérés par VOI (*Vondron'Olonia Ifotony*) ou transfert de gestion (TG) et par MNP ou aire protégée (AP), et dans le site hors de la zone protégée ou zone à droit d'usage (DU). Les descentes sur terrain ont été procédées durant les périodes sèches des années 2011 et 2012. Les données et informations ont été collectées en utilisant deux méthodes différentes, les transects de 1000 m et les plots de 20 m x 1000 m. L'estimation de la densité est calculée à partir des méthodes de Distance Sampling et de Lincoln-Petersen ; 4 à 5 individus / ha pour les sites AP et TG, et 0 à 1 individu / ha pour celui du DU. Après l'analyse de variance, on a constaté que les densités des tortues sont élevées dans les sites AP et TG contrairement dans celui de DU. Les tortues de grande taille sont plus abondantes dans les sites protégés (AP et TG) et leur nombre atteint plus de 50%. Concernant le sex-ratio, le nombre des mâles domine celui des femelles dans les sites TG et AP, inversement à celui du site à DU. Dans le site transféré, la restauration de la population d'*Astrochelys radiata* est en cours car les VOI s'engagent à la conserver ; d'où l'abondance des tortues de grande taille et la diminution des collectes illicites. Le faible nombre de tortues de grande taille dans la partie littorale est causé par le braconnage et par la destruction de leur habitat due à l'élevage extensif de bétail ou à la déforestation. En réalité, ce sont surtout les tortues habitant la zone littorale qui sont les plus victimes du braconnage par rapport à celles qui habitent à l'intérieur et à la périphérie du parc.

Mots clés : *Astrochelys radiata*, collectes illicites, Plateau Mahafaly, transfert de gestion, Madagascar.

ABSTRACT

Astrochelys radiata, also called radius turtle, is one of the fourth endemics terrestrial species at the thorny forest south in southern Madagascar. The present survey was conducted to establish conservation strategies in the future. The data collecting was conducted in Itampolo zone, particularly the site managed by VOI (*Vondron'Olonia Ifotony*) or local committee management transfer (TG) and by Madagascar National Parks or protected area (AP), and the site outside of the protected area or zone of right of use (DU). The raids on land were proceeded during dry periods of 2011 and 2012. The observation and the data collecting used two different methods, transects (1000 m) and pads (20 m x 1000 m). Distance Sampling and Lincoln - Petersen methods was used to estimate densities, 4-5 individuals / ha for AP and TG sites and 0-1 individuals / ha for one DU. After analysis of variance, it was found that the densities of turtles are raised in the AP sites and TG unlike in the DU. The adult turtles are more abundant in the protected sites (AP and TG) and their number reached more than 50 %. According to sex-ratio, male's number dominates female's number in the park and TG, in contrast with the unprotected area (DU). In transferred site, turtle populations are recovering because VOIs engage their responsibility to protect them; consequently, large turtle are really abundant and illicit collections decreases. However, low number of large turtles in the littoral site is mostly caused by illegal hunting and habitat destruction. In reality, the enhancement of management transfer reduces illegal tortoise collection in protected zones because this works like a kind of barrier against braconneers.

Key words: *Astrochelys radiata*, illicit collect, Mahafaly plateau, transfer of management, Madagascar.

Encadreur :

Daniel RAKOTONDRAVONY,
Maître de conférences.

Impétrant :

Nom et Prénom : ANDRIAMPENOMANANA Zo Faniry
Adresse : LOT CM 28 A Malaza
e-mail : zofanandriampeno@yahoo.fr

