

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION	1
GENERALITE	4
I. METHODOLOGIE	8
I.1.PRESENTATION DE L'ESPECE	8
I.1.1. Position systématique	8
I.1.2. Morphologie	8
I.1.3. Cri.....	9
I.1.4. Reproduction	9
I.1.5. Ecologie et cycle de vie.....	10
I.1.6. Distribution géographique	10
I.2. SITE D'ETUDES	11
I.3. METHODES D'ETUDES	13
I.3.1. Période d'étude.....	13
I.3.2. Phase d'étude préliminaire	14
I.3.3. Technique d'échantillonnage : Itinéraire échantillon ou ligne de transect	14
I.3.4. Analyse de la structure de la population.....	16
I.3.5. Etude de la répartition des activités : Suivi des individus focaux	19
I.3.6. Analyse de la distribution spatiale, de la préférence écologique et de l'influence des facteurs écologiques	19
I.3.7. Analyses et traitements des données	20
II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	20
II.1. RESULTATS DE LA PHASE PRELIMINAIRE	20
II.1.1. Pics d'activités	20
II.1.2. Cri.....	21
II.2. STRUCTURE DE LA POPULATION	22
II.2.1. Taille de la population.....	22

II.2.2. Structure d'âges.....	22
II.2.3. Sex-ratio	22
II.3. ALTERNANCE DES ACTIVITES	23
II.4. DISTRIBUTION SPATIALE, PREFERENCE ECOLOGIQUE ET INFLUENCE DES FACTEURS ECOLOGIQUES	24
II.4.1. Distribution spatiale	24
II.4.2. Préférence écologique : Substrats utilisés	25
II.4.3. Influence des facteurs écologiques.....	26
III. DISCUSSION.....	29
CONCLUSION.....	35
BIBLIOGRAPHIE.....	37
WEBOGRAPHIE.....	43
ANNEXES.....	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Tableau récapitulatif des caractéristiques générales des transects.....	15
Tableau 2. Nombre d'individus observés durant les six occasions de recensement.	22
Tableau 3. Répartition des activités (durée en seconde) de chaque animal focal.....	23
Tableau 4. Description de chaque type de substrat.....	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Photos de la face dorsale (A) et ventrale (B) de <i>Mantella cowani</i>	9
Figure 2. Photos des habitats de <i>Mantella cowani</i> à Fohisokina (A) et à Antsirakambiaty (B).....	10
Figure 3. Carte de distribution de <i>Mantella cowani</i>	11
Figure 4. Carte de localisation du site d'études	12
Figure 5. Paysage écologique de Fohisokina	13
Figure 6. Représentation schématique des lignes de transect dans le site d'études ..	16
Figure 7. Photos montrant la face ventrale des trois individus différents.....	17
Figure 8. Répartition du nombre d'individus observés (Moyenne \pm DS) en fonction de l'heure et pics d'activités de <i>Mantella cowani</i>	20
Figure 9. Nombre moyenne (\pm DS) d'individus émettant de cri par heure d'observation.....	21
Figure 10. Répartition des activités par sexe (Moyenne des pourcentages \pm DS)....	24
Figure 11. Répartition du nombre d'individus rencontrés par type d'habitat	25
Figure 12. Nombre d'individus observés par type de substrats	26
Figure 13. Courbe montrant la variation du nombre d'observation en fonction de la température ambiante	27
Figure 14. Histogramme montrant la variation du nombre d'observation en fonction de l'humidité relative de l'air	27
Figure 15. Relation entre la température de l'animal et celle du biotope	28

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Courbe ombrothermique d'Ambositra entre 1961 et 1990	I
Annexe 2. Morphométrie de <i>Mantella cowani</i>	I
Annexe 3. Fiche de suivi d'individu focal.....	II
Annexe 4. Observations journalières sur transects.....	III
Annexe 5. Coordonnées géographiques des transects	IV

LISTE DES ABREVIATIONS

ASG	: Amphibian Specialist Group
ACSAM	: A Conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar
DS	: Deviation Standard
CITES	: Convention on International Trade of Endangered Species
CR	: En danger critique d'extinction
EN	: En danger
FOMISAME	: Fohisokina Miaro ny Sahona Mena
LTC	: Longueur totale du corps
MAVOA	: Madagasikara Voakajy
MEFF	: Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts
PACM	: Plan d'Action pour la Conservation de <i>Mantella cowani</i>
SSC	: Species Survival Commission
UADBA	: Université d'Antananarivo/Département de Biologie Animale
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature
VOI	: Vondron'Olona Ifotony

INTRODUCTION

La faune batrachologique figure parmi les groupes de vertébrés les plus diversifiés à Madagascar (Glaw et *al.*, 2010), mais l'inventaire des amphibiens anoures malgaches est loin d'être terminé (Pabijan et *al.*, 2011). En outre, la plupart des espèces sont méconnues sur le plan biologique, écologique et éthologique. Par ailleurs, de nombreuses espèces ont une aire de répartition assez restreinte et présentent une spécificité écologique remarquable (Raxworthy, 2008). Les zones de distribution de certaines espèces ne sont même pas encore incluses dans l'actuel système des Aires Protégées de Madagascar. Parmi ces espèces figure *Mantella cowani*, connue aussi sous le nom de *Mantella* arlequin. C'est une grenouille appartenant à la famille de Mantellidae, endémique de Madagascar et de Mayotte (Vences & Glaw, 2006). *Mantella cowani* ne se trouve que sur la partie centre-est de la Haute Terre de Madagascar (Chiari et *al.*, 2005 ; Rabibisoa et *al.*, 2009), entre autres le massif de Fohisokina-Ambositra et cinq autres localités (Rabibisoa et *al.*, 2009). Son aire de distribution est alors assez restreinte (Vences et *al.*, 1999 ; Andreone & Randrianirina, 2003).

Les données sur la biologie et l'écologie de *Mantella cowani* sont jusqu'à présent peu nombreuses, alors qu'elle fait partie des grenouilles fortement demandées au niveau international (Chiari et *al.*, 2005). Effectivement, à cause de son apparence et sa couleur attirante, ainsi que par la présence d'alcaloïdes accumulées dans sa peau (Daly et *al.*, 1996 ; Glaw & Vences, 2007), *Mantella cowani* a été depuis les années 90 sujet à une exploitation à des fins commerciales (Andreone & Randrianirina, 2003; Chiari et *al.*, 2005). La demande est devenue de plus en plus intense entre 1999 et 2003 (Andreone et *al.*, 2008). Celle-ci a largement contribué au déclin de la population (Andreone & Andrianirina, 2003 ; Rabibisoa, 2008). En outre, l'aire de distribution de l'espèce est localisée dans des zones où sévissent régulièrement des feux de brousse. Ce facteur rend l'espèce de plus en plus vulnérable, alors que ses biotopes sont aussi très spécifiques (Andreone et *al.*, 2005). En plus de la perte et de la fragmentation des habitats, le risque d'hybridation avec d'autres espèces comme *Mantella baroni* constitue actuellement une autre menace pour *Mantella cowani* (Chiari et *al.*, 2005 ; UICN SSC ASG, 2014) car les hybrides pourraient être plus robustes et plus tolérants vis-à-vis des conditions très dures.

Aussi, *Mantella cowani* a été classé depuis 2003 comme étant une espèce « En Danger Critique » ou CR dans la Liste Rouge de l'UICN (UICN SSC ASG, 2014). Il est devenu désormais parmi les espèces de grenouille les plus menacées à Madagascar (Andreone & Randrianirina, 2003, Andreone et al., 2006). Afin d'assurer la préservation de cette espèce, l'organe de gestion CITES l'a inscrite en 2004 dans l'Annexe II sans quota d'exportation (Andreone, 2008). Un Programme de Conservation pour les Amphibiens de Madagascar ou « Sahonagasy Action Plan » a été élaboré (Andreone et al., 2008) et un Plan d'Action de Conservation a été spécialement établi pour *Mantella cowani* (PACM) en collaboration avec Amphibian Specialist Group (ASG) et Conservation International (Rabibisoa, 2008). Les différentes investigations menées qui ont permis la découverte d'autres zones d'occurrences et les efforts de conservation déployés ont beaucoup amélioré les connaissances sur l'espèce et de réviser son statut de conservation. Depuis 2009, *Mantella cowani* a été placé dans la catégorie « En Danger » ou EN, dans la Liste Rouge de l'UICN (UICN SSC ASG, 2014). Ainsi, selon la législation nationale, décret 2006-400 portant « Classement des Espèces de Faune Sauvage », *Mantella cowani* est désormais classé parmi les animaux protégés de la catégorie I, classe I. Sa commercialisation est formellement interdite (MEEF, 2006). De telles initiatives restent cependant handicapées tant que les informations et la connaissance sur cette espèce sont lacunaires. Il est crucial d'avoir une connaissance approfondie sur la biologie et l'écologie pour mieux définir les stratégies de conservation convenables. La situation est d'autant plus délicate du fait que cette grenouille à poison semble être plus sensible aux altérations des conditions environnementales (Tessa et al., 2009). Les modifications au niveau des milieux écologiques peuvent avoir des répercussions graves sur la distribution spatiale de sa population. Ces perturbations pourraient avoir ainsi des influences non négligeables au niveau de la structure de la population, des activités et du comportement de *Mantella cowani*.

La présente étude vise alors à compléter et à actualiser les informations sur la biologie et l'écologie de l'espèce, afin d'orienter et de renforcer les actions de conservation déjà établies. Notre étude a été effectuée à Fohisokina, dans le Sud-est d'Ambositra. Ce site a été choisi par ASG comme site prioritaire pour la conservation de *Mantella cowani* selon le PACM. Les objectifs spécifiques suivant ont été alors fixés:

- Estimer la taille, la structure d'âges et la sex-ratio de la population de *Mantella cowani* à Fohisokina;
- Evaluer le rythme d'activités de *Mantella cowani* pendant la période de reproduction et post-reproduction;
- Etudier la répartition spatiale de l'espèce dans le site d'études et identifier son habitat préféré.

Dans la présente étude, les hypothèses de base sont les suivantes:

- La structure de la population de *Mantella cowani* à Fohisokina reste toujours similaire sans qu'il y ait de variation notable au cours des quatre dernières années;
- Le rythme d'activités de *Mantella cowani* reste identique quelque soit la saison et les conditions écologiques du milieu;
- L'espèce présente une répartition uniforme et ne montre aucune préférence écologique particulière sur les différents types d'habitats existants dans le site d'études.

Après une généralité sur la biodiversité et les connaissances sur l'espèce étudiée, le présent ouvrage est subdivisé en trois grandes parties: la première sera consacrée à la méthodologie, la deuxième évoquera les résultats et les interprétations. Cette dernière sera enchaînée par la partie discussion suivi d'une conclusion et des perspectives.

GENERALITE

La riche biodiversité de Madagascar est également bien connue par son taux d'endémicité élevé (Andreone et *al.*, 2014). Toutefois, cette diversité remarquable est continuellement tourmentée par différentes pressions et menaces. La destruction de l'habitat constitue la principale menace des populations animales à Madagascar y compris les amphibiens (Andreone et *al.*, 2005 ; Andreone et *al.*, 2006). De nombreuses espèces sont de plus en plus vulnérables à l'extinction, en particulier celles à aire de répartition restreinte et avec une spécificité écologique plus accentuée (Raxworthy, 2008). Selon Andreone et Luiselli (2003), les grenouilles appartenant à la famille des Mantellinae (Mantellidae) et des Cophylinae (Microhylidae) sont les plus sensibles aux altérations des conditions environnementales.

En outre, l'introduction de la maladie fongique chytridiomycose causée par le chytride (*Batrachochytrium dendrobatidis* ou *Bd*) met en danger la faune batrachologique à Madagascar (Rabibisoa & Raharivololoniaina, 2010). Cette maladie est une menace potentielle et a entraîné des dégâts graves sur la communauté mondiale d'amphibiens (Laurence et *al.*, 1996). C'est ainsi qu'un plan stratégique de prévention et de lutte contre l'introduction de chytride à Madagascar a été élaboré à travers une collaboration entre plusieurs institutions (Rabibisoa & Raharivololoniaina, 2010). Ce plan stratégique a été fait dans le cadre de la Stratégie de Conservation pour les Amphibiens de Madagascar (ACSAM). D'après Bletz et ses collaborateurs (2015), le chytride est actuellement signalé dans certains endroits à Madagascar. Heureusement, les souches de *Bd* ne sont pas néfastes pour la population d'amphibiens malgaches.

Le commerce des espèces sauvages pourrait constituer une autre menace potentielle pour les amphibiens malgaches si aucune réglementation et contrôles efficaces ne soient mis en place (Rabemananjara et *al.*, 2008). Vue leur apparence très attractive, les *Mantella* ont été auparavant victimes d'une commercialisation intense. Le commerce des *Mantella* a débuté en 1994 et entre 1994 et 2003, 233893 individus ont été exportés de Madagascar (Rabemananjara et *al.*, 2008). Cette surexploitation a largement affecté la survie des *Mantella* (Andreone & Luiselli, 2003). Actuellement, tous les *Mantella* se trouvent dans l'annexe II de la CITES

(Rabemananjara et al., 2008). Leurs exportations sont soumises à une réglementation stricte afin d'éviter une exploitation préjudiciable à leur survie.

Selon Crottini et al. (2012), les Mantellidés ont colonisé Madagascar au Crétacé inférieur ou au Pléocène, il y a 88 milliards d'année avant notre ère. Cette période correspond approximativement à la séparation de Madagascar avec la masse continentale formée par Inde-Sheychelles. Mantellidae fait partie des familles tropicales les plus riches en nombre d'espèces, en diversité morphologique, en terme écologique et en différent mode de reproduction (Pabijan et al., 2012). Cette famille est subdivisée en trois sous-familles à savoir Laliostominae, Boophinae et Mantellinae. Parmi elles, Mantellinae est la plus diversifiée. Elle renferme les grenouilles de grande taille de Madagascar (*Mantidactylus grandidieri*, *M. guttulatus* et *Boehmantis microtypanum*) et aussi les grenouilles de très petite taille (*Wakea madinika* et *Blommersia kely*) (Glaw & Vences, 2007). Les Mantellinae sont endémiques de Madagascar et de Mayotte (Vences & Glaw, 2006), les plus attractives en sont les *Mantella*. Ce genre est composé de 17 espèces (Glaw & Vences, 2007). Les *Mantella* sont des grenouilles de petite taille (longueur totale du corps : 18-33 mm). Elles sont connues par leur peau très colorées contenant d'alcaloïdes (Daly et al., 1996). D'après Clark et al. (2006), ces caractères proviennent de leurs proies qui sont spécialement constituées par des arthropodes. La présence d'alcaloïdes dans la peau des *Mantella* leur permet probablement de se protéger contre les prédateurs (Woodhead et al., 2007).

Malgré les lacunes constatées au niveau de la connaissance sur les espèces du genre *Mantella*, en particulier *M. cowani*, quelques données sont déjà disponibles grâce aux études et investigations menées par différentes institutions et chercheurs à travers Madagascar. La majorité de ces études se sont focalisées sur la taxinomie (Böhme et al., 1993 ; Vences et al., 1999 ; Odierna et al., 2001 ; Glaw & Vences, 2006), la phylogénie (Pintak et al., 1998 ; Schaefer et al., 2002 ; Vences et al., 2004 ; Glaw & Vences, 2006) et la phylogéographie (Chiari et al., 2005 ; Rabemananjara et al., 2007). Les connaissances sur l'écologie restent encore lacunaires alors qu'elles sont fondamentales pour la détermination des activités de conservation nécessaires.

Mantella cowani fait partie des espèces gravement menacées à Madagascar qui ont besoin d'une stratégie de conservation spécifique (Raxworthy, 2008). Vue son aire de répartition très localisée, sa spécificité écologique accentuée et les

différentes menaces qui pèsent sur elle, cette espèce est visiblement vulnérable à l'extinction. Quelques actions de conservation ont été déjà faites pour assurer sa préservation. Aussi, à la suite de nombreuses investigations effectuées, notamment sur le terrain, un Plan d'Action de Conservation pour *Mantella cowani* a été établie (Rabibisoa, 2008). Les informations disponibles concernant l'espèce ont été rassemblées dans ce plan d'action afin d'élaborer des perspectives pour assurer son avenir. Suite au PACM, le site Fohisokina, depuis 2010, est protégé temporairement par le VOI FOMISAME (Fohisokina Miaro ny Sahona Mena).

Les données biologiques et écologiques issues des recherches sont destinées aux décideurs et gestionnaires pour servir d'outils d'aide à la prise de décision en matière de gestion, de conservation et de contrôle des espèces sauvages de Madagascar (Ramilijaona et al., 2004). Les investigations bibliographiques faites sur *Mantella* ont révélé que les activités biologiques de *Mantella cowani* suivent le rythme classique des activités des grenouilles (Ramilijaona et al., 2004). En effet, les individus sont plus actifs pendant la période de reproduction avant de connaître un ralentissement après, dans la période post-reproduction. En période d'hibernation, les individus s'enfouissent profondément dans des cavités ou endroits obscurs et il est très difficile de les trouver. *Mantella cowani* vit en sympatrie avec *M. baroni* dans certaines localités comme Ampasimpotsy Nord (Amparihimazava) dans le district d'Ambositra. Un phénomène d'hybridation entre ces deux espèces pourra alors se produire. Chiari et ses collaborateurs (2005) ont déjà signalé l'existence des hybrides entre *Mantella cowani* et *M. baroni* à Amparihimazava. Cette hybridation pourrait entraîner la formation d'un hybride plus vigoureux qui va entrer en compétition directe avec l'espèce et pourrait aller jusqu'à l'élimination de celle-ci.

Bora (2005) a souligné que l'aire de répartition de *Mantella cowani* est limitée uniquement dans la région d'Antoetra dans trois localités. Il s'agit des sites : Amparihimazava, Soamasaka et Fohisokina. L'auteur a révélé que les populations de *Mantella cowani* dans ces trois sites sont caractérisées par la domination des individus adultes. Il a remarqué que les sites Soamasaka et Fohisokina sont des savanes associées à quelques autres types de formations végétales (*Phillipia* sp., *Kalanchoe* sp., *Aloe* sp., *Eugenia* sp., *Pinus*), s'étalant sur les versants des montagnes rocheuses, traversées par des ruisseaux. Le site Amparihimazava est constitué par une forêt humide dégradée et des champs de cultures vivrières (Bora, 2005). Ces

trois sites sont soumis à différentes pressions comme le feu de brousse, la fabrication de charbon de bois et la culture sur brûlis.

D'après Chiari et ses collaborateurs (2005), l'aire de distribution de *Mantella cowani* est limitée dans la partie centre-est de la Haute Terre de Madagascar. Cependant, un nouveau site d'occurrence de l'espèce à Itremo, dans la forêt d'Antsirakambiaty a été découvert en 2008 (Andreone et al., 2008). Puis, une autre zone d'occupation, Ambatofotsy dans le district de Betafo a été trouvée par Rabibisoa et ses collaborateurs (Rabibisoa et al., 2009). Ces découvertes ont permis d'évaluer l'aire de distribution de l'espèce jusqu'à 155 km². Ces résultats avec l'interdiction de la collecte ont permis d'améliorer le statut de l'espèce. De ce fait, depuis 2009, *Mantella cowani* a été classé comme espèce « En Danger » (UICN SSC ASG, 2014).

Noroson (2007) a effectué une étude sur les menaces environnementales de *Mantella cowani* et ses impacts socio-économiques à Antoetra. Elle a signalé que l'application des cultures traditionnelles comme le « tavy » et la surexploitation de *Mantella cowani* étaient les plus grandes menaces qui pèsent sur la population de cette espèce. Effectivement, sa commercialisation faisait partie de la source de revenu de la population locale ce qui a incité les gens à faire une collecte excessive pour gagner un peu plus d'argent. Une forte diminution de la taille de la population a été ainsi constatée (Andreone & Randrianirina, 2003 ; Rabibisoa, 2008).

La dernière étude sur la structure de la population de *Mantella cowani* avant le présent travail a été faite par Rabibisoa et ses collaborateurs entre 2012 et 2013 à Fohisokina. Ils ont trouvé une densité de 750 individus environs par ha. Ce résultat a montré une évolution positive de la population de *Mantella cowani* à Fohisokina. Pour avoir une idée claire sur l'état actuel de la population de *Mantella cowani* dans ce site, nous avons focalisé notre étude sur l'écologie et la biologie de l'espèce. Ceci fournira par la suite des connaissances de base qui permettent de prendre les mesures de conservation nécessaires.

I. METHODOLOGIE

I.1. PRESENTATION DE L'ESPECE

I.1.1. Position systématique

Mantella cowani a été décrit en 1882 par Boulenger, puis il a été mis en synonymie avec *M. madagascariensis* (Blommers-Schlösser & Blanc, 1991), mais a été ressuscité en 1993 (Böhme et al., 1993). Le terra typica de cette espèce est relativement vague. Il se trouve dans la zone Betsileo est (Glaw & Vences, 1994). La classification suivant Vences et al. (1999) a été adoptée dans cette étude :

Règne	: ANIMAL
Phylum	: CHORDES
Embranchement	: VERTEBRÉS
Classe	: AMPHIBIENS
Ordre	: ANOURES
Famille	: MANTELLIDAE
Sous-famille	: MANTELLINAE Laurent, 1946
Genre	: <i>Mantella</i> Boulenger, 1882
Espèce	: <i>cowani</i> Boulenger, 1882
Nom vernaculaire	: Sahona mena
Noms communs	: Black Golden Frog, Cowan's <i>Mantella</i> , Harlequin <i>Mantella</i> (Anglais), <i>Mantella</i> arlequin (Français)

I.1.2. Morphologie

L'espèce *Mantella cowani* est une grenouille de petite taille. La longueur totale de son corps mesure environ 22 à 29 mm (Glaw & Vences, 2007). Les femelles sont légèrement plus grandes que les mâles. Cette espèce est caractérisée par sa coloration vive aposématique, illustrant ainsi la présence de poison dans sa peau. L'ensemble du corps est de couleur noire, contrastée par des taches rouges ou oranges au niveau de l'insertion des membres et par des bandes transversales de la même couleur au niveau des tibias et tarses (Figure 1). La face ventrale présente des taches circulaires bleues, disposées de façon irrégulière allant de la gorge jusqu'aux fémurs, d'où l'appellation de *Mantella* arlequin. Une tache jaune orangée sous l'œil est parfois présente. Les membres sont dépourvus de palmures et les disques terminales des doigts et des orteils sont moins développées (Vences et al., 1999).



Figure 1. Photos de la face dorsale (A) et ventrale (B) de *Mantella cowani*
(Clichés de Ginah Tsiorisoa A., 2015)

I.1.3. Cri

Comme chez les autres espèces de grenouille, seules les mâles chantent. Le cri de *Mantella cowani* est constitué d'une série de brefs clics de 4 à 5 KHz de fréquence (Glaw & Vences, 1994). Pendant la saison de reproduction, les cris servent à attirer les femelles et à délimiter leurs territoires (Glaw & Vences, 2007 ; Andreone et al., 2014).

I.1.4. Reproduction

La reproduction se passe en dehors de l'eau. Les œufs sont pondus en masse sur terre, sous des feuilles ou des mousses et sont transportés par l'eau de pluie vers les petits ruisseaux (Glaw & Vences, 2007). Ce sont des œufs non pigmentés (Vences et al., 1999). La période de reproduction s'étale entre le mois de décembre et février (Ramilijaona et al., 2004 ; Rabemananjara et al., 2008). Comme chez tous les autres espèces de Mantellinae, l'amplexus est ritualisé et le pseudo-accouplement se fait par une rapide touche de la femelle par le mâle (Andreone et al., 2014). Les mâles ne possèdent pas des calottes nuptiales et les glandes fémorales sont moins évidentes (Blommers-Schlösser & Blanc, 1991 ; Glaw & Vences, 2006). *Mantella cowani* présente un taux de fécondité moins élevé par rapport aux autres espèces de *Mantella*, en moyenne 37 ± 15 œufs par ponte. La taille d'un œuf est de $1,85 \pm 0,22$ mm (Tessa et al., 2009).

I.1.5. Ecologie et cycle de vie

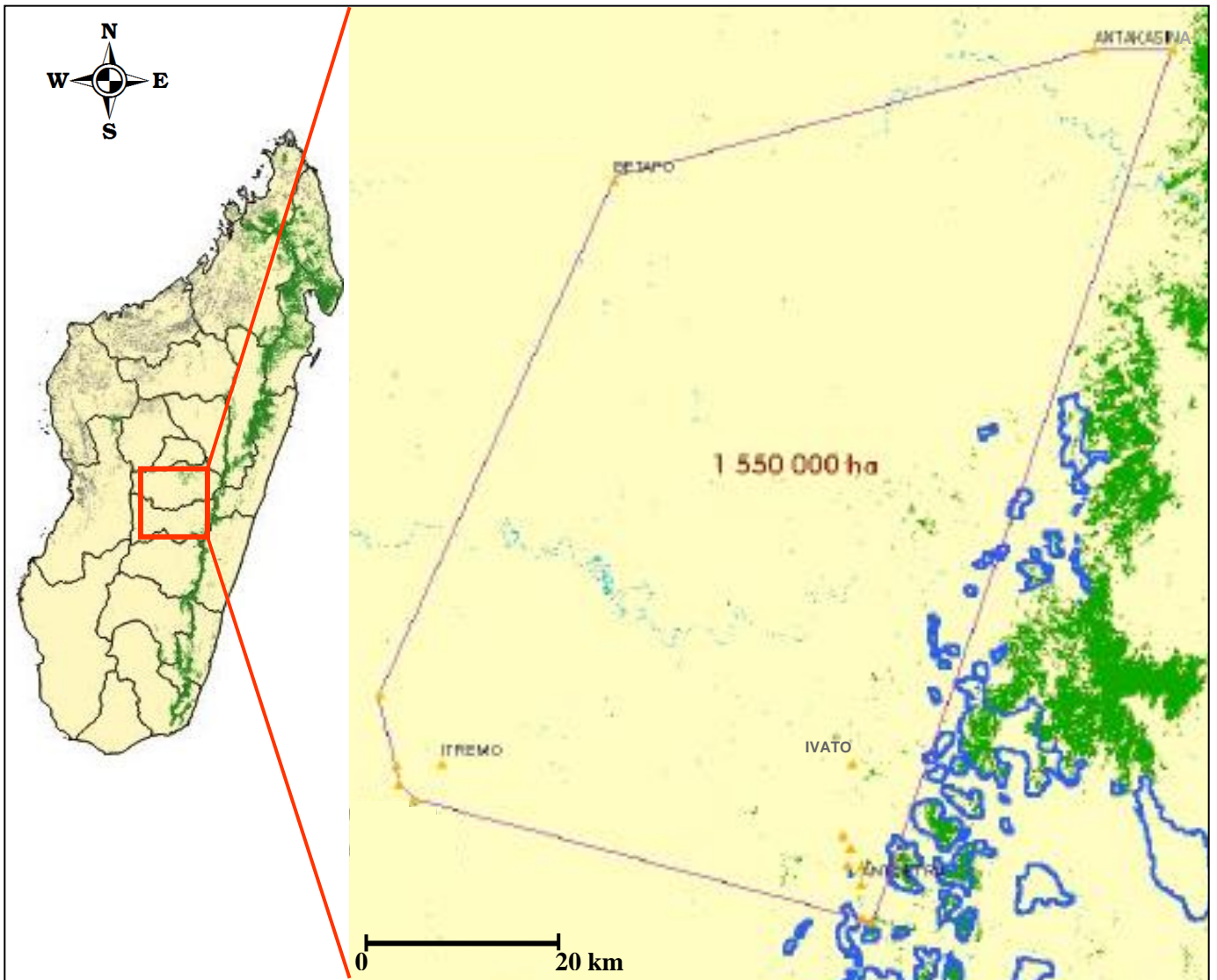
Mantella cowani est une espèce terrestre fréquentant les zones de haute altitude, entre 1000 et 2000 m (Raxworthy, 2008). Il a une mœurs diurne et exploite les milieux ouverts associés aux affleurements rocheux, humides et couverts de mousses et les lisières forestières près des petits cours d'eau (Figure 2). Pendant la saison sèche (période d'hibernation), il s'enfouit probablement dans les interstices très profonds des rochers, dans l'obscurité (Ramilijaona et al., 2004). Pendant la saison de pluie, il rejoint les savanes ou les montagnes avoisinantes et les rochers humides pour se reproduire (Glaw & Vences, 2007). *Mantella cowani* possède une longévité maximale de trois ans (Guarino et al., 2008).



Figure 2. Photos des habitats de *Mantella cowani* à Fohisokina (A) et à Antsirakambiaty (B)
(Clichés de Ginah Tsiorisoa A., 2015)

I.1.6. Distribution géographique

La distribution géographique de *Mantella cowani* est limitée dans la partie centre-est de la Haute Terre de Madagascar (Chiari et al., 2005). Elle englobe cinq communes à savoir Ivato, Antoetra, Itremo, Antakasina et Betafo (Rabibisoa et al., 2009). Ce sont des endroits géographiquement isolés et son aire de distribution couvre environ 155 km² (Rabibisoa et al., 2009) (Figure 3).



- LEGENDE :**
- | | | | |
|---|-------------------|---|--------------|
| ▲ | Zone d'occupation | ■ | Forêt sèche |
| □ | Zone d'occurrence | ■ | Forêt humide |
| □ | Plan d'eau | ■ | Non-forêt |

Figure 3. Carte de distribution de *Mantella cowani*

(Source : Andriambolantsoa Rasolohery, 2009 modifiée par Ginah Tsiorisoa A., 2016)

I.2. SITE D'ETUDES

La présente étude a été menée à Fohisokina ou Vohitsokina (20°42'082" S et 47°17'163" E) qui se situe à 12 km au nord-ouest du village d'Antoetra, dans le Fokontany d'Ampadira, Commune rurale d'Ivato, District d'Ambositra, Région Amoron'i Mania (Figure 4). Le site comprend une colline qui couvre environ 300 ha.

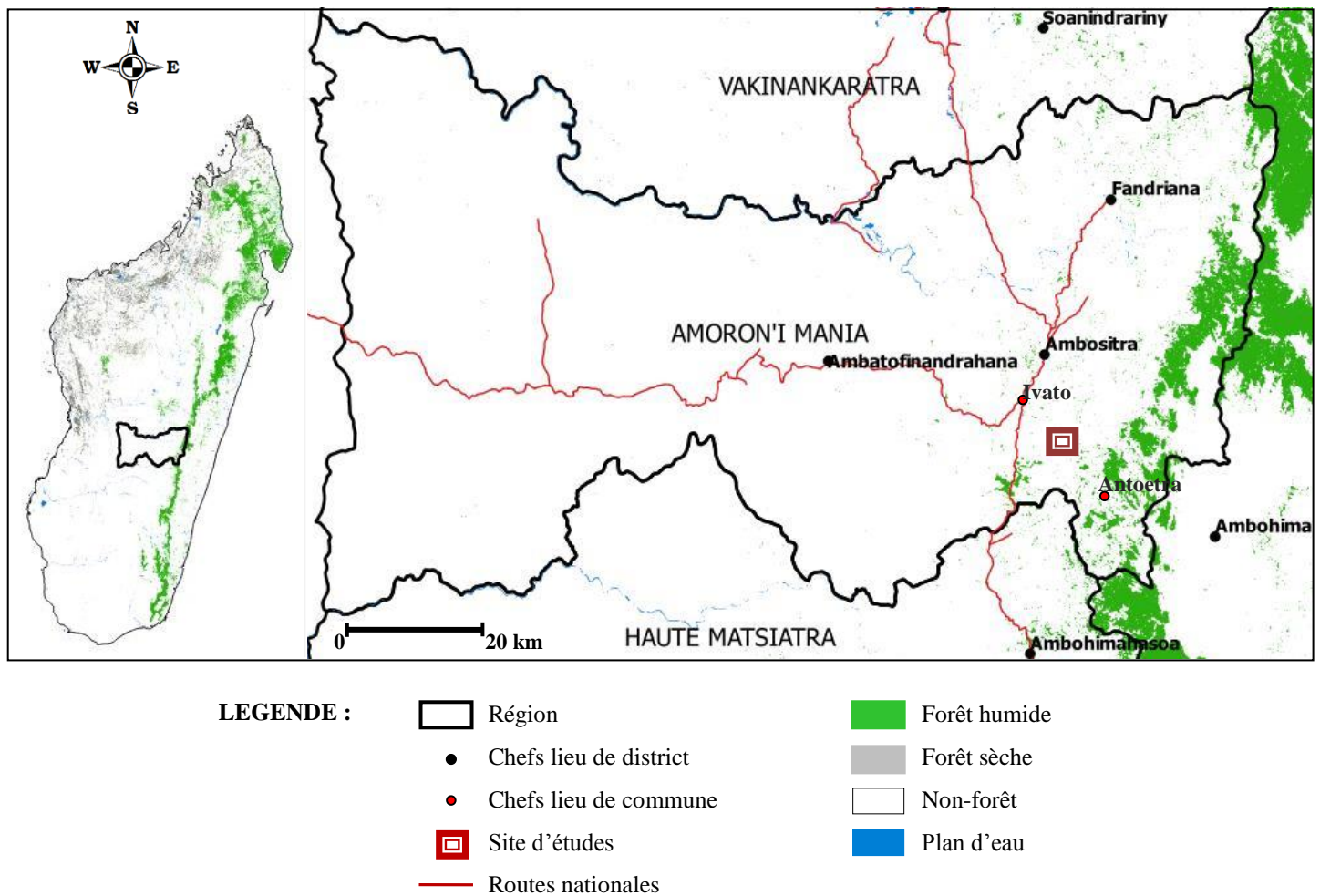


Figure 4. Carte de localisation du site d'études
(Source: BD 500 FTM modifiée par Ginah Tsiorisoa A., 2016)

Le site Fohisokina se trouve dans la zone bioclimatique subhumide de Madagascar (Cornet, 1974). Il est caractérisé par un climat tropical d'altitude dont la pluviométrie et la température annuelle sont respectivement comprises entre 300 et 3300 mm (Moat & Smith, 2007) et 12,8 et 19,8°C (Noroson, 2008). Le mois d'août est le plus sec et le plus humide est celui de janvier (fr.climate-data, 2015). Une courbe ombrothermique résumant la variation de la température et de la précipitation annuelle se trouve dans l'annexe 1.

Le site est représenté par une montagne couverte de savane herbeuse et de prairie, de vastes affleurements rocheux occupent les flancs et le sommet. Ces affleurements sont en grande partie couverts par des mousses et des lichens associés à des orchidées ou à d'autres tapis herbacés. Des petits cours d'eau sont fréquemment observés et ils se rejoignent sur le bas fond, avant de sillonner la vallée.

Des buissons et des fougères se développent régulièrement le long de ces cours d'eau. Ce paysage écologique est illustré par la figure 5.



Figure 5. Paysage écologique de Fohisokina
(Cliché de Ginah Tsiorisoa A., 2015)

I.3. METHODES D'ETUDES

I.3.1. Période d'étude

Le travail de terrain a été effectué en deux étapes, la première durant la période de reproduction (du 26 janvier au 07 février 2015) et la seconde pendant la phase post-reproduction (du 03 au 09 avril 2015) de *Mantella cowani*. L'investigation proprement dite a été précédée par une étude préliminaire. Elle a été entreprise du 07 au 13 décembre 2014. Elle a comme but la détermination du moment de mobilité et du pic d'activités de l'espèce, l'identification des différents types d'habitats existant, la délimitation des zones à inventorier et la préparation et l'organisation de la recherche proprement dite, y compris l'adaptation nécessaire pour les méthodes à appliquer.

I.3.2. Phase d'étude préliminaire

Au cours de cette phase préliminaire, deux longs transects fixes ont été établis comme itinéraire échantillon. Le choix et la longueur de chaque transect varient suivant l'hétérogénéité des habitats et de leur accessibilité. Ils ont par conséquent une longueur respectivement de 270 m et 310 m. La recherche commence à 5 h du matin et se termine à 19 h. L'observation a eu lieu tous les deux heures durant quatre jours successifs. En une journée, chaque transect est visité quatre fois dont deux fois la matinée (5 h à 6 h et 9 h à 11 h) et deux fois l'après-midi (13 h à 15 h et 16 h à 19 h). Chaque observation est faite par deux personnes pendant 40 minutes par transect, soit un effort de 320 min par transect par jour (4 visites \times 2 personnes \times 40 min). L'effort total pour les deux transects par jour pendant cette phase de reconnaissance est donc de 640 min (320 min \times 2). Les directions de l'investigation lors des visites successives sont alternées. Si la direction adoptée du premier jour commence du début vers la fin du transect, celle du jour suivant est effectuée de la manière inverse, de la fin vers le début.

I.3.3. Technique d'échantillonnage : Itinéraire échantillon ou ligne de transect

L'échantillonnage sur itinéraire échantillon ou ligne de transect consiste à des observations directes effectuées le long des lignes établies au préalable et qui traversent les différents biotopes existant dans le site d'études. Il s'agit d'un échantillonnage continu pendant une durée déterminée (Howell, 2004). Cette technique a été utilisée pour recenser les individus de *Mantella cowani* afin de pouvoir étudier et analyser la structure de la population et la préférence en habitat de l'espèce. L'investigation permet aussi de connaître la distribution de la population de *Mantella cowani* dans l'ensemble du site.

Trois types d'habitats ont été identifiés à partir de l'étude préliminaire à savoir : affleurement rocheux, bords de ruisseau et formation herbeuse. Trois lignes de transects de 50 m de longueur par type d'habitat ont été établies pour servir d'itinéraire d'observations (Figure 6). Les observations couvrent une zone de 3 m de part et d'autre du transect. La surface couverte par l'échantillonnage est de 900 m² (50 m \times 6 m \times 3) par type d'habitat. En effet, la superficie totale est de 2700 m² (900 m² \times 3). Chaque transect a été visité pendant dix jours successifs. Selon les expériences acquises lors de la phase préliminaire, les visites des transects

s'effectuent deux fois par jour, de 5 h à 7 h et de 16 h à 18 h. La durée des observations pour chaque transect varie entre 10 et 15 min suivant le nombre d'individus rencontrés. Les caractéristiques générales des transects sont représentées dans le tableau 1. Les coordonnées géographiques des transects se trouvent dans l'annexe 5.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des caractéristiques générales des transects.

Types d'habitat	Transects	Caractéristiques
Affleurement rocheux	T1	Vaste affleurement rocheux en pente, couvert de mousses et de quelques orchidées. Presque toujours humide. Parallèle à un petit ruisseau. A environ 7 m par rapport à un point d'eau.
	T2	Large affleurement rocheux, légèrement incliné couvert d'herbes, de mousses et d'orchidées poussant sur un sol mince. Toujours humide grâce au suintement d'eau.
	T3	Vaste affleurement rocheux sec. Humide seulement durant quelques jours, après une pluie. Environ 50 m par rapport à un point d'eau.
Bords de ruisseau	T4	Bordure d'un ruisseau de 2 m de large, délimitant la zone protégée et présentant quelques blocs de rocher avec des vestiges de forêt galerie dans sa partie inférieure.
	T5	Bordure d'un petit ruisseau de moins d'un mètre de large avec quelques blocs de rocher et des vestiges de forêt galerie.
	T6	Bordure d'un ruisseau couverte d'une formation herbeuse. Aucun affleurement ou bloc de rocher en vue dans le parage.
Formation herbeuse	T7	Formation herbeuse entre deux ruisseaux. Environ 10 m par rapport à un point d'eau.
	T8	Sur pente constituée uniquement par des formations herbeuses. Environ 5 m par rapport à un point d'eau.
	T9	Formations herbeuses à proximité d'un groupement de fougères. Environ 10 m par rapport à un point d'eau.

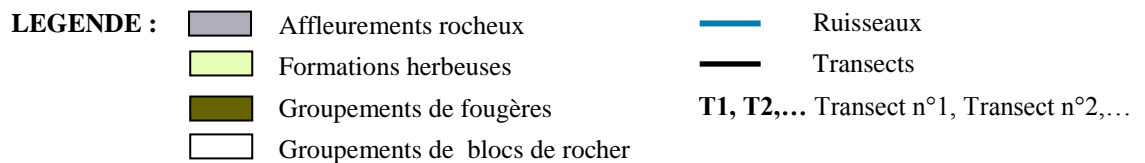
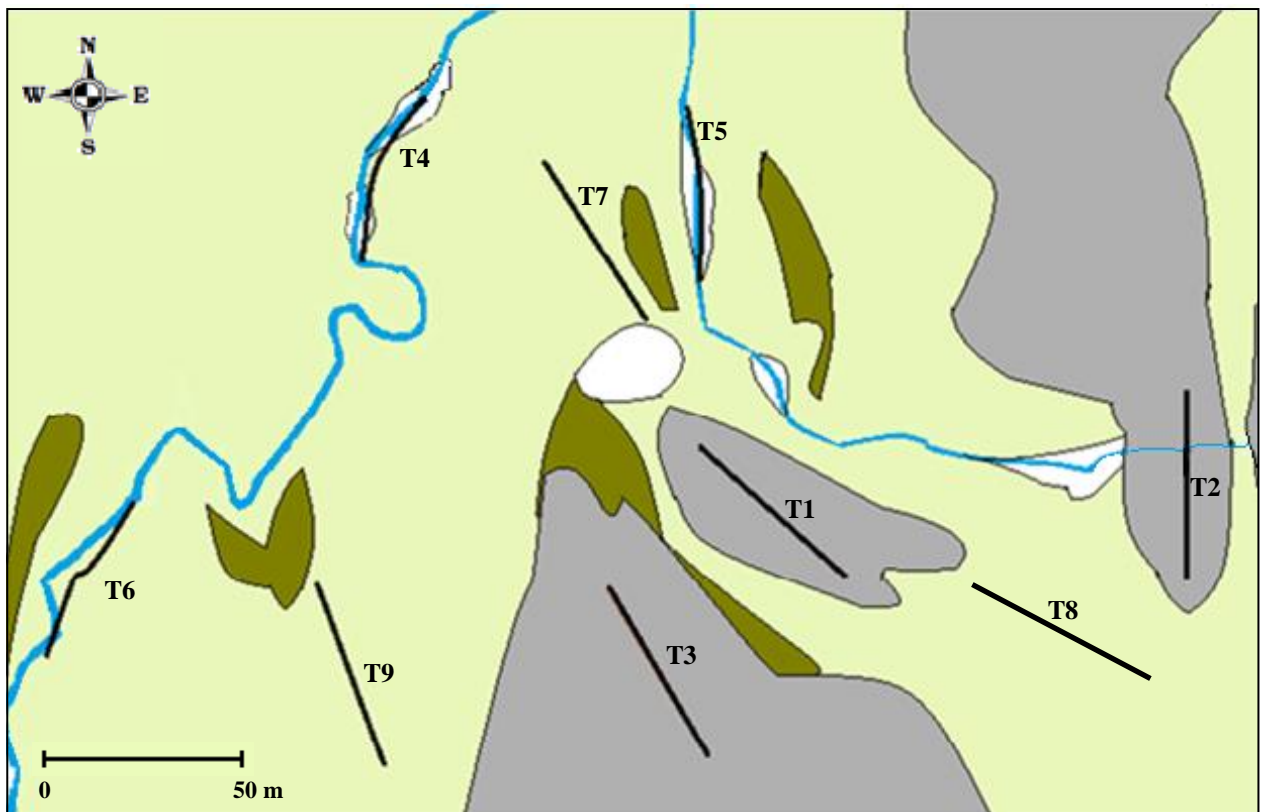


Figure 6. Représentation schématique des lignes de transect dans le site d'études
(Source: Google earth modifié par Ginah Tsiorisoa A., 2016)

I.3.4. Analyse de la structure de la population

L'étude de la structure se fait dans les différents types d'habitats identifiés. La structure de la population considérée dans la présente étude concerne la densité, la classe d'âges et la sex-ratio.

- **Estimation de la taille de la population**

La connaissance de la taille d'une population s'avère importante pour apprécier sa tendance et sa viabilité. La taille d'une population est un des critères déterminant du statut d'une espèce et de l'effort de conservation nécessaire (Gärdenfors et *al.*, 2001). Des recensements continus et répétitifs ont été utilisés pour connaître l'effectif de la population de *Mantella cowani* à Fohisokina. Comme le marquage des individus n'est pas possible chez les amphibiens qu'avec des matériels

très chères (Pigments fluorescents, transpondeurs passifs intégrés (PIT),...), une approche simple mais relativement efficace a été alors adoptée. L'identification de chaque individu se fait à partir des taches sur la face ventrale en fonction de leur nombre, de leur forme, de leur taille et de leur distribution. La combinaison de ces caractéristiques des taches ventrales permet ainsi de distinguer un individu à un autre (Figure 7). La technique consiste à prendre des photos de la face ventrale de chaque individu recensé et comparer les caractéristiques des tâches ventrales de tous les individus photographiés. Ceux qui ont les mêmes caractéristiques sont considérés comme déjà recensés. Cette méthode de recensement a été auparavant utilisée par Rabibisoa et ses collaborateurs (2013) pour estimer la taille de *Mantella cowani* dans le même site.



Figure 7. Photos montrant la face ventrale des trois individus différents
(Clichés de Christian J. Randrianatoandro, 2015)

Afin d'éviter toutes perturbations du comportement des individus photographiés qui pourraient par la suite influencer les observations journalières (observations générales), la prise de photos a été faite tous les trois jours. Comme les individus qui sortent le matin ne sont pas obligatoirement les mêmes qui sortent l'après-midi, des recensements ont été effectués le matin et l'après-midi. En effet, six sessions de recensement ont été réalisées. Après la prise de photo, chaque individu a été relâché sur son lieu de capture. La comparaison des photos c'est-à-dire l'identification de chaque individu a été effectuée ultérieurement.

En admettant que le nombre total (effectifs cumulés) des individus recensés au cours de l'investigation est m , et parmi ces individus, il y a m' qui ont été déjà vu, alors l'effectif réellement recensé N dans les 2700 m² est :

$$N = m - m'$$

La taille ou la densité de la population de *Mantella cowani* dans Fohisokina sera calculée par la formule suivante :

$$D = \frac{N}{S} \quad \text{avec : } \begin{array}{l} \mathbf{D} : \text{densité estimée (individus/ha)} \\ \mathbf{N} : \text{effectif estimé} \\ \mathbf{S} : \text{surface totale explorée en ha} \end{array}$$

- **Estimation de la classe d'âges**

L'estimation de la structure d'âges est importante pour avoir une idée sur la dynamique de la population (Harold & Janet, 1987). La structure d'âges est un paramètre démographique permettant d'avoir un aperçu du taux d'accroissement des populations (Dajoz, 1974). Il permet de déterminer la proportion des individus adultes par rapport aux juvéniles. Chez les amphibiens, suivant les espèces, les adultes diffèrent des juvéniles par la présence des caractères sexuels secondaires comme les glandes fémorales, les calottes nuptiales et aussi par leurs tailles. Chez *Mantella cowani*, la taille des adultes est comprise entre 22 et 29 mm (Glaw & Vences, 2007). Ainsi, la longueur totale du corps a été utilisée dans cette étude afin de déterminer l'âge de chaque individu (Annexe 2). Deux classes d'âges ont été adoptées, l'âge juvénile (< 22 mm) et l'âge adulte (≥ 22 mm). La mensuration a été effectuée avec un pied à coulisse à 0,01 mm de précision.

- **Evaluation de la sex-ratio**

La sex-ratio est un indice biologique important qui détermine le succès reproductif au sein d'une population. En effet, la connaissance de cet indice permet d'avoir un aperçu sur le taux de reproduction d'une population (Harold & Janet, 1987). C'est le rapport entre le nombre des individus mâles et celui des individus femelles. Pour *Mantella cowani*, les critères suivants ont été utilisés pour distinguer un individu mâle d'une femelle :

- les femelles sont plus corpulentes que les mâles dans 91% des cas après dissection des gonades. Les femelles mesurent $29,8 \pm 1,1$ mm contre $25,7 \pm 1,7$ mm pour les mâles, pour la longueur moyenne du corps et $1,9 \pm 0,3$ g contre $1,2 \pm 0,2$ g pour le poids moyen (Guarino et al., 2008) ;
- les glandes fémorales sont développées chez les mâles mais absentes ou réduites chez les femelles (Glaw & Vences, 2007) ;

- les mâles possèdent un sac vocal médian et ils émettent éventuellement des cris durant la période de reproduction (Glaw & Vences, 2007).

La sex-ratio (**SR**) est obtenue par la formule suivante :

$$\text{SR} = \frac{\text{Nombre des individus mâles}}{\text{Nombre des individus femelles}}$$

I.3.5. Etude de la répartition des activités : Suivi des individus focaux

Des suivis focalisés sur quelques individus ont été faits afin d'analyser la répartition des activités de l'espèce au cours de la journée. Les suivis ont été effectués au sein du transect n° 1 (Affleurement rocheux humide), après les observations générales. Le principe consiste à déterminer le temps dépensé par cette espèce pour chaque type d'activités (Rija et *al.*, 2014). Trois principaux types d'activités ont été choisis pour cette étude à savoir : repos, déplacement et alimentation (Annexe 3). Toutes formes de mouvement à part ces trois principaux types d'activités seront classées comme « autre ». Afin d'éviter la perturbation de l'animal, des observations à distance (3 à 5 m de l'observateur) ont été procédées. Elles commencent quelques minutes après la découverte de l'animal et se terminent jusqu'à ce que ce dernier se met à l'abri. La durée de chaque observation peut alors varier d'un individu à un autre. L'objectif est de quantifier chaque type d'activité en calculant le pourcentage de temps dépensé pour cette activité par rapport à la durée totale du suivi de l'animal focal. La durée de chaque activité, exprimée en seconde est mesurée par un chronomètre. Le suivi a été effectué par trois personnes dont un observateur, un chronométrateur et un enregistreur des données. En effet, six individus ont fait l'objet de suivi pendant 6 à 30 minutes chacun.

I.3.6. Analyse de la distribution spatiale, de la préférence écologique et de l'influence des facteurs écologiques

L'effectif obtenu (nombre d'individus recensés) dans chaque type d'habitat durant le recensement a permis de déterminer la distribution spatiale et la préférence en habitat de l'espèce dans le site. Etant donnée que *Mantella cowani* fait partie des espèces de montagne dont la distribution spatiale est dépendante des conditions climatiques du milieu (Raxworthy, 2008), deux paramètres environnementaux, la température et l'humidité relative ont été mesurés durant des observations générales

(observations journalières) effectuées le long des mêmes transects utilisés pour le recensement (Annexe 4). La température et l'humidité relative dans le périmètre autour de l'animal ont été mesurées avec un hygromètre (Digital hygromètre). La température de l'animal et celle des substrats qu'il utilise ont été prises avec un thermomètre laser (Mini Ray Temp Thermomètre, -50 à 330°C). Le type de substrats a été aussi noté. Les relevés ont été effectués durant dix jours pendant le temps correspondant au pic d'activités des individus déterminés lors de l'étude préliminaire. Des lampes (Petzl Myo Xp) ont été utilisées lors des observations nocturnes.

I.3.7. Analyses et traitements des données

Les traitements et les analyses des données ont été faits avec les logiciels StatView version 5.0 et R version 3.2.3. Pour vérifier les hypothèses émises au début, après avoir testé la normalité des données (paramétriques ou non), trois sortes de test ont été réalisées (Wheater et *al.*, 2011):

- le test U de Mann Whitney pour la comparaison du temps dépensé par type d'activités entre les individus mâles et les individus femelles ;
- le test de Khi deux pour analyser l'influence de la nature de substrat sur le rythme d'activités de l'espèce ;
- le test de corrélation de Spearman pour vérifier s'il existe une corrélation entre la température de l'animal et celle du biotope.

Le risque d'erreur acceptable pour ces tests est égal à 0,05. La différence n'est pas significative si la valeur de la probabilité p calculée est supérieure à 0,05 et l'hypothèse nulle est alors acceptée. Par contre, si la valeur de p est inférieure à 0,05, la différence est significative et l'hypothèse nulle est rejetée.

II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

II.1. RESULTATS DE LA PHASE PRELIMINAIRE

II.1.1. Pics d'activités

Durant quatre jours successifs de la phase préliminaire, 237 individus ont été observés dont 91 mâles, 142 femelles et quatre autres individus de sexe non identifié car échappés. Les nombres moyens d'individus observés par heure d'observation et les pics d'activités de *Mantella cowani* au cours de cette étude préliminaire sont montrés par la figure 8 suivante.

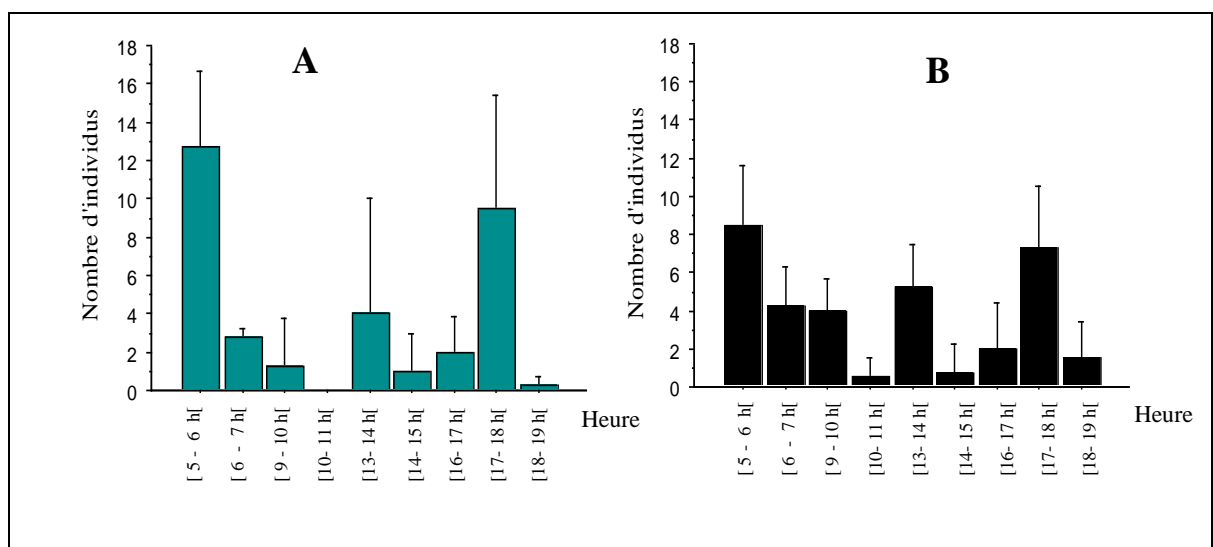


Figure 8. Répartition du nombre d'individus observés (Moyenne \pm DS) en fonction de l'heure et pics d'activités de *Mantella cowani* (A= chez les femelles, B= chez les mâles)

Les rythmes d'activités de *Mantella cowani* ne sont pas uniformes toute la journée. Elles présentent deux pics pour les deux sexes. L'espèce est plus active entre 5 h et 6 h du matin et entre 17 h à 18 h vers la fin de l'après-midi. Pendant les premières heures d'observation, jusqu'à 25 individus (13 femelles et 8 mâles) ont été observés dont 21 en moyenne (Figure 8). En dehors de ces pics, il y a quelques individus qui restent actifs mais le nombre est faible (5 individus au plus).

II.1.2. Cri

Les cris éventuels des mâles caractérisent la saison de reproduction chez la plupart des grenouilles. Les mâles de *Mantella cowani* chantent uniquement pendant le jour. Le nombre total de cris entendus au cours de la phase d'étude préliminaire est de 45. La majorité de ces cris a été entendu aux mêmes emplacements durant les quatre jours d'investigation. La variation du nombre de cri entendu pendant cette phase préliminaire est représentée par la figure 9 suivante.

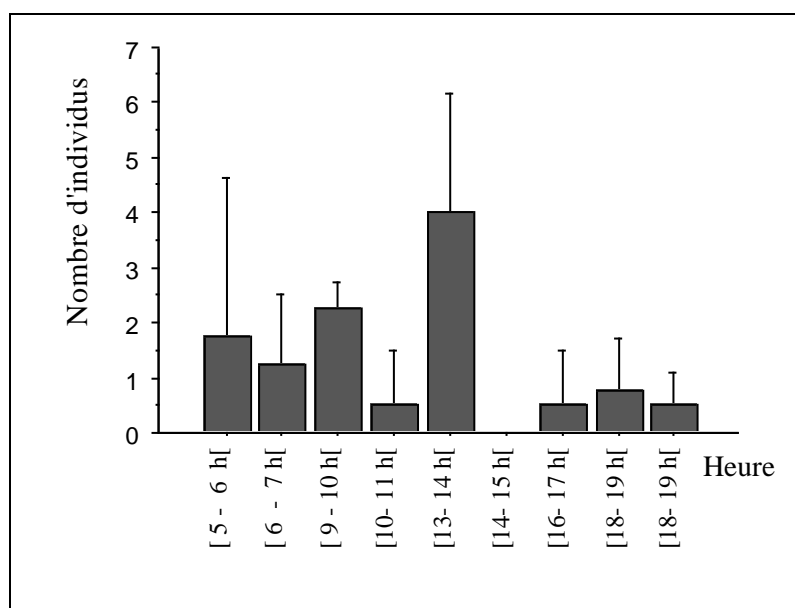


Figure 9. Nombre moyenne (\pm DS) d'individus émettant de cri par heure d'observation

Durant quatre jours de suivi, la fréquence des cris entendus pendant une journée présente une variation. Les mâles émettent des cris dès les premières heures d'observation. Le pic se trouve entre 13 h à 14 h pendant lequel très peu d'individus ont été observés (Figure 9). A partir de 14 h, le nombre de cri entendu est très faible. Les mâles ne font pas de cris à découvert. Parfois, les cris proviennent des grottes ou des cavités. Ces dernières pourraient être alors les principaux lieux de refuge et de recherche de partenaire pour la reproduction pour *Mantella cowani*.

II.2. STRUCTURE DE LA POPULATION

II.2.1. Taille de la population

Les résultats obtenus après six sessions de recensement pendant la période de reproduction sont représentés par le tableau 2. Aucun individu n'a été trouvé durant la période post-reproduction.

Tableau 2. Nombre d'individus observés durant les six sessions de recensement

Session d'observation	1	2	3	4	5	6	Total
effectif (individus observés)	9	6	14	10	4	7	50
effectif «re-observés»	0	0	0	3	0	5	8
Nouveaux	9	6	14	7	4	2	42

Après six sessions de recensement, 50 observations ont été réalisées. Huit individus ont été «re-observés» (Tableau 2). Ainsi, 42 individus ont été recensés (effectif réellement recensé) dans 2700 m² (ou 0,27 ha) explorée ce qui donne une densité de 156 individus par ha. C'est l'estimation de la taille de la population de *Mantella cowani* à Fohisokina pendant la période de reproduction.

II.2.2. Structure d'âges

Parmi les 42 individus recensés, 20 sont des mâles et 22 des femelles. Aucun juvénile n'a été détecté. Les individus ont tous une longueur totale supérieure à 22 mm. La population de *Mantella cowani* à Fohisokina est alors caractérisée par des individus adultes pendant la période de reproduction.

II.2.3. Sex-ratio

D'après les résultats du recensement, le rapport entre le nombre d'individus mâles et celui d'individus femelle est de 0,91. En général, la sex-ratio des populations animales dans la nature oscille autour de un si aucun prélèvement n'a été entrepris. Ceci signifie que la population de *Mantella cowani* à Fohisokina est stable, car il y a presque autant d'individus mâles que d'individus femelles.

II.3. ALTERNANCE DES ACTIVITES

Pour l'étude de la répartition des activités, six individus ont fait l'objet de suivi dont quatre femelles et deux mâles pendant 5544 secondes au total. La durée en seconde de chaque type d'activités de chaque individu focal et la durée totale de chaque suivi sont représentées par le tableau 3.

Tableau 3. Répartition des activités (durée en seconde) de chaque animal focal

Individus	Sexe	Activités (durée en seconde)				Durée totale de suivi (en seconde)
		Repos	Déplacement	Alimentation	Autre	
n°1	Femelle	508	311	6	0	825
n°2	Mâle	346	205	0	0	551
n°3	Femelle	1015	533	20	0	1568
n°4	Mâle	754	916	34	34	1738
n°5	Femelle	124	208	0	0	332
n°6	Femelle	290	236	4	0	530

Les résultats de suivi des six individus focaux révèlent une répartition inégale des activités (Tableau 3). En général, tous les individus suivis allouent beaucoup de temps pour le repos. En effet, quatre parmi les six ont dépensé 290 à 1015 secondes de leur temps pour le repos (plus de 50 % de leur temps), 236 à 533 secondes (environ 30 à 40 %) pour le déplacement et de 6 secondes au plus pour l'alimentation (moins de 1 %). Seul un individu mâle a dépensé 916 secondes pour le déplacement, qui vaut plus de la moitié de son temps (62,65 %). La figure 10 ci-après illustre la répartition des pourcentages de temps dépensés pour chaque type d'activités par sexe.

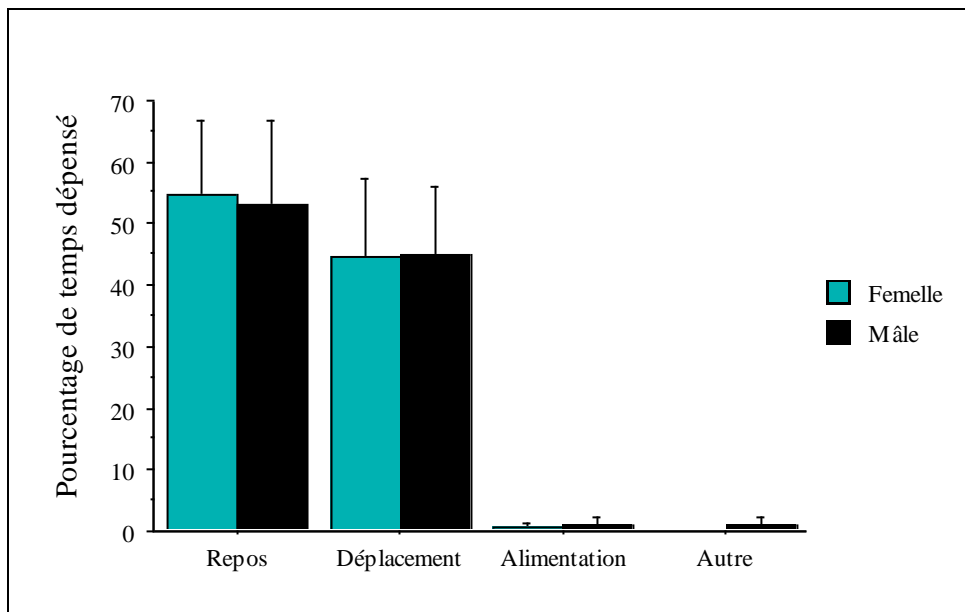


Figure 10. Répartition des activités par sexe (Moyenne des pourcentages \pm DS)

Il n'y a aucune différence significative entre la répartition d'activités des femelles et celles des mâles (Test U de Mann Whitney, $U = 4$, $p > 0,99 > 0,05$ pour le repos ; $U = 4$, $p > 0,99 > 0,05$ pour le déplacement ; $U = 3$, $p = 0,81 > 0,05$ pour l'alimentation ; $U = 2$, $p = 0,35 > 0,05$ pour autre). Les deux sexes ont alors le même rythme d'activités au cours de la journée. Ceci est d'ailleurs bien illustré par la figure 10.

II.4. DISTRIBUTION SPATIALE, PREFERENCE ECOLOGIQUE ET INFLUENCE DES FACTEURS ECOLOGIQUES

II.4.1. Distribution spatiale

L'effectif obtenu durant le recensement varie suivant le type d'habitat. Plus de 80 % des individus observés (41 sur 50 observations) ont été rencontrés dans les habitats représentés par les affleurements rocheux. Le nombre d'individus trouvés dans les bords des ruisseaux et dans les savanes sont très faibles. La distribution de *Mantella cowani* dans le site n'est pas donc uniforme. Il existe une préférence particulière aux habitats où les affleurements rocheux sont importants. Les histogrammes suivants illustrent le nombre d'individus trouvés par type d'habitat durant le recensement (Figure 11).

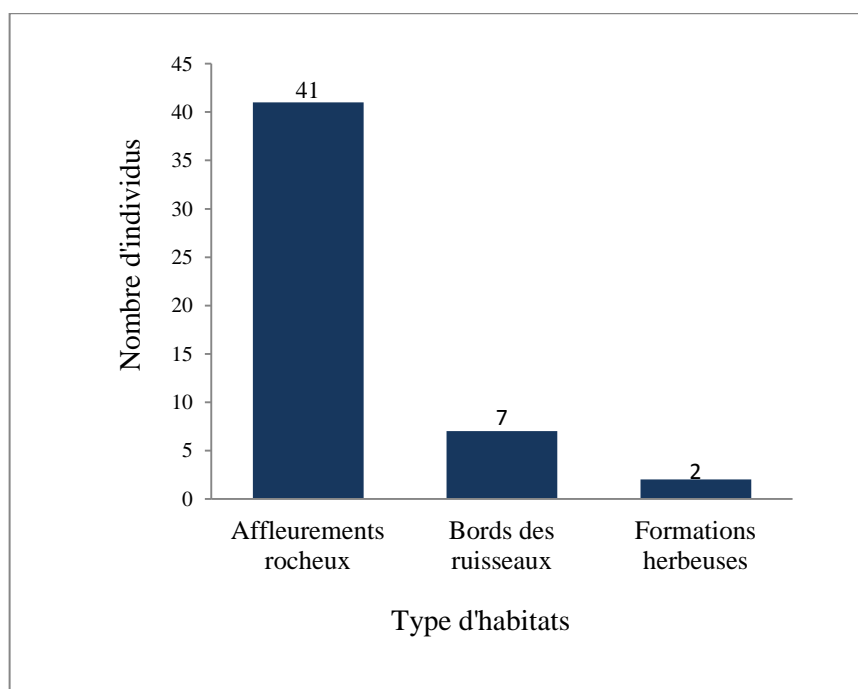


Figure 11. Répartition du nombre d'individus rencontrés par type d'habitat

II.4.2. Préférence écologique : Substrats utilisés

Cinq principaux types de substrat ont été fréquentés par l'espèce durant les 10 jours d'investigations à savoir : rocher, sol, bloc de rocher, cavité et mousse. Une brève description de chaque type de substrat se trouve dans le tableau 4.

Tableau 4. Description de chaque type de substrat

Type de substrat	Description
Rocher	Parties humides des affleurements rocheux et interstices des rochers
Sol	Couches minces de sol sur les affleurements rocheux et terre ferme sur les bords des ruisseaux ou entre les affleurements rocheux, souvent humides, couvertes ou non par des herbes
Bloc de rocher	Petits blocs de rocher se trouvant près des cours d'eau, souvent entassés
Cavité	Trou et galerie sous-terrain se trouvant près des cours d'eau et des affleurements rocheux ou encore des abris sous rochers
Mousse	Mousses humides poussant au ras d'une mince couche de sol sur les affleurements rocheux

Pendant les observations générales, 172 individus ont été observés. Plus de 51 % (88 sur 172) sont trouvés sur rocher et 31 % (53 sur 172) sont observés sur sol. Une différence significative entre le nombre d'individus trouvés dans chaque type de substrat est d'ailleurs statistiquement démontré (test du Khi Deux, $X^2 = 75$; $df = 4$; $p = 1,967 \cdot 10^{-15} < 0,05$). L'hypothèse nulle qui annonce que le nombre d'individus rencontrés est identique dans les différents types de substrat est alors rejetée. En effet, la nature de substrat dans les habitats fréquentés influence la répartition spatiale de *Mantella cowani*. L'espèce présente une préférence particulière au substrat constitué par des affleurements rocheux et au sol humide sur les rochers. Le nombre d'individus observés par chaque type de substrat est montré par la figure 12 suivante.

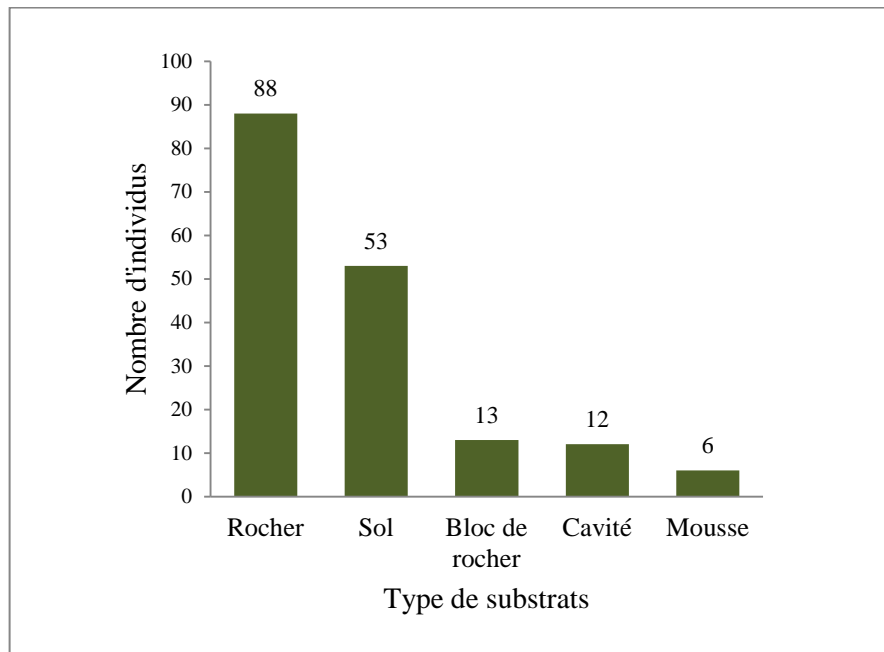


Figure 12. Nombre d'individus observés par type de substrats

II.4.3. Influence des facteurs écologiques

- **Température ambiante**

Le nombre d'observations en fonction de la température ambiante durant les suivis journaliers des transects est représenté par la courbe dans la figure 13. L'effectif représente l'ensemble des individus mâles et femelles.

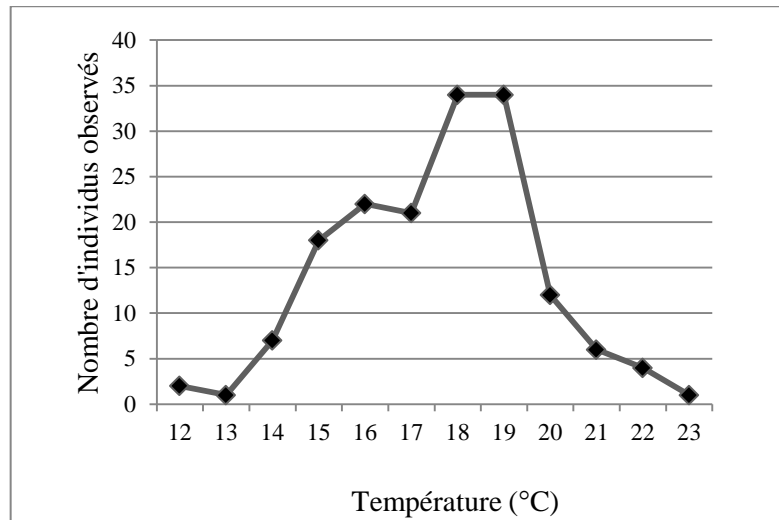


Figure 13. Courbe montrant la variation du nombre d'observation en fonction de la température ambiante

Mantella cowani est de plus en plus active au fur et à mesure que la température augmente (Figure 13). Toutefois, à certain niveau, le rythme d'activités diminue. C'est entre 18°C et 19°C que se situe approximativement le préférendum thermique de l'espèce. En dessous de 15°C et au-delà de 21°C le rythme d'activité est au ralenti.

- **Humidité relative de l'air**

L'histogramme suivant montre le nombre d'observations combiné des individus mâles et femelles en fonction de l'humidité relative de l'air.

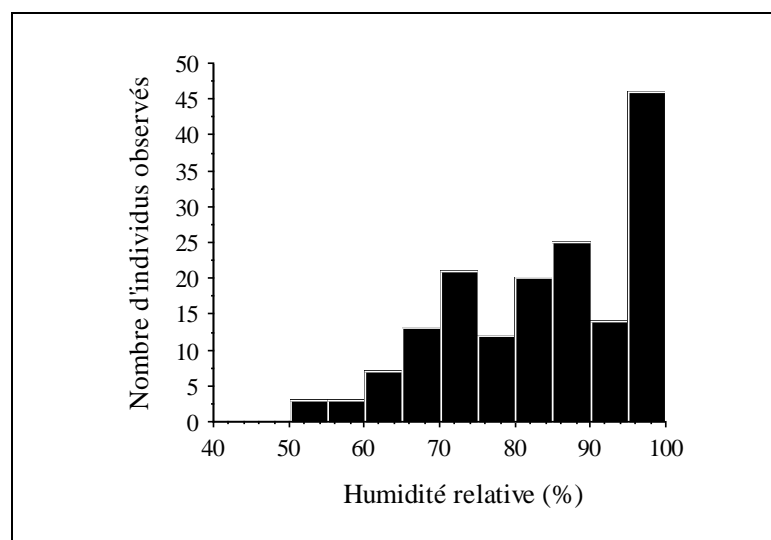


Figure 14. Histogramme montrant la variation du nombre d'observation en fonction de l'humidité relative de l'air

L'espèce reste inactive en dessous d'une humidité atmosphérique égale à 50 % (Figure 14). Le nombre d'individus observés est maximal à une humidité relative entre 95 et 100 %. En effet, le taux de l'humidité de l'air est très important ou même vital pour cette espèce terrestre et rupicole qui fréquente les milieux très ouverts comme Fohisokina.

- **Relation entre la température du biotope et celle de l'animal**

La relation entre la température corporelle et celle du substrat où l'animal se trouve est montrée par la figure 15 suivante.

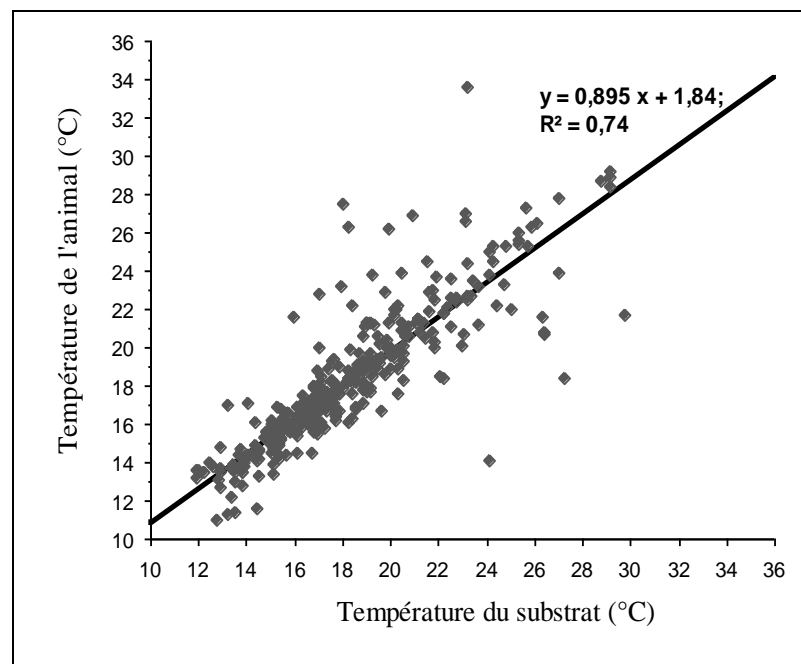


Figure 15. Relation entre la température de l'animal et celle du biotope

La température de l'animal augmente avec celle du milieu ambiant (Figure 15). Il existe alors une corrélation positive entre la température du substrat utilisé et celle de l'animal (Test de corrélation de Spearman, $\rho = 0,86$; $p < 2,2 e^{-16}$). En effet, la température de l'animal augmente proportionnellement avec celle du substrat qu'il utilise. Le rythme d'activités de l'animal est alors lié aux conditions écologiques de son biotope. La plupart des individus se trouve dans des substrats dont la température varie entre 12 et 21°C.

III. DISCUSSION

Etude préliminaire

L'étude préliminaire est une phase nécessaire pour mieux organiser des études biologique et écologique à long terme (Howell, 2004). Elle permet d'atteindre les objectifs et parfois à éviter les imperfections et les échecs des études ultérieures (Cogălniceanu & Miaud, 2010). En effet, la connaissance du pic d'activités et les différents types d'habitat existants dans le site aide à bien mener les études de la structure de la population et de la préférence en habitat de l'espèce. Elle permet aussi de bien gérer l'effort nécessaire et minimise le temps à dépenser pour les études ultérieures.

Pics d'activités

Le rythme d'activités de *Mantella cowani* présente deux pics. Il est plus active le matin et vers la fin de l'après midi. Cette espèce évite une température assez élevée issue d'une forte insolation (Rabibisoa, 2008 ; www.arkive.org, 2016). En effet, le matin (premier pic), l'insolation n'est pas forte et la température reste assez basse, alors l'espèce est beaucoup plus active, puis reprend ses activités vers la fin de l'après midi (deuxième pic) lorsque la température et l'insolation commencent à diminuer. Entre ces temps, notamment pendant la partie la plus chaude de la journée, les mâles chantent dans les cavités à côté des ruisseaux et des affleurements rocheux qui sont probablement leur refuge et lieu de reproduction. Rabibisoa et *al.* (2009) ont d'ailleurs observés que ces cavités font parties des endroits spécifiques fréquentés par *Mantella cowani*. Il faut noter cependant que quelques individus ont été observés toute la journée. L'espèce reste active en dehors des pics mais en ralentissant le rythme. Le fait qu'il s'agit d'une espèce qui vit en dehors de l'eau et dans des endroits ou milieux ouverts explique d'ailleurs cette variation du rythme d'activités au cours de la journée. L'animal évite de s'exposer trop à la chaleur et probablement à des prédateurs potentiels.

Densité de la population

Le résultat du recensement a donné 156 individus de *Mantella cowani* par ha. Ce chiffre est largement inférieur à l'estimation de Rabibisoa et ses collaborateurs en 2012 avec 750 individus environs par ha (Rabibisoa et *al.*, 2013). Ils ont mené

l'étude pendant trois périodes différentes: période de reproduction (février 2012), post-reproduction (mars 2012) et pré-reproduction (septembre 2012). Ils ont utilisé la prise de photo pour la distinction des individus lors du comptage comme nous avons procédé. Toutefois, leur recensement s'est effectué uniquement entre 5 et 9 h du matin. Par ailleurs, ils ont effectué des quadrats avec une surface totale de 2500 m² (0,25 ha) qui est relativement inférieure à celle que nous avons exploré (2700 m² ou 0,27 ha). En effet, nous avons choisie le recensement sur transect pour avoir une diversité maximale en microhabitats susceptibles d'être utilisés par l'espèce. Cette méthode permet à la fois de connaître la structure de la population, de déterminer la distribution spatiale de l'espèce et de définir sa préférence en habitats.

Concernant la technique de recensement, le comptage par prise de photo des individus trouvés est une des méthodes non invasives (Ferner, 2010) et peu coûteuses pour étudier la structure d'une population. Il a peu ou pas d'influence sur le comportement des individus et n'affecte pas la survie de l'espèce. Pourtant, le dénombrement des individus demande beaucoup d'attention pour éviter le risque de confondre deux individus qui ont des taches similaires lorsque le nombre de photo à comparer est élevé.

Structure d'âges et sex-ratio

La structure d'âges et la sex-ratio de la population de *Mantella cowani* indiquent que cette population commence à se stabiliser. Le taux important des individus adultes avec une sex-ratio très proche de l'unité exprime un nombre important de femelles reproductives qui peuvent augmenter le taux de reproduction et de maintenir la stabilité de la population (Harold & Janet, 1987). Par ailleurs, l'absence de juvénile dans cette population peut être envisagé comme résultat d'une forte mortalité après éclosion ou avant la métamorphose complète des têtards ou tout simplement due au faible taux de reproduction au sein de la population. En effet, la présence des prédateurs potentiels des têtards dans le site comme les écrevisses peut diminuer le taux de juvénile au sein de la population. Selon les études en captivité d'une espèce de *Mantella* (*M. aurantiaca*) par Randrianasolo Ravolaharifeno (2012), les larves de cette espèce sont très sensibles. Tout changement de la propriété physico-chimique de l'habitat des têtards pourrait provoquer leur mort avant la métamorphose (Randrianasolo Ravolaharifeno, 2012). Chez les *Mantella*, la

métamorphose a lieu 45 à 360 jours après l'éclosion suivant l'espèce et les juvéniles atteignent la maturité sexuelle au bout de 12 à 14 mois après la métamorphose (www.amphibian.co.uk, 2016). D'après les résultats de l'étude faite par Guarino et ses collaborateurs (2008), *Mantella cowani* est une espèce qui possède une courte longévité (3 ans au maximum). La combinaison de ces deux situations pourrait diminuer la viabilité de la population parce que le faible taux de juvénile se traduira par un nombre insuffisant de successeurs. Par conséquent, la population ne pourrait pas maintenir le nombre suffisant d'individus adultes.

En outre, Il est fort probable que les juvéniles de *Mantella cowani* fréquentent des endroits très particuliers et qui les rend difficiles à trouver. Les résultats de Bora (2005) ont indiqué un faible taux de juvéniles des *Mantella* dans leurs habitats naturels quelque soit la saison. Il se peut aussi que les juvéniles sont moins actifs que les adultes ce qui diminue la probabilité de les rencontrer. Rappelons que les *Mantella* pondent leurs œufs hors de l'eau et c'est l'eau de ruissellement qui les entraîne dans le milieu aquatique pour poursuivre leur développement jusqu'à la métamorphose complète (Glaw & Vences, 2007).

Variation saisonnière du rythme d'activités

La plupart des amphibiens sont plus actifs et se trouvent en grand nombre dans la nature durant la période de reproduction (Andreone, 1996). Les conditions climatiques, notamment la pluviosité associée à la chaleur sont plus favorables pour ses activités biologiques, ceux qui les incitent à sortir, facilitant ainsi leur observation. La période de reproduction est comprise dans la saison chaude et humide. Pendant la période de reproduction, les mâles émettent éventuellement des cris afin d'attirer les femelles prêtes à se reproduire et pour délimiter leur territoire (Andreone et al., 2014). En outre, la disponibilité de nourriture est très importante durant cette période (Razafindrabe, 2009). En effet, les individus sont actifs soit pour les chasses, soit pour les chants (Ramilijaona et al., 2004). Par contre, durant la période pré-reproduction et post-reproduction, la pluviosité et la disponibilité de nourriture relativement faibles font ralentir les activités de l'espèce. La probabilité de voir plus d'individus et d'entendre des cris est alors plus élevée pendant la période de reproduction mais elle diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de cette période (Razafindrabe, 2009). Ce fait a été bien illustré pendant les trois descentes

successives sur le terrain. Le mois de décembre constitue donc la principale période de reproduction de *Mantella cowani*, mais il est toujours actif en janvier et février. Par contre, l'absence des individus rencontrés au cours de la troisième descente pourrait être assimilée à un arrêt total de toutes activités et une entrée à l'hibernation ou en phase de ralentissement d'activités de l'espèce. Toutefois, une visite d'une semaine vers fin mars du même lieu a révélé la présence d'un individu adulte (Randrianatoandro. com. pers.).

Variation journalière du rythme d'activités

Le nombre d'individus de *Mantella cowani* rencontrés durant les observations journalières présente une fluctuation. Cette fluctuation est liée aux conditions météorologiques notamment la précipitation et la température ambiante. En effet, durant les dix jours de suivi, la tombée de crachin et de pluie n'était pas continue. Selon les résultats de Bora (2005), l'abondance de *Mantella* recensées dans neuf sites différents (Andranomandry, Soamasaka, Fohisokina, Amparhimazava, Mangevo, Ambohimanana, Zahavola-Oasis, Nahampoana et Manantantely) augmente parallèlement avec la pluviosité. Le mécanisme d'évapotranspiration est intense et rapide dans les milieux ouverts comme Fohisokina, alors qu'une grenouille doit maintenir sa peau humide pour son besoin physiologique (Andreone et al., 2014). Elle doit ainsi s'abriter dès qu'il fait très chaud. La rencontre des individus devient alors difficile quand la température ambiante est assez élevée et l'humidité relative de l'air est assez faible. Quelques jours après une forte pluie, une forte mobilité des individus a été constatée. Les endroits sont humides et ces individus profitent pour chercher de la nourriture. La distribution spatiale des grenouilles en générale s'avère être influencée par le gradient d'humidité relative (Ramanamanjato, 2008).

Analyse comportementale

Les résultats de suivis des individus focaux montrent une répartition inégale de temps dépensé par ces individus pour les quatre types d'activités considérés dans cette étude (repos, déplacement, alimentation et autre). Seul un individu parmi les six a dépensé plus de la moitié de son temps pour le déplacement, les autres adoptent plutôt pour le repos. Ceci reflète les résultats de Rija et ses collaborateurs (2014) sur l'étude de la répartition des activités d'une espèce de Bufonidae élevé en captivité

(*Nectophrynoides asperginis*) pendant la saison de reproduction de cette espèce. Ils ont trouvé que *Nectophrynoides asperginis* alloue plus de 50 % de son temps pour le repos, environ 30 % pour le déplacement et moins de 10 % seulement pour l'alimentation. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette répartition inégale des activités. D'abord, la prise de nourriture peut avoir lieu avant le suivi alors l'animal préfère de ne plus faire trop de déplacement. Ceci peut aussi expliquer le faible temps dépensé par la plupart des individus pour l'alimentation durant les suivis. Peut être aussi que l'individu n'a pas besoin de s'alimenter trop vu sa petite taille. Ensuite, il se peut que dans le site d'étude, la nourriture est abondante. Dans ce cas, l'animal n'a pas besoin d'aller plus loin. D'après l'étude de Razafindrabe (2009), les proies des *Mantella* sont abondantes durant la période de reproduction de ces grenouilles. Selon Andreone et al. (2013), un faible déplacement d'une grenouille peut être aussi dû à une forte fidélité sur son territoire d'origine. Andreone et ses collaborateurs (2014) ont d'ailleurs mentionné que la plupart des *Mantella* présente ce caractère territorial.

Préférence écologique et facteurs déterminants de la distribution spatiale

Parmi les trois types d'habitat identifiés dans le site, les affleurements rocheux sont les plus utilisés par *Mantella cowani*. Il faut noter cependant qu'il y a une variation au niveau du nombre d'individus observés suivant les caractéristiques même du transect. Selon Andreone et Randrianirina (2003), *Mantella cowani* exige la présence des ruisseaux et des endroits humides. Effectivement, les affleurements rocheux presque toujours humides grâce à la présence éventuelle des mousses sont plus peuplés que ceux qui sont plutôt secs sauf après l'orage. Les études antérieures ont aussi indiqué que l'habitat de *Mantella cowani* à Fohisokina est constitué par des murs des rochers humides riches en mousse (Andreone et Randrianirina, 2003 ; Andreone et al., 2006 ; Rabibisoa, 2008), présentant des fissures ou des dômes et des monticules de terres (Rabibisoa et al., 2009). Les mousses et les interstices de rochers humides servent de refuge pour l'espèce (Bora, 2003). Par ailleurs, l'humidité des substrats permet à une grenouille de garder sa peau humide pour maintenir ses activités biologiques comme la respiration cutanée et les échanges osmotiques (Andreone et al., 2014). Aussi, Ramilijaona et al. (2004) ont remarqué que *Mantella cowani* se trouvent souvent dans les interstices des rochers et sous des plaques de rocher. Concernant les ruisseaux, ce sont les transects présentant un

nombre important de bloc de rocher associés à des formations végétales relativement denses qui abritent beaucoup plus d'individus que les zones avec des formations herbeuses uniquement. Ces blocs de rocher peuvent leur servir de refuge et la formation végétale crée un ombrage pour maintenir au frais l'endroit. Les observations de Bora (2003) ont signalé que *Mantella cowani* fréquente les forêts galeries qui longent les petits ruisseaux et se cache sous les litières. Entre autre, le nombre d'individus rencontrés durant les observations varie suivant le type de substrat. D'après Rabibisoa et al. (2009), *Mantella cowani* utilise des endroits spécifiques tels que les interstices des rochers, le sol, les mousses humides des affleurements rocheux et les grottes. Les résultats de cette étude confirment cette spécificité écologique. Pourtant, ce sont les parties humides des affleurements rocheux et les terres fermes avoisinantes qui sont les plus fréquentées par l'espèce. En outre, la température corporelle des individus observés est directement liée à celle du substrat où ils se trouvent. Ceci explique la poïkilothermie des amphibiens dont la température corporelle varie avec celle du milieu ambiant. Comme tant d'autres vertébrés, il existe souvent un préférendum thermique pour *Mantella cowani* dans lequel l'activité biologique est maximale.

L'observation de *Mantella cowani* est limitée dans la zone avec une température et humidité relative bien définies. Aucun individu n'a été trouvé à une température ambiante en dessous de 12°C et au dessus de 23,5°C. Selon Bora (2003), aucune espèce de *Mantella* ne sort à une température ambiante supérieure à 29°C. A propos de l'humidité relative, nous avons pu encore rencontrer des individus jusqu'à 50 % d'humidité relative. Bora (2003) a signalé que les *Mantella* ne tolèrent pas une humidité relative en dessous de 70 %. En effet, *Mantella cowani* a une grande tolérance vis-à-vis de ce facteur écologique. Notant qu'auparavant cette zone était couverte de forêt (Bora, 2003), et actuellement, il ne reste qu'un milieu ouvert avec quelques vestiges forestières. Ce changement entraîne des modifications des conditions physiques et environnementales du milieu qui par conséquent oblige l'espèce de s'y adapter pour assurer sa survie.

CONCLUSION

Mantella cowani est une espèce terrestre et rupicole diurne, mais qui reste plus active tôt le matin (entre 5 h à 6 h) et vers la fin de l'après-midi (entre 17 h à 18 h) durant la période de reproduction. Ce rythme d'activités est lié aux facteurs climatiques journaliers tels que la température, l'humidité relative et la pluviosité. La saison de reproduction se situe approximativement entre décembre et février, mais les individus peuvent rester actifs jusqu'au fin mars. Le mois d'avril constitue le mois d'entrée en d'hibernation de l'espèce.

La population de *Mantella cowani* à Fohisokina est stable sinon en bonne santé suivant sa structure. Par ailleurs, cette espèce montre une préférence écologique particulière suivant les résultats des investigations au sein des trois types d'habitats identifiés. Une préférence aux affleurements rocheux humides couverts des mousses et se trouvant à proximité de cours d'eau est remarquable. Cette préférence écologique et les exigences de l'espèce peuvent la rendre fragile vis-à-vis du changement du milieu. En plus, la température de l'animal est corrélée positivement avec celle du substrat. Le préférendum thermique de l'espèce se situe entre 18°C et 19°C et 50 % à 100 % pour l'humidité relative. En tenant compte de la taille de la population de 156 individus par ha, du taux élevé d'individus adultes avec une sex-ratio égale à 0,91, la viabilité de l'espèce est assez prometteuse si la structure des habitats dans le site reste constante.

Bref, la population de *Mantella cowani* à Fohisokina n'a pas subi une modification notable au niveau de sa structure. Toutefois, la répartition spatiale de l'espèce dans le site n'est pas uniforme. Elle présente une préférence particulière aux affleurements rocheux humides et son rythme d'activités dépend des conditions écologiques du milieu. Des informations sur la biologie, l'écologie et le comportement de *Mantella cowani* ont été obtenues à partir de la présente étude. Malgré cela, d'autres recherches doivent être menées pour avoir plus d'informations notamment sur la distribution géographique (zone d'occurrence et zone d'occupation) et l'évaluation des menaces. Ce sont des données cruciales pour assurer la conception d'une bonne stratégie de conservation de cette espèce en danger. Des recherches sur la biologie et l'écologie de l'espèce avant la métamorphose seront aussi envisageables et pourront fournir des données

complémentaires sur la tendance de la population. Ainsi, quelques perspectives sont proposées :

- Suivi écologique

Mantella cowani fréquente des endroits très particuliers, une étude sur l'évolution des conditions physiques (la structure des habitats, l'abondance en eau,...) du site à Fohisokina à travers des suivis réguliers s'avère alors nécessaire. Une suivi-évaluation de la population de *Mantella cowani* au sein du même site est aussi cruciale. L'objectif est de suivre la tendance de population de l'espèce en parallèle avec celle du milieu afin de pouvoir prendre les mesures qui s'imposent pour éviter l'extirpation.

- Renforcement de la protection du site

Le site Fohisokina est principalement dominé par une formation savanicole et où sévisse presque annuellement des feux de brousse. Une protection du site Fohisokina contre ce fléau est alors indispensable pour assurer la conservation de l'espèce. La fragmentation des populations à cause du feu de brousse rend l'espèce plus vulnérable et fragile. L'entretien du pare-feu déjà installé serait une alternative favorable contre cette menace. La sensibilisation et l'éducation de la communauté locale sur le sujet pourraient aussi atténuer le dégât.

- Elevage en captivité

L'élaboration des programmes de conservation ex-situ ou en semi-captivité en utilisant les informations disponibles sera intéressante. Cette approche permet de prévoir un programme de réintroduction en cas d'extirpation locale suite à une perturbation de l'habitat naturel. En plus, l'élevage en captivité ou en semi-captivité donne une possibilité de pouvoir reprendre le commerce de l'espèce au niveau international en cas de réussite.

BIBLIOGRAPHIE

Andreone, F. 1996. Seasonal variations of the amphibian communities in two rainforests of Madagascar. *Biogéographie de Madagascar*, pp. 397-402. Lourenco, W. R., (ed.). Orstom, Paris.

Andreone, F. 2008. Frogging Madagascar: a free chat on frogs and frog conservationists across the Red Island. In: *A Conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar*, pp. 21-46. Andreone, F., (ed.). Monografie del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino.

Andreone, F. & Luiselli, L. M. 2003. Conservation priorities and potential threats influencing the hyper-diverse amphibians of Madagascar. *Italian Journal of Zoology*, 70: 53-63.

Andreone, F. & Randrianirina, J. E. 2003. It is not carnival for the harlequin *mantella*! Urgent actions needed to conserve *Mantella cowani*, an endangered frog from the high Plateau of Madagascar. *Froglog*, 59: 1-2.

Andreone, F., Cadle, J. E., Nussbaum, R. A., Raxworthy, C. J., Stuart, S. N., Vallan, D. & Vences, M. 2005. Species review of Amphibian Extinction Risks in Madagascar: Conclusions from the Global Assessment. *Conservation Biology*, 19 (6): 1790-1802.

Andreone, F., Mercurio, V. & Mattioli, F. 2006. Between environmental degradation and international pet trade: Conservation strategies for the threatened amphibians of Madagascar. *Natura*, 95 (2): 81-96.

Andreone, F., Cox, N. A., Glaw, F., Köhler, J., Rabibisoa, N., Randriamahazo, H., Randrianasolo, H., Raxworthy, C., Stuarts, S., Vallan, D. & Vences, M. 2008. Update of the Global Amphibian Assessment for Madagascar in light of species discoveries, nomenclatural changes, and new field information. In: *A Conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar*, pp. 419-438. Andreone, F., (ed.). Monografie del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino.

Andreone, F., Bergõ, P. E., Mercurio, V. & Rosa, G. M. 2013. Spatial ecology of *Scaphiophryne gottlebei* in the canyons of the Isalo massif, Madagascar. *Herpetologica*, 69 (1): 11-21.

- Andreone, F., Rosa, G. M. & Raselimanana, A. P. 2014.** *Les amphibiens des zones arides de l'ouest et du sud de Madagascar*. Association Vahatra, Antananarivo, Madagascar. 180p.
- Böhme, W., Busse, K. & Glaw, F. 1993.** The identity of *Mantella cowani* Boulenger, 1882 and *Mantella haraldmeieri* Busse, 1981 (Anura: Mantellinae). *Amphibia-Reptilia*, 14: 269-273.
- Bletz, M. C., Rosa, G. M., Andreone, F., Courtois, E. A., Schmeller, D. S., Rabibisoa, N. H., Rabemananjara, F. C. E., Raharivoloniaina, L., Vences, M., Weldon, C., Edmonds, D., Raxworthy, C. J., Harris, R. N., Fisher, M. C. & Crottini, A. 2015.** Widespread presence of the pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in wild amphibian communities in Madagascar. *Scientific Reports*, 5 : 8633-8647.
- Blommers-Schlosser, R. M. A. & Blanc, C. P. 1991.** Amphibiens (première partie). *Faune de Madagascar*. Muséum national d'Histoire Naturelle, Paris. 75 (1): 1-379.
- Bora, P. 2005.** Contribution à l'étude écologique et biogéographique de *Mantella aurantiaca*, *Mantella cowani*, *Mantella bernhardi*, *Mantella expectata* et *Mantella haraldmeieri* (ANOURES-MANTELLINAE) dans la région de Moramanga, d'Antoetra, de Ranomafana, de Tolongoïna, d'Isalo et de Tolagnaro (MADAGASCAR). Mémoire de D.E.A, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 96p.
- Chiari, Y., Andreone, F., Vences, M. & Meyer, A. 2005.** Genetic variation of an endangered Malagasy frog, *Mantella cowani*, and its phylogeographic relationship to the widespread *M. baroni*. *Conservation Genetics*, 6: 1041-1047.
- Clark, V. C., Rakotomalala, V., Ramilijaona, R. O., Abrell, L. & Fisher, B. L. 2006.** Individual Variation in Alkaloid Content of Poison Frogs of Madagascar (*Mantella*: Mantellidae). *Journal of Chemical Ecology*, 32: 2219-2233.
- Cogălniceanu, D. & Miaud, C. 2010.** Setting objectives in field studies. *Amphibian Ecology and Conservation*, pp. 21-35. Dodd, Jr. C. K., (ed.). Oxford University Press, Grande-Bretagne.
- Cornet, A. 1974.** Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. Laboratoire de botanique. Antananarivo. 28p.

- Crottini, A., Madsen, O., Poux, C., Straub, A., Vieites, D. R. & Vences, M. 2012.** Vertebrate time-tree elucidates the biogeographic pattern of a major biotic change around the K-T boundary in Madagascar. *Proceeding National Academy of Sciences*, 109: 5358-5363.
- Dajoz, R. 1974.** *Dynamique des populations*. Library of Congress catalog. Paris. 120p.
- Daly, J. W., Andriamaharavo, N. R., Andriantsiferana, M. & Myers, C. W. 1996.** Madagascar poison frogs (*Mantella*) and their skin alkaloids. *American Museum Novitates*, 3177: 1-34.
- Ferner, J. W. 2010.** Measuring and marking post-metamorphic amphibians. *Amphibian Ecology and Conservation*, pp. 123-141. Dodd, Jr. C. K., (ed.). Oxford University Press, Grande-Bretagne.
- Gärdenfors, U., Hilton-Taylor, C., Mace, G. M. & Rodriguez, J. P. 2001.** The application of IUCN red list criteria at regional levels. *Conservation Biology*, 15: 1206-1212.
- Glaw, F. & Vences, M. 1994.** *A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar*. Second edition. Vences & Glaw Verlag. Cologne. 480 p.
- Glaw, F. & Vences, M. 2006.** Phylogeny and genus-level classification of mantellid frogs. *Organisms Diversity and Evolution*, 6: 236-253.
- Glaw, F. & Vences, M. 2007.** *A fieldguide to the amphibians and reptiles of Madagascar*. Third edition. Vences & Glaw Verlag. Cologne. 495p.
- Glaw, F., Köhler, J., De La Riva, I., Vieites, D. R. & Vences, M. 2010.** Integrative taxonomy of Malagasy treefrogs: combination of molecular genetics, bioacoustics and comparative morphology reveals twelve additional species of *Boophis*. *Zootaxa*, 2383: 1-82.
- Guarino, F. M., Sacco, M., Tessa, G. & Andreone, F. 2008.** Short life span of charismatic *Mantella* species: age structure in the critically endangered *M. cowani* and the syntopic in *M. baroni*. In: *A Conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar*, pp. 265-276. Andreone, F., (ed.). Monografie del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino.

- Harold, F. H & Janet, T. 1987.** Population Dynamics. In: *Ecology of Reptiles*, pp. 67-193. Surrey, B. & Sons, P., (ed.). Australia.
- Howell, K. 2004.** Les herptiles: amphibiens et reptiles. *La biodiversité des forêts d'Afrique*. Manuel pratique de recensement des vertébrés. 2^{ème} édition. pp. 19-48. Earthwatch Institute, Oxford, Royaume-Uni.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2014.** *Mantella cowani*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014. <www.iucnredlist.org>
- Laurance, W. F., McDonald, K. R. & Speare, R. 1996.** Epidemic disease and the catastrophic decline of Australian rain forest frogs. *Conservation Biology*, 10: 406-413.
- Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts. 2006.** Classement des espèces de faune sauvage. Antananarivo, Madagascar. Décret n°2006-400.
- Moat, J. & Smith, P. 2007.** *Atlas de la végétation de Madagascar*. Royal Botanic Gardens Kew, Richmond, Surrey. 124p.
- Noroson, S. 2007.** La menace environnementale de grenouille, la *Mantella cowani*, et ses impacts socio-économiques au détriment de Commune rurale d'Antoetra. Mémoire de D.E.A, Département de Géographie. Université d'Antananarivo. 96p.
- Odierna, G., Vences, M., Aprea, G., Lötters, S. & Andreone, F. 2001.** Chromosome data for Malagasy poison frogs (Amphibia: Ranidae: *Mantella*) and their bearing on taxonomy and phylogeny. *Zoology Science*, 18: 505-514.
- Pabijan, M., Gehring, P. S., Köhler, J., Glaw, F. & Vences, M. 2011.** A new microendemic frog species of the genus *Blommersia* (Anura: Mantellidae) from the east coast of Madagascar. *Zootaxa*, 2978: 34-50.
- Pabijan, M., Wollenberg, K., C. & Vences, M. 2012.** Small body size increases the regional differentiation of populations of tropical mantellid frogs (Anura: Mantellidae). *Evolutionary Biology*, 25: 2310-2324.
- Pintak, T., Vences, M., Glaw, F. & Böhme, W., 1998.** Comparative chromosome morphology of Malagasy poison frogs (Amphibia: Ranidae: *Mantella*). *Folia Zoology*, 47: 197-204.
- Rabemananjara, F. C. E., Chiari, Y., Ramilijaona, R. O. & Vences, M. 2007.** Evidence for recent gene flow between north-eastern and south-eastern Madagascan

poison frogs from a phylogeography of the *Mantella cowani* group. *Frontiers in Zoology*, 4: 1-10.

Rabemananjara, F. C. E., Rasoamampionona, R. N., Ramilijaona, R. O., Rakotondravony, D., Andreone, F., Bora, P., Carpenter, A. I., Razafindrabe, T. J., Vallan, D., Glaw, F., Vieites, D. R. & Vences, M. 2008. Malagasy poison frogs in the pet trade: a survey of levels of exploitation of species in the genus *Mantella*. In: *A conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar*, pp. 277-300. Andreone, F., (ed.). Monografie del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino.

Rabibisoa, N. H. 2008. Plan d'action pour la conservation de *Mantella cowani*. Amphibian Spécialiste Group, Conservation International, Antananarivo.

Rabibisoa, N. & Raharivololoniaina, L. 2010. Plan stratégique de prévention et de la lutte contre l'introduction de chytride à Madagascar. *ACSAM Initiative*. Antananarivo.

Rabibisoa, N. H., Randrianasolo, H., Anjeriniaina, M., MacKinnon, M., Andriamamonjisoa, J., Ramandimbison, A. & Randriatoandro, J. C. 2009. New findings of harlequin *Mantella* improve the conservation status of Madagascar's most threatened frog. *FrogLog*, 92: 5-8.

Rabibisoa, N. H., Anjeriniaina, M., Rakotoniaina, V., Randrianasolo, H., Rabemananjara, F. C. E. & Andreone, F. 2013. The Harlequin *Mantella*, *Mantella cowanii* in Antoetra Region, High plateau of Madagascar: New steps in Conservation. *FrogLog*, 107: 50-51.

Ramanamanjato, J. B. 2008. Reptile and amphibian communities along the humidity gradient and fragmentation effects in the littoral forests of southeastern Madagascar. *Biodiversity, Ecology and Conservation of Littoral Ecosystems in Southeastern Madagascar, Tolagnaro*. pp. 167-170. Ganzhorn, J. U., Goodman, S. M., Vincelette, M., (ed.). Smithsonian Institution, Washington.

Ramilijaona, R. O., Raminosoa, N., Rakotondravony, D., Rabemananjara, F. C. E., Bora, P. & Razafindrabe, T. J. 2004. Données sur les Grenouilles du Genre *Mantella* spp. Endémique de Madagascar. Département de Biologie Animale. Antananarivo. 55p.

Randrianasolo Ravolaharifeno, E. 2012. Contribution a l'étude du cycle biologique et du mode de vie en captivité de *Mantella aurantiaca* Mocquard, 1900

(Amphibiens-Anoures. Famille : mantellidae). Mémoire de D.E.A, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 48p.

Razafindrabe, T. J. 2009. Etude du régime alimentaire de sept espèces de grenouilles endémiques de Madagascar (genre *Mantella*). Mémoire de D.E.A, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 98p.

Raxworthy, C. J. 2008. Global warming and extinction risks for amphibians in Madagascar: a preliminary assessment of upslope displacement. In: *A conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar*, pp. 67-84. Andreone, F., (ed.). Monografie del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino.

Rija, A. A., Goboro, E. M., Mwamende, K. A., Said, A., Kohi, E. M. & Hassan, S. N. 2014. Activity Patterns and Fine-Scale Resource Partitioning in the Gregarious Kihansi Spray Toad *Nectophrynoïdes asperginis* in captivity. *Zoo Biology*, 33: 411-418.

Schaefer, H. C., Vences, M. & Veith, M. 2002. Molecular phylogeny of Malagasy poison frogs, genus *Mantella* (Anura: Mantellidae): homoplastic evolution of colour pattern in aposematic amphibians. *Organism Diversity and Evolution*, 2: 97-105.

Tessa, G., Mattioli, F., Mercurio, V. & Andreone, F. 2009. Eggs numbers and fecundity in nine species of *Mantella* poison frogs from arid grasslands and rainforests of Madagascar (Anura: Mantellidae). *Madagascar Conservation & Development*, 4: 113-199.

Vences, M. & Glaw, F. 2006. Phylogeny and genus-level classification of mantellid frogs (Amphibia, Anura). *Organisms, Diversity & Evolution*, 6: 236-253.

Vences, M., Glaw, F. & Bohme, W. 1999. A review of the genus *Mantella* (Anura, Ranidae, Mantellinae): taxonomy, distribution and conservation of Malagasy poison frogs. *Alytes*, 17 (1-2): 3-72.

Vences, M., Chiari, Y., Raharivoloniaina, L. & Meyer, A. 2004. High mitochondrial diversity within and among populations of Malagasy poison frogs. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 30: 295-307.

Wheater, P. C., Bell, J. R. & Cook, P. A. 2011. *Practical Field Ecology: A Project Guide*. British Library. Oxford. 392p.

Woodhead, C., Vences, M., Vieites, D. R., Gamboni, I., Fisher, B. L. & Griffiths, R. A. 2007. Specialist or generalist? Feeding ecology of the Malagasy poison frog *Mantella aurantiaca*. *Herpetological Journal*, 17: 225-236.

WEBOGRAPHIE

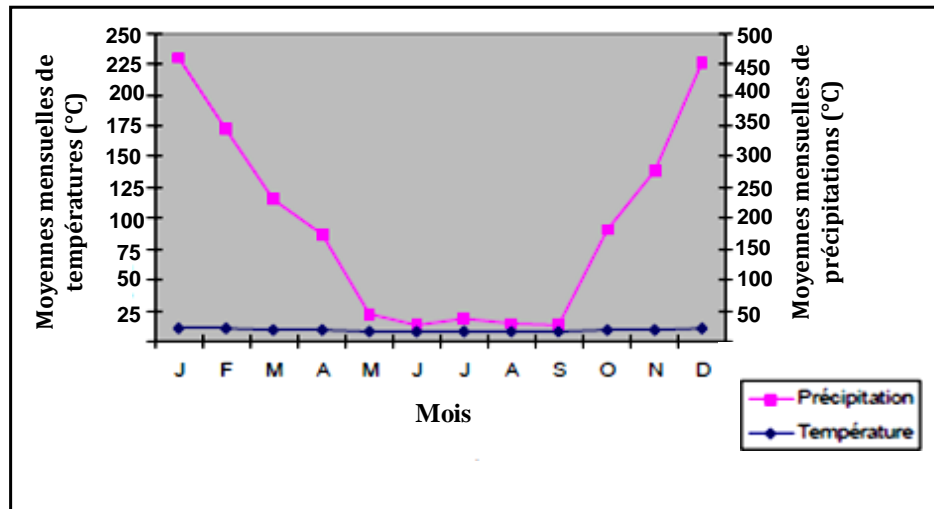
<http://fr.climate-data.org/location/773476/>

<http://www.arkive.org/harlequin-mantella/mantella-cowani/>

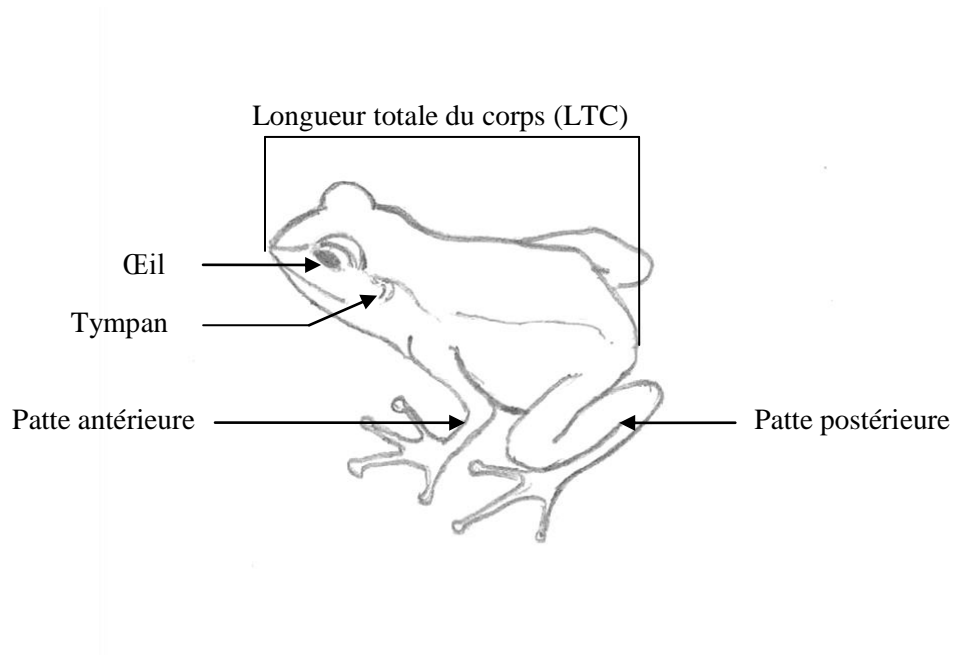
<http://www.amphibian.co.uk/mantella.htm>

ANNEXES

Annexe 1. Courbe ombrothermique d'Ambositra entre 1961 et 1990 (Source : Direction Générale de la Météorologie)



Annexe 2. Morphométrie de *Mantella cowani*



Longueur totale du corps (Ginah Andrianasolo Tsiorisoa, 2015)



Annexe 4. Observations journalières sur transects.

Date	N° Transect	HO	Sexe	Age	Type de substrat	T °C animal	T°C substrat	T°C ambiante	HR (%)

N° : numéro des transects

HO : heure d'observation

T°C animal : température de l'animal en °C

T°C substrat : température du substrat en °C

T°C ambiante : température ambiante en °C du périmètre autour de l'animal

HR % : humidité relative de l'air du périmètre autour de l'animal

Annexe 5. Coordonnées géographiques des transects

Transects	Coordonnées géographiques (Début/Fin)		
	Altitude (m)	Longitude (E)	Latitude (S)
T1	1539	47°17'17,20''	20°42'8,94''
	1562	47°17'17,69''	20°42'10,51''
T2	1597	47°17'16,52''	20°42'10,63''
	1603	47°17'16,99''	20°42'12,05''
T3	1576	47°17'20,05''	20°42'10,64''
	1588	47°17'20,42''	20°42'9,21''
T4	1557	47°17'15,39''	20°42'4,85''
	1555	47°17'14,91''	20°42'6,75''
T5	1568	47°17'13,85''	20°42'8,91''
	1590	47°17'13,19''	20°42'10,18''
T6	1570	47°17'16,96''	20°42'5,93''
	1561	47°17'17,46''	20°42'8,46''
T7	1550	47°17'6,29''	20°42'16,24''
	1549	47°17'17,03''	20°42'8,43''
T8	1556	47°17'14,69''	20°42'9,57''
	1549	47°17'15,62''	20°42'10,91''
T9	1559	47°17'18,59''	20°42'10,35''
	1560	47°17'19,40''	20°42'11,32''

Titre : « ETUDES ECOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE DE *Mantella cowani* (Boulenger, 1882) DANS LA SAVANE DE FOHISOKINA, HAUTE TERRE CENTRALE MALGACHE »

RESUME

Les amphibiens anoures de Madagascar sont caractérisés par leur forte endémicité et leur spécificité écologique. Pourtant, les connaissances sur la biologie et l'écologie de nombreuses espèces restent encore lacunaires. La présente étude se focalise sur la structure de la population, la distribution spatiale et la préférence écologique de *Mantella cowani*, une espèce endémique du centre-est de la Haute Terre de Madagascar en danger. La collecte des données a été réalisée dans la savane de Fohisokina, dans la région d'Antoetra pendant la période de reproduction (décembre 2014 et janvier-février 2015) et post-reproduction (avril 2015). Des recensements par prise de 50 photos de la face ventrale des individus sur neuf lignes de transect en janvier-février ont donné l'estimation de la taille de la population à 156 individus par ha et un sex-ratio de 0,91. La distribution de *Mantella cowani* dans le site n'est pas uniforme. L'espèce présente une préférence particulière aux affleurements rocheux humides. Cette étude a permis d'actualiser les informations relatives à la biologie et l'écologie de *Mantella cowani*, par contre, une évaluation des menaces et des suivis réguliers seront encore nécessaires pour mieux concevoir une stratégie de gestion et de conservation adéquate de cette espèce menacée.

Mots clés : *Mantella cowani*, structure de population, distribution spatiale, Fohisokina, Haute Terre, Madagascar

ABSTRACT

The amphibians anoures of Madagascar are characterized by their high endemism and their ecological specificity. However, the knowledge of the biology and ecology of numerous species still incomplete. This study focuses on the population structure, spatial distribution and ecological preference of *Mantella cowani*, an endemic endangered species of the High Land of Madagascar. Data collection was conducted within the savannah of Fohisokina, in Antoetra region during the breeding season (december 2014 and january-february 2015) and the post-breeding period (april 2015). Census through 50 photos of ventral face of individuals in january-february provided an estimation of 156 individuals per ha of the population size and 0.91 of sex ratio. The distribution of *Mantella cowani* in the site is not uniform. The species shows a preference for wet rocky outcrops. This study provides reliable informations related to the biology and ecology of *Mantella cowani*, however, a threats assessment and regular monitoring will still be necessary in order to improve the conception of management and conservation strategy for this threatened species.

Keywords: *Mantella cowani*, population structure, spatial distribution, Fohisokina, High Land, Madagascar

Encadreur : Pr RASELIMANANA Achille P.

IMPETRANTE

Nom et Prenoms : TSIORISOA

ANDRIANASOLO Ginah

Adresse : Lot IVB 358 Ambohimanala

Tél : +261344500133

e-mail : fentsiur@gmail.com