

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
I. GENERALITES SUR LE MASSIF DE L'ANKARATRA	3
I.1 Situation géographique	3
I.2 Relief	4
I.3 Sol et hydrologie.....	4
I.4 Flore et végétation	4
I.5 Faune	5
I.6 Climatologie	5
II. MATERIELS ET METHODES	6
II.1 Chronogramme des activités	6
II.2 Description des sites d'étude	6
II.3 Matériel biologique.....	8
II.4 Méthode d'étude des paramètres écologiques liés au cours d'eau	9
II.5 Méthode d'inventaire.....	9
II.6 Analyse statistique	12
II.7 Analyse de la structure de la communauté	12
II.8 Indice de diversité de Shannon H' (Magurran, 1988) et d'équitabilité	13
II.9 Analyse de l'affinité éco-biologique des sites.....	14
II.10 Analyse des pressions et menaces sur les grenouilles	14
III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	16
III.1 Morphométrie	16
III.2 Distribution spatio-temporelle de la structure de la communauté	17
III.3 Indice de diversité et équitabilité.....	24
III.4 Analyse de similarité entre les sites.....	25
III.5 Étude de l'habitat.....	27
III.6 Relations entre les facteurs écologiques, la richesse spécifique et l'effectif total.....	29

III.7 Pressions et menaces pesant sur la communauté d'Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra.....	30
IV. DISCUSSION	31
IV.1 La structure de la communauté.....	31
IV.2 Diversité biologique et indice de similarité.....	34
IV.3 Relations entre les facteurs écologiques, richesse spécifique et effectif total	35
V. CONCLUSION.....	36
VI. RECOMMANDATIONS POUR LES ETUDES ULTERIEURES	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38
ANNEXES	I

ACRONYMES

ACSAM: A Conservation Strategy of the Amphibians of Madagascar

ASG: Amphibian Specialist Group

GTZ: Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Agence de coopération technique allemande pour le développement)

PDFIV: Projet de Développement Forestier Intégré dans la région du Vakinankaratra

PGDRN: Programme de Gestion Durable des Ressources Naturelles

SIG: Système d'Information Géographique

SR: Sex-Ratio

UICN: Union International pour la Conservation de la Nature (International Union for Conservation of Nature).

VIF: Vondrona Ivon'ny Fampanandrosoana

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Chronogramme des activités	6
Tableau 2: Tableau illustrant les caractéristiques des différents sites d'étude (Photos de Andrianandrasana Andraina.....	7
Tableau 3: Liste totale et position taxonomique des espèces dans la Station Forestière de Manjakatempo en 1996 par Vences <i>et al</i> en 2001.....	8
Tableau 4: Effectif total pour chaque espèce et leur répartition dans le massif de l'Ankaratra.	16
Tableau 5: Distribution altitudinale et saisonnière de la richesse spécifique en batracofaune du massif de l'Ankaratra	18
Tableau 6: Distribution altitudinale de l'abondance relative	19
Tableau 7: Distribution saisonnière du sex-ratio.....	23
Tableau 8: Distribution saisonnière du sex-ratio.....	24
Tableau 9: Indice de diversité de Shannon (H') et équitabilité (E).....	25
Tableau 10: Indice de similarité de Jaccard.	26
Tableau 11: Récapitulatif du modèle de régression linéaire multiple	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Distribution et répartition des sites d'études sur le massif de l'Ankaratra. Source PDFIV/GTZ. (T (Transect)= S (Site))	3
Figure 2: Figure illustrant le massif de l'Ankaratra (photo de Andrianandrasana Andraina)....	4
Figure 3: Courbe ombrothermique pour la région d'Ankaratra de 1961 à 1990. (Source: Service de la météorologie Ampandrianomby).	5
Figure 4: Méthode de mensuration des grenouilles adultes et de têtards selon la méthode de Halliday et al., (1988).	10
Figure 5: Répartition altitudinale de la taille (SVL) de trois espèces d'Amphibiens recensées dans le massif forestier d'Ankaratra en 2011.	17
Figure 6: Préférendum altitudinal des espèces dans le massif de l'Ankaratra durant l'inventaire de 2011.	20
Figure 7: Histogramme illustrant la distribution saisonnière de l'abondance relative des Amphibiens dans le massif forestier d'Ankaratra au cours de l'année 2011.....	21
Figure 8: Distribution altitudinale de la classe d'âge des Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra en termes d'effectifs.	22
Figure 9: Distribution temporelle de la classe d'âge des Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra en termes d'effectifs.	22
Figure 10: Dendrogramme illustrant l'arrangement en groupe des différents sites selon le niveau de similarité des sites en communauté d'Amphibiens.	26
Figure 11: Courbe montrant la variation altitudinale des températures moyennes pour les deux saisons d'étude dans les 3 sites de campements.	27

LISTE DES ANNEXES

Annexe I: Données météorologiques Manjakatempo 1961-1990.....	I
Annexe II: Principales essences recensées (Source PGDRN/GTZ par Lennertz et al. (1994)..	II
Annexe III. Description des sites d'études et dates de visite pendant chaque descente	III
Annexe IV. Répartition altitudinale de la taille des mâles et femelles pour quelques espèces d'Amphibiens du massif de l'Ankaratra basée sur les données collectées en 2011.	IV
Annexe V. Test de chi-deux pour voir la relation entre la saison et la richesse spécifique.	V
Annexe VI. Distribution saisonnière de l'abondance relative.....	VI
Annexe VII. Variation altitudinale et saisonnière de l'effectif total pour chaque espèce.....	VII
Annexe VIII. Abondance relative total de la communauté d'Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra.	X
Annexe IX. Variation altitudinale et saisonnière de la structure d'âge.....	XI
Annexe X. Variation altitudinale et saisonnière du nombre de mâle et de femelle.	XIII
Annexe XI. Morphométrie.	XIV
Annexe XII. Comparaison de la taille (SVL) sur terrain et la taille (SVL) d'après Vences et Glaw.....	XV
Annexe XIII Moyenne SVL± écart type dans chaque altitude pour <i>M. curtus</i> et <i>M. pauliani</i>	XVI
Annexe XIV. Indice de diversité de Shannon pour les deux saisons.....	XVII
Annexe XV. Température relevée sur le terrain (au niveau des sites de campement).....	XIX
Annexe XVI. Les différents paramètres constitutifs de l'habitat.....	XX
Annexe XVII. Résumé du test de corrélation de Pearson	XXI
Annexe XVIII. Les photos (face dorsale et ventrale) des espèces recensées au cours des quatre périodes d'études.	XXII
Annexe XIX. Quelques photos illustrant les différents sites d'études.....	XXIV

INTRODUCTION

Madagascar est connu pour sa diversité biologique très remarquable tant au niveau de la flore que de la faune plus particulièrement pour les Amphibiens. La grande île abrite environ 276 espèces de grenouilles réparties en cinq familles (Lehtinen et al., 2011). Cette richesse exceptionnelle représente 4% de la faune amphibienne mondiale. Selon l'UICN en avril 2013, Cinquante-cinq espèces sont menacées d'extinction et neuf sont considérées comme en danger critique d'extinction.

Une des menaces majeures qui pèse sur la batracofaune de Madagascar est la destruction de leurs habitats à cause, entre autres, de la déforestation et de la pollution (Andreone et al., 2008b). Le changement climatique observé actuellement semble également contribuer à la modification des microhabitats et peut constituer une menace, particulièrement, pour les espèces non généralistes (IPCC, 2008). Par ailleurs, certaines espèces telles que *Mantella*, *Scaphiophryne* et *Dyscophus* font l'objet du commerce international des animaux (Vietes et al., 2009). Il faut souligner, fort heureusement, que jusqu'à présent la maladie fongique émergente causée par *Batrachochytrium dendrobatidis* qui est à l'origine de l'extinction de populations entières d'espèces dans d'autres régions du monde est absente à Madagascar (Rabibisoa et Raharivololona, 2010). La découverte de nouvelles espèces de grenouilles malgaches n'a cessé d'augmenter au cours de ces deux dernières décennies, situation qui résulte de l'effort accru, en matière de recherche, de l'utilisation de nouvelles techniques comme les études moléculaires et l'exploration des zones restreintes (Vences et al., 2012).

Les massifs de Madagascar abritent une grande diversité herpétologique (Raxworthy et Nussbaum, 1996). Ainsi, des recherches sur les Amphibiens ont été effectuées dans certains massifs forestiers: Andringitra (22°12'S, 46°58'E par Raxworthy et al., 1995); Anjanaharibe-Sud (14°41'S, 49°27'E par Andreone et al., 2000); Marojejy (14°26'S, 49°42'E par Raselimanana et al., 2000); Tsaratanana(14°09'S, 48°58'E par Andreone et al., 2009); et Ranomafana (47°27'E, 21°15' S par Andreone, 1994). Certaines de ces études ont conclu une migration altitudinale ascendante des espèces de grenouilles en raison notamment du changement climatique global (Raxworthy et al., 2008).

Dans le massif de l'Ankaratra, 16 espèces sont connues actuellement et parmi elles *Boophis williamsi* et *Mantidactylus pauliani* sont endémiques locales (Vences et al., 2002). La distribution des espèces dans cette zone est encore mal connue, de plus ces espèces sont gravement menacées à cause des activités anthropiques. Cette menace est amplifiée par le fait qu'aucune législation nationale spécifique ne protège ces espèces à Madagascar. Face à cette situation, l'ASG a élaboré durant un atelier qui se déroulait au mois de septembre 2006, un plan stratégique de la conservation des Amphibiens qui est l'ACSAM. Ainsi, il est primordial de mettre en place une stratégie visant à gérer les espèces de grenouilles dans le massif de l'Ankaratra.

C'est dans cette optique que la présente étude intitulée:« Etude spatio-temporelle de la structure de la communauté d'Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra » a été proposée.

Les principaux objectifs de ce mémoire sont les suivants :

- Compléter les informations existantes sur la distribution des grenouilles dans le massif de l'Ankaratra en vue de contribuer aux choix des options de conservation de ces espèces.
- Connaître les affinités éco-biologiques de ces espèces;

Les objectifs spécifiques sont:

- Collecter des données sur les éléments constitutifs de leurs habitats;
- Etudier l'influence des différents facteurs écologiques sur la structure de la communauté d'Amphibiens;

I. GENERALITES SUR LE MASSIF DE L'ANKARATRA

I.1 Situation géographique

Cette étude a été menée dans le massif de l'Ankaratra qui est délimité par les communes de Sabotsy Namatoana au nord, d'Ambohimandroso au sud, d'Ambatolampy à l'est, et de Faratsiho à l'ouest. Ce massif se trouve à 12 km d'Ambatolampy. Le point culminant qui est Tsiafajavona est à 47°16'00"E et 19°22'00"S.

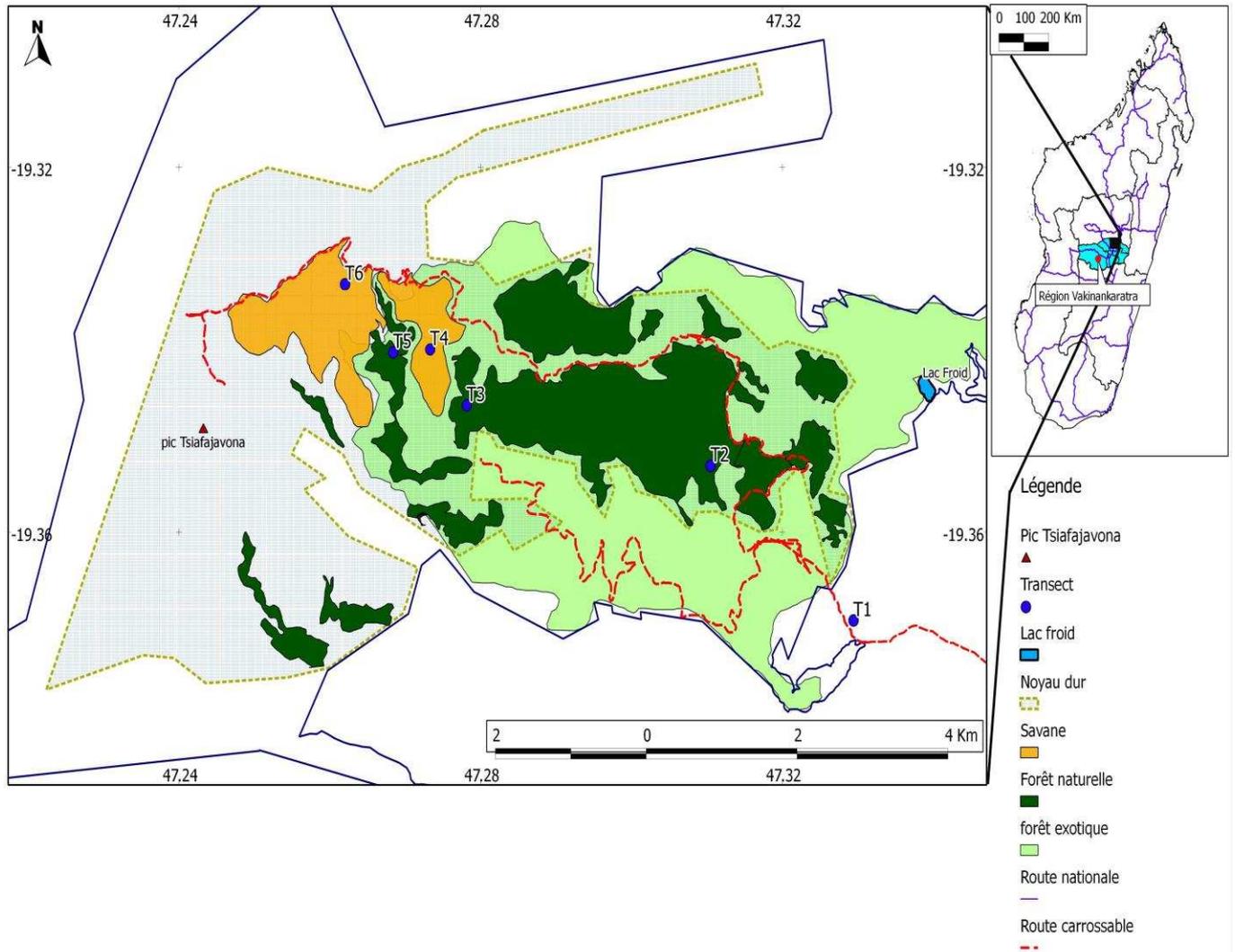


Figure 1: Distribution et répartition des sites d'études sur le massif de l'Ankaratra. Source PDFIV/GTZ. (T (Transect)= S (Site))
T1=S1, T2=S2, T3=S3, T4=S4, T5=S5, T6=S6.

I.2 Relief

Le massif de l'Ankaratra a un relief dérivé de failles, très accidenté, marqué par des pentes abruptes et de nombreux affleurements rocheux. Il est compris entre 1600 m et 2643 m d'altitude. Le sommet qui est Tsiafajavona, culmine à 2643 m.



Figure 2: Figure illustrant le massif de l'Ankaratra (photo de Andrianandrasana Andraina)

I.3 Sol et hydrologie

Une esquisse pédologique de la nature des sols de Madagascar (Hervieu, 1967) montre une prédominance dans les régions centrales de sols de type ferrallitique rouge. Une autre constatation était que le sol est beaucoup plus meuble en pleine forêt par rapport à celui dans la périphérie. Le massif est parcouru par des cours d'eau de type ruisseau, clairs, froids, à fond sableux et rocailleux.

I.4 Flore et végétation

Selon l'ex-projet PGDRN/GTZ établi par Lennertz et al. (1994), 45,85% de la superficie de la Commune rurale de Tsiafajavona est constituée de «tanety» recouvert de végétation arbustive ou herbacée et 20,29% est couverte par de la forêt naturelle et exotique. La végétation exotique est constituée de peuplements de pins (*Pinus patula*, *Pinus Kesiya*, *Pinus pinaster*), tandis que la forêt naturelle est surtout dominée par *Weinmannia* sp (Goodman et al., 1996) et *Dicoriphe viticoides*. La forêt naturelle se concentre entre 1600 m et 2100 m d'altitude et est en général observée sur des pentes fortes à très fortes, à accès difficile voire impossible (Lennertz et al., 1994).

I.5 Faune

Dans le massif de l'Ankaratra, huit espèces de mammifères et 30 espèces d'oiseaux ont été inventoriées par Goodman et al. (1996). Concernant l'herpetofaune, 16 espèces de grenouilles et 12 espèces de reptiles ont été recensées par Vences et al. (1996). Parmi ces 16 espèces de grenouilles, *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* sont endémiques locales et sont en danger critique selon le statut UICN.

I.6 Climatologie

Le massif de l'Ankaratra est caractérisé par un climat de type tropical de haute altitude à deux saisons: l'été où il pleut principalement entre octobre et avril, et l'hiver de mai à septembre.

D'après les données météorologiques collectées à Manjakatempo par Donque (1975), la température moyenne varie de 11,9°C (juillet) à 17,9°C (janvier).

Les températures extrêmes minimum et maximum sont de 5,5°C (juillet) et 24,7°C (novembre). Dans cette même zone, la pluviométrie annuelle moyenne est de 2012 mm. Elle est plus élevée au mois de janvier et connaît une forte diminution aux mois de juin et de juillet. Il est à noter que les données climatiques ne sont plus disponibles pour le District d'Ambatolampy et la Commune de Tsiarafajavona car il n'existe plus de station météorologique. D'après la courbe ombrothermique (figure 2), il y a environ sept mois de période humide (d'octobre à avril) et cinq mois de période sèche (de mai à septembre).

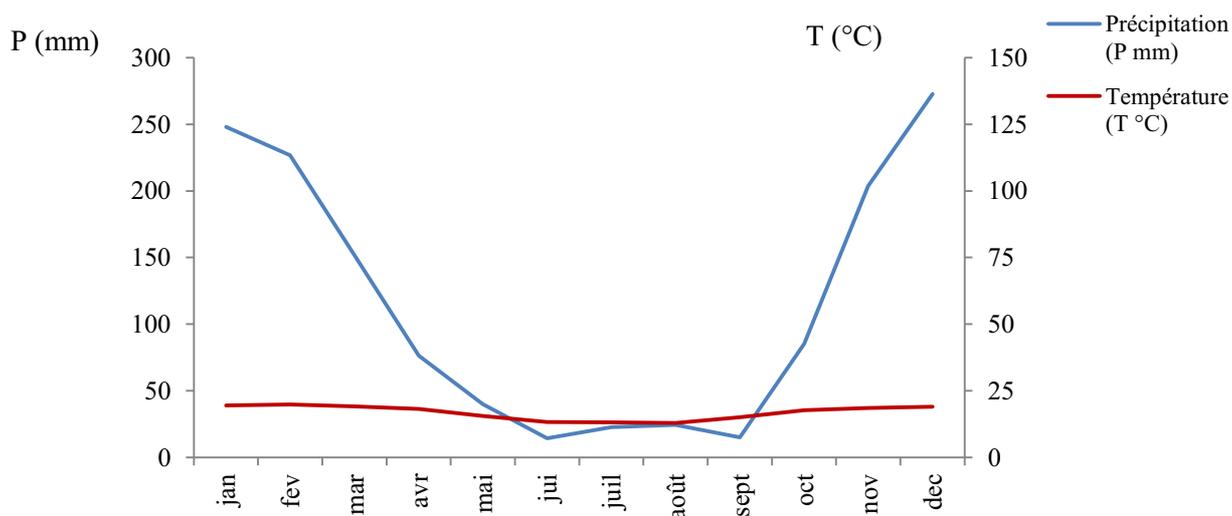


Figure 3: Courbe ombrothermique pour la région d'Ankaratra de 1961 à 1990. (Source: Service de la météorologique Ampandrianomby).

II. MATERIELS ET METHODES

II.1 Chronogramme des activités

Quatre descentes de 15 jours qui se sont réparties sur deux saisons ont été effectuées lors de l'étude. L'inventaire s'est effectué seulement pendant la journée: de 8h du matin jusqu'à 15h de l'après-midi. Le tableau 1 résume les périodes pendant lesquelles les études se sont déroulées.

Tableau 1: Chronogramme des activités

Saisons	Descentes sur le terrain	Dates
Sèche	1 ^{ère}	17 juin au 1 juillet 2011
	2 ^{ème}	17 août au 31 août 2011
Humide	3 ^{ème}	31 octobre au 14 novembre 2011
	4 ^{ème}	08 décembre au 23 décembre 2011

II.2 Description des sites d'étude

Six sites ont été choisis selon les critères suivants: la présence d'un cours d'eau rocheux permanent, l'altitude, le type d'habitat existant et leur état de dégradation. Les sites recouvrent toute la partie de la montagne (crête, vallée et versant).

- Andraraty qui est le site 1 noté S1 est localisé à 1685 m d'altitude, près du village et subit une forte perturbation.
- Ambatomalama qui est le site 2 noté S2 est à 1720 m d'altitude, dans la forêt naturelle qui est actuellement perturbée.
- Tavolotara qui est le site 3 noté S3 se trouve à 2014 m d'altitude, dans un milieu forestier plus ou moins intact.
- Maharavana qui est le site 4 noté S4 est à 2080 m d'altitude, dans la forêt naturelle avec clairière plus ou moins intacte.
- Ambohimirandrana qui est le site 5 noté S5 est à 2264 m d'altitude, sur une pente abrupte de l'ordre de 20 à 50%, dans un milieu ouvert, perturbé. Il est constitué essentiellement de savane arbustive.
- Tsimiamianadahy qui est le site 6 noté S6 se trouve à 2387 m d'altitude et constitué essentiellement de savane herbeuse.

Le tableau en annexe III donne une description plus détaillée de ces différents sites ainsi que les dates de visite et le tableau 2 illustre les caractéristiques des différents sites d'étude.

Tableau 2: Tableau illustrant les caractéristiques des différents sites d'étude (Photos de Andrianandrasana Andraina)

Site	Coordonnées géographiques	Emplacement	Etat général de la forêt	Date de visite
S 6 2387 m TSIMIARAMIANADAHY	S19°20',00" E47°16',44"	Dans un milieu ouvert, au sommet	Perturbé	25 au 29/06/11 22 au 26/08/11 06 au 11/11/11 14 au 18/12/11
S 5 2264 m AMBOHIMIRANDRANA	S19°20',27" E47°16',24"	Milieu ouvert sur une pente abrupte de 20 à 50°	Perturbé	19 au 23/06/11 18 au 22/08/11 01 au 05/11/11 10 au 14/12/11
S 4 2080 m MAHARAVANA	S19°20',27" E47°16',04"	Forêt naturelle avec clairière, dans une pente faible	Plus ou moins intact	25 au 29/06/11 22 au 26/08/11 06 au 11/11/11 14 au 18/12/11
S 3 2014 m TAVOLOTARA	S19°20',45" E47°16',45"	Milieu forestier, sur une pente moyenne	Plus ou moins intact	18 au 22/06/11 18 au 22/08/11 02 au 06/11/11
S 2 1794 m AMBATOMALAMA	S19°21',12" E47°11',38"	Forêt naturelle, dans une vallée	Perturbé	29 et 30/06/11 29 et 30/08/11 13 et 14/11/11 19 et 20/12/11
S 1 1685 m ANDRARATY	S19°21'42,0" E47°19'14,5"	Dans le village	Perturbé	30/06/11 30/08/11 13/11/11 21/12/11

Il est à noter que les sites de haute montagne ont été explorés à fond avec au minimum 4 jours de visite de par la présence d'espèces de cours d'eau importantes. Il est à noter que les sites de haute montagne ont été explorés à fond avec au minimum 4 jours de visite de par la présence d'espèces de cours d'eau importantes.

II.3 Matériel biologique

Les 16 espèces de grenouilles recensées par Vences et al. en 1996 dans le massif de l'Ankaratra ont fait l'objet d'étude. Le tableau 3 résume la position systématique de ces espèces.

Tableau 3: Les espèces recensées, position taxonomique, statuts UICN et endémicité des espèces dans la Station Forestière de Manjakatampo en 1996 par Vences *et al* en 2001.

Espèces	Reproduction	Statut	Endémicité
MANTELLIDAE			
1- <i>Boophis ankaratra</i>	têtard dans les ruisseaux	LC	Régionale
2- <i>Boophis goudoti</i>	têtard dans les ruisseaux et marais	LC	Régionale
3- <i>Boophis microtympanum</i>	têtard dans les ruisseaux	LC	Régionale
4- <i>Boophis williamsi</i>	têtards dans des ruisseaux rapides	CR	Locale
5- <i>Blommersia domerguei</i>	têtards dans le marais	LC	Régionale
6- <i>Blommersia kely</i>	têtards dans le marais	LC	Régionale
7- <i>Mantidactylus alutus</i>	têtards dans le marais et ruisseaux lents	LC	Régionale
8- <i>Mantidactylus curtus</i>	Têtards dans les ruisseaux	LC	Régionale
9- <i>Mantidactylus aff. femoralis</i>	Inconnu	LC	Régionale
10- <i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	Têtards à bouche en entonnoir dans les ruisseaux	LC	Régionale
11- <i>Mantidactylus pauliani</i>	têtard dans les ruisseaux	CR	Locale
PTYCHADENIDAE			
12- <i>Ptychadena mascareniensis</i>	têtards dans le marais	LC	Cosmopolite
MICROHYLIDAE			
13- <i>Plethodontohyla tuberata</i>	Têtards qui se loge dans des nids de gel et ne se nourrissent pas	VU	Régionale
14- <i>Scaphiophryne madagascariensis</i>	Têtards filtreurs dans le marais	NT	Régionale
HYPEROLIIDAE			
15- <i>Heterixalus betsileo</i>	têtards dans le marais	LC	Régionale
16- <i>Heterixalus rutenbergi</i>	têtards dans le marais	NT	Régionale

LC: Préoccupation mineure

CR: En danger critique

VU: Vulnérable

NT : Quasi-menacé

II.4 Méthode d'étude des paramètres écologiques liés au cours d'eau

La mesure de la température s'est faite à l'aide d'un thermomètre minimum-maximum placé à l'ombre dans les trois sites de campement. Tous les jours à 6 heures et 30 minutes du matin, les températures mini-maxi ont été relevées. D'après Zimmerman et Bierregaard (1986), la description des habitats ou des microhabitats fait également partie des données permettant d'interpréter les différentes variations de la distribution des espèces qui peuvent être observées au fil des années.

Le ruisseau

Les données sur le niveau des cours d'eau pour chaque site de ponte ont été obtenues après avoir plongé un bâton dans le cours d'eau. La partie immergée a été mesurée avec une règle graduée.

Trois endroits représentatifs des cours d'eau pour un site ont été échantillonnés en tenant compte des profondeurs moyennes, maximales et minimales. Pour mesurer la vitesse d'un cours d'eau, une feuille a été posée dans le courant et le temps qu'il lui aura fallu pour franchir la distance d'un mètre a été mesuré. Trois endroits représentatifs de la vitesse du cours d'eau pour chaque site ont été échantillonnés et trois types de vitesses ont été obtenus (vitesse maximum, moyenne et minimum).

Les roches

Un descriptif des roches présentes est utile car celles-ci constituent l'habitat de certaines espèces. Pour chaque site, une mesure de la longueur et de la largeur de cinq roches de tailles différentes a été prise afin d'avoir un échantillon représentatif des roches du cours d'eau.

II.5 Méthode d'inventaire

Les méthodes adoptées étaient la fouille systématique, l'observation directe le long des itinéraires, la collection de spécimens de référence et la prise de photos.

➤ Fouille systématique

Six transects d'une longueur variant entre 100 à 140 m ont été mis en place à six altitudes différentes. Chaque transect est subdivisé en des portions de 10 m. L'inventaire débute à partir de la première portion du transect (segment 0-10 m) jusqu'à la dernière portion. La fouille systématique (Raxworthy et Nussbaum, 1994) au cours de la présente étude consiste à soulever une par une les roches dans chaque portion de cours d'eau du site d'étude

et de fouiller les végétations sur les berges. Les grenouilles adultes et juvéniles sont capturées à la main et sont directement mises dans un sachet avec la mention du segment du site.

Les têtards, quant à eux, sont capturés à l'aide d'une épuisette à maille fine (étant donné leur taille) et sont mises dans un autre sachet avec un peu d'eau et toujours avec la mention du segment de site. Lorsque toutes les portions du site ont été inventoriées, des mesures biométriques ont été réalisées à l'aide d'un pied à coulisse. La mensuration suit la méthode de Halliday et al., (1988) présentée dans la figure 4.

Chez les adultes et juvéniles, cette méthode consiste à mesurer:

- le SVL (Snout Vent Length): mesure de la longueur de l'extrémité du museau jusqu'à l'orifice anale.
- le HW (Head Width): mesure de la largeur de la tête.

Chez les têtards, elle consiste à mesurer:

- le BL (Body Length): mesure de la longueur de l'extrémité du museau jusqu'à l'orifice anale.
- le TL (Tail Length): mesure de la longueur de l'orifice anale jusqu'au bout de la queue.

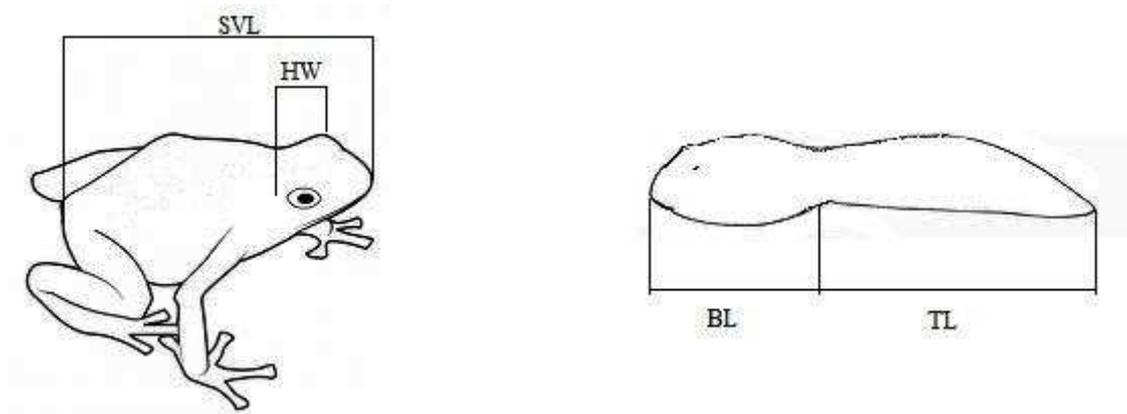


Figure 4: Méthode de mensuration des grenouilles adultes et de têtards selon la méthode de Halliday et al., (1988).

L'identification du sexe des grenouilles a été rendue possible sur le terrain par une observation directe des traits distinctifs. Pour la sous-famille des Mantellinae par exemple, chez les mâles les glandes fémorales sont très marquées, alors que celles-ci sont absentes ou discrètes chez les femelles. Dans la sous famille des Boophinae, la présence de pelote nuptiale est typique chez les mâles.

L'estimation de la classe l'âge biologique a été rendue possible en observant l'état de développement des glandes fémorales pour les *Mantidactylus* et du pied nuptial chez les

Boophis. Quand ces organes sont bien développés ou bien distincts, l'individu est classé dans la classe d'âge adulte.

La taille (SVL) a également servi pour identifier l'âge pour certaines espèces, tous les individus ayant un SVL inférieur à 23 mm a été classé comme juvénile lors de cette étude (méthode appliquée surtout pour le cas de *Mantidactylus pauliani* et *Mantidactylus curtus*). Après l'identification de l'espèce, la mensuration, l'identification du sexe et l'estimation de la classe d'âge de toutes les grenouilles d'un segment de site et après avoir mesuré la taille des têtards de ce même segment, les animaux sont directement relâchés dans la portion du transect où ils ont été capturés.

➤ ***Observation directe le long d'un transect***

Cette méthode complète la fouille systématique des microhabitats afin d'échantillonner l'ensemble des habitats susceptibles d'abriter des grenouilles. Une observation au hasard le long d'un transect en regardant tous les endroits de part et d'autre du cours d'eau a été menée. Les grenouilles collectées par cette méthode sont mises dans le même sachet que les grenouilles recensées par la méthode de fouille systématique correspondante au même segment du site. Pour les deux méthodes, l'effort de capture est constant: quatre personnes évoluent deux par deux avec une vitesse de déplacement d'environ 100 m par heure. Les informations suivantes ont été recueillies sur une fiche: la date du relevé, le site, le segment du transect, le numéro de l'individu rencontré et capturé, la morphométrie, le stade de développement, le sexe, la référence de la photo correspondant à l'animal et les observations particulières.

➤ ***Spécimens de référence***

Afin de mieux documenter les espèces de grenouilles dans le massif de l'Ankaratra et de prévoir les éventuelles modifications au niveau de la systématique, deux individus par espèce (suivant l'autorisation de recherche délivrée par la Direction des Eaux et Forêts) ont été collectés. Pour cela, après capture, mensuration et identification du sexe, les deux individus ont été conservés dans un bocal avec du formol et ramenés au laboratoire du département de biologie animale à l'université d'Antananarivo. Toutes ces informations et spécimens sont documentés avec des références temporelles et spatiales. Chaque spécimen est enregistré par un numéro individuel avec les informations qui le concerne.

Une identification provisoire des espèces a été effectuée sur le terrain. Au laboratoire, les spécimens sont rincés avec l'eau du robinet afin d'éliminer le formol à l'intérieur du corps. La

conservation définitive se fait dans de l'alcool à 70%. Ensuite, les spécimens sont déposés dans la salle de collection du Département de Biologie Animale à l'Université d'Antananarivo où leur identification définitive sera réalisée.

➤ *Prise de photos*

Quelques individus de chaque espèce capturée ont fait l'objet de prises de photos (face dorsale et face ventrale) afin de pouvoir effectuer des études de l'aspect extérieur de l'espèce mais aussi pour observer la coloration des individus en vie dans leur milieu naturel.

II.6 Analyse statistique

Dans le cadre de cette étude, le logiciel d'analyse utilisé est l'IBM SPSS Statistics 19. Un test de normalité de Kolmogorov-Smirnov a été fait pour voir la normalité des données. Ainsi:

- Le test de Chi-deux a été choisi pour voir si la variation spatio-temporelle influence les différents paramètres qui définissent la structure de la communauté d'amphibien dans le massif de l'Ankaratra.
- Une analyse de régression multiple et un test de corrélation de Pearson ont été faites pour vérifier si la température, la vitesse de l'eau, la profondeur de l'eau et la taille des roches, sont associées significativement à la richesse spécifique ou à l'abondance relative.
- Un test-t de Student a été fait pour savoir s'il y a une différence entre la taille des mâles et des femelles pour chaque espèce.

II.7 Analyse de la structure de la communauté

Pour définir la structure de la communauté, les paramètres suivants ont été considérés. Il s'agit de la richesse spécifique, l'abondance relative, la classe d'âge, le sex-ratio, la diversité spécifique et l'équitabilité. Dans le cadre de cette étude, c'est la distribution spatio-temporelle ou autrement dit la distribution altitudinale et saisonnière de ces différents paramètres qui vont être analysés.

II.9.1 Richesse spécifique

Elle correspond à la totalité des espèces qui compose un écosystème. Dans notre cas, c'est le nombre total d'espèces présentes à chaque altitude ou dans chaque site lors des deux saisons dans le massif de l'Ankaratra.

II.9.2 Abondance relative

C'est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce et le nombre total d'individus (Ramade, 1984). L'espèce qui présente un pourcentage le plus élevé est l'espèce la plus abondante. Tandis que celle qui a un pourcentage le plus faible est l'espèce rare. Cette étude sera axée sur la répartition altitudinale et saisonnière de cette abondance relative.

II.9.3 Classe d'âge

Elle renseigne sur la distribution par stade de développement des espèces. Trois stades ont été définis: adulte, juvénile et têtard. La différenciation entre adulte et juvénile s'est basée sur la taille des individus pour chaque espèce.

II.9.4 Sex-ratio

Il désigne le rapport entre le nombre de mâles et de femelles au sein d'une espèce à reproduction sexuée pour une génération ou la descendance d'un individu. C'est un indice biologique important, car la proportion de mâles et de femelles peut affecter le succès reproductif. Le sex-ratio se calcule avec la formule suivante:

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

II.8 Indice de diversité de Shannon H' (Magurran, 1988) et d'équitabilité

L'indice de diversité de Shannon est utilisé pour estimer la diversité spécifique. Il permet de décrire en même temps la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce. Quand H' est élevé, la diversité est élevée, le peuplement renferme alors une majorité d'espèces. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si H' est faible, la diversité est faible. Il est calculé selon la formule:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \text{Log} \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Où

H' : Indice de diversité spécifique

n_i : Effectif de l'espèce i

N : Effectif total des individus recensés

L'équitabilité est le degré de l'hétérogénéité des effectifs dans un peuplement ou dans une communauté. L'équitabilité maximale correspond à la diversité mesurée quand toutes les espèces sont représentées à proportion égale. Une valeur de E élevée voudrait dire que les effectifs dans un peuplement sont repartis de façon homogène. Lorsque la valeur de E est faible, il y a un déséquilibre entre le nombre d'individus pour chaque espèce. Il y a tendance à la dominance de quelques espèces seulement dans la communauté.

Elle est calculée suivant la formule de Pielou (1969):

$$E = \frac{H'}{\log S}$$

Où:

E : Equitabilité

H' : Indice de diversité de Shannon

S : Nombre total d'espèces

II.9 Analyse de l'affinité éco-biologique des sites

C'est une technique qui permet de voir l'affinité entre les sites. L'utilisation du coefficient de similarité de Jaccard permet d'évaluer directement cette affinité de deux sites par le biais des espèces qu'ils ont en commun (Magurran, 1988). La méthode consiste à comparer les sites deux à deux en considérant la présence ou l'absence d'une espèce. Les sites inventoriés ont été comparés deux à deux pour pouvoir mettre en évidence s'il existe de probables similitudes entre eux. Afin d'évaluer ces affinités, un calcul de l'indice de similarité de Jaccard (Southwood et Henderson, 2000) en adoptant la formule suivante a été utilisé:

$$J = \frac{C}{A + B - C}$$

Où

J : Coefficient de Jaccard

C : Nombre d'espèces communes entre les deux sites

A : Nombre d'espèces dans le Site 1

B : Nombre d'espèces dans le Site 2

II.10 Analyse des pressions et menaces sur les grenouilles

Les menaces ont été évaluées à partir des observations faites au cours de l'étude et des informations collectées par des enquêtes auprès des villageois. Plus de poids a été donné pour les menaces qui touchent directement l'habitat des espèces. La connaissance de ces menaces

permet alors la gestion et la conservation durable de la diversité biologique dans le massif de l'Ankaratra.

III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Un total de 2883 individus a été recensé au cours de cette étude dont:

- 1842 *Mantidactylus pauliani* dans les sites S3, S4, S5, S6
- 532 *Mantidactylus curtus* dans les sites S2, S3, S4, S5, S6
- 287 *Boophis williamsi* dans les sites S3, S4, S5, S6
- les 222 individus restants sont partagés pour les autres espèces

Tableau 4: Effectif total pour chaque espèce et leur répartition dans le massif de l'Ankaratra.

Espèce	Effectif total	Site
<i>Blommersia kely</i>	68	S3, S4, S5, S6
<i>Boophis ankaratra</i>	4	S3, S4
<i>Boophis goudoti</i>	47	S2, S3, S4, S5, S6
<i>Boophis microtympaanum</i>	27	S5, S6
<i>Boophis williamsi</i>	287	S3, S4, S5, S6
<i>Mantidactylus alutus</i>	13	S3, S4, S5, S6
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	41	S2, S3, S4, S5, S6
<i>Mantidactylus curtus</i>	532	S2, S3, S4, S5, S6
<i>Mantidactylus pauliani</i>	1842	S3, S4, S5, S6
<i>Ptychadena mascariensis</i>	22	S1

III.1 Morphométrie

L'étude de la répartition altitudinale (de 2014 m à 2387 m) de la taille de *Mantidactylus curtus*, *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* a été menée (annexe IV). Celle des autres espèces n'a pas été réalisée en raison de leur faible représentativité. Une légère augmentation de la taille moyenne chez les deux sexes pour *Mantidactylus curtus*, *Mantidactylus pauliani* a été constatée avec l'altitude (figure 6). Pour *Boophis williamsi*, la taille des femelles augmente également avec l'altitude tandis que celle des mâles diminue. Le SVL et le HW moyen en millimètres des espèces recensées sont représentés en annexe X. Une analyse par le test *t* de Student a été optée pour vérifier s'il y a une variation entre la taille des mâles et des femelles pour chaque espèce.

La taille (SVL) des mâles est différente de celle des femelles pour *Boophis goudoti* ($p = 0,015$), *Boophis microtympenum* ($p = 0,008$), *Mantidactylus pauliani* ($p = 0,0001$) et *Boophis williamsi* ($p = 0,0001$). Chez *Mantidactylus pauliani*, il y a également une différence entre le HW des mâles et des femelles. Aucune différence n'a été observée entre la taille des mâles et des femelles pour les espèces suivantes : *Mantidactylus curtus*, *Mantidactylus brevipalmatus*, *Boophis ankaratra*, *Mantidactylus alutus*.

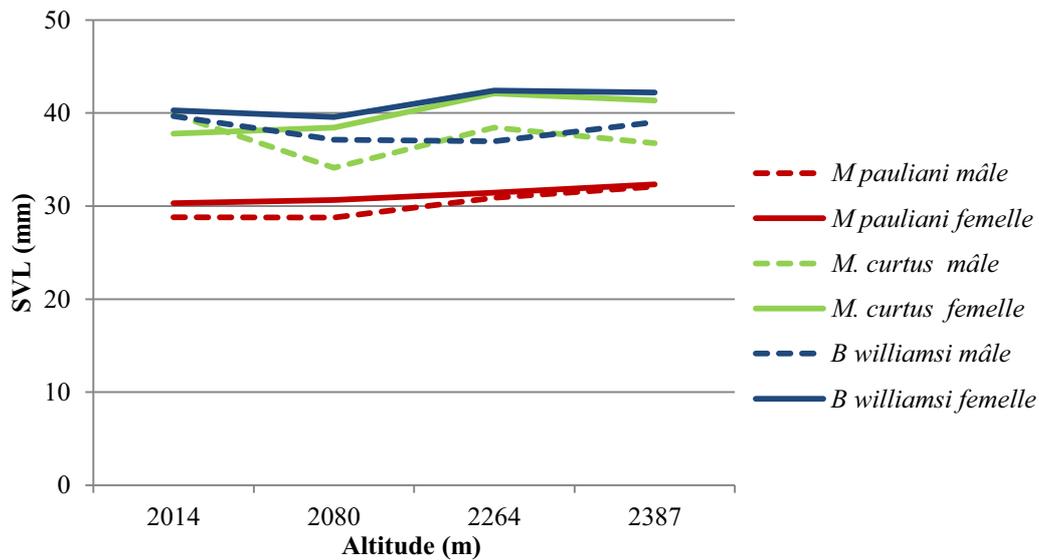


Figure 5: Répartition altitudinale de la taille (SVL) de trois espèces d'Amphibiens recensées dans le massif forestier d'Ankaratra en 2011.

III.2 Distribution spatio-temporelle de la structure de la communauté

III.2.1 Richesse spécifique

Un total de 10 espèces a été répertorié dans le massif de l'Ankaratra lors de cette étude (tableau 5). Ces espèces ont été toutes répertoriées dans les cours d'eau du massif. Le nombre d'espèces inventoriées à chaque altitude et à chaque saison lors de cette étude est présenté dans le tableau 4 et les photos illustrant quelques une des espèces recensées sont montrées en annexe XVIII.

Distribution altitudinale de la richesse spécifique

Le nombre d'individus recensé dans les moyennes et hautes altitudes est plus important que celui dans les basses altitudes.

- à 1685 m, une seule espèce qui est *Ptychadena mascariensis* a été répertoriée.
- à 1720 m, trois espèces dont *Boophis ankaratra*, *Boophis goudoti* et *Mantidactylus brevipalmatus* ont été collectées.

- à 2014 m jusqu'à 2378 m, plus de six espèces ont été recensées.

Tableau 5: Distribution altitudinale et saisonnière de la richesse spécifique en batracofaune du massif de l'Ankaratra

	Saison humide						Saison sèche					
	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m	S1 168 0m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
<i>Blommersia kely</i>			+	+		+			+	+	+	+
<i>Boophis ankaratra</i>			+						+	+		
<i>Boophis goudoti</i>		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Boophis microtypanum</i>					+	+						+
<i>Boophis williamsi</i>			+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Mantidactylus alutus</i>			+	+	+	+						
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>		+	+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Mantidactylus curtus</i>		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Mantidactylus pauliani</i>			+	+	+	+			+	+	+	+
<i>Ptychadena mascariensis</i>	+						+					
Nombre total d'espèces par altitude et par saison	1	3	8	7	7	8	1	2	7	7	6	7
Nombre total d'espèces par saison	10						9					

+: Présence de l'espèce

En somme, la majorité des espèces se concentrent aux altitudes au-dessus de 2014 m.

Distribution saisonnière de la richesse spécifique

Pendant la saison humide, le nombre total d'espèces inventorié est de dix tandis que pendant la saison sèche, il est au nombre de neuf (tableau 5).

Ainsi, le nombre d'espèces inventorié pendant la saison humide est supérieur à celui de la saison sèche. Le résultat du test de Chi-deux a montré que la richesse spécifique ne dépend pas de la saison ($p = 0,85$, $p > 0,05$).

III.2.2 Abondance relative

Distribution altitudinale de l'abondance relative

Mantidactylus pauliani, *Mantidactylus curtus* et *Boophis williamsi* sont les espèces les plus abondantes dans le massif de l'Ankaratra lors de cette étude. Le détail de la distribution altitudinale de l'abondance relative est présenté dans le tableau 6.

- à 1685 m, *Ptychadena mascariensis* est présent à 100%.
- à 1720 m, *Mantidactylus curtus* constitue les 95% des individus.
- à 2014 m, 86% des individus sont représentés par *Mantidactylus pauliani*.
- à 2080 m, les 77% sont composés par *Mantidactylus pauliani*, 14% par *Boophis williamsi*.
- à 2264 m, 45% sont des *Mantidactylus curtus*, 36% des *Mantidactylus pauliani* et 9% des *Boophis williamsi*.
- à 2387 m, 47% des individus formant la communauté sont des *Mantidactylus curtus*, 17% sont des *Mantidactylus pauliani*, 15% sont des *Boophis williamsi* et 7% des *Boophis microtympanum*.

Tableau 6: Distribution altitudinale de l'abondance relative

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
<i>Blommersia kely</i>	0,00	0,00	1,72	2,14	1,96	5,73
<i>Boophis ankaratra</i>	0,00	0,00	0,29	0,11	0,00	0,00
<i>Boophis goudoti</i>	0,00	3,57	1,15	0,96	2,93	2,86
<i>Boophis microtympanum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	6,77
<i>Boophis williamsi</i>	0,00	0,00	5,54	14,24	8,56	15,89
<i>Mantidactylus alutus</i>	0,00	0,00	0,57	0,21	0,98	0,26
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	0,00	1,19	0,67	0,43	3,42	3,91
<i>Mantidactylus curtus</i>	0,00	95,24	3,92	4,71	45,48	47,14
<i>Mantidactylus pauliani</i>	0,00	0,00	86,14	77,19	36,43	17,45
<i>Ptychadena mascariensis</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Un préférendum altitudinal pour les espèces a été marqué et cette préférence est matérialisée par la répartition des individus de l'espèce. Un grand nombre d'individus se concentre aux altitudes de 2014 m et de 2080 m. D'après la figure 7 ci-dessous, une forte corrélation est à remarquer entre la distribution des individus et l'altitude.

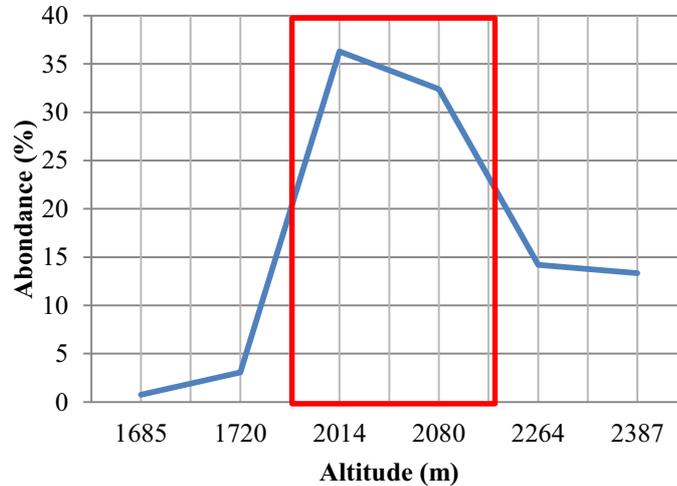


Figure 6: Préférendum altitudinal des espèces dans le massif de l'Ankaratra durant l'inventaire de 2011.

Distribution saisonnière de l'abondance relative total

Un nombre total de 2883 individus a été recensé dans les six sites au cours des deux saisons. Lors de la saison sèche, 1543 individus ont été recensés (53,5%) tandis que pendant la saison humide 1340 (46,5%) ont été répertoriés. *Mantidactylus pauliani* représente la majorité des individus recensés lors des deux saisons. D'après la figure 8, certaines espèces restent toujours abondantes ou assez abondantes toutes les saisons. Il s'agit en particulier de *Mantidactylus curtus* et de *Boophis williamsi*. Les autres espèces sont en général faiblement représentées quelque soit la saison. Ainsi, le nombre d'individus inventorié pendant la saison sèche est largement supérieur à celui recensé pendant la saison humide. La figure 8 et tableau présenté en annexe V illustre cette distribution. La communauté recensée pendant la saison humide est formée de:

- 61% *Mantidactylus pauliani*
- 24% *Mantidactylus curtus*
- 6,79% *Boophis williamsi*
- 2,16% *Mantidactylus brevipalmatus*

Pendant la saison sèche, le peuplement est constitué de:

- 66,23% *Mantidactylus pauliani*
- 13,03% *Mantidactylus curtus*
- 12,70% *Boophis williamsi*
- 3,95% *Blommersia kely*

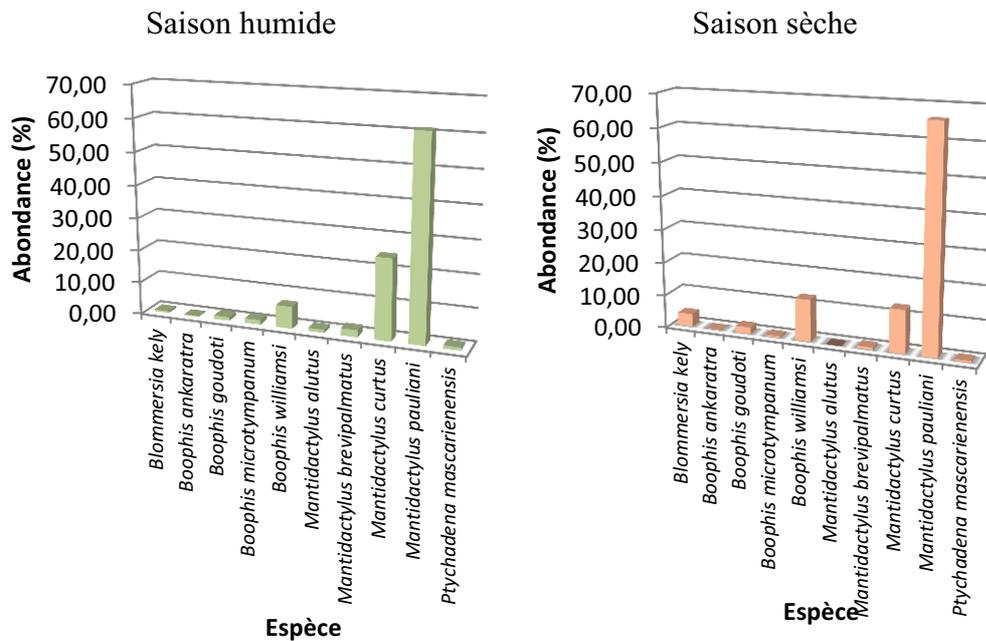


Figure 7: Histogramme illustrant la distribution saisonnière de l'abondance relative des Amphibiens dans le massif forestier d'Ankaratra au cours de l'année 2011.

III.2.3 Classe d'âge

Distribution altitudinale de la classe d'âge

Trois groupes d'âges différents ont été observés: des adultes, des juvéniles et des têtards. Entre 1685 m et 2387 m d'altitude, 65% des individus recensés sont des adultes, 19% sont des juvéniles et 16% sont des têtards. La figure 9 illustre la distribution spatiale de la classe d'âge en termes d'effectifs tout au long de l'étude. Sur un total de 2883 individus capturés, 1879 sont des adultes (65%), 558 sont des juvéniles (19%) et 446 sont des têtards (16%).

- à 1685 m, 22 adultes ont été recensés.
- à 1720 m, 48 adultes, 32 juvéniles et 8 têtards ont été collectés.
- à 2014 m, le nombre d'adultes est de 759, le nombre de juvéniles est de 189 et le nombre de têtards est de 108.
- à 2080 m, le nombre d'adultes est de 633, le nombre de juvéniles est de 186 et le nombre de têtards est de 115.
- à 2267 m, le nombre d'adultes inventorié est de 241, le nombre de juvéniles est de 78 et le nombre de têtards est de 90.
- à 2387 m, le nombre d'adultes inventorié est de 176, le nombre de juvéniles est de 83 et le nombre de têtards est de 125.

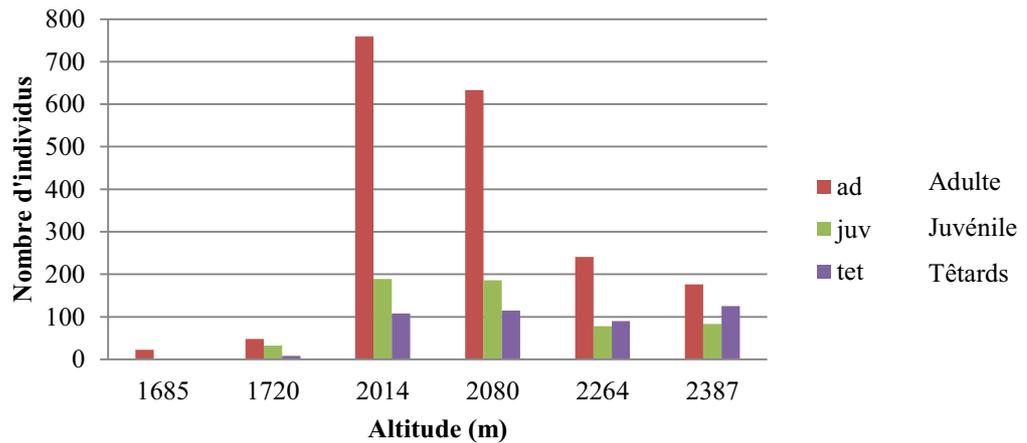


Figure 8: Distribution altitudinale de la classe d'âge des Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra en termes d'effectifs.

Distribution saisonnière de la classe d'âge

La distribution saisonnière de l'âge des grenouilles dans la zone d'étude est montrée dans la figure 10 ci-dessous. La majorité des individus recensés lors des deux saisons sont des adultes (65%). Le nombre d'adultes et de juvéniles pendant la saison humide est légèrement supérieur à celui pendant la saison sèche. Tandis que le nombre de têtards est beaucoup plus élevé pendant la saison sèche.

- Sur un total de 1869 adultes, 956 ont été recensés pendant la saison humide (51%) et 913 pendant saison sèche (49%).
- Sur un total de 568 juvéniles, 291 ont été recensés pendant saison humide (51%) et 277 pendant saison sèche (49%).
- Sur un total de 446 têtards, 93 ont été recensés pendant la saison humide (21%) et 353 pendant la saison sèche (79%).

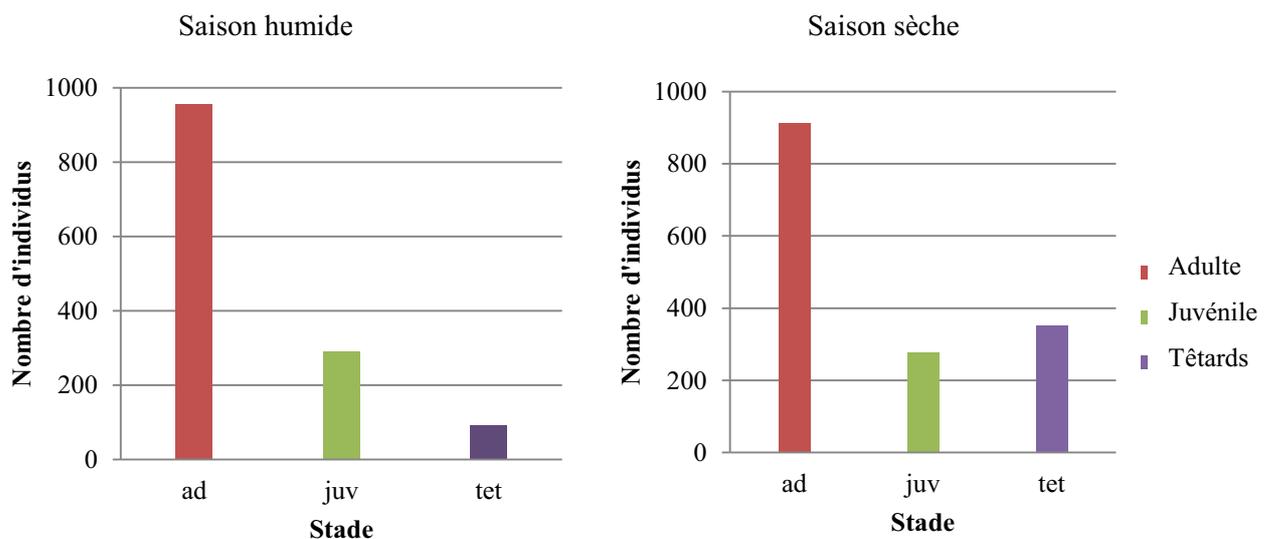


Figure 9: Distribution temporelle de la classe d'âge des Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra en termes d'effectifs.

Le test de Chi-deux réalisé pour vérifier l'impact de la variation altitudinale et saisonnière de la classe d'âge des individus aboutit à une variation statistiquement significative, $p = 0.0001$ pour les deux saisons, $p < 0.05$. D'où, il existe une variation altitudinale et saisonnière de la structure d'âge. Le nombre d'individus adultes est supérieur à celui des juvéniles et des têtards pendant les deux saisons. Le nombre de têtards pendant la saison sèche est supérieur à celui pendant la saison humide. Tandis que le nombre des adultes et des juvéniles reste plus ou moins constant lors des deux saisons.

III.2.4 Sex-ratio

Distribution altitudinale du sex-ratio

Le tableau 7 ci-dessous illustre la distribution altitudinale du sex-ratio des grenouilles dans le massif de l'Ankaratra. Le sex-ratio est proche de 1:1 pour certaines espèces à certaines altitudes (voir tableau 7) c'est-à-dire que le nombre de mâles et de femelles est donc plus ou moins équilibré. Il est fortement biaisé comme dans le cas de *Mantidactylus brevipalmatus* à 2264 m (SR=10), de même pour *Boophis williamsi* à 2387 m (SR=5). Le sex-ratio est égal à:

- 2:1 pour *Mantidactylus pauliani*, 1:1 pour *Boophis williamsi* et 1:1 pour *Mantidactylus curtus* à 2014 m.
- 2:1 pour *Mantidactylus pauliani* et 1:1 pour *Mantidactylus alutus* à 2080 m.
- 5:2 pour *Mantidactylus pauliani*, 2:1 *Mantidactylus curtus* et 1 pour *Boophis williamsi* à 2264 m.
- 2:1 pour *Mantidactylus pauliani*, 2:1 pour *Boophis goudoti* et 2:1 pour *Mantidactylus curtus* à 2387 m.

Tableau 7: Distribution saisonnière du sex-ratio

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
<i>Boophis goudoti</i>		2:1	1:2			2:1
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>			1:1		10:1	2:1
<i>Mantidactylus pauliani</i>			2:1	2:1	5:2	2:1
<i>Boophis williamsi</i>			1:1	2:1	1:1	5:1
<i>Mantidactylus alutus</i>			1:2	1:1		
<i>Mantidactylus curtus</i>			1:2	1:2	2:1	1:2
<i>Boophis microtypanum</i>						5:2
<i>Ptychadena mascariensis</i>	1:2					

Distribution saisonnière du sex-ratio

Pendant la saison humide, le sex-ratio est de 2,26 pour *Boophis williamsi*, 1,71 pour *Mantidactylus pauliani* et 0,92 pour *Mantidactylus curtus*. Pendant la saison sèche, celui-ci est de 1,37 pour *Boophis williamsi*, 1,68 pour *Mantidactylus pauliani* et 1,02 pour *Mantidactylus curtus*.

Tableau 8: Distribution saisonnière du sex-ratio

	Saison humide	Saison sèche
<i>Mantidactylus pauliani</i>	1,71	1,68
<i>Mantidactylus curtus</i>	0,92	1,02
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	5,66	2
<i>Mantidactylus alutus</i>	0,71	
<i>Boophis williamsi</i>	2,26	1,37
<i>Boophis microtympanum</i>	5	3
<i>Boophis goudoti</i>	0,4	1
<i>Ptychadena mascariensis</i>	1,8	2

III.3 Indice de diversité et équitabilité

Le tableau 9 montre les différentes valeurs de l'indice de diversité et de l'équitabilité pour chaque altitude et à chaque saison. Dans le massif de l'Ankaratra, la diversité est plus faible en basses altitudes qu'en hautes altitudes. D'après le tableau en annexe XIV, *Mantidactylus curtus* est l'espèce qui domine le massif de l'Ankaratra. Elle est suivie par *Mantidactylus pauliani* qui a été présente dans presque la totalité des sites d'étude (absente seulement dans le site 1), puis *Boophis williamsi*, *Boophis goudoti*, *Mantidactylus brevipalmatus*, *Boophis microtympanum*, *Boophis ankaratra* et au dernier rang *Mantidactylus alutus*.

A une altitude de:

- 1685 m, l'indice de diversité ainsi que l'équitabilité sont faibles car seule une espèce a été observée ($H'=0,18$; $E=0,18$ en saison humide et $H'=0,01$; $E=0,01$ en saison sèche). Ces faibles valeurs veulent dire que la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce.
- 1720 m, $H'=0,09$; $E=0,09$ en saison humide et $H'=0,21$; $E=0,21$ en saison sèche.

- 2387 m, la diversité ainsi que l'équitabilité sont les plus élevées pendant les deux saisons ($H'=0,46$; $E=0,46$ en saison humide et $H'=0,67$; $E=0,67$) en saison sèche.

Tableau 9: Indice de diversité de Shannon (H') et équitabilité (E).

	Saison humide						Saison sèche					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	1685 m	1720 m	2014 m	2080 m	2264 m	2387 m	1685 m	1720 m	2014 m	2080 m	2264 m	2387 m
Shannon (H')	0.18	0.09	0.27	0.33	0.33	0.46	0.01	0.21	0.25	0.35	0.56	0.67
Équitabilité(E)	0.18	0.09	0.27	0.33	0.33	0.46	0.01	0.21	0.25	0,35	0.56	0.67

III.4 Analyse de similarité entre les sites

Le tableau 10 montre l'indice de similarité de Jaccard aux différentes altitudes. Pour les altitudes moyennes et supérieures, l'indice de similarité est proche de 1. Tandis que dans les basses altitudes, celui-ci est proche de 0.

- L'indice de similarité de Jaccard est égal à 1 entre: S3 et S4 et entre S5 et S6. Ainsi, ces sites après avoir été comparés deux à deux, hébergent les mêmes espèces.
- L'indice est égal à 0,78 entre S3 et S5, entre S3 et S6, entre S4 et S5 et entre S4 et S6.
Ceci veut dire que 78% des espèces présentes dans les deux sites sont des espèces communes pour les deux sites, autrement dit, les sites possèdent un important fond commun de taxa.
- L'indice de similarité est de 0,38 entre S2 et S3, entre S2 et S4, entre S2 et S5 et entre S2 et S6. Ces sites ne partagent en commun que 38% du nombre d'espèces présentes dans les deux sites.
- Aucune ressemblance n'a été observée entre le site S1 et les autres sites.

Tableau 10: Indice de similarité de Jaccard.

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
S1 1685 m	1					
S2 1720 m	0	1				
S3 2014 m	0	0,38	1			
S4 2080 m	0	0,38	1	1		
S5 2264 m	0	0,38	0,78	0,78	1	
S6 2387 m	0	0,38	0,78	0,78	1	1

Le dendrogramme présenté dans la figure 11 montre quatre groupes distincts. Le groupe isolé S1 (Andrarata), le groupe isolé S2 (Ambatomalama), le groupe S3-S4 (Tavolotara-Maharavana) et le groupe S5-S6 (Ambohimirandrana- Tsimiaramianadahy). Ces deux derniers groupes renferment les mêmes espèces.

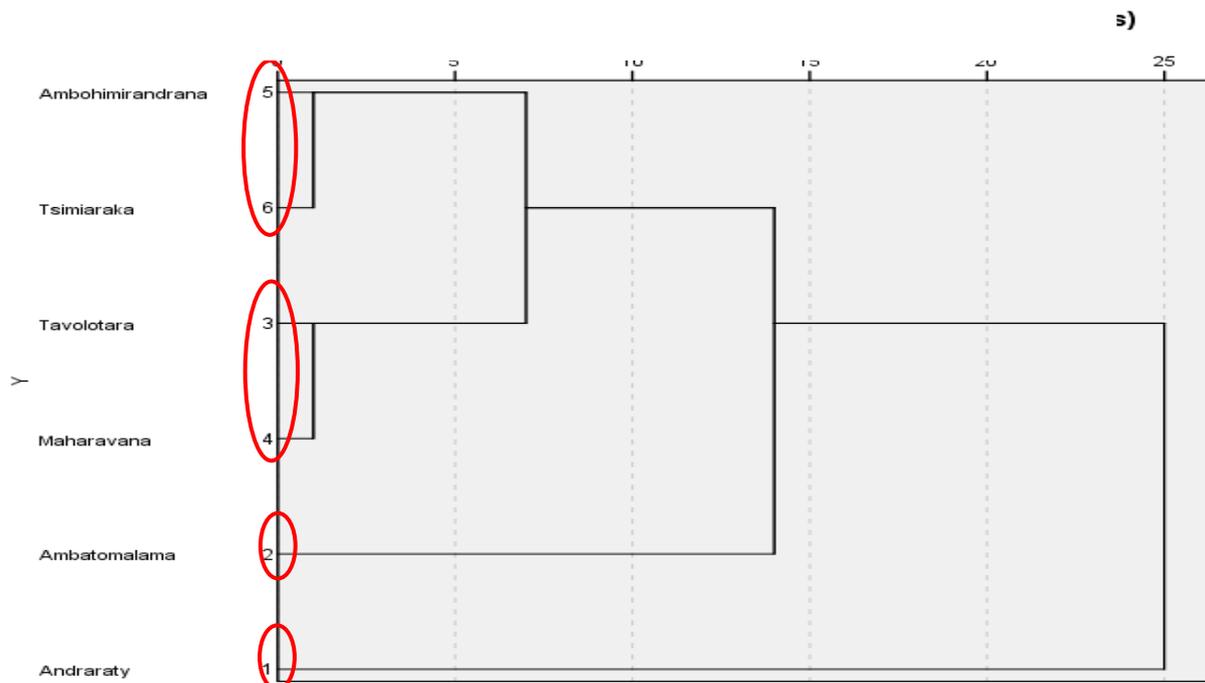


Figure 10: Dendrogramme illustrant l'arrangement en groupe des différents sites selon le niveau de similarité des sites en communauté d'Amphibiens.

III.5 Étude de l'habitat

➤ Etat de l'habitat après les feux de brousse survenu en 2010

Les feux de brousse du mois d'octobre 2010 dans le massif de l'Ankaratra ont engendré la destruction de l'habitat. Les plantes herbacées se sont développées après que la forêt de *Pinus* spp. ait été totalement brûlée.

- à 2264 m et à 2387 m, les ruisseaux ont un fond noirâtre et contiennent des débris de végétaux.
- à 2014 m, 2080 m et à 2264 m, une exploitation abusive de la forêt a été constatée surtout pour la fabrication de charbon qui est une source de revenu pour les villageois.
- à 1685 m et à 1720 m d'altitude, les cours d'eau sont envahis par des algues et la forêt naturelle commence également à être détruite.

➤ Température

Une grande variation de la température a été observée pendant les deux saisons d'étude. La température minimum est de 4°C pendant la saison sèche et de 9°C pendant la saison humide. Le maximum atteint 17°C pendant la saison sèche et 26°C en saison humide. La courbe présentée dans la figure 12 montre que la température diminue avec l'altitude. Une augmentation de la température a été observée en comparant le résultat avec celui collectée en 1990. Le tableau illustrant le détail de cette courbe est présenté en annexe XII.

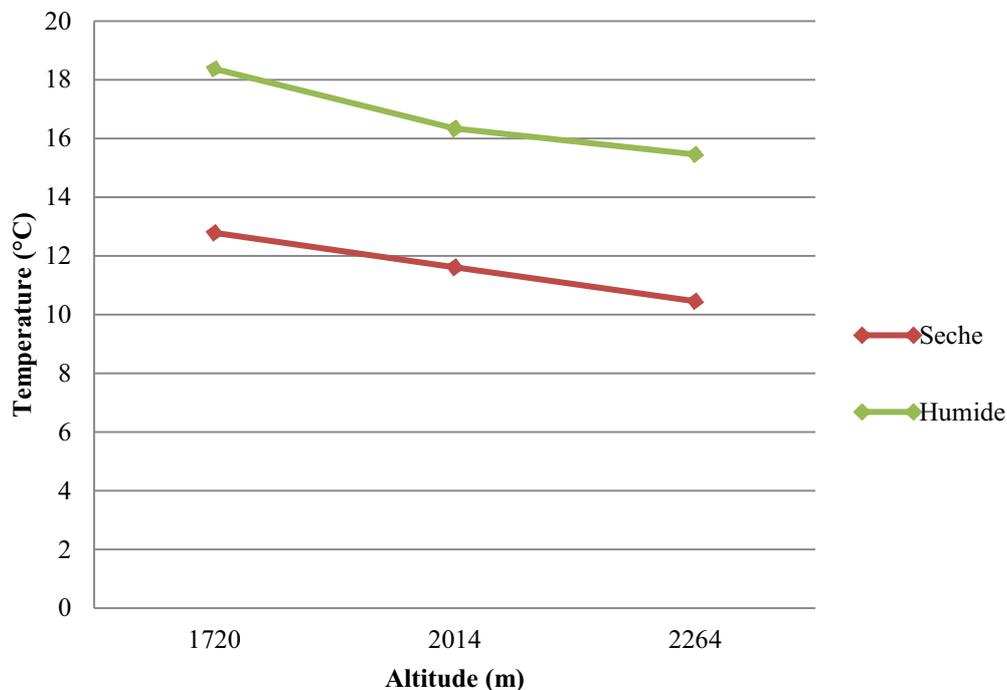


Figure 11: Courbe montrant la variation altitudinale des températures moyennes pour les deux saisons d'étude dans les 3 sites de campements.

➤ **Cours d'eau**

- Profondeur

La profondeur du cours d'eau est plus élevée en saison des pluies à chaque altitude. Pendant la saison sèche, les profondeurs moyennes du cours d'eau sont de:

- 18 cm à 1720 m.
- 10 cm à 2014 m.
- 12,5 cm 2264 m.
- 22 cm 2387 m.

Lors de la saison humide, les profondeurs moyennes sont de:

- 20 cm à 1720 m.
- 16,5 cm à 2014 m.
- 14 cm à 2264 m.
- 24 cm à 2387 m.

- Vitesse du courant

La vitesse du cours d'eau est plus élevée pendant la saison humide à 2264 m. Lors des deux saisons, elle reste plus ou moins constante à 1720 m.

Pendant la saison sèche, elle est de:

- 0,33 m/s à 1720 m.
- 0,039 m/s à 2264 m.

Pendant la saison humide, la vitesse du courant est égale à:

- 0,295 m/s à 1720 m d'altitude.
- 0,095 m/s à 2264 m.

- Turbidité

Le tableau présenté en annexe XIII montre le détail de la variation de la profondeur moyenne et de la vitesse moyenne de l'eau pour chaque site au cours des deux saisons.

L'eau des ruisseaux des sites est:

- trouble et polluée par les activités humaines à 1720 m.
- trouble à cause des glissements de terrains provoqués par des zébus piétinant les berges et polluée par les feuilles utilisées par les gens lors de visites au lieu sacré («Doany») à 2264 m.
- claire et limpide à 2014 m, 2080 m et 2387 m.

III.6 Relations entre les facteurs écologiques, la richesse spécifique et l'effectif total

Les résultats de l'analyse par régression linéaire multiple ont donné un coefficient de corrélation multiple R qui est égale à:

- 0,98 pour la relation entre les différents paramètres écologiques (température, vitesse de l'eau et profondeur de l'eau) et la richesse spécifique. Ceci explique à 98% que la richesse spécifique dépend de la température, de la vitesse et de la profondeur de l'eau.
- 0,95 pour la relation entre l'effectif total et les différents paramètres écologiques (température, vitesse de l'eau et profondeur de l'eau). Ceci explique à 95% que l'effectif dépend de ces paramètres.

Tableau 11: Récapitulatif du modèle de régression linéaire multiple

	R	R^2	R^2 ajusté	Erreur standard
Richesse spécifique	0,98	0,96	0,82	1,22
Effectif total	0,95	0,91	0,57	0,77

R : Coefficient de corrélation multiple

Le résultat de la régression a permis de démontrer que parmi les différents paramètres étudiés, c'est la température ($p = 0,14$) et la taille des roches ($p = 0,40$) qui contribuent significativement à la richesse spécifique et à l'effectif total pour ces deux variables. Le tableau montrant les détails de la relation est présenté en annexe XIV.

Test de corrélation de Pearson

Le test de corrélation de Pearson a conclu à une corrélation significative entre:

- la richesse spécifique et la température car $R = -0,891, p = 0,034$
- la richesse spécifique et la taille des roches car $R = -0,764, p = 0,038$
- la richesse spécifique et la vitesse de l'eau car $R = -0,812, p = 0,025$
- l'effectif total et la température car $R = -0,475, p = 0,042$
- l'effectif total et la taille des roches car $R = -0,890, p = 0,009$

La relation observée entre les deux variables est une relation linéaire négative. Autrement dit, les deux variables sont inversement proportionnelles. Quand la température, la taille des roches et la vitesse de l'eau augmente, le nombre d'espèces observées ainsi que l'effectif diminue.

III.7 Pressions et menaces pesant sur la communauté d'Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra

Tout au long de cette étude, quatre types de menaces ont été fréquemment constatés: les feux de brousse, l'exploitation illicite des bois, le pâturage des zébus et la pollution des cours d'eau. L'intensité de ces différentes pressions varie en fonction de l'altitude.

- L'exploitation des bois ainsi que les feux de brousse se rencontrent surtout aux altitudes de 2014 m et de 2080 m. Ceux-ci constituent les menaces majeures car ils ont un impact direct sur l'habitat des espèces et sur la qualité des cours d'eau.
- La pollution du cours d'eau est aussi une des menaces qui se rencontre spécialement dans les zones de basses altitudes (1685 m et 1720 m). La présence d'algues peut indiquer la pollution au niveau de l'écosystème (eutrophisation).
- Le pâturage par les zébus forme aussi une menace surtout aux altitudes de 2264 m et de 2387 m. À ces endroits, la largeur du cours d'eau est petite et l'eau a une tendance à stagner. Suite au piétinement des zébus, la qualité de l'eau est modifiée et l'habitat des grenouilles est détruit.

IV. DISCUSSION

Pendant les 50 dernières années, la température globale de la Terre a connu une augmentation moyenne de 1°C, avec une augmentation moyenne avoisinante de 2°C dans les zones semi-arides et subhumides de l'hémisphère sud (IPCC, 2008). Cette augmentation de température commence actuellement à être ressentie sur les communautés de batracofaune des hautes altitudes (Raxworthy et al., 2008). Lorsque l'altitude augmente, la pression atmosphérique diminue, le rayonnement ultra-violet augmente et la température diminue (environ 0,5°C à 1°C tous les 100m). L'altitude n'est pas un facteur écologique mais sa variation modifie les caractéristiques physico-chimiques de l'environnement c'est-à-dire de l'habitat (Ramade, 1984). Les grenouilles sont particulièrement sensibles aux variations des facteurs écologiques comme le climat (température, humidité, précipitations, ensoleillement, vent) et le type de cours d'eau (morphologie de la rivière, température de l'eau, vitesse du courant, débit, *pH*, profondeur, type de fond, végétation aquatique). Les interactions entre ces différents systèmes produisent finalement les microhabitats spécifiques et donc, des intervalles de tolérance où peuvent subsister différentes espèces (Crump, 1994. Ramade, 1984). L'intervalle de tolérance des grenouilles est fortement lié à l'humidité. Cette dernière est un facteur limitant important car une partie du cycle biologique des grenouilles s'effectue dans un milieu humide ou aqueux permettant la respiration, les échanges osmotiques et la reproduction.

IV.1 La structure de la communauté

Parmi les 16 espèces actuellement connues dans le massif de l'Ankaratra (Vences et al., 2002), 10 espèces seulement ont été répertoriées lors de cette étude. La précédente étude exploitait presque tous les types d'habitats des grenouilles présentes dans le massif de l'Ankaratra (aquatiques et terrestres) tandis que notre étude était plutôt restreinte aux grenouilles des ruisseaux. D'après Glaw et Vences (1994), mis à part *Boophis williamsi*, *Mantidactylus pauliani* et *Boophis microtympanum*, toutes les autres espèces sont à large distribution et devraient se trouver dans l'intervalle d'altitude de 1720 m à 2387 m. À 1685 m, seul *Ptychadena mascariensis* a été observée et à 1720 m, nous n'avons cependant trouvé que trois espèces qui sont *Mantidactylus curtus*, *Boophis ankaratra* et *Boophis goudoti*. Les autres espèces *Mantidactylus alutus*, *Mantidactylus brevipalmatus* et *Blommersia kely* auraient effectué une migration ascendante car elles ont seulement été trouvées dès 2014 m. D'après Andreone et al., (2008a), «Une des réponses biologiques au réchauffement climatique est le déplacement ascendant des espèces».

Un déplacement vertical a par exemple été observé chez *Boophis microtympanum*. Son aire de distribution se situe normalement autour de 2200 m (Glaw et Vences, 1994) mais lors de cette étude, elle a été rencontrée seulement à 2387 m. Cette migration résulterait d'une perturbation qui se présente dans les altitudes inférieures. D'après Andreone et al., (2008a), les hautes altitudes sont des refuges pour plusieurs espèces à distribution restreinte et aussi plus vulnérables. Selon Vences (2007), Rabemananjara et al., (2010), *Boophis williamsi* est seulement présente dès 2300 m tandis que *Mantidactylus pauliani* apparaît dès 2200 m voire 2100 m pour l'étude la plus récente (Rabemananjara et al., 2011). Nous avons cependant trouvé ces deux espèces à partir de 2014 m (14 spécimens adultes pour *Boophis williamsi* et 684 pour *Mantidactylus pauliani*). La présence de ces deux espèces à cette altitude s'expliquerait par le fait qu'aucune étude n'a encore été menée à cette altitude. Il n'y a donc pas forcément de migration descendante. La faible richesse spécifique dans les sites aux altitudes inférieures signifierait que les conditions exigées par ces espèces ne sont plus présentes ou sont proches du minimum critique. Deux facteurs pourraient être à l'origine de cette situation, il s'agirait de l'augmentation de la température et/ou de la forte pression anthropique. La richesse spécifique élevée dans les altitudes moyennes et supérieures serait expliquée par une variété de microhabitats importante mais aussi par le degré de menace qui pèse à ces endroits. *Mantidactylus alutus* a été observée pendant la saison humide mais elle était absente en saison sèche.

La majorité des individus (environ 69%) a été recensée aux altitudes moyennes (2014 m et 2080 m). *Mantidactylus curtus*, *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* sont les espèces les plus abondantes dans les moyennes et hautes altitudes. Le regroupement d'individus à ces altitudes serait lié: à la présence d'un préférendum au niveau de la température, de la qualité du cours d'eau, de la présence de nombreuses roches ayant des tailles différentes, de la présence de nourriture en permanence et de l'absence de prédateurs. Ainsi, ces individus auraient la capacité de survivre et de se reproduire à ces endroits. L'absence de ses facteurs écologiques causerait la rareté des autres espèces. Une compétition intra-spécifique existerait aussi pour ces espèces. *Mantidactylus curtus* représente 20% des individus répertoriés. C'est une espèce généraliste qui s'adapte à différentes conditions environnementales. *Mantidactylus pauliani* représente 72% de l'effectif total. C'est une espèce en danger critique, endémique locale du massif de l'Ankaratra et elle est présente seulement au-dessus de 2014 m d'altitude.

Cette espèce est très sensible à la moindre perturbation du milieu telle que la pollution. Ce résultat est élevé par rapport aux études précédentes. Cela s'expliquerait par le fait que: la durée de notre inventaire a été plus longue, le taux de reproduction aurait augmenté suite à une disponibilité accrue en nourriture et le taux de mortalité des individus juvéniles serait plus faible. *Boophis williamsi* représente 3% des individus recensés alors que l'étude la plus récente indiquait une rareté encore plus importante (Rabemananjara et al., 2011). Il s'agirait d'une espèce spécialiste, c'est-à-dire qui exige un microhabitat typique et des conditions environnementales très spécifiques. Lors d'une visite nocturne à 2014 m, trois individus ont été trouvés sur des arbres entre 10 cm et 150 cm du sol. Ceci laisse penser que l'espèce aurait une activité nocturne à l'extérieur de l'eau. *Boophis ankaratra*, *Mantidactylus alutus*, *Mantidactylus brevipalmatus* sont des espèces à faible abondance. Ces espèces sont semi-aquatiques. Comme notre étude était axée sur les espèces des cours d'eau, la probabilité de les rencontrer était alors très faible. Par contre, lors d'une visite nocturne à 1764 m en saison des pluies, la présence de *Boophis ankaratra* a été très remarquée par le chant des mâles. La saison des pluies est une période où la nourriture est abondante, de plus, c'est la période de reproduction des grenouilles donc, c'est une saison où les individus sont très actifs. En saison sèche, l'activité des grenouilles est plus faible, ainsi, les grenouilles devraient se manifester plus rarement et leur repérage devrait être d'autant plus difficile. Dans le cas de notre étude, le nombre total d'individus recensés pendant la saison sèche est cependant supérieur au nombre d'individus recensés pendant la saison humide. Cela s'explique par le fait que pendant la saison sèche, il est plus facile de collecter les individus car la vitesse et la profondeur de l'eau sont plus faibles. De plus, la configuration des cours d'eau reste stable.

La prédominance des adultes est fortement marquée aux altitudes de 2014 m et 2080 m. Pour Morand (1997), les mécanismes d'adaptation à l'instabilité de l'habitat concernent davantage les stades adultes, ce qui nous laisse penser que c'est à ces deux altitudes que les individus adultes s'adaptent le mieux. L'étude coïnciderait à la période où plusieurs juvéniles de la génération précédente à ces altitudes ont atteint le stade adulte. Le nombre d'adultes est élevé pendant la saison humide. C'est à cette période que les grenouilles sont en pleine activité (période de reproduction). Le nombre d'individus juvéniles élevé pendant la saison humide s'expliquerait par une génération de têtards qui a fini sa métamorphose à cette saison. Les têtards sont plus abondants pendant la saison sèche. Pendant cette saison, le niveau des cours d'eau est faible.

De ce fait, les têtards se regroupent dans les eaux stagnantes et sont plus faciles à capturer. Ces têtards pourraient également être ceux qui y étaient déjà lors de la saison des pluies précédente mais qui n'auraient pas encore finis leur métamorphose.

D'autres hypothèses par rapport à ces différentes constatations pourraient être également émises. Selon les paysans locaux, les précipitations ont été anormalement peu élevées à cette période. Ceci pourrait perturber les étapes de développement des grenouilles. La prédominance des adultes a été remarquée tout au long de l'étude. Cette dernière s'étant déroulée au début de l'été quand les femelles n'auraient pas encore pondu et au début de l'hiver quand les juvéniles issus de l'été auraient déjà atteints le stade adulte. De plus, les juvéniles seraient plus fortement exposés aux prédateurs, d'où leur nombre plus faible. Le sex-ratio est proche de 1 pour certaines, et pour les autres espèces, il y a une très grande différence entre le nombre de mâle et de femelle. Pour *Boophis williamsi*, à 2264 m, il est égal à 1. Une constatation sur le terrain est que la plupart du temps cette espèce se trouve en couple. Une grande différence entre le nombre de mâles et de femelles a été observée dans le cas de *Mantidactylus brevipalmatus* (SR=2) à 2387 m. L'échantillonnage serait insuffisant à cet endroit. Pendant la saison humide, un déséquilibre s'observe entre le nombre de mâles et de femelles. Pour *Boophis williamsi* (SR=2,26), *Mantidactylus brevipalmatus* (SR=5,66) et *Boophis microtypanum* (SR=5), cette période étant la période de reproduction des grenouilles, les mâles s'activeraient beaucoup plus et donc, deviendraient plus visibles et plus facilement capturables. Plusieurs mâles peuvent se regrouper dans un point d'eau où ils sont en compétition pour choisir la meilleure partenaire afin de pérenniser l'espèce. Cette arrivée asynchrone des individus mâles entraînerait un sex-ratio fortement biaisé en leur faveur au début et à la fin de la période de reproduction. Pendant la saison sèche, le nombre d'individus mâles est également plus élevé que celui des femelles car les mâles seraient également beaucoup plus actifs que les femelles pendant cette période.

IV.2 Diversité biologique et indice de similarité

La relation générale entre le nombre d'espèces que comporte un peuplement et leur abondance est influencée par les conditions écologiques de leur environnement (Ramade, 1984). Dans notre étude, la diversité et l'équitabilité sont plus élevées aux moyennes altitudes et aux altitudes supérieures. A ces altitudes, il y a plusieurs types de microhabitats et les conditions environnementales seraient proches de l'optimal pour plusieurs espèces.

Cette diversité en termes de microhabitats ferait tendre vers une richesse spécifique élevée et une répartition équilibrée des individus pour chaque espèce. La faible valeur de l'indice de diversité et d'équitabilité dans les altitudes inférieures résulterait d'un habitat qui a une tendance à être homogène. Les sites aux altitudes de 2014 m et 2080 m et aux altitudes de 2264 m et 2387 m sont ceux qui présentent la similarité la plus importante. Lors de la description de ces sites, une forte ressemblance a été observée tant au niveau de leur emplacement dans le massif qu'au niveau des éléments constitutifs de l'habitat. En effet, les deux premiers se trouvent en milieu forestier non perturbé tandis que les deux suivants se situent en savane plus ou moins perturbée. Le site 1 (à 1685 m) serait totalement différent des autres, concernant surtout le degré de perturbation mais aussi au niveau des éléments constitutifs de l'habitat.

IV.3 Relations entre les facteurs écologiques, richesse spécifique et effectif total

Le coefficient de corrélation est supérieur à 95% entre les paramètres liés à l'habitat et aux deux variables dépendantes (richesse spécifique et effectif total). Les différents paramètres formant l'environnement immédiat des espèces pourraient influencer directement la distribution des espèces. La relation négative observée est due au fait que les espèces (surtout *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi*) qui sont fortement représentées ne supporteraient ni une température ni une vitesse de cours d'eau très élevée et exigeraient la présence de roches de petite taille.

V. CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été de connaître la répartition altitudinale et saisonnière des grenouilles des cours d'eau présentes dans le massif de l'Ankaratra. Ces données sont susceptibles de contribuer à la progression de la recherche et à la sauvegarde des espèces de grenouilles pour la majorité endémiques de Madagascar, voire du massif lui-même. Par rapport aux changements climatiques en cours, une étude pour mettre en évidence une éventuelle migration altitudinale comme déjà supposée par des recherches antérieures a été faite.

Du point de vue de la richesse spécifique, les dix espèces recensées sont des espèces déjà étudiées lors de recherches antérieures, mais elles n'étaient pas forcément présentes aux altitudes indiquées lors de ces recherches. Selon des études effectuées dans d'autres massifs, il semblerait que la tendance à la migration altitudinale devrait être «automatiquement» ascendante. Cela a effectivement été le cas pour plusieurs espèces dans le massif de l'Ankaratra à ne citer que *Boophis microtypanum*, *Boophis williamsi* et *Mantidactylus pauliani* ont été observées à des altitudes plus basses que par le passé. Ces deux espèces sont endémiques locales et sont considérées comme étant en danger critique alors que lors de cette étude *Mantidactylus pauliani* a représenté l'effectif le plus important.

Dans notre zone d'étude, le gradient altitudinal influence la richesse spécifique, l'abondance relative, la structure d'âge, la taille ainsi que l'indice de diversité. Ces variations altitudinales semblent en général être liées à l'intervalle de tolérance et au préférendum de chaque espèce présente dans le massif de l'Ankaratra. Selon les acteurs locaux et depuis plusieurs années, la régularité des saisons a été fortement perturbée. En tenant compte de cette remarque et même si l'inventaire ne s'est déroulé qu'au début de chacune des saisons, le constat a été que la variation saisonnière influence également les paramètres comme l'abondance relative, le sex-ratio et la structure d'âge.

Notre étude ne permet pas de conclure à une migration verticale uniquement ascendante dans le cadre d'un changement global du climat avec l'amplitude actuelle. L'habitat et les conditions environnementales qui changent en fonction de la variation globale de la température et des effets associés comme la pression anthropique ne semblent pas forcément pousser dans ce sens.

De nouveaux microhabitats réunissant des conditions favorables à certaines espèces peuvent se former à des altitudes plus basses qu'auparavant. Il en serait peut-être tout autrement si l'amplitude du changement climatique actuel s'accroissait.

VI. RECOMMANDATIONS POUR LES ETUDES ULTERIEURES

La connaissance sur les Amphibiens de Madagascar s'est améliorée depuis que les efforts de recherches dans les zones restreintes ont été entrepris. La compilation de divers résultats représente ce progrès. Cependant, certains sites restent toujours mal exploités à l'exemple du massif de l'Ankaratra. En effet, les informations sur la richesse spécifique et la distribution des espèces de la partie centrale de l'île restent encore insuffisantes.

Afin d'élaborer des projets de conservation, des investigations sur plusieurs types d'habitats, l'exploration des nouvelles zones d'études pourrait constituer une base importante. En outre, l'amélioration de la connaissance de la distribution des espèces endémiques de Madagascar dans le massif de l'Ankaratra lors de cette étude devrait contribuer dans les mises à jour de leur statut de conservation.

Afin de résoudre les problèmes d'identification sur terrain, la combinaison de différentes méthodes à ne citer que des études: morphologique, bioacoustique et génétique seraient instructives. Pour améliorer le résultat sur la variation saisonnière, les études devraient pour la prochaine fois se dérouler au milieu de la saison. La continuité des études de suivi serait bénéfique pour déterminer plus clairement la densité des populations et leur distribution.

Le champignon parasite *Batrachochytrium dendrobatidis* est encore absent à Madagascar. Il fait partie des fortes menaces qui pèsent sur les populations d'Amphibiens dans les autres pays du monde. Afin d'éviter sa propagation, un élevage ou conservation ex-situ serait important.

Le massif de l'Ankaratra est cependant vulnérable aux différentes activités anthropiques qui peuvent avoir des impacts négatifs sur la survie des espèces. De ce fait, il est recommandé de mettre en place un système de contrôle ou de patrouilles de gardes forestiers avec un effectif suffisant. La mise en place d'un système de pare-feux autour de la forêt est essentielle pour minimiser les dégâts causés par le passage des feux de brousse.

A ce jour, l'association VIF est déjà en train de concevoir une stratégie pour protéger la forêt, cette association commence à entreprendre des activités visant à fournir des alternatives aux populations à ne citer que la pisciculture. Un renforcement de l'éducation environnementale, de la sensibilisation et de la conscientisation au sein de la communauté villageoise est également à entreprendre. Cela permettra de leur exposer l'importance de la forêt et de leur faire prendre conscience que la conservation de la biodiversité leur sera bénéfique à long terme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Andreone, F. 1994. The amphibians of Ranomafana rain forest, Madagascar preliminary community analysis and conservation considerations. *Oryx*, 28: 207-214.

Andreone, F., Cadle, J. E., Cox, N., Glaw, F., Nussbaum, R. A., Raxworthy, C. J., Stuart, S., Vallan, D. et Vences, M. 2005. Species review of amphibian extinction risks in Madagascar. Conclusions from the Global Amphibian Assessment. *Conservation Biology*, 19: 1790-1802.

Andreone, F., Carpenter, A. I., Cox, N., du Preez, L., Freeman, K., et al. 2008a. The challenge of conserving amphibian megadiversity in Madagascar. *PLoS Biol*, 6: journal.pbio.0060118.

Andreone, F., Cox, N. A., Glaw, F., Köhler, J., Rabibisoa, N. H. C., Randriamahazo, H., Randrianasolo, H., Raxworthy, C. J., Stuart, S. N., Vallan, D. et Vences, M. 2008b. Update of the Global Amphibian Assessment for Madagascar in light of species discoveries, nomenclatural changes, and new field information. *A Conservation Strategy for the Amphibians of Madagascar*, ed. Andreone, F., Monografie, 45, Museo Regionale di Scienze Naturali, Turin.

Andreone, F., Glaw, F., Mattioli, F., Jesu, R., Schimmenti, G., Randrianirina, J. E et Vences, M. 2009. The peculiar herpetofauna of some Tsaratanana rainforests and its affinities with Manongarivo and other massifs and forests of northern Madagascar. *Italian Journal of Zoology*, 76: 92-110.

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

Andreone, F. et Randriamahazo, H. 2008. The diverse amphibians of Madagascar and the vision sahonagasy. *Sahonagasy Action Plan*, ed. Andreone, F. & Randriamahazo, H., pp: 15-19.

Andreone, F., Randrianirina, J. E., Jenkins, P. D. et Aprea, G. 2000. Species diversity of Amphibia, Reptilia and Lipotyphla at Ambolokopatrika, a rainforest between Anjanaharibe-Sud and Marojejy massifs, NE Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, 9: 1587-1622.

Crump, M. L. et Heyer, W. R. 1994. Climate and environment. *Measuring and monitoring biological diversity Standard methods for amphibians*, p: 42-60.

DONQUE, G. 1975. *Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar. Antananarivo*, p: 478

Glaw, F. et Vences, M. 2007. *A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar. 3rd edition.*

Goodman, S. M., Rakotondravony, D., Schatz, G. et Wilmé, L. 1996. Species richness of forest-dwelling birds, rodents and insectivores in a planted forest of native trees: a test case from the Ankaratra, Madagascar. *Ecotropica*, 2: 109-120.

Halliday, T. R., et Verrell, P. A. 1988. Body size and age in amphibians and reptiles. *Journal Herpetology*, 22 : 253-265.

Hervieu, J. 1967. Notices sur les cartes pédologiques de reconnaissance au 1/20.000

IPCC 2008. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC., éd. *Cambridge University Press, Cambridge, UK*, pp: 976.

Lamshead, P. J. D. 1994. A comparison of the biodiversity of deep-sea marine nematodes from three stations in the Rockall Trough, Northeast Pacific. *Biodiversity letters*, 2 : 95-107.

Lennertz, R. 1994. Résultats de l'inventaire forestier de la station forestière de Manjakatempo (Madagascar). Rapport n°5 PGDRN/GTZ, p: 55.

Lehtinen, R. M., Vences, M. et Glaw, F. (2011). Two new plant breeding frog species (Anura Mantellidae GUibemantis) from southeastern Madagascar. *Herpetological journal* 21: 95-112

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. *Princeton University Press*, p: 179. Princeton.

Morand, M. S. 1997. The scaling characteristics of remotely-sensed variables for sparsely-vegetated heterogeneous landscapes. *Journal of Hydrology*, 190 : 337-362.

Rabemananjara, F. C. E., Randriambahiniarime, M. O., Randrianirina, J. E. et Randriantsoa, J. Février 2010. Evaluation rapide des états des populations des deux espèces en danger critique d'extinction *Boophis williamsi* (Guibé 1974) et *Mantidactylus pauliani* (Boulenger 1882) du massif de l'Ankaratra. *Rapport final – Conservation International*, pp: 1-25.

Rabemananjara, F. C. E., et Razafindrabe T. Juillet 2011. Suivi des *Boophis williamsi* et *Mantidactylus pauliani*, Amphibiens en danger critique dans le massif de l'Ankaratra après destruction de leur habitat par les feux. *Rapport final – Conservation International*, pp: 1-26.

Rabibisoa, N. et Raharivololona, L. 2010. Plan stratégique de prévention et de lutte contre l'introduction de chytride à Madagascar. *www.sahonagasy.org*.

Ramade F. 1984. Les facteurs écologiques, leur influence sur les êtres vivants. *Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale*, p: 45-109.

Raselimanana, A. P., Raxworthy, C. J. et Nussbaum, R. A. 2000. Herpetofaunal species diversity and elevational distribution within the Parc National de Marojejy, Madagascar. A faunal and floral inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar with reference to elevational variation. *Fieldiana, Zoology*, 97: 157-174.

Raxworthy, C. J. 2008. Global warming and extinction risks for amphibians in Madagascar: a preliminary assessment of potential upslope displacement. *A conservation strategy for the amphibians of Madagascar*. Monografia XLV, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino. *In press*.

Raxworthy, C. J. et Nussbaum, R. A. 1994. A rainforest survey of amphibians, reptiles and small mammals at montagne d'Ambre, Madagascar. *Biological Conservation*, 69: 65-73.

Raxworthy, C. J., et Nussbaum, R. A. 1995. Amphibians and reptiles of the Réserve naturelle intégrale d'Andringitra, Madagascar. A study of elevational distribution and local endemism, ed. Goodman, S. M. A floral and faunal inventory of the eastern slopes of the réserve naturelle intégrale d'Andringitra, Madagascar. *Fieldiana: Zoology*, 85: 158-179.

Raxworthy, C. J. et Nussbaum, R. A. 1996. Montane amphibian and reptile communities in Madagascar. *Conservation Biology*, 10 : 750-756.

- Raxworthy, C. J., Pearson, R. G., Rabibisoa N., Rakotondrazafy, A. M., Ramanamanjato, J. B., Raselimanana, A. P., Wu, S., Nussbaum, R. A. et. Stone, D. 2008** Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology*, 14: 1703-1720.
- Southwood, T. R. E., Henderson, P. A. 2000.** Ecological methods. *Blackwell Science, Oxford, UK.*
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodríguez, A. S. L. et al. 2004.** Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783-1786.
- IUCN 2013.** IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 12 Avril 2013.
- Vallan., D., Vences, M., et Glaw F. 2003.** Two new species of the *Boophis mandraka* complex (Anura, Mantellidae) from the Andasibe region in eastern Madagascar. *Amphibia-Reptilia*, 24: 305–319.
- Vences, M., Andreone, F., Glaw, F., Raminosoa, N., Randrianirina, J. E. et Vieites, D. R. 2002.** Amphibians and reptiles of the Ankaratra massif. Reproductive diversity, biogeography and conservation of a montane fauna in Madagascar. *Italian Journal of Zoology*, 69: 263-284.
- Vences, M., Gehara, M., Köhler, J. et Glaw, F. 2012:** Description of a new Malagasy treefrog (*Boophis*) occurring syntopically with its sister species, and a plea for studies on non-allopatric speciation in tropical amphibians. *Amphibia-Reptilia*, 33: 503-520.
- Vences, M., Randrianiaina, R. D., Straub, A., et .Glos, J. 2012.** Diversity of the strongly rheophilous tadpoles of Malagasy tree frogs, genus *Boophis*, and identification of new candidate species via larval DNA sequence and morphology. *ZooKeys*, 178: 59-124.
- Vences, M., Vallan, D. et Nussbaum, R. 2006.** *Mantidactylus curtus*. IUCN 2012. IUCN Red list of threatened species. Version 2012.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 24 July 2012.
- Vieites, D. R., Wollenberg, K. C., Andreone, F., Köhler, J., Glaw, F., et Vences, M. 2009.** Vast underestimation of Madagascar's biodiversity evidenced by an integrative amphibian inventory. *Proceedings of the National Academy of science, USA*, 106: 8267-8272.

Zimmerman, E. et Bierregaard 1986. An historical interpretation of habitat use by frogs in a central amazonian. *Journal of Biogeography*, 23: 27-46.

ANNEXES

Annexe I: Données météorologiques Manjakatempo 1961-1990

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	19,55	19,85	19,15	18,25	15,6	13,3	13,2	13	15,15	17,7	18,55	19,05
P° (mm)	247,9	226,7	151,9	76,5	40,1	14,4	22,9	24,5	15,2	85,2	203,7	272,6

Annexe II: Principales essences recensées (Source PGDRN/GTZ par Lennertz et al. (1994))

Espèce	Noms vernaculaires
<i>Ilex mitis</i>	Lampy vahatra
<i>Polyscias ornifolia</i>	Fitoravina
<i>Polyscias</i> sp.	Dimbinala
<i>Pittosporum ochosiaefolium</i>	Ambovitsika
<i>Pittosporum humberitii</i>	Andribolafotsy
<i>Weinmannia</i> sp.	Lalona
<i>Sloanea rhondata</i>	Vakana
<i>Cassinopsis madagascariensis</i>	Hazomafaitra
<i>Zanthoxylum madagascariensis</i>	Tsy savehandahy
<i>Kaliphora madagascariensis</i>	Ranendo
<i>Dicoriphe vitticoides</i>	Tsitsihina
<i>Croton monge</i>	Mongy
<i>Schefflera longepedicellaata</i>	Voantsila
<i>Elaeocarpus sericeus</i>	Sana
<i>Macaranga alnifolia</i>	Mokaranana
<i>Tambourissa</i> sp.	Ambora
<i>Acrocarpus</i> sp.	Dintina
<i>Tina striata</i>	Felamborona
Autres autochtones	Autres autochtones
Exotiques	Exotiques

Annexe III. Description des sites d'études et dates de visite pendant chaque descente

Site	Coordonnées géographiques	Emplacement	Etat général de la forêt	Date de visite
S 6 2387 m TSIMIARAMIANADAHY	S19°20',00" E47°16',44"	Dans un milieu ouvert, au sommet	Perturbé	25 au 29/06/11 22 au 26/08/11 06 au 11/11/11 14 au 18/12/11
S 5 2264 m AMBOHIMIRANDRANA	S19°20',27" E47°16',24"	Milieu ouvert sur une pente abrupte de 20 à 50°	Perturbé	19 au 23/06/11 18 au 22/08/11 01 au 05/11/11 10 au 14/12/11
S 4 2080 m MAHARAVANA	S19°20',27" E47°16',04"	Forêt naturelle avec clairière, dans une pente faible	Plus ou moins intact	25 au 29/06/11 22 au 26/08/11 06 au 11/11/11 14 au 18/12/11
S 3 2014 m TAVOLOTARA	S19°20',45" E47°16',45"	Milieu forestier, sur une pente moyenne	Plus ou moins intact	18 au 22/06/11 18 au 22/08/11 02 au 06/11/11
S 2 1794 m AMBATOMALAMA	S19°21',12" E47°11',38"	Forêt naturelle, dans une vallée	Perturbé	29 et 30/06/11 29 et 30/08/11 13 et 14/11/11 19 et 20/12/11
S 1 1685 m ANDRARATY	S19°21'42,0" E47°19'14,5"	Dans le village	Perturbé	30/06/11 30/08/11 13/11/11 21/12/11

Annexe IV. Répartition altitudinale de la taille des mâles et femelles pour quelques espèces d'Amphibiens du massif de l'Ankaratra basée sur les données collectées en 2011.

Espèces	Sexe	SVL (mm)	SVL (mm)	SVL (mm)	SVL (mm)
		2014 m	2080 m	2264 m	2387 m
<i>Mantidactylus curtus</i>	Mâle	39,87± 2 <i>n</i> = 14	34,12±13 <i>n</i> = 7	38,45±6,08 <i>n</i> = 67	36,76±6,70 <i>n</i> = 47
	Femelle	37,77±6,6 <i>n</i> = 17	38,45±10 <i>n</i> = 7	42,11±6,90 <i>n</i> = 61	41,31±7,7 <i>n</i> = 62
<i>Mantidactylus pauliani</i>	Mâle	28,79±3,51 <i>n</i> = 452	28,77±3,88 <i>n</i> = 326	30,88±4,50 <i>n</i> = 66	32,08±5,66 <i>n</i> = 12
	Femelle	30,30±3,31 <i>n</i> = 232	30,64±30,64 <i>n</i> = 322	31,45±4,21 <i>n</i> = 25	32,32±3,80 <i>n</i> = 17
<i>Boophis williamsi</i>	Mâle	39,68±3,49 <i>n</i> = 7	37,15±4,69 <i>n</i> = 36	36,96±2,10 <i>n</i> = 3	39,02±3,72 <i>n</i> = 10
	Femelle	40,30±3,32 <i>n</i> = 7	39,56±3,72 <i>n</i> = 18	42,4±1,99 <i>n</i> = 3	42,2± <i>n</i> = 3

n: nombre d'individus

Annexe V. Test de chi-deux pour voir la relation entre la saison et la richesse spécifique.

- Valeur observée (O_i)

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m	Total
Humide	1	3	8	7	7	8	9
Sèche	1	3	7	7	6	7	8
Total	1	3	8	7	7	8	10

- Valeur calculée (C_i)

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
Humide	0.9	2.66	7.11	6.22	6.22	7.11
Sèche	0.8	2.33	6.22	5.44	5.44	6.22

$X^2: 0.85$

$ddl: 5$

$p: 1.34$

Annexe VI. Distribution saisonnière de l'abondance relative

Espèces	Saison humide	Saison sèche
<i>Blommersia kely</i>	0,52	3,95
<i>Boophis ankaratra</i>	0,15	0,13
<i>Boophis goudoti</i>	1,12	2,07
<i>Boophis microtympanum</i>	1,42	0,52
<i>Boophis williamsi</i>	6,79	12,70
<i>Mantidactylus alutus</i>	0,97	0,00
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	2,16	0,78
<i>Mantidactylus curtus</i>	24,70	13,03
<i>Mantidactylus pauliani</i>	61,19	66,23
<i>Ptychadena mascariensis</i>	0,97	0,58

Annexe VII. Variation altitudinale et saisonnière de l'effectif total pour chaque espèce.

- Variation altitudinale

- Valeurs observées (O_i)

Espèce	Effectif						Total
	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m	
<i>Blommersia kely</i>	0	0	18	20	8	22	68
<i>Boophis ankaratra</i>	0	0	3	1	0	0	4
<i>Boophis goudoti</i>	0	3	12	9	12	11	47
<i>Boophis microtypanum</i>	0	0	0	0	1	26	27
<i>Boophis williamsi</i>	0	0	58	133	35	61	287
<i>Mantidactylus alutus</i>	0	0	6	2	4	1	13
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	0	1	7	4	14	15	41
<i>Mantidactylus curtus</i>	0	80	41	44	186	181	532
<i>Mantidactylus pauliani</i>	0	4	901	721	149	67	1842
<i>Ptychadena mascariensis</i>	22	0	0	0	0	0	22
Total	22	88	1046	934	409	384	2883

- Valeurs calculées (C_i)

Espèce	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	1685 m	1720 m	2014 m	2080 m	2264 m	2387 m
<i>Blommersia kely</i>	0,52	2,08	24,67	22,03	9,65	9,06
<i>Boophis ankaratra</i>	0,03	0,12	1,45	1,30	0,57	0,53
<i>Boophis goudoti</i>	0,36	1,43	17,05	15,23	6,67	6,26
<i>Boophis microtypanum</i>	0,21	0,82	9,80	8,75	3,83	3,60
<i>Boophis williamsi</i>	2,19	8,76	104,13	92,98	40,72	38,23
<i>Mantidactylus alutus</i>	0,10	0,40	4,72	4,21	1,84	1,73
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	0,31	1,25	14,88	13,28	5,82	5,46
<i>Mantidactylus curtus</i>	4,06	16,24	193,02	172,35	75,47	70,86
<i>Mantidactylus pauliani</i>	14,06	56,22	668,31	596,75	261,32	245,34
<i>Ptychadena mascariensis</i>	0,17	0,67	7,98	7,13	3,12	2,93

χ^2 : 1,97E-273, ddl: 45, p: 0.0001

- Variation saisonnière

- Valeurs observées (O_i)

Espèce	Effectif		
	Saison humide	Saison sèche	Total
<i>Blommersia kely</i>	7	61	68
<i>Boophis ankaratra</i>	2	2	4
<i>Boophis goudoti</i>	15	32	47
<i>Boophis microtypanum</i>	19	8	27
<i>Boophis williamsi</i>	91	196	287
<i>Mantidactylus alutus</i>	13	0	13
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	29	12	41
<i>Mantidactylus curtus</i>	331	201	532
<i>Mantidactylus pauliani</i>	820	1022	1842
<i>Ptychadena mascariensis</i>	13	9	22
Total	1340	1543	2883

- Valeurs calculées (C_i)

Espèce	Saison humide	Saison sèche
<i>Blommersia kely</i>	31,60	36,39
<i>Boophis ankaratra</i>	1,85	2,14
<i>Boophis goudoti</i>	21,84	25,15
<i>Boophis microtympanum</i>	12,54	14,45
<i>Boophis williamsi</i>	133,39	153,60
<i>Mantidactylus alutus</i>	6,04	6,95
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	19,05	21,94
<i>Mantidactylus curtus</i>	247,27	284,72
<i>Mantidactylus pauliani</i>	856,14	985,85
<i>Ptychadena mascariensis</i>	10,22	11,77

χ^2 : 8,74E-29, ddl: 9, p: 0,0002

Annexe VIII. Abondance relative total de la communauté d'Amphibiens dans le massif de l'Ankaratra.

Espèces	Abondances (%)
<i>Mantidactylus pauliani</i>	64.38
<i>Mantidactylus curtus</i>	18.59
<i>Boophis williamsi</i>	10.03
<i>Blommersia kely</i>	2.37
<i>Boophis goudoti</i>	1.64
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	1.43
<i>Boophis microtympanum</i>	0.94
<i>Mantidactylus alutus</i>	0.45
<i>Boophis ankaratra</i>	0.13
<i>Ptychadena mascariensis</i>	0.004

Annexe IX. Variation altitudinale et saisonnière de la structure d'âge.

- Variation altitudinale

- Valeurs observées (O_i)

	Effectif						Total
	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m	
Adulte	22	48	749	633	241	176	1869
Juvenile		32	189	186	78	83	568
Têtard		8	108	115	90	125	446
Total	22	160	1876	1638	638	518	2883

- Valeur calculée (C_i)

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
Adulte	14,26	103,73	1216,18	1061,89	413,60	335,81
Juvenile	4,33	31,52	369,60	322,71	125,70	102,05
Têtard	3,40	24,75	290,22	253,40	98,70	80,13

$\chi^2: 2,3E-193, ddl: 10 . p: 0,0001$

- Variation saisonnière

- Valeurs observées (O_i)

	Effectif		
	Saison humide	Saison sèche	Total
Adulte	943	904	1847
Juvenile	291	277	568
Têtard	93	353	418
Total	1299	1534	2883

- Valeur calculée(C_i)

	Saison humide	Saison sèche
Adulte	842,11	994,46
Juvenile	255,92	302,22
Têtard	200,95	237,30

$\chi^2: 7,29E-08, ddl: 2, p:0,0001$

Annexe X. Variation altitudinale et saisonnière du nombre de mâle et de femelle.

- Variation altitudinale

- Valeurs observées (O_i)

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
Mâle	12	28	478	372	148	93
Femelle	10	20	264	261	92	94
Total	22	48	742	633	240	187

- Valeurs calculées (C_i)

	S1 1685 m	S2 1720 m	S3 2014 m	S4 2080 m	S5 2264 m	S6 2387 m
Mâle	13,29	29,00	448,29	382,44	145,00	112,98
Femelle	8,71	19,00	293,71	250,56	95,00	74,02

$X^2: 0,009, ddl: 5, p: 0,54$

- Variation saisonnière

- Valeurs observées (O_i)

	Saison humide	Saison sèche	Total
Femelle	388	353	741
Mâle	575	557	1132
Total	963	910	1873

- Valeur calculée(C_i)

	Saison humide	Saison sèche
Femelle	380,98	360,02
Mâle	582,02	549,98

$X^2: 9.18E-80, ddl: 1, p: 0,0001$

Annexe XI. Morphométrie.

- Mensuration (SVL et HW)

Espèces		SVL (mm)	HW (mm)
<i>Boophis ankaratra</i>	Mâle	26.5	9.9
	Femelle	-	-
<i>Boophis goudoti</i>	Mâle	50.38	17.92
	Femelle	70.42	26.62
<i>Boophis microtypanum</i>	Mâle	31.70	12.33
	Femelle	37.65	12.30
<i>Boophis williamsi</i>	Mâle	38.64	10.96
	Femelle	42.09	12.18
<i>Mantidactylus alutus</i>	Mâle	32.13	10.41
	Femelle	35.44	11.18
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	Mâle	34.32	11.04
	Femelle	41.37	13.07
<i>Mantidactylus curtus</i>	Mâle	38.21	12.95
	Femelle	41.39	13.29
<i>Mantidactylus pauliani</i>	Mâle	29.01	9.79
	Femelle	30.48	9.41

Annexe XII. Comparaison de la taille (SVL) sur terrain et la taille (SVL) d'après Vences et Glaw

- Genre *Boophis*

Espèces		SVL sur terrain (mm)	SVL d'après Vences et Glaw (mm)
<i>Boophis ankaratra</i>	Mâle	26 – 33	24 - 28
	Femelle	-	-
<i>Boophis goudoti</i>	Mâle	29 – 59	50 - 70
	Femelle	29 – 94	75 - 100
<i>Boophis microtypanum</i>	Mâle	25 – 38	27 - 30
	Femelle	26 – 42	33 - 42
<i>Boophis williamsi</i>	Mâle	23 – 47	-
	Femelle	39 – 42	38 - 43

- Genre *Mantidactylus*

Espèces	SVL sur terrain (mm)	SVL d'après Vences et Glaw (mm)
<i>Mantidactylus alutus</i>	27 - 42	27 - 30
<i>Mantidactylus brevipalmatus</i>	26 - 43	30 - 40
<i>Mantidactylus curtus</i>	23 - 62	37 - 43
<i>Mantidactylus pauliani</i>	16 - 38	30 - 35

Annexe XIII Moyenne SVL± écart type dans chaque altitude pour *M. curtus* et *M. pauliani*.

Espèce	S2 1685 m	S3 1720 m	S4 2014 m	S5 2080 m	S6 2264 m
<i>M. curtus</i>	37.85±6.35	37.63±3.90	35.70±9.41	36.82±5.68	40.35±5.20
<i>M. pauliani</i>	-	23.3±2.85	29.2±2.99	31.16±3.56	23.3±2.85

Annexe XIV. Indice de diversité de Shannon pour les deux saisons

Saison humide

Espèce	S1 1685 m		S2 1720 m		S3 2014 m		S4 2080 m		S5 2264 m		S6 2387 m	
	Pi	Pi*(Log(Pi))	Pi	Pi*(Log(Pi))	Pi	Pi*(Log(Pi))	Pi	Pi*(Log(Pi))	Pi	Pi*(Log(Pi))	Pi	Pi*(Log(Pi))
	<i>B. kely</i>	0	0	0	0	0.002	-0.005	0.012	0.023	0	0	0.006
<i>B. ankaratra</i>	0	0	0	0	0.004	-0.009	0	0	0	0	0	0
<i>B. goudoti</i>	0	0	0	0.037	0.006	-0.010	0.009	-0.010	0.009	-0.010	0.033	-0.040
<i>B. microtympanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004	-0.010	0.120	-0.110
<i>B. williamsi</i>	0	0	0	0	0.040	-0.050	0.119	-0.110	0.044	-0.060	0.073	-0.080
<i>M. alutus</i>	0	0	0	0	0.012	-0.020	0.004	-0.010	0.0170	-0.030	0.006	-0.010
<i>M. brevipalmatus</i>	0	0	0.020	0.037	0.010	-0.020	0.007	-0.010	0.050	-0.060	0.053	-0.060
<i>M. curtus</i>	0	0	0.951	0.019	0.069	-0.080	0.060	-0.070	0.640	-0.120	0.580	-0.130
<i>M. pauliani</i>	0	0	0	0	0.856	-0.050	0.786	-0.080	0.220	-0.140	0.120	-0.110
<i>P. mascariensis</i>	0.500	-0.011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H'	0.011		0.090		0.270		0		0.460		0.590	
E	0.011		0.090		0.270		0		0.460		0.590	

Saison sèche

Espèce	S1 1685 m		S2 1720 m		S3 2014 m		S4 2080 m		S5 2264 m		S6 2387 m	
	Pi	Pi*(Log(Pi))										
<i>B. kely</i>	0	0	0	0	0,040	-0,05	0,03	-0,040	0,040	0,059	0,09	-0,09
<i>B. ankaratra</i>	0	0	0	0	0,002	-0,005	0,02	-0,005	0	0	0	0
<i>B. goudoti</i>	0	0	0,045	-0,060	0,020	-0,029	0,001	-0,020	0,053	0,069	0,025	-0,040
<i>B. microtypanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,034	-0,051
<i>B. williamsi</i>	0	0	0	0	0,070	-0,079	0,17	-0,122	0,130	-0,110	0,210	-0,140
<i>M. brevipalmatus</i>	0	0	0	0	0,004	-0,008	0,002	-0,005	0,010	-0,020	0,030	-0,045
<i>M. curtus</i>	0	0	0,870	-0,050	0,012	-0,024	0,037	-0,051	0,230	-0,141	0,401	-0,160
<i>M. pauliani</i>	0	0	0,100	-0,100	0,870	-0,054	0,760	-0,090	0,520	-0,150	0,200	-0,140
<i>P. mascariensis</i>	0,018	-0,018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H'	0,018		0,210		0,251		0,350		0,560		0,670	
E	0,018		0,210		0,251		0,350		0,560		0,670	

Annexe XV. Température relevée sur le terrain (au niveau des sites de campement)

		Température en °C		
	Sites	Minimum	Maximum	Moyenne
Sèche	S2 (1720 m)	7,91	17,66	12,785
	S3 (2014 m)	6,92	16,30	11,61
	S5 (2264 m)	4,20	16,70	10,45
Humide	S2 (1720 m)	10,75	26	18,375
	S3 (2014 m)	10,55	22,11	16,33
	S5 (2264 m)	9,33	21,58	15,455

- Température moyenne annuelle

Sites	Température en °C
S2 (1720 m)	15,58
S3 (2014 m)	13,97
S5 (2264 m)	12,95

Annexe XVI. Les différents paramètres constitutifs de l'habitat

Sites	Température (°C)	Taille des roches (cm²)	Vitesse de l'eau (m/s)	Profondeur de l'eau (cm)
S1 1685 m	15,58	572	0,4	17
S2 1720 m	15,58	546	0,31	17
S3 2014 m	13,97	374	0,23	13,5
S4 2080 m	13,97	480	0,24	14,25
S5 2264 m	12,95	522	0,06	13,25
S6 2387 m	12,95	486	0,08	21

Annexe XVII. Résumé du test de corrélation de Pearson

	Température (°C)	Taille des roches (cm)	Vitesse de l'eau (m.s⁻¹)	Profondeur de l'eau (cm)
Richesse spécifique Corrélation de Pearson R=	-0,891	-0,764	-0,812	-0,172
<i>p</i>	0,034	0,038	0,025	0,372
Effectif total Corrélation de Pearson R=	-0,475	-0,890	-0,280	-0,531
<i>p</i>	0,042	0,009	0,295	0,139

Annexe XVIII. Les photos (face dorsale et ventrale) des espèces recensées au cours des quatre périodes d'études. Cliché de Andrianandrasana Andraina



a



b

Boophis ankaratra: a:- face dorsale, b: face ventrale



a



b

Boophis goudoti: a:- face dorsale, b: face ventrale



a



b

Mantidactylus curtus: a:- face dorsale, b: face ventrale



a



b

Boophis microtympanum: a:- face dorsale, b: face ventrale



Mantidactylus alutus

Annexe XIX. Quelques photos illustrant les différents sites d'études: cliché de
Andrianandrasana Andraina

Site à 1720 m (S2)



Site à 2014m (S3)



Site à 2080 m (S4)



Site à 2264 m (S5)



Site à 2387m (S6)



TITRE: Etude spatio-temporelle de la structure de la communauté d'Amphibiens des cours d'eau dans le massif de l'Ankaratra

RESUME

Le massif de l'Ankaratra abrite 16 espèces de grenouilles (Vences et al. en 2002) dont *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* sont endémiques locales. La distribution de ces espèces reste encore mal connue même si l'étude la plus récente par Rabemananjara et al. (2010) a conclu que *Mantidactylus pauliani* était présente à 2200 m et que *Boophis williamsi* était seulement observée à partir de 2300 m. Quelle est la répartition altitudinale et saisonnière des espèces dans le massif d'Ankaratra? Un inventaire des grenouilles a été mené dans le massif de l'Ankaratra (47°16'E, 19°22'S), qui se trouve dans la partie centrale de Madagascar. La recherche a été menée dans six sites, aux altitudes de 1685 m, 1720 m, 2014 m, 2080 m, 2264 m et 2387 m. Quatre descentes de 15 jours réparties en deux saisons (sèche et humide) ont été menées afin de recueillir les données nécessaires. Les méthodes d'inventaire adoptées sont la fouille systématique des microhabitats et l'observation directe le long d'un transect. Un total de 2883 individus appartenant à 10 espèces a été répertorié. *Mantidactylus pauliani* et *Mantidactylus curtus* représentent le plus grand nombre d'individus dans le massif. L'analyse de la distribution spatiale a montré que *Mantidactylus curtus* se rencontre à presque toutes les altitudes inventoriées (sauf à 1685 m) tandis que d'autres espèces comme *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* exploitent uniquement les moyennes et hautes altitudes (de 2014 m à 2387 m) et *Boophis microtypanum* a été seulement observée à haute altitude (2387 m). L'extension de l'aire de distribution de certaines des espèces recensées a été constatée avec un accent particulier pour *Boophis williamsi* et *Mantidactylus pauliani*. Cette observation pourrait être due au fait que de rares études ont été faites dans ce massif. Concernant la distribution saisonnière, aucune grande différence n'a été observée au niveau de la richesse spécifique mais plutôt au niveau du nombre d'individus recensé. L'effectif pendant la saison sèche (1543 individus) est supérieur à celui pendant la saison humide (1340 individus). Cette constatation s'expliquerait par la difficulté d'observation des grenouilles en saison des pluies. L'altitude et les saisons influencent les éléments constitutifs de l'habitat. Ces derniers modifiés pourraient avoir des impacts sur la structure de la communauté des grenouilles dans le massif de l'Ankaratra. Ainsi, une recherche plus approfondie avec l'amélioration de la méthodologie d'inventaire, l'exploration de nouvelles zones d'étude et la combinaison des méthodes morphologiques, bioacoustiques et génétiques amélioreraient les mises à jour du statut de conservation des espèces.

Mots clés: Distribution, Grenouille, Communauté, Cours d'eau, Altitude, Saison, Ankaratra, Massif, Madagascar.

ABSTRACT

The Ankaratra massif has 16 species of frogs (Vences et al., 2002). Two species which are *Mantidactylus pauliani* and *Boophis williamsi* are local endemics. The distribution of these species is poorly understood although recent study done by Rabemananjara et al. (2010) concluded that *Mantidactylus pauliani* was present at 2200 m and *Boophis williamsi* was only observed from 2300 m. What is the altitudinal and seasonal distribution of the species in the Ankaratra massif? A detailed frog inventory was conducted in the Ankaratra's mountain which is located in central part of Madagascar. The research was conducted in six sites located at altitudes 1685 m, 1720 m, 2014 m, 2080 m, 2264 m and 2387 m. Four steps of 15 days divided into two seasons were conducted in order to collect the necessary data for the study. The first two phase of investigation, which corresponded to the dry season were held on June and August 2012 (beginning of the dry season), while the last two were effected in november and december 2012 (the beginning of the rainy season). The method used during this study was direct observation and refuge examination. A total of 2883 individuals belonging to 10 species were recorded *M. curtus* represent the largest number of individuals during the study. The analysis of the ecological distribution showed that some species occur in all types of altitudes, while others use only the medium and high altitudes. *M. pauliani* and *B. williamsi* was shown in medium and high altitudes (2014 m to 2387 m) and *Boophis microtypanum* was only observed in the higher altitude (2387 m). In this study, the extension of the known range of some species was found, especially for *B. williamsi* and *M. pauliani*. This observation may be due to the fact that a bit of studies have been done in this mountain. No significant difference was observed in terms of richness about seasonal distribution but at the number of individuals recorded during the dry season is higher than during the wet season (1543 and 1340). This variation can be explained by the difficulty of frogs observation in the rainy season. Different habitat parameters that are themselves affected by seasonal and altitudinal variation must have influence on the of frogs community structure in the Ankaratra's mountains. Thus, a more detailed study with improved survey methodology, exploring new areas, and the combination of morphological methods, genetics and bioacoustics of each frog species could improve their updated conservation status.

Keywords: Distribution, Frog, Community, Streams, Altitude, Season, Ankaratra, Massif, Madagascar.

Encadreur:

Professeur Lydia RABETAFIKA

Impétrante:

Mlle ANDRIANANDRASANA Andraina M. A.

Ecole Parc des Princes Mahalavolona Antananarivo-
Madagascar

+261320401072

Andrianandrasana.andraina@gmail.com

RESUME

Le massif de l'Ankaratra abrite 16 espèces de grenouilles (Vences et al. en 2002) dont *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* qui sont endémiques locales. Quelle est la répartition altitudinale et saisonnière des espèces dans le massif d'Ankaratra? Un inventaire des grenouilles a été mené durant les mois de juin, août, octobre et décembre 2011 dans le massif de l'Ankaratra (47°16'E, 19°22'S) qui se trouve dans la partie centrale de Madagascar. La recherche a été menée dans six sites, aux altitudes de 1685 m, 1720 m, 2014 m, 2080 m, 2264 m et 2387 m. Quatre descentes de 15 jours réparties en deux saisons (sèche et humide) ont été menées afin de recueillir les données nécessaires. Les méthodes d'inventaire adoptées sont la fouille systématique des microhabitats et l'observation directe le long d'un transect. Un total de 2883 individus appartenant à 10 espèces a été répertorié. *Mantidactylus pauliani* et *Mantidactylus curtus* représentent le plus grand nombre d'individus dans le massif. L'analyse de la distribution spatiale a montré que *Mantidactylus curtus* se rencontre à presque toutes les altitudes inventoriées (sauf à 1685 m) tandis que d'autres espèces comme *Mantidactylus pauliani* et *Boophis williamsi* exploitent uniquement les moyennes et hautes altitudes (de 2014 m à 2387 m) et *Boophis microtypanum* a été seulement observée à haute altitude (2387 m). L'extension de l'aire de distribution de certaines des espèces recensées a été constatée avec un accent particulier pour *Boophis williamsi* et *Mantidactylus pauliani*, ces espèces ne vivent que dans une zone restreinte ayant des conditions particulières (forêt, cours d'eau limpide, hauteur spécifique). Concernant la distribution saisonnière, aucune grande différence n'a été observée au niveau de la richesse spécifique mais plutôt au niveau du nombre d'individus recensé. L'effectif pendant la saison sèche (1543 individus) est supérieur à celui pendant la saison humide (1340 individus). L'altitude et les saisons influencent les éléments constitutifs de l'habitat. Ces derniers, modifiés, pourraient avoir des impacts sur la structure de la communauté des grenouilles dans le massif de l'Ankaratra. Ainsi, une recherche plus approfondie avec l'amélioration de la méthodologie d'inventaire, l'exploration de nouvelles zones d'étude et la combinaison des méthodes morphologiques, bioacoustiques et génétiques amélioreraient les mises à jour du statut de conservation des espèces.

Mots clés: Grenouille, Cours d'eau, Altitude, Saison, Ankaratra, Madagascar.

ABSTRACT

The Ankaratra massif has 16 species of frogs (Vences et al., 2002). Two species which are *Mantidactylus pauliani* and *Boophis williamsi* are local endemics. The distribution of these species is poorly understood. What is the altitudinal and seasonal distribution of the species in the Ankaratra massif? A detailed frog inventory was conducted on June, August, October and December 2011 in Ankaratra's mountain which is located in central part of Madagascar. The research was conducted in six sites located at altitudes 1685 m, 1720 m, 2014 m, 2080 m, 2264 m and 2387 m. Four steps of 15 days divided into two seasons were conducted in order to collect the necessary data for the study. The first two phases of investigation, which corresponded to the dry season were held on June and August 2012 (beginning of the dry season), while the last two were effected in November and December 2012 (the beginning of the rainy season). The method used during this study was direct observation and refuge examination. A total of 2883 individuals belonging to 10 species were recorded. *Mantidactylus pauliani* and *Mantidactylus curtus* represent the largest number of individuals during the study. The analysis of the ecological distribution showed that some species occur in all types of altitudes, while others use only the medium and high altitudes. *M. pauliani* and *B. williamsi* was shown in medium and high altitudes (2014 m to 2387 m) and *Boophis microtypanum* was only observed in the higher altitude (2387 m). In this study, the extension of the known range of some species was found, especially for *B. williamsi* and *M. pauliani*. This observation may be due to the fact that a bit of studies have been done in this mountain. No significant difference was observed in terms of richness about seasonal distribution but at the number of individuals recorded during the dry season is higher than during the wet season (1543 and 1340). This variation can be explained by the difficulty of frogs observation in the rainy season. Different habitat parameters that are themselves affected by seasonal and altitudinal variation must have influence on the frogs community structure in Ankaratra's mountains. Thus, a more detailed study with improved survey methodology, exploring new areas, and the combination of morphological, genetic and bioacoustic methods of each frog species could improve their updated conservation status.

Keywords: Frog, Streams, Altitude, Season, Ankaratra, Madagascar.

Encadreur:
Professeur Lydia RABETAFIKA

Impétrante:
Mlle ANDRIANANDRASANA Andraina M. A.
Ecole Parc des Princes Mahalavolona Antananarivo-
Madagascar
+261320401072
Andrianandrasana.andraina@gmail.com