



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE
UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2023-2024

N° D'ORDRE : 098

CANDIDAT

Nom : ZINGBE

Prénom : Gbongué Ulrich

THESE DE DOCTORAT

Mention : Ecologie, Biodiversité et Evolution

Spécialité : Ecologie animale

Diversité et dynamique spatio-temporelle
des amphibiens du Parc National de la
Marahoué (Centre-ouest, Côte d'Ivoire).

JURY

Président : M. BONI Kotchi Yves, Professeur Titulaire, Université Jean
LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KOUAME N'goran Germain, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. TOHE Blayda, Professeur Titulaire, Université NANGUI
ABROGOUA

Examineurs : M. BOHOUSSOU Kouakou Hilaire, Maître de
Conférences, Université de Man

: M. KOUASSI Kouadio Daniel, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenue publiquement

le : 28 septembre 2024

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE.....	viii
REMERCIEMENTS	ix
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	xii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES FIGURES.....	xv
LISTE DES ANNEXES	xix
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	5
I-1- Généralités sur le Parc National de la Marahoué	6
I-1-1- Situation géographique	6
I-1-2- Historique du Parc National de la Marahoué.....	7
I-1-3- Caractéristiques du Parc national de la Marahoué.....	9
I-1-3-1- Caractéristiques physiques.....	9
I-1-3-1-1- Géologie et pédologie	9
I-1-3-1-2- Hydrographie	9
I-1-3-1-3- Climat	9
I-1-3-2- Structure de la végétation et richesse floristique du Parc national de la Marahoué.....	12
I-1-3-3- Faune du Parc national de la Marahoué.....	14
I-1-3-4- Populations humaines riveraines du Parc national de la Marahoué	16
I-1-3-5- Activités économiques à la périphérie du Parc national de la Marahoué	17
I-2- Considérations générales sur les amphibiens	17

I-2-1- Classification des amphibiens	18
I-2-1-1- Ordre des Gymnophiones	18
I-2-1-2- Ordre des Urodèles	19
I-2-1-2-1- Salamandres	19
I-2-1-2-2- Tritons	20
I-2-1-3- Ordre des Anoures	21
I-2-2- Biologie des amphibiens	22
I-2-2-1- Réproduction chez les amphibiens	22
I-2-2-1-1- Reproduction chez les Gymnophiones	22
I-2-2-1-2- Reproduction chez les Urodèles	22
I-2-2-1-3- Reproduction chez les Anoures	23
I-2-2-2- Régime alimentaire des amphibiens	23
I-2-3- Ecologie des amphibiens	24
I-2-4- Critères d'identification des amphibiens	24
I-2-4-1- Critères d'identification des amphibiens gymnophiones	24
I-2-4-2- Critères d'identification des amphibiens Urodèles	24
I-2-4-3- Critères d'identification des amphibiens Anoures	25
I-2-5- Importance des amphibiens	30
I-2-5-1- Services d'approvisionnement	30
I-2-5-2- Services de régulation	31
I-2-5-3- Services culturels et aménités	31
I-2-6- Etat de connaissance sur les amphibiens de la Côte d'Ivoire	31
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	33
II-1- Matériel	42
II-1-1- Matériel biologique	42

II-1-2- Matériel technique	42
II-1-2-1- Matériel d'échantillonnage des amphibiens	42
II-1-2-2- Matériel de conservation des spécimens d'amphibiens	42
II-1-2-3- Matériel d'identification des espèces d'amphibiens	42
II-1-2-4- Matériel de mensuration des amphibiens	43
II-1-2-5- Matériel pour la mesure des paramètres environnementaux	43
II-2- Méthodes	45
II-2-1- Période d'étude.....	45
II-2-2- Choix des sites et mise en place des transects.....	45
II-2-3- Situation et caractérisation des transects	48
II-2-4- Caractérisation physique des habitats du PNM.....	49
II-2-4-1- Estimation de la densité des végétaux ligneux	49
II-2-4-2- Estimation de la canopée	50
II-2-4-3- Mesure de l'épaisseur de la litière	50
II-2-4-4- Mesures de la température et de l'humidité relative de l'air	50
II-2-4-5- Estimation du taux de couverture en herbe et du nombre de point d'eau	50
II-2-5- Inventaire des amphibiens	50
II-2-5-1- Techniques d'échantillonnage	50
II-2-5-1-1- Echantillonnage acoustique	51
II-2-5-1-2- Echantillonnage visuel associé aux captures	52
II-2-5-2- Conservation et transport des spécimens.....	52
II-2-5-3- Identification des différentes espèces d'Anoures	53
II-2-5-3-1- Identification à partir des caractères morphologiques.....	53
II-2-5-3-2- Identification par les coassements	53
II-2-5-4- Détermination du statut de conservation des espèces inventoriées	54

II-2-6- Collecte des données liées aux sources de perturbation des habitats	55
II-2-7- Expression des résultats par les indices écologiques	55
II-2-7-1- Indices écologiques de composition.....	55
II-2-7-1-1- Constance ou indice d'occurrence.....	55
II-2-7-1-2- Abondance relative.....	55
II-2-7-2- Indices écologiques des structures	56
II-2-7-2-1- Richesse spécifique totale	56
II-2-7-2-2- Indice de diversité de Shannon.....	56
II-2-7-2-3- Indice d'équirépartition des populations	56
II-2-7-2-4- Indice de similitude de Sørensen.....	56
II-2-8- Méthodes statistiques	57
II-2-8-1- Analyses univariées.....	57
II-2-8-2- Analyses multivariées.....	58
II-2-8-2-1- Analyse de Classification Hiérarchique Ascendante	58
II-2-8-2-2- Analyse canonique de redondance	58
II-2-8-2-3- Carte auto organisatrice de Kohonen	58
II-2-8-2-4- Méthode « Indval »	59
II-2-8-2-5- Analyse factorielle des correspondances.....	60
II-2-8-2-6- Modèle additif généralisé	61
II-2-8-2-7- Analyse Factorielle Discriminante	61
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	55
III-1- Résultats.....	56
III-1-1- Caractéristiques physiques de la zone d'étude.....	56
III-1-1-1- Densité des arbres et arbustes	56
III-1-1-2- Canopée et épaisseur de la litière	57

II-1-1-3- Taux de couverture en herbe	59
III-1-1-4- Nombre des points d'eau au sein des transects	59
III-1-1-5- Variation saisonnière de la température de l'air dans les deux zones du parc	61
III-1-1-6- Variation saisonnière de l'humidité relative de l'air dans les deux zones du Parc.....	62
III-1-1-7- Classification des transects	63
III-1-2- Diversité et structure taxonomique des amphibiens du Parc national de la Marahoué	64
III-1-2-1- Richesse spécifique et habitat de capture des amphibiens	65
III-1-2-2- Composition spécifique des différentes familles d'amphibiens inventoriées	67
III-1-2-4- Présentation des espèces nouvellement identifiées dans le Parc national de la Marahoué.....	67
III-1-2-4-1- <i>Hyperolius fusciventris</i>	67
III-1-2-4-2- <i>Ptychadena mascareniensis</i>	68
III-1-2-4-3- <i>Ptychadena pumilio</i>	69
III-1-2-4-4- <i>Ptychadena stenocephala</i>	70
III-1-2-5- Caractérisation des espèces communes aux trois habitats	71
III-1-2-6- Distribution biogéographique et statut de conservation des espèces d'amphibiens inventoriées dans la Parc national de la Marahoué.....	73
III-1-3- Organisation des peuplements	76
III-1-3-1- Variation spatiale et saisonnière de la richesse spécifique	76
III-1-3-1-1- Variation spatiale de la richesse spécifique	76
III-1-3-1-2- Variation saisonnière de la richesse spécifique.....	76

III-1-3-2- Variation spatiale et saisonnière des abondances relatives de la communauté d'amphibiens inventoriées.....	78
III-1-3-3- Variation saisonnière de l'abondance relative des différentes familles inventoriées dans chaque habiat	80
III-1-3-3-1- Variation saisonnière de l'abondance relative des familles présentes au sein des habitats clairsemés	80
III-1-3-3-2- Variation saisonnière de l'abondance relative des familles présentes au sein des habitats fermés	81
III-1-3-3-3- Variation saisonnière de l'abondance relative des familles présentes au sein des habitats ouverts	81
III-1-3-4- Variation saisonnière de l'abondance relative des différentes espèces inventoriées	82
III-1-3-4-1- Variation saisonnière de l'abondance des espèces inventoriées au sein de l'habitat fermé.....	82
III-1-3-4-2- Variation saisonnière de l'abondance des espèces inventoriées au sein de l'habitat ouvert.....	83
III-1-3-4-3- Variation saisonnière de l'abondance des espèces inventoriées au sein de l'habitat clairsemé.....	84
III-1-3-5- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées	85
III-1-3-5-1- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats ouverts.....	86
III-1-3-5-2- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats clairsemés.....	86

III-1-3-5-3- Variation saisonnière des fréquences d’occurrences des espèces inventoriées dans les habitats fermés.....	88
III-1-3-6- Similitude de la composition spécifique des habitats	89
III-1-3-7- Analyse de la diversité spécifique des différents habitats.....	90
III-1-3-7-1- Variation spatiale des indices de Shannon et d’équitabilité.....	90
III-1-3-7-2- Variation saisonnière des indices de Shannon et d’équitabilité.....	91
III-1-3-7-2- 1-Variation saisonnière des indices de Shannon-Weaver	91
III-1-3-7-2-2-Variation saisonnière des indices d’équitabilité.....	92
III-1-3-8- Dynamique spatio temporelle des espèces d’amphibiens inventoriées	93
III-1-3-8-1- Répartition des espèces selon le profil environnemental	93
III-1-3-8-2- Répartition des espèces selon les saisons climatiques et les types de campagnes	95
III-1-3-8-3- Facteurs déterminant la diversité des amphibiens inventoriés.....	102
III-1-3-8-4- Espèces caractéristiques des différents habitats.....	104
III-1-3-8-5- Paramètres environnementaux influençant les espèces indicatrices des différents habitats	107
III-1-4- Pressions anthropiques et menaces sur les populations d’amphibiens du Parc national de la Marahoué.....	115
III-2- Discussion	118
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	129
REFERENCES.....	132
ANNEXES	151

DEDICACE

Je dédie ce travail :

*A mon défunt père, **FEU ZINGBE Marcel** qui de son vivant m'a toujours soutenu et encouragé à poursuivre les études;*

*A ma mère **SATY Angèle**, pour les nombreux sacrifices consentis pour mon éducation et mes études.*

*A mes charmants et aimants enfants **ZINGBE Saty Grâce Lucie** et **ZINGBE Sia Ange Emmanuel** qui sont pour moi une source d'inspiration.*

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse est le fruit de la collaboration de certaines personnes que je voudrais remercier très sincèrement à travers ces quelques lignes.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Professeur ADOHI Krou Viviane, Présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE, pour avoir accepté mon inscription au sein de l'institution qu'elle dirige et pour la mise en place d'un environnement favorable à la réalisation de mes travaux de thèse.

J'adresse mes remerciements aux Vice-présidents, Professeurs SORO Dognimiton et KONE Siaka de l'Université Jean Lorougnon GUEDE, pour leur disponibilité et pour les conseils qu'ils prodiguent aux étudiants.

J'adresse ma profonde reconnaissance au Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'UFR Environnement, pour ses différents conseils et de m'avoir accepté comme doctorant au sein de son UFR.

J'adresse mes vifs remerciements au Professeur KOFFI Béné Jean-Claude, Directeur du laboratoire de recherche Biodiversité et Ecologie Tropicale (BioEcoTrop) de l'Université Jean Lorougnon GUEDE, pour son soutien, sa disponibilité, ses conseils et encouragements.

Je désire remercier infiniment Professeur KOUAME N'goran Germain, Directeur scientifique de cette thèse, pour m'avoir fait confiance en acceptant de m'encadrer depuis la Licence 3 jusqu'au Doctorat. Pendant tout ce temps, j'ai pu bénéficier de son soutien financier, sa constante disponibilité, son suivi rigoureux, son immense gentillesse et sa rigueur scientifique. Il a toujours répondu promptement à toutes mes sollicitations et a joué un rôle déterminant dans le processus de publication des articles et de la finalisation de cette thèse. Son esprit d'ouverture et de communication a été indispensable tout au long de cette étude. Je suis reconnaissant pour le temps conséquent qu'il m'a accordé. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse mon infinie gratitude.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance au Professeur Mark-Oliver RÖDEL, de l'Institut des Sciences de l'Evolution et de la Biodiversité et du Muséum d'Histoire Naturelle de Berlin (Allemagne), dont les critiques ont fortement contribué à l'amélioration de cette thèse.

Mes remerciements vont à l'endroit des autorités de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), avec à leur tête le conservateur Général TONDOSSAMA Adama, Ingénieur Général des Eaux et Forêts, qui m'ont facilité l'obtention de l'autorisation d'accès au Parc National de la Marahoué.

Je remercie de tout cœur le Commandant MOBIO Adeké Antoine (chef secteur du Parc National de la Marahoué), pour m'avoir hébergé et avoir mis à ma disposition un guide, afin de me faciliter le déplacement lors de mes investigations durant toute la période d'étude.

Je remercie également tous les agents de la direction de l'OIPR de Bouaflé et Yamoussoukro, pour leur soutien logistique.

J'exprime ma reconnaissance aux Professeurs EDIA Oi Edia et ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, pour leur précieuse contribution pour l'amélioration de ce document, en leur qualité de refférés de cette thèse.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les membres du jury qui me font l'honneur de juger ce travail et qui ont accepté d'y consacrer une part non négligeable de leur précieux temps.

- J'exprime ma profonde gratitude au Professeur BONY Kotchi Yves pour avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse en tant que Président.

- Je suis très reconnaissant envers le Professeur TOHE Blayda, de l'Université NANGUI ABROGOUA pour avoir accepté de prendre part à ce jury en tant que rapporteur.

- Ma reconnaissance est également adressée au Docteur BOHOUSOU Kouakou Hilaire, Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à l'Université de Man et au Docteur KOUASSI Kouadio Daniel, Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à l'Université Jean LOROUNGNON GUEDE pour avoir accepté de juger ce travail en tant qu'examinateurs.

Je remercie toute l'Equipe de Travail en Ecologie Tropicale et Animale (ETETA), notamment les Enseignants – Chercheurs et les étudiants, dont les critiques et suggestions ont facilité la rédaction de ce manuscrit. Je les remercie également pour leurs conseils avisés, leur écoute, leur disponibilité et leur implication dans la réalisation de ce travail.

Les campagnes d'échantillonnage sur les amphibiens de la zone d'étude ont été des moments agréables grâce à l'esprit d'équipe qui a régné entre nous. Cet esprit n'aurait pas été possible sans la collaboration des condisciples : N'GUESSAN Ouétré, N'ZUE Alexandre, Docteur GONGOMIN Basseu Aude-Inès, Docteur KANGA Philippes et monsieur ZOGBASSE Parfait. Je leur témoigne toute ma reconnaissance.

Je remercie mes amis Docteur SIB Ollo, Docteur DJENE Kouakou Roland, Docteur ALLOUKO Jean-Renaud, Docteur BOKO Brou Bernard, Docteur ZEAN Maxim, Docteur OUSSOU Konan Ervé, Docteur MONKET Edgar, Docteur KOUADIO Atta Léonard, Docteur KONATE Dotchemin, Docteur KELLY Marley Roger, DRAMANE Kouakou Djakaria ; KONE Dibonan Emmanuel, ANOI Jim Wilfried, KOUADIO N'guessan

Emmanuel, KOSSONOU Lejoli, KOSSA Demenon Arsène, SORO Malick et YAO Jean Martin pour leur soutien.

A monsieur DJOUROUM Souha, Chef de l'Antenne Pédagogique et de la Formation Continue et à sa famille, je voudrais exprimer mon infinie reconnaissance pour ses services et soutiens depuis mon séjour dans la ville de Daloa. Je remercie également mon aîné KESSE Doua, pour ses conseils et soutiens.

A ma chérie GOLI Edwige Nadia et à sa famille, je voudrais exprimer mes vifs remerciements pour leur soutien moral ainsi que leurs encouragements lors de mes investigations herpétologiques.

Mes remerciements sont également adressés à mes frères et sœurs ZINGBE Odilone, ZINGBE Sandrine, ZINGBE Sia Justelin Tchècle, ZINGBE Kouï Hermann, ZINGBE Modeste Landry et ZINGBE Sahi Noé, qui ont toujours encouragé les membres de la famille ZINGBE à exceller dans le travail.

Je remercie mes parents maternels et paternels, en particulier mes tantes GBONGUE Yvonne, SIA Chantale et mes oncles SIA Kouï Bertin, SIA Loua Marcelin, SIA Patrice et GUEU Albert, pour leur affection et soutien.

Enfin, je voudrais remercier toutes les personnes qui de près comme de loin m'ont aidé à mener à bien ce travail.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

SIGLES

ANADER	: Agence Nationale d'Appui au Développement Rural
MINEF	: Ministère des Eaux et Forêts
MINEFOR	: Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts
OIPR	: Office Ivoirien des Parcs et Réserves
SODEFOR	: Société de Développement des Forêts
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la nature
UNEP WCMC	: Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre pour le monitoring de la conservation mondiale

ABREVIATIONS

ANOVA	: Analyse de Variance
CAH	: Classification Hiérarchique Ascendante
CANOCO	: Canonical Community Ordination
GPS	: Global Position System
LMA	: Longueur museau - anus
P	: Probabilité
PNM	: Parc National de la Marahoué
RDA	: Redundancy Analysis (Analyse de Rebondances)
SOM	: Self Organizing Maps (Carte Auto Organisatrice)
SP	: Saison pluvieuse
SS	: Saison sèche
Zs	: Zone savannicole
Zf	: Zone forestière
GMT	: Temps Moyen de Greenwich

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Liste des espèces d'amphibiens recensées au Parc National de la Marahoué	15
Tableau II : Coordonnées géographiques et description succinctes des transect d'échantillonnage.	49
Tableau III : Liste des amphibiens inventorié dans le Parc National de la Marahoué.	65
Tableau IV : Liste des espèces d'amphibiens inventoriées en fonction des transects et des habitats	66
Tableau V : Habitats préférentiels, statuts de conservation UICN et distribution des espèces d'amphibiens inventoriées au PNM.....	75
Tableau VI : Variation saisonnière de l'abondance des espèces au sein des habitats fermés .	83
Tableau VII : Variation saisonnière de l'abondance des espèces au sein des habitats ouverts	84
Tableau VIII : Variation saisonnière de l'abondance des espèces au sein de habitats clairsemés	85
Tableau IX : Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats ouverts	87
Tableau X : Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats clairsemés	88
Tableau XI : Variations aisonnières des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats fermés.....	89
Tableau XII : Indice de similitude de sorensen (%) appliqués pour les les habitats pris deux à deux	90
Tableau XIII : Variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon - Weaver dans les différents habitats propectés.....	92

Tableau XIV : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité dans les différents habitats prospectés	93
Tableau XV : Relation entre les espèces d'amphibiens et les variables environnementales...	94
Tableau XVI : Liste des acronyme et leurs définitions.....	95
Tableau XVII : Estimation des erreurs de qualification et de topographie des différentes tailles de la carte Kohonen	96
Tableau XVIII : Résultats de la classification obtenue par l'Analyse Factorielle Discriminante et le test "leave-one-out" de validation	103
Tableau XIX : Corrélation de Spearman entre les variables environnementales mesurées dans les transects et utilisées dans les modèles additifs	110
Tableau XX : Contribution des variables environnementales utilisées dans les modèles additifs généralisés pour expliquer l'occurrence des principales espèces d'amphibiens inventoriées dans les transects.....	110

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation du Parc National de la Marahoué	7
Figure 2 : Courbes de la variation annuelle de la Température du parc.....	10
Figure 3 : Pluviométrie moyenne mensuelle enregistrée dans le parc	11
Figure 4 : Humidité moyenne mensuelle enregistrée dans le parc.....	11
Figure 5 : Diagramme ombro-thermique de Bagnouls & Gaussen réalisé à partir des données	12
Figure 6 : Amphibien Gymnosphone : <i>Geotrypetes seraphini occidentalis</i>	18
Figure 7 : Amphibiens Urodèle (salamandre tachetée) : <i>Salamandra salamandra terrestris</i> . 20	
Figure 8 : Amphibiens Urodèle (Triton) : <i>Triturus cristatus</i>	21
Figure 9 : Amphibien Anoure : <i>Amnirana alborabris</i>	21
Figure 10 : Forme des museaux et des pupilles de quelques Anoures	26
Figure 11 : Formes des pattes de quelques Anoures	27
Figure 12 : Structure générale de la peau de quelques Anoures	28
Figure 13 : Caractères sexuels secondaires de quelques amphibiens Anoures mâles adultes. 29	
Figure 14 : Photos de quelques éléments du matériel d'échantillonnage des amphibiens	44
Figure 15 : Représentation schématique d'un transect	46
Figure 16 : Vues partielles de quelques habitats au sein des milieux d'échantillonnage	47
Figure 17 : Localisation des différents transects	48
Figure 18 : Différentes catégories d'évaluation de l'Union International pour la Conservation de la Nature	54
Figure 19 : Schéma simplifié de la carte auto organisatrice de Kohonen	59
Figure 20 : Densité des végétaux ligneux, de la canopée et de l'épaisseur de la litière	58
Figure 21 : Taux de couverture en herbe des différents transects	59

Liste des figures

Figure 22 : Variation du nombre de point d'eau durant la saison pluvieuse	60
Figure 23 : Variation du nombre de point d'eau durant la saison sèche	60
Figure 24 : Variation saisonnière de la température au sein deux zones du parc.....	61
Figure 25 : Variation saisonnière de l'humidité au sein des deux zones du parc	63
Figure 26 : Classification hiérarchique des transects	64
Figure 27 : Composition spécifique de chaque famille	67
Figure 28 : <i>Hyperolius fusciventris</i> observée au Parc National de la Marahoué.....	68
Figure 29 : <i>Ptychadena mascareniensis</i> observée au Parc National de la Marahoué	69
Figure 30 : <i>Ptychadena pumilio</i> observée au Parc National de la Marahoué.....	70
Figure 31 : <i>Ptychadena stenocephala</i> observée au Parc National de la Marahoué.....	70
Figure 32 : Variation de la longueur museau - anus des espèces communes aux trois habitats	72
Figure 33 : Variation spatiale de la richesse spécifique	76
Figure 34 : Variation saisonnière de la richesse spécifique	77
Figure 35 : Variation spatiale et saisonnière de l'abondance des différentes familles	78
Figure 36 : Proportion de chaque famille et de chaque espèce au sein du peuplement d'amphibiens inventoriés	79
Figure 37 : Variation saisonnière de l'abondance des familles au sein de l'habitat clairsemé	80
Figure 38 : Variation saisonnière de l'abondance relative des familles au sein de l'habitat fermé.....	81
Figure 39 : Variation saisonnière de l'abondance relative des familles au sein de l'habitat ouvert.....	82
Figure 40 : Variation spatiale des indices de Shannon et d'équitabilité	91
Figure 41 : Ordination des espèces et des variables environnementales par la RDA dans l'espace réduit à deux dimensions	94

Liste des figures

Figure 42 : Carte auto - organisatrice de Kohonen et dendogramme de classification hiérarchique de cellules de la carte de Kohonen	97
Figure 43 : Distribution des échantillons dans la carte auto - organisatrice de Kohonen	98
Figure 44 : Profil de distribution des espèces d'amphibiens des habitats d'étude sur la carte Kohonen à partir des données d'abondance.....	100
Figure 45 : Distribution des espèces dans chaque groupe défini par la SOM.....	101
Figure 46 : Analyse Factorielle Discriminante sur les groupes établis par la SOM et les variables environnementales	102
Figure 47 : Centre de corrélation des variables environnementales discriminant les groupes dans le plan F1 X F2 de l'analyse factorielle discriminante	104
Figure 48 : Typologie des transects en fonction de leur niveau de perturbation et des nombres d'espèces indicatrices à chaque groupe de transects.....	105
Figure 49 : Espèces indicatrices associées aux différents noeuds de la classification des habitats	106
Figure 50 : Courbes de réponse des modèles additifs généralisés pour les espèces <i>Hyperolius nitidilus</i> et <i>Phrynobatrachus natalensis</i> inventoriées dans le Parc National de la Marahoué	111
Figure 51 : Courbe de réponse des modèles additifs généralisés pour l'espèce <i>Hyperolius concolor</i> inventoriée dans le Parc National de la Marahoué.....	112
Figure 52 : Courbe de réponse des modèles additifs généralisés pour l'espèce <i>Phrynobatrachus latifrons</i> inventoriée au Parc National de la Marahoué	113
Figure 53 : Courbe de réponse des modèles additifs généralisés pour l'espèce <i>Hyperolius picturatus</i>	114
Figure 54 : Vues partielles de quelques sources de dégradation des habitats d'amphibiens du Parc National de la Marahoué	116

Figure 55 : Répartition des différentes sources de menaces au sein des habitats de la zone d'étude.....	117
--	-----

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de terrain

Annexe 2 : Richesse en amphibiens de la Côte d’Ivoire

Annexe 3 : Autorisation d’accès au Parc National de la Marahoué

Annexe 4 : Présentation des espèces d’amphibiens inventoriées au PNM (de mai 2019 à Août 2020)

INTRODUCTION

L'érosion drastique de la biodiversité a entraîné, depuis les deux dernières décennies, un débat essentiel parmi la communauté scientifique sur les voies et moyens indispensables au renforcement des mesures de protection et de conservation des espèces végétales et animales (**Sanderson *et al.*, 2002; UNEP-WCMC, 2008**). Ainsi, de nombreux points chauds de biodiversité ont été identifiés dans diverses régions du monde comme étant des zones sensibles à la conservation de la faune et de la flore (**Myers *et al.*, 2000; Mittermeier *et al.*, 2004 ; Bourgeois, 2008**). Les forêts tropicales, dans leur globalité, hébergent près de 50 % de l'ensemble des espèces terrestres décrites, même si elles sont susceptibles de renfermer des proportions élevées d'espèces non encore décrites à ce jour (**Dirzo & Raven, 2003**). C'est la raison pour laquelle elles ont reçu une attention particulière à travers des campagnes de conservation (**Naughton-Treves *et al.*, 2005**).

Les petits fragments forestiers, quant à eux, peuvent constituer des réservoirs de populations et d'espèces forestières rares et en péril (**Faria *et al.*, 2007**) et leur extinction au niveau local seulement peut avoir de graves répercussions sur la diversité régionale (**Shafer, 1995**). Ainsi, la présence de ces îlots forestiers s'avère vitale pour plusieurs populations animales, et leur rôle de dernier vestige de la biodiversité régionale devient central (**Bourgeois, 2008**).

Les études menées par **Chatelain *et al.* (1996)** et **Lauginie (2007)** indiquent que la Côte d'Ivoire, pays situé en Afrique de l'Ouest, couvre toute une série d'habitats différents depuis les forêts tropicales au Sud, les zones montagneuses à l'Ouest et les différentes savanes au Centre et au Nord du pays. En outre, **Koffi *et al.* (2015)** ont démontré, à l'issue de travaux basés sur la gestion durable de la faune et des ressources cynégétiques, que la Côte d'Ivoire regorge la quasi-totalité des taxons des forêts tropicales. Cette richesse serait justifiée par l'existence d'un réseau de 18 aires protégées dont huit (8) parcs nationaux et dix réserves naturelles (**Lauginie, 2007 ; Koffi *et al.*, 2015**). Malheureusement, ces aires protégées, qui à l'origine étaient des surfaces dédiées principalement à la protection de l'héritage naturel et au maintien de la biodiversité et/ou des services écologiques, et écosystémiques sont soumises à des pressions anthropiques de plus en plus croissantes qui ont des conséquences négatives sur la faune qu'elles abritent (**N'Da *et al.*, 2008; Kouassi, 2012 ; N'Gbesso & Vergnes, 2012; Goh, 2015 ; Koffi *et al.*, 2015**). A cela, s'ajoute la méconnaissance de la richesse faunique et floristique actuelle de certains écosystèmes. Par conséquent les études conduites dans ces milieux nécessitent une actualisation des données (**Koffi *et al.*, 2015**).

Le Parc National de la Marahoué, qui en particulier est la plus grande aire protégée dans la région du Haut-Sassandra était, à l'origine, couvert de végétation naturelle constituée de 80%

de forêt et d'environ 20% de savane (**MINEFOR, 2001**). Cependant, l'augmentation des populations humaines et des activités agricoles ont remodelé au fil du temps le paysage naturel de ce parc (**Kouamé, 1998 ; Konan, 2009**). Cette réduction de la végétation est susceptible d'avoir des effets néfastes sur la faune du parc, et plus particulièrement sur les amphibiens dont certaines contraintes biologiques et écologiques font d'eux les vertébrés terrestres les plus menacés (**Baillie et al. 2010**). En effet, les diverses espèces d'amphibiens colonisent une grande variété d'habitats, notamment les milieux terrestres, dulcicoles, et arboricoles. Leur survie est étroitement liée à l'eau et à l'humidité relative de l'air et du sol. Ils possèdent une peau nue et humide, une température corporelle variable, et un cycle de vie diphasique qui leur confère une vie aquatique au stade larvaire, et terrestre au stade adulte. Leurs larves ou têtards ont un mode de vie totalement aquatique et respirent par des branchies, tandis que les adultes, dotés de poumons, respirent à l'air libre (**Wyman, 1990 ; Rowe et al., 2003 ; Pineda et al., 2005**). Bien que la majorité de ces animaux soient capables d'utiliser leur peau comme surface respiratoire secondaire, certaines espèces respirent exclusivement par la peau et sont dépourvues de poumons (**Wells, 2007**). Ces caractéristiques biologiques rendent donc les amphibiens très sensibles aux perturbations et aux diverses menaces qui affectent la qualité de l'eau et du milieu terrestre, particulièrement les micro-habitats dans lesquels ils sont inféodés. Ce qui leur confère la qualité de bon indicateur biologique des écosystèmes (**Schiøtz, 1967 ; Channing, 2001**). Ils jouent un rôle très important dans les dynamiques des réseaux trophiques et leur présence est indispensable dans l'équilibre des habitats humides en tant que proies et prédateurs (**Channing, 2001 ; Toledo et al., 2007 ; Mohneke et al., 2010, 2011**). En outre, grâce à leur respiration cutanée et à leur cycle de vie à la fois aquatique et terrestre, ils peuvent fournir plus de renseignements sur les variations climatiques (y compris le paléoclimat) que les autres groupes de vertébrés (**Amiet, 1987**).

Le Parc national de la Marahoué semble être un site idéal pour la conservation de la faune batrachologique, car il abrite le tiers des espèces d'amphibiens de Côte d'Ivoire (**Rödel & Ernst, 2003 ; Rödel et al., 2021**). Cependant, la seule étude menée sur les amphibiens de cette aire protégée date de deux décennies et a montré des limites du fait qu'elle est fragmentaire et ne tenant pas compte de la dimension spatio-temporelle des espèces. En outre, les conflits armés survenus en Côte d'Ivoire et l'entrée massive des certaines populations originaires des pays limitrophes, une installation massive des populations dans les zones forestières de l'ouest ivoirien, y compris le Parc national de la Marahoué a été enregistrée. Ce qui a eu des conséquences négatives sur la faune et la flore de cette aire protégée (**Kouassi,**

2014; Goh, 2015). Cela est problématique car les aires protégées sont les seules zones refuges pour la conservation des amphibiens en Côte d'Ivoire (**Rödel *et al.*, 2021**). Par conséquent, les données sur les amphibiens du parc méritent d'être actualisées et complétées en tenant compte de l'écologie et de la distribution spatio-temporelle des communautés d'espèces présentes dans ce milieu, surtout que cette aire protégée a été l'objet d'une intense anthropisation (**Akoué, 2012**). Il est d'un constat réel que toutes ces données écologiques sont particulièrement importantes d'une part pour la gestion efficace et durable des populations d'amphibiens et d'autre part pour la promotion de la réhabilitation du Parc national de la Marahoué. Les résultats de cette étude enrichiront également la base de données portant sur la faune sauvage de façon générale et spécifiquement sur les amphibiens du PNM et de la Côte d'Ivoire.

Cette étude vise à fournir une meilleure connaissance de la diversité et de l'écologie des amphibiens du Parc National de la Marahoué en vue de contribuer à leur conservation durable ainsi que celle de leurs habitats. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- caractériser leurs habitats à partir des paramètres biotiques et abiotiques;
- déterminer la richesse spécifique actualisée des amphibiens du PNM à l'issue des inventaires;
- suivre et analyser la dynamique de ces espèces dans le temps et dans l'espace, de sorte à déterminer leur relation avec les paramètres biotiques et abiotiques;
- identifier les différentes menaces auxquelles les espèces d'amphibiens inventoriées y sont confrontées.

Pour atteindre ces objectifs, notre travail est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré aux généralités sur le Parc National de la Marahoué et les amphibiens. Le second chapitre expose d'une part le matériel et d'autre part les méthodes relatives à l'étude. Le troisième chapitre présente les résultats issus des analyses des données collectées et la discussion de ces résultats. Enfin une conclusion suivie de perspectives et de recommandations achèvent ce mémoire.

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES

I-1- Généralités sur le Parc National de la Marahoué

I-1-1- Situation géographique

Le Parc national de la Marahoué (PNM) couvre une superficie de 101 000 ha (Figure 1). Il est situé au centre-ouest de la Côte d'Ivoire à environ 387 km au Nord-Ouest d'Abidjan, à droite de l'axe routier Bouaflé-Daloa. Il est délimité par les longitudes 5°45' et 6°13' Ouest et les latitudes 6°51' et 7°17' Nord et est situé dans le secteur mésophile guinéen, dans une zone de transition climatique avec une partie sud plus humide que le nord (**Adjanohoun & Guillaumet, 1971**). Cette aire protégée couvre les régions de la Marahoué et du Haut-Sassandra. Ce parc est situé au centre de la diagonale écologique du système des aires protégées de la Côte d'Ivoire avec les extrémités représentées par le Parc national de Taï au Sud-Ouest et le Parc national de la Comoé au Nord-Est. C'est un parc important car il est la seule aire protégée de Côte d'Ivoire qui est située à l'interface des écosystèmes de forêts et de savane (**MINEFOR, 2001**). Le PNM tire son nom de la partie du cours du fleuve Bandama dénommé « Marahoué » qui arrose en grande partie le parc suivant la direction Nord-Ouest et Sud-Est (**MINEFOR, 2001**). De réserve de faune en 1956, il a été érigé en parc national par le décret n° 68-80 du 9 février 1968 (**Lauginie, 2007**). Cette aire protégée était initialement une forêt classée par l'administration coloniale française en 1937 (**Lauginie, 2007**) et appartenait à la catégorie II de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (**UICN, 1994**).

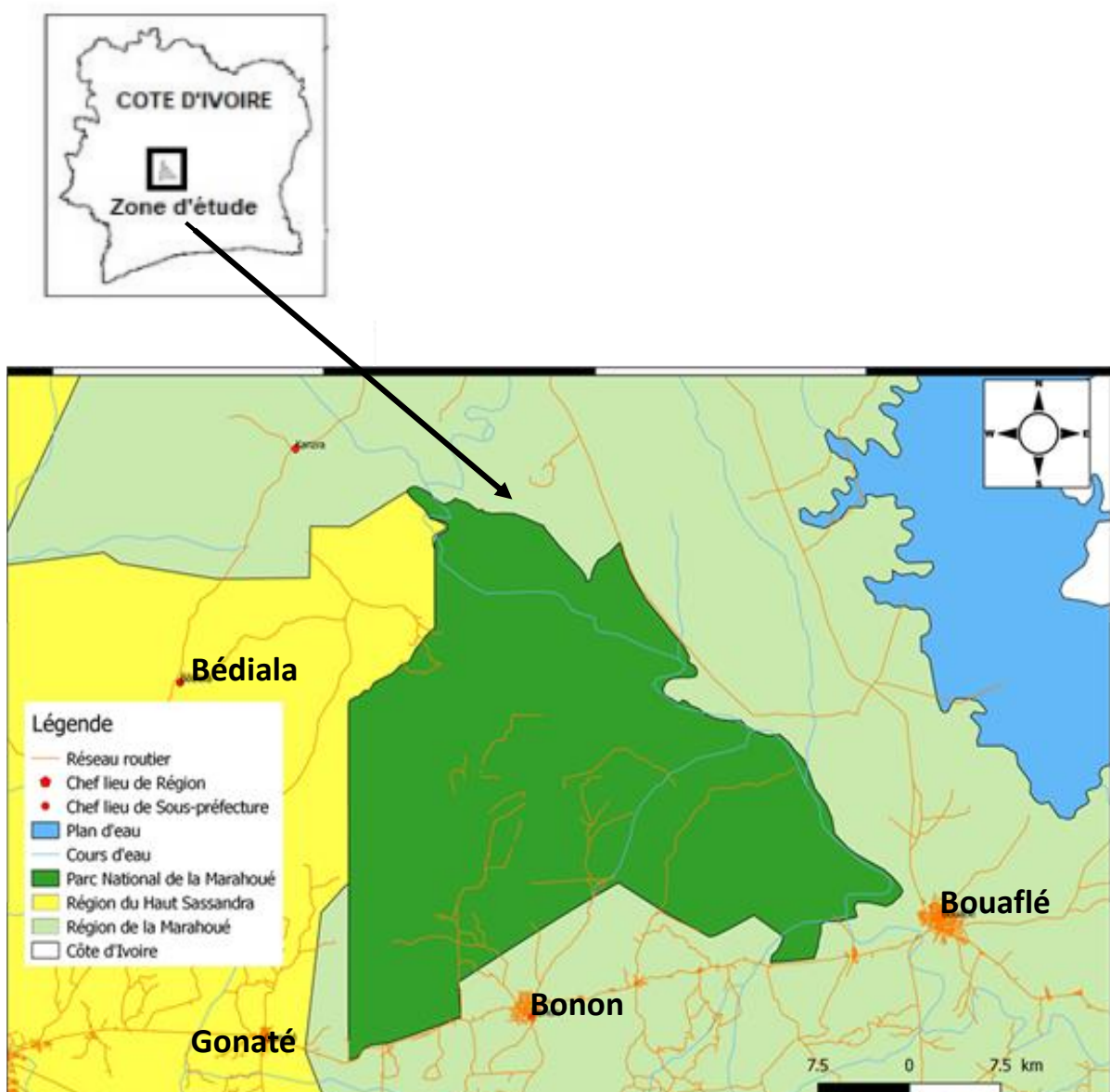


Figure 1 : Carte de localisation du Parc National de la Marahoué (source : OIPR, 1996; modifiée par Zingbé).

I-1-2- Historique du Parc National de la Marahoué

La végétation naturelle de cette aire protégée a été dégradée au profit de grandes plantations de café et de cacao (**Adjanohoun & Guillaumet, 1971**). En effet, en 1988, des mesures urgentes avaient été prises pour résoudre ce problème. Ce qui a abouti à la création de deux zones au sein de cette aire protégée : une zone agroforestière et une zone dite de stricte protection (**Ahui, 1999**). La zone agroforestière est le résultat d'un certain nombre de démarches effectuées auprès des autorités administratives et politiques par un collectif de planteurs vivant à l'intérieur du parc. Ainsi, Angèle GNONSOUA, ministre des Eaux et Forêts d'alors, fut donc mandaté par feu Félix HOUPHOUËT-

Boigny, Président de la république, de trouver une solution au problème des plantations existantes et celle de la dégradation du parc. Pour isoler la zone dégradée et freiner les agressions des forêts encore bien conservées, les autorités forestières ont proposé la création d'une zone de réinstallation des planteurs appelée zone agroforestière (**MINEFOR, 2001**). C'est ainsi qu'un mandat fut donné à la SODEFOR de délimiter ladite zone en 1988. La zone agroforestière d'une superficie de 11000 ha ramenait ainsi la zone dite protégée du parc à 90000 ha (**Ahui, 1999**). Les populations qui avaient leurs plantations dans la zone de stricte protection ont été priées de la quitter et un délai de trois ans non renouvelables leur avait été accordé au cours duquel ils devaient exploiter leurs plantations et les abandonner par la suite.

Selon **Akoué (2012)**, il n'existait aucun texte définissant le statut juridique et les attributions de cette zone agroforestière, ce qui faisait naître diverses interprétations de la part des deux acteurs (les gestionnaires des parcs et les populations installées). Les agents des Eaux et Forêt soutiennent que la zone agroforestière fait toujours partie du parc. Pour eux, il n'est pas question de laisser cette zone aux paysans. Cette position est soutenue par la direction de l'OIPR et le ministre des Eaux et Forêt. Avec le temps, ils ont envisagé le déguerpissement des populations de ladite zone car, selon eux, maintenir ces communautés dans cette zone est illégale. Les populations ne considéraient plus cette zone comme une extension du parc. De cet fait, ils s'opposent constamment à tout projet de déguerpissement. Les réalisations (écoles, maisons, pompes hydrauliques, églises et mosquées) dans cette zone avec l'appui de l'Etat confortaient leur position. Cette logique incita ces populations à mettre en place une organisation dénommée (collectif des 12 campements), de sorte à déclencher une opposition au personnel du parc (**Ibo, 2005**). De nombreux fonds avaient été promis par des partenaires extérieurs afin de réhabiliter le parc. Ainsi, le déguerpissement des populations décidé en 2004 par Angèle GNONSOUA se situait dans ce cadre. Malheureusement, le mode de gestion de cette zone opposait les gestionnaires des aires protégées. En effet, si pour certains, le déguerpissement systématique des populations de cette zone nécessite une prise de décision courageuse, cet avis n'est pas partagé par les autres, qui estiment qu'il faut prendre du temps pour organiser cette opération, car pour eux, le déguerpissement systématique entraînerait un échec de l'opération (**Akoué, 2012**).

Au fil du temps, les populations vivant dans la zone agroforestière se plaignaient constamment de l'étroitesse et de l'infertilité des nouvelles surfaces agricoles qui leur ont été attribuées. Mais depuis la crise de 1999, la surveillance du parc s'est considérablement détériorée au point d'être totalement délaissée lors de la crise militaro-politique de 2002; où la question de la biodiversité n'apparaissait plus comme une priorité. Aussi, le parc était-il devenu adjacent à la zone de confiance, car localisé à

la frontière de la zone Centre-Nord-Ouest (CNO) occupée par la rébellion et la zone contrôlée par l'Etat. C'est-à-dire un espace où la priorité était le contrôle des mouvements de troupes plutôt que sur la préservation de la biodiversité. Sans contrôle, le PNM s'est retrouvé livré à l'appétit des populations agricoles, d'où le nombre important d'unités d'habitats et de plantations après la crise de 2002. Cette période fut pour ces populations une opportunité pour réexploiter leurs anciennes plantations et se faire de nouvelles plantations au sein de la zone de stricte protection, contribuant ainsi à une perte graduelle de la richesse faunique et floristique de cette aire protégée.

I-1-3- Caractéristiques du Parc national de la Marahoué

I-1-3-1- Caractéristiques physiques

I-1-3-1-1- Géologie et pédologie

Le PNM est situé dans les glacis méridionaux de l'Ouest, à une altitude moyenne de 250 mètres. La partie centrale du Parc est marquée par un alignement de collines composés de roches vertes et de schistes (**Lauginie, 2007**). Les bandes schisteuses orientées Nord Est-Sud Ouest (entre Zuénoula et Bouaflé), ont favorisé une prolifération des cours d'eau dont la Marahoué. L'altération des roches donne généralement naissance à des sols ferralitiques moyennement désaturés. Ils se caractérisent par un horizon humifère peu épais riche en matière organique, faiblement acide et bien saturé. Les sols de la région sont principalement ferralitiques et hydromorphes. Seulement la partie Nord et Nord-Est est occupée par des sols ferrugineux. Dans l'ensemble, l'aspect de ces sols convient au bon développement de l'agriculture (**MINEFOR, 2001**).

I-1-3-1-2- Hydrographie

Le PNM est traversé dans son extrême nord par le Bandama rouge ou rivière Marahoué d'où il tire son nom. Trois grands affluents de ce fleuve arrosent le parc. Il s'agit :

- du marigot des éléphants dans sa partie centrale;
- la rivière Toregi à l'Ouest;
- la rivière Kouamou au Sud-Ouest.

A l'exception du marigot des éléphants qui conserve de l'eau dans les parties les plus profondes de son lit, les deux autres affluents tarissent pendant la saison sèche. Quant au fleuve lui-même, son régime est très irrégulier (**Lauginie, 2007**).

I-1-3-1-3- Climat

Le PNM a un climat identique à celui du secteur mésophile Guinéen, c'est-à-dire un climat de transition entre les climats subéquatoriaux à deux saisons des pluies et les climats tropicaux à une

seule saison des pluies (**Anonyme, 2020; Lauginie, 2007**). La température moyenne annuelle est de 26,5 °C. Les températures moyennes, maximales et minimales mensuelles de la zone d'étude sont illustrées par la figure 2. Les mois à températures basses sont les mois de juillet, août et décembre avec une température moyenne de 25°C, alors que les mois de hautes températures sont les mois de février, mars et avril, avec une température moyenne de 28°C (**Anonyme, 2020; Lauginie, 2007**). Les moyennes mensuelles des précipitations (en mm) enregistrées pour la zone d'étude durant la période allant de 1945 à 2016 sont présentées dans la figure 3.

Les mois les plus pluvieux sont juin et mai, durant lesquels des quantités respectives de 153 mm et 118 mm de pluie sont enregistrées. Une très faible quantité de pluie est enregistrée pendant le mois de janvier (**Anonyme, 2020**).

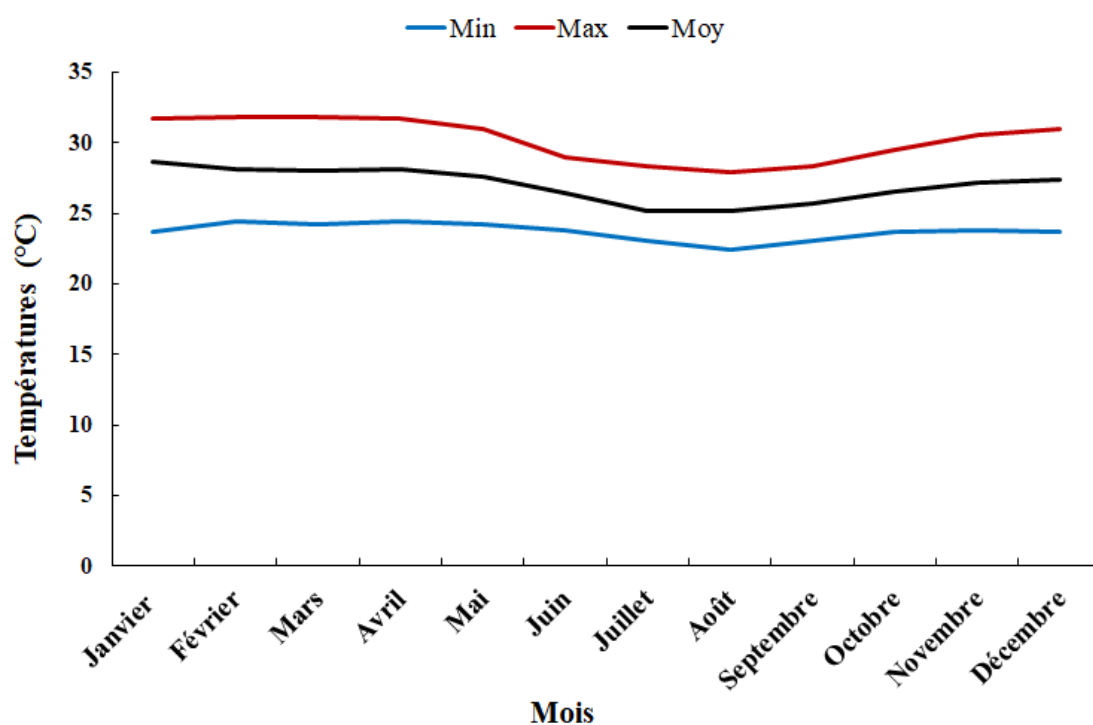


Figure 2 : Courbes de la variation annuelle de la Température du parc

Températures minimales (T mini), maximales (T max) et moyennes (T moy) (**Anonyme, 2020**)

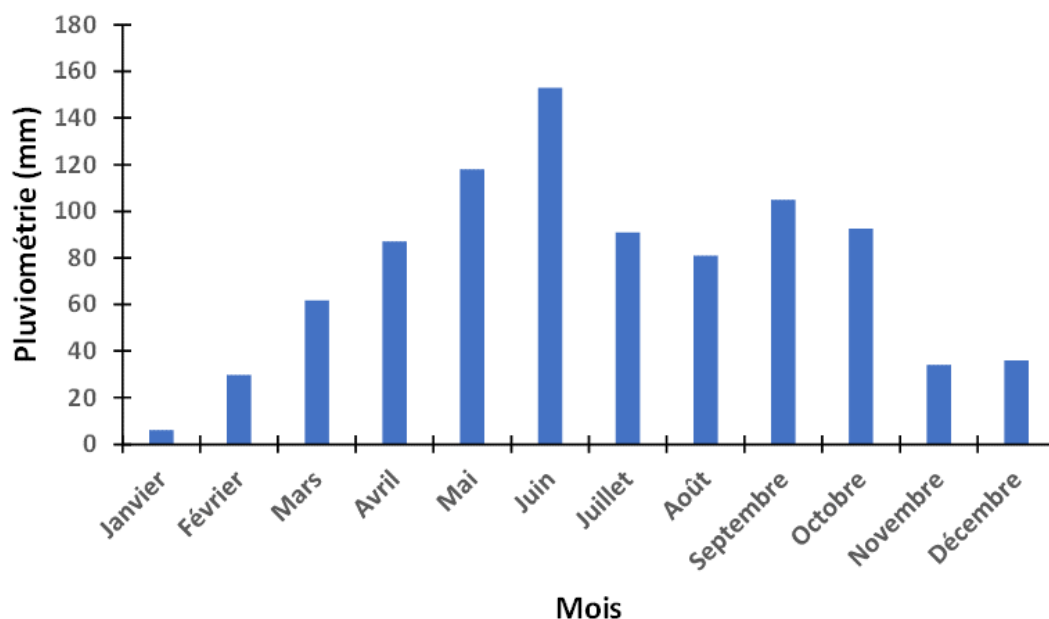


Figure 3 : Pluviometrie moyenne mensuelle enregistrée dans le parc entre 1991 et 2020
(Anonyme, 2020)

L'humidité relative moyenne la plus faible pendant la période allant de 1991 à 2020, est enregistrée pendant le mois de janvier (56%) et la plus élevée est observée aux mois d'août et de septembre (83%) (Figure 4) (Lauginie, 2007).

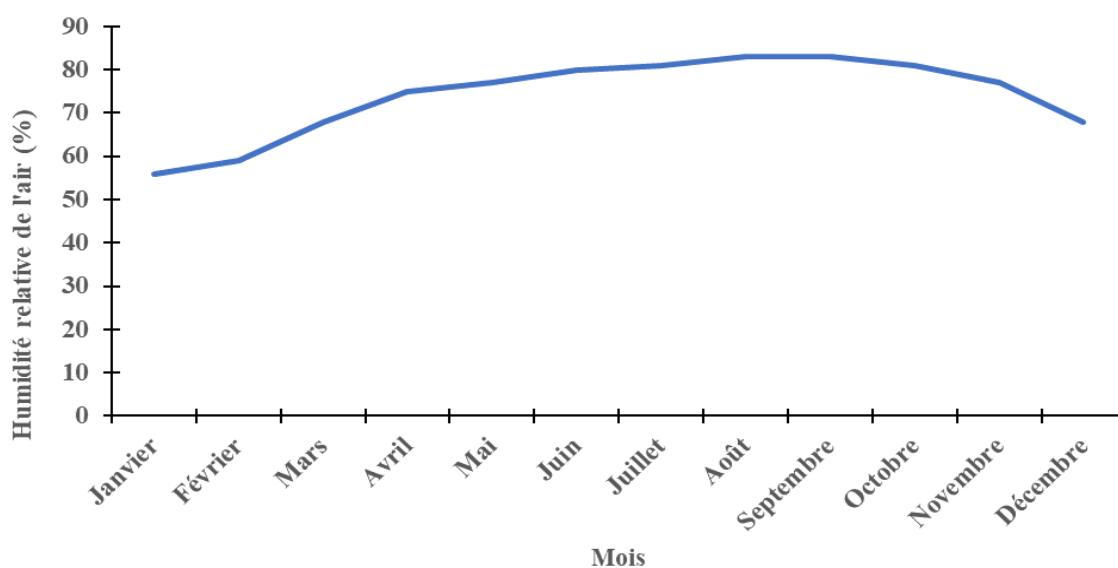


Figure 4 : Humidité moyenne mensuelle enregistrée dans le parc entre 1991 et 2020
(Anonyme, 2020)

Le PNM est situé dans une zone caractérisée par deux différentes saisons : une saison sèche d'octobre à mi – février, suivie d'une saison pluvieuse de mars à la mi-octobre (figure 5).

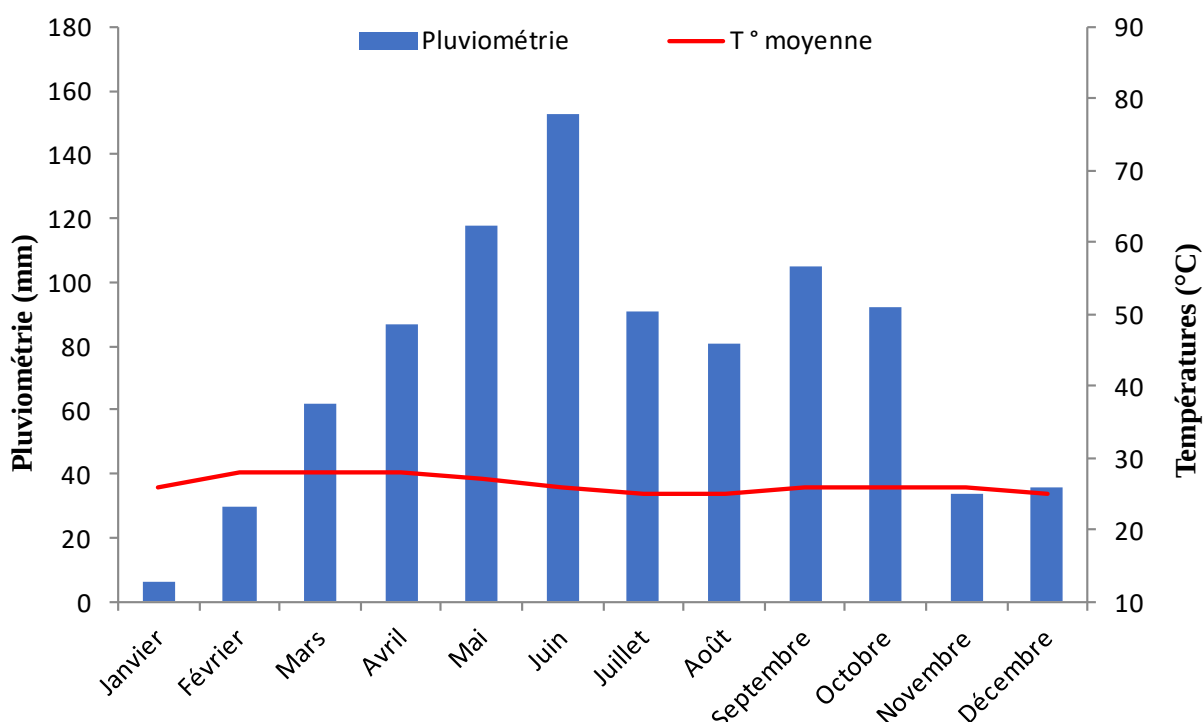


Figure 5 : Diagramme ombro-thermique de Bagnouls & Gaussen réalisé à partir des données des moyennes des données climatiques de la SODEXAM de 2007 à 2020.

I-1-3-2- Structure de la végétation et richesse floristique du Parc national de la Marahoué

Le PNM est situé à cheval sur les deux grands biomes de la Côte d'Ivoire. Environ le quart de la superficie du parc est recouvert de savanes et les trois quarts de forêt semi décidue (Adou Yao *et al.*, 2001 ; Lauginie, 2007). Trois grandes formations caractérisaient cette aire protégée : les formations forestières, les formations boisées et les formations de savanes (Adjanohoun & Guillaumet, 1971 ; Menaut, 1977 ; Lauginie, 2007).

- Les formations forestières

Ce type de formation est observé dans deux différentes zones du PNM : à l'Ouest où les grandes forêts denses humides, semi décidues et caractérisées par 4 strates étaient identifiées. Il s'agit d'une strate arboricole avec un taux de recouvrement comprise entre 35 et 50 % ; une strate arborescente médiane, de taux de recouvrement compris entre 15 et 25 %. A ces deux strates s'ajoutent une strate arbustive et une strate herbacée située respectivement à proximité des bas-fonds et dans les zones marécageuses. A l'Est on observe les forêts pauvres en grands arbres. Cette baisse de la richesse

spécifique s'établissait selon un gradient allant du Sud au Nord-Est (**Adjanohoun &Guillaumet, 1971**).

- Les formations boisées étaient caractérisées par les forêts galeries et les îlots de forêts (**Lauginie, 2007**).

- Les formations de savanes regroupent deux secteurs du parc. Les savanes au Nord du parc, le long de la Marahoué, sur un sol alluvionnaire et les savanes situées sur les roches vertes basiques avec des sols bruns (**Menaut, 1977**). Trois classes de végétations ont été identifiées dans cette aire protégée :

- la classe des forêts qui est la fusion des forêts denses semi-décidues, des forêts denses et des galeries forestières ;
- la classe savane qui regroupe des savanes arbustives denses, des savanes arbustives peu denses et des brûlis (savanes parcourues par le feu);
- la classe zone agricole qui est une sommation des cultures pérennes, des cultures annuelles, des jachères anciennes et récentes auxquelles s'ajoutent les sols dénudés pour la préparation des cultures.

Jusqu'en 1974 la végétation du PNM était caractérisée par 80% de forêt et 20% de savane (**Aké-Assi, 1984; Chatelain, 1996; N'guessan et al., 2006**). De 1974 à 2003, le paysage naturel de cette aire protégée a subi un morcellement progressif. Les effets de cette modification paysagère étaient observables aux vues de la réduction de la superficie des habitats forestiers au profit de l'agriculture (**N'Da et al., 2008**). Les forêts de cette aire protégée ont pour la plupart disparu, laissant ainsi la place à des fragments forestiers secondaires (**Kouakou et al., 2018**).

Le PNM abrite une flore très diversifiée (**N'da et al., 2008**). Au total, une liste de 607 espèces végétales regroupées en 402 genres et 95 familles y a été dénombrée. Cette aire protégée est d'une importance écologique capitale compte tenu du nombre important d'espèces végétales à statut particulier rencontrées. En effet, environ 9% (56 espèces) de la flore relevée dans cette aire est reconnue par divers auteurs comme endémiques Ouest - Africaine, rares et menacées d'extinction (**UICN, 2006**). Plus de 53% de cette flore est également reconnue comme endémique Guinéo-Congolaise. Dix-sept (17) espèces végétales recensées dans le parc sont reconnues comme endémiques et rares de la Haute Guinée. Parmi ces dernières, trois (3) sont rares et menacées d'extinctions. Il s'agit de *Garcinia afzelii*, *Robynsia glabrata* et *Euadenia eminens*. Dix-neuf (19) espèces rencontrées dans le PNM appartiennent à la liste rouge des espèces de Côte d'Ivoire. Seize (16) de ces espèces sont reconnues comme vulnérables et trois appartiennent à la catégorie des

espèces qui courent des risques mineurs. L'espèce *Manotes expansa* est la plus fréquente des espèces endémiques (SODEFOR, 1993).

I-1-3-3- Faune du Parc national de la Marahoué

A l'image de sa flore, la faune du PNM se caractérisait par sa diversité exceptionnelle (Lauginie, 2007; N'Gbesso & Vergnes, 2012 & Hoppe-Dominik, 1989).

I-1-3-3-1- Invertébrés

L'entomofaune du PNM est caractérisée par les Coléoptères, les Lépidoptères, les Arachnidés, les Myriapodes et les Mollusques (terrestres et aquatiques) (Lauginie, 2007). Les mollusques terrestres sont représentés par les escargots du genres *Achatina* et *Limicolaria*.

I-1-3-3-2- Vertébrés

I-1-3-3-2-1- Mammifères

Le seul recensement exhaustif connu des mammifères de cette aire protégée, est celui de Hoppe-Dominik (1989) qui a dénombré 49 espèces. De cet effectif, douze espèces de primates sont dénombrées : le mone de campbell (*Cercopithecus campbelli*), le pétauriste (*Cercopithecus petorista*), le cercopithèque Diane (*Cercopithecus diana*), le vervet callitriche (*Cercopithecus aethiops*), le Babouin de Guinée (*Papio papio*), le cercocèbe couronné (*Cercocebus atyslunulatus*), la patas (*Erythrocebus patas*), le colobe noire et blanc, (*Colobus vellerosus*; *Colobus plykomos*) le colobe bai d'Afrique occidentale (*Procolobus badius badius*), les chimpanzés (*Pan troglodytes*), le galago de Demidoff (*Galago domidovi*), le poto de bosman (*Perodicticus potto*).

La présence de trois espèces de céphalophes est signalée dans cette aire protégée. Il s'agit du céphalophe de Maxwell (*Cephalophus monticola maxwelli*), le céphalophe noir (*Cephalophus niger*) et le céphalophe à flanc rouge (*Cephalophus rufilatus*).

Deux espèces d'éléphants étaient observées dans cette aire protégée), deux espèces d'éléphants y ont été observées : *Loxodonta africana* et *Loxodonta cyclotis* (Hoppe-Dominik, 1989). La dernière étude menée par Kouakou et al.(2020) a montré la disparition de ces deux éléphants de cette aire protégée.

La zone savanicole du parc abritait des buffles (*Syncerus caffer*). Les kobes de buffon (*Kobus kob*) ont été observés en petits groupes dans la zone savanicole du parc. Un seul groupe de kobes de fassas (*Kobus deffassa*) se signale dans la zone forestière du parc. Les bubales (*Acelaphus buselaphus*) étaient les antilopes les plus fréquemment observées dans le PNM. Cette aire protégée abritait des hippopotames (*hippopotamus amphibius*) et des guibs harnachés (*Tragelaphus scriptus*).

En plus des espèces susmentionnées, le PNM est caractérisé par des espèces de phacochère, de pangolin, de chat doré, de civette, de mangouste, et biens d'autres petits rongeurs.

I-1-3-3-2-2- Oiseaux

Les études conduites par **Koue Bi & Yaokokore-beibro (2000)** sur l'avifaune du PNM ont permis d'identifier 288 espèces d'oiseaux parmi lesquelles 152 sont considérées comme des espèces dépendantes de la forêt. Quatorze espèces de forêts, endémiques de Haute-Guinée se retrouvent en Côte d'Ivoire, huit d'entre elles ont été observées dans la forêt semi-décidue de la Marahoué. Il s'agit du pic barré (*campethera maculosa*), l'échenilleur à barbillon (*Lobotos lobatus*), la bathmocerque à capuchon (*Bathmoscerus cerviniventris*), l'apalis de sharpe (*Apalis sharpii*), le gobemouche du Libéria (*Malaenornis annamarulae*), l'akalat à ailes rousse (*Illadopsis refescens*), choucador à queue bronzée (*Lamprotornis cupreocauda*) et l'un des oiseaux les plus menacés d'Afrique Occidentale était observé au PNM. Il s'agit de la pintade à poitrine blanche (*Agelastes meleagrides*).

I-1-3-3-2-3- Poissons

Au total, 33 espèces de poissons répartis entre 17 familles et 8 ordres ont été récoltées (**Lauginie, 2007**). Il s'agit des ordres des Polypteriformes, des Clupeiformes, des Osteoglossiformes, des Characiformes, des Cypriniformes, des Siluriformes, des Perciformes et des Synbranchiformes.

I-1-3-3-2-4- Amphibiens et reptiles

Les résultats de l'étude réalisée par **Rödel & Ernst (2003)** dans le PNM ont montré que cette aire protégée abrite environ 33 espèces d'amphibiens appartenant toutes à l'ordre des Anoures et réparties en 11 familles et 14 genres (Tableau I). Au nombre de ses espèces, deux (2) sont caractéristiques des forêts denses, 13 sont inféodées à la savane, huit (8) espèces sont observées à la fois dans les habitats savanicoles et les zones de défriche. Huit (9) sont typiques aux habitats forestiers et aux zones de défriches. Les résultats des travaux de **N'goran (2008)** ont rapporté que les espèces de reptiles de cette aire protégée représentent 0,05 % de l'ensemble de la faune.

Tableau I : Liste des espèces d'amphibiens recensées au Parc National de la Marahoué (**Rödel et Ernst, 2003**).

Famille	Genre	Espèce
Arthroleptidae Mivart, 1869	Arthroleptis Smith, 1849 Leptopelis Günther, 1869	<i>Arthroleptis poecilnotus</i> (Peters, 1863) <i>Leptopelis spiritusnoctis</i> (Rödel, 2007) <i>Leptopelis viridis</i> (Rödel, 2007)
Bufoidea Gray, 1825	Sclerophrys Tschudi, 1838	<i>Sclerophrys maculata</i> (Hallowell, 1854) <i>Sclerophrys regularis</i> (Reuss, 1833)
Dicroglossidae Anderson, 1871	Hoplobatrachus Peters, 1863	<i>Hoplobatrachus occipitalis</i> (Günther, 1858)
Hemisotidae Cope, 1867	Hemisis Günther, 1859	<i>Hemisis guineensis</i> (Cope, 1865)
Hyperoliidae Laurent, 1943	Afrixalus Laurent, 1944	<i>Afrixalus dorsalis</i> (Peters, 1875)
		<i>Afrixalus vittiger</i> (Peters, 1876) <i>Afrixalus weidholzi</i> (Mertens, 1938)
	Hyperolius Rapp, 1842	<i>Hyperolius concolor</i> (Hallowell, 1844) <i>Hyperolius fusciventris</i> (Peters, 1876) <i>Hyperolius guttulatus</i> (Günther, 1858) <i>Hyperolius nitidulus</i> (Peters, 1875) <i>Hyperolius picturatus</i> (Peters, 1875)
	Kassina Girard, 1853	<i>Kassina schioetzi</i> (Rödel, Grafe, Rudolf, and Ernst, 2002) <i>Kassina senegalensis</i> (Duméril and Bibron, 1841)
Microhylidae Günther, 1858 (1843)	Phrynomantis Peters, 1867	<i>Phrynomantis microps</i> (Peters, 1875)
Phrynobatrachidae Laurent, 1941	Phrynobatrachus Günther, 1862	<i>Phrynobatrachus calcaratus</i> (Peters, 1863) <i>Phrynobatrachus francisci</i> (Boulenger, 1912) <i>Phrynobatrachus latifrons</i> (Ahl, 1924) <i>Phrynobatrachus gutturosus</i> (Chabanaud, 1921) <i>Phrynobatrachus natalensis</i> (Smith, 1849) <i>Phrynobatrachus plicatus</i> (Günther, 1858)
Pipidae Gray, 1825	Xenopus Wagler, 1827	<i>Xenopus tropicalis</i> (Gray, 1864)
Ptychadenidae Dubois, 1987	Ptychadena Boulenger, 1917	<i>Ptychadena aequiplicata</i> (Werner, 1898) <i>Ptychadena bibroni</i> (Hallowell, 1845) <i>Ptychadena longirostris</i> (Peters, 1870) <i>Ptychadena oxyrhynchus</i> (Smith, 1849) <i>Ptychadena tellinii</i> (Peracca, 1904)
Ranidae Batsch, 1796	Amnirana Dubois, 1992	<i>Amnirana albolabris</i> (Hallowell, 1856) <i>Amnirana galamensis</i> (Duméril and Bibron, 1841)
Rhacophoridae Hoffman, 1932 (1858)	Chiromantis Peters, 1854	<i>chiromantis rufescens</i> (Günther, 1869)

L'extension agricole et le braconnage continue d'appauvrir la faune de cette aire protégée. A ce jour, on note la disparition de la plupart des grands mammifères, des oiseaux et de certaines espèces végétales. Toutefois, les données actuelles de cette faune restent en grande partie méconnues.

I-1-3-4- Populations humaines riveraines du Parc national de la Marahoué

Trois groupes de communautés caractérisent les populations humaines riveraines du PNM. Ce sont les autochtones, les allochtones et les étrangers (**Akoué, 2012**). Les autochtones se composent de

Gouro (venant de Bouaflé, Bonon, Zuénoula et Bédiala), des Bété (venant de Bédiala) et de Baoulé venant de Bouaflé. Les allochtones sont essentiellement composés des Baoulés (non originaires de Bouaflé), des Sénoufos, des Agnis et des Koulangos. Ils sont installés pour la plupart par les populations autochtones Gouro. Les communautés étrangères présentes à la périphérie se composent de Burkinabés et de Maliens. Les Burkinabés, parmi les étrangers sont en grand nombre. Ces communautés étrangères sont également installées pour la plupart par les autochtones Gouros, au moyen de compensations financières ou matérielles (**Akoué, 2012**).

I-1-3-5- Activités économiques à la périphérie du Parc national de la Marahoué

L'agriculture, la pêche, le transport, le braconnage et l'élevage constituent les principales activités pratiquées à la périphérie et dans certaines zones du PNM (**Goh, 2015; Kouamé, 2016**). Au nombre de ces activités, l'agriculture occupe une place de choix à travers la cacao culture et la culture du café. Elles sont secondées par les cultures vivrières, dominées par l'igname, la banane plantain et le riz.

On dénombre différents types de transports à la périphérie de cette aire protégée :

- le transport des différents produits agricoles, depuis les plantations jusqu'aux sites de stockage;
- le transport des populations vers leurs plantations est assuré par des taxi-motos. Dans cette zone, la vente du gibier issu du braconnage est également observée sur les marchés. Il s'agit généralement des rongeurs et des serpents. Ces dernières années, une activité est en voie d'émergence à la périphérie et au sein de cette aire protégée (**Kouassi et al., 2017**).

I-2- Considérations générales sur les amphibiens

La classe des amphibiens forme un groupe diversifié de vertébrés caractérisé par un cycle de vie biphasique dont la phase de développement larvaire marquée par l'éclosion des œufs s'effectue presque exclusivement dans l'eau (**Wells, 2007**). La phase terrestre concerne la métamorphose des têtards en individus juvéniles qui sortent du milieu aquatique pour mener une vie libre sur la terre ferme jusqu'à l'état adulte (**Wells, 2007**).

Cette classe regroupe 8601 espèces dans le monde (**Frost, 2023**). Ces animaux s'adaptent à divers milieux, des zones humides aux zones désertiques. Seul le milieu marin leur est inaccessible, car ils ne supportent pas l'eau salée à cause de leur peau perméable aux substances dissoutes. Comme leurs œufs ne possèdent pas de coquille, les amphibiens ont besoin du milieu aquatique pour pondre et mener à bien leur cycle de vie. Certaines espèces ont développé diverses stratégies pour protéger leurs larves, voire se passer du stade larvaire aquatique durant lequel elles sont vulnérables. Sur terre, les amphibiens préfèrent les habitats humides, car ils doivent éviter que leur peau se dessèche.

Ils sont poïkilothermes et la plupart des espèces peuvent détecter des vibrations dans l'air ou du sol. Les amphibiens respirent en aspirant l'air par leurs narines dans la région bucco-pharyngée, puis l'air est envoyé dans les poumons suite à la contraction de la gorge (**Duellman & Trueb, 1986**). Ils complètent leur respiration par des échanges gazeux à travers leur peau fine, richement vascularisée et souvent couverte de mucus, qui permet la dissolution des gaz (**Duellman & Trueb, 1986**). Selon la morphologie de leurs corps, les amphibiens sont répartis en trois ordres : les anoures, les urodèles et les gymnophiones encore appelés Apodes ou Cécilies (**Wells, 2007**).

I-2-1- Classification des amphibiens

I-2-1-1- Ordre des Gymnophiones

Les Gymnophiones ou Apodes, sont également connus sous le vocable de Cécilies (Figure 6). A ce jour, 219 espèces de cet ordre, regroupées en 33 genres et 10 familles sont connues dans le monde (**Frost, 2023**). On rencontre les Cécilies dans les régions tropicales d'Afrique, d'Asie, d'Amérique centrale et d'Amérique du sud. Aucune espèce de cet ordre n'est présente sur le continent Européen. La majorité des Cécilies vivent sous la terre, dans les galeries creusées dans le sol humide, sous les bois en décomposition mais certaines espèces sont aquatiques. Chez les Cécilies adultes, l'appareil respiratoire est constitué d'une trachée qui peut comporter des alvéoles, une paire de poumons dont le développement est variable selon les espèces. Les larves quant à elles, possèdent une paire de branchies. Cependant l'Atréchoana ne possède aucun poumon et respire par la cavité buccale (**Wells, 2007**).



Figure 6 : Amphibien Gymnosphone : *Geotrypetes seraphini occidentalis*, (photo : **Rödel M.O, 2000**, Côte d'Ivoire).

I-2-1-2- Ordre des Urodèles

Les espèces appartenant à cet ordre possèdent des caractères d'amphibiens primitifs, vivant dans les milieux humides et frais sous les pierres ou les souches (**Wells, 2007**). Les amphibiens Urodèles conservent leur queue après la métamorphose (**Wells, 2007**). Ils se déplacent le plus souvent en marchant, parfois en courant. Les Urodèles aquatiques peuvent se déplacer au fond de l'eau en marchant, et sont d'assez bons nageurs, utilisant leur queue bien développée pour la propulsion. Certaines espèces, dont quelques Salamandridés, sont vivipares, donnant naissance à des adultes miniatures complètement formés (**Lamotte & Xavier, 1981 ; Channing & Rödel, 2019**). Chez ces amphibiens, la fécondation interne est la plus fréquente (**Wells, 2007**). Cet ordre comporte 805 espèces recensées dans le monde, regroupées en 68 genres et 10 familles (**Frost, 2023**). Les plus connus sont les salamandres et les tritons (**Wells, 2007 ; Channing & Rödel, 2019**).

I-2-1-2-1- Salamandres

La salamandre vit dans les forêts d'arbres à feuilles caduques, cachée dans les souches, sous terre ou sous les tas de feuilles (**Roux, 2002**) (Figure 7). Elle vit également près des cours d'eau ou des mares peu profondes là où se développent les larves, les lombrics et les limaces. Elle ne va que très rarement dans l'eau car elles préfèrent rester dans les lieux humides. Les espèces du genre *Salamandra* ont la particularité de pouvoir se défendre grâce à la sécrétion d'une neurotoxine (le samandarin). Cette neurotoxine est sécrétée par les très surprenantes glandes parotoïdes (ou parotides) situées juste derrière les yeux. Pour la protection contre les ennemis, les glandes parotoïdes ainsi que des rangées de glandes dorsales peuvent excréter une sécrétion toxique. Soumise à un stress important, une salamandre est même en mesure de décharger le poison jusqu'à un mètre de distance (**Vences et al., 2014**).

A l'état larvaire, quand elle vit encore dans l'eau, elle se nourrit surtout de petits vers. A l'état adulte, pendant la journée, la salamandre dort sous un tas de feuilles mortes ou dans le creux d'une souche. Au crépuscule, elle sort furtivement de sa cachette et part en chasse surtout quand le climat devient humide. Comme ses mouvements sont lents et hésitants, elle ne peut qu'attraper des animaux très lents comme les lombrics, les petites limaces, les minuscules escargots et les larves (**Wells, 2007**).

À l'instar d'autres espèces d'amphibiens, certains facteurs écologiques prédominants peuvent affecter l'intensité de la coloration des salamandres. Les salamandres apparaissent souvent colorées d'un jaune plus intense. Sous l'influence d'une sécheresse et de la chaleur, les couleurs du corps se ternissent, et lors d'une plus longue exposition à ces deux facteurs toute la surface de la peau apparaît fragile et plissée. Ces modifications extérieures reflètent en même temps la mauvaise condition générale de l'animal, puisque toute la surface de la peau remplit un rôle respiratoire chez

les salamandres adultes, ne fonctionnant de façon optimale que dans un environnement humide (Roux, 2002).



Figure 7 : Amphibiens Urodèle (salamandre tachetée) : *Salamandra atra atra* .
(Photo : Degani, 1996).

I-2-1-2-2- Tritons

Les tritons adultes ont une double vie : aquatique pour se reproduire et terrestre le reste du temps (Figure 8). En phase aquatique, la queue des tritons est très développée et sert à la nage, par ondulation du corps. En phase terrestre, les tritons sont discrets et nocturnes. Les mâles en parade nuptiale possèdent en plus une crête dorsale dont la forme dépend non seulement de l'espèce, mais aussi de l'âge et de l'état de santé de l'animal. Ils prennent des couleurs plus ternes, la queue est peu développée et la peau est souvent plus "granuleuse". On les rencontre parfois en soulevant une souche, parfois cachés sous un caillou ou encore un tas de feuilles mortes. Comme ils mènent une vie souterraine, ils sont donc difficiles à repérer (Wells, 2007 ; Channing & Rödel, 2019).

Les larves des tritons sont carnivores, elles mangent des larves planctoniques au début de leur développement puis, progressivement, capturent des proies plus volumineuses (larves d'insectes, vers). Extrêmement voraces, elles chassent principalement à vue ou à l'affût. Les adultes sont également des prédateurs, aussi bien dans le milieu aquatique que sur la terre ferme. La mobilité des proies et leur abondance conditionnent le régime alimentaire constitué principalement de petits mollusques, vers, larves diverses, auxquels peuvent s'ajouter des têtards de grenouilles ou de tritons.



Figure 8 : Amphibiens Urodèle (Triton) : *Triturus cristatus*. (Photo : **Jacob et al., 2007**).

I-2-1-3- Ordre des Anoures

L'ordre des Anoures comportent 7577 espèces (**Frost, 2023**). Ce sont des amphibiens dépourvus de queue à l'état adulte (Figure 9). Ils ont un corps trapu avec une tête généralement large, une ceinture pelvienne et des pattes postérieures développées, munies le plus souvent des palmures qui leur permettent de sauter et de nager. Ce groupe forme un ensemble très homogène représenté par les crapauds et les grenouilles (**Rödel, 2000; Wells, 2007**). Ils représentent l'ordre d'amphibiens le plus diversifié et le plus abondant dans le monde (**Lecointre & Guyader, 2006; Frost, 2023**).



Figure 9 : Amphibien Anoure : *Amnirana alborabris*. (Photo : **Kouamé et al., 2015** ; Côte d'Ivoire).

I-2-2- Biologie des amphibiens

I-2-2-1- Reproduction chez les amphibiens

I-2-2-1-1- Reproduction chez les Gymnophiones

L'appareil génital des Cécilies mâles comportent une paire de testicules multicolores, une paire de canaux de Müller et un cloaque érectile permettant la fécondation. Celui de la femelle possède des ovaires allongés. Tous les gymnophiones pratiquent la fécondation interne. Pour cela, la partie postérieure du cloaque mâle est érectile et se retourne en doigts de gant au moment de la copulation permettant ainsi l'intromission dans le cloaque de la femelle. Le mode de reproduction des Cécilies est variable. De nombreuses espèces sont ovipares et d'autres vivipares (**Wells, 2007**). Ces animaux pondent des œufs généralement enfouis dans la terre, et dès que les larves éclosent elles se dirigent vers le point d'eau le plus proche (**Moodie, 1978 ; Evans & Sigogneau-Russell, 2001**). D'autres espèces portent les œufs et la métamorphose a lieu avant qu'ils n'éclosent. Enfin, de plus rares espèces donnent naissance à des jeunes qu'elles nourrissent avec des sécrétions glandulaires, tandis qu'ils sont dans l'oviducte.

I-2-2-1-2- Reproduction chez les Urodèles

Les Urodèles mâles ont développé en règle générale un assortiment de caractères morphologiques (couleur, crêtes et palmures) et de comportement reconnus par les femelles réceptives. Chez les espèces appartenant à cet ordre, l'accouplement fait intervenir une suite de comportements spécifiques. Ces derniers peuvent se résumer en trois phases successives :

- la phase d'orientation durant laquelle le mâle pourchasse la femelle après l'avoir localisée grâce à son odorat et à sa vue (**Prechtl, 1951**). Puis il sent son cloaque et s'oriente vers elle. Il gagne alors une zone de profondeur dégagée de toute végétation pour parader devant son éventuel partenaire ;

- la phase de parade qui constitue l'étape la plus complexe. Pendant cette phase, le mâle rabat sa queue sur son flanc dont il agite rapidement l'extrémité. Ce procédé permet de rependre certaines odeurs (phéromones) vers la femelle. Puis, si celle-ci manifeste un intérêt, il s'en éloigne à reculons ;

- la phase de transfert du spermatophore pendant laquelle le mâle se retourne et continue de s'éloigner. La femelle, réceptive le suit et touche avec son museau l'extrémité de la queue du mâle. Celui-ci libère un spermatophore (un petit sac comportant les spermatozoïdes) et invite la femelle à passer au-dessus. Celle-ci va alors appliquer son cloaque sur le spermatophore et le prendre à l'intérieur de son corps. La fécondation est donc externe. La femelle effectue une seule ponte par an

et les œufs sont déposés un à un puis cachés sous les feuilles repliées de plantes aquatiques. Après un développement embryonnaire, la jeune larve mène une vie libre. La métamorphose survient alors; elle consiste extérieurement en une perte progressive des branchies. Les jeunes quittent ensuite le milieu aquatique pour devenir terrestres.

I-2-2-1-3- Reproduction chez les Anoures

Pour leur reproduction, certaines espèces d'Anoures choisissent des eaux stagnantes (lacs, étangs, mares permanentes ou temporaires, marais ou même simples flaques), d'autres s'écartent plus ou moins de ce schéma en pondant des œufs hors de l'eau, dans les milieux spéciaux (par exemple nids d'écume suspendus au-dessus de l'eau) d'où les têtards gagnent ensuite l'eau. Chez d'autres espèces encore, la reproduction est caractérisée par différents types de développements : un développement direct au sein de l'œuf pondu suivi de la métamorphose, sans passer par un stade têtard libre. Cependant d'autres espèces réalisent une ovoviviparité (**Lamotte & Lescure, 1977**). La période du développement des embryons dans les œufs dépend de l'espèce et de la température de l'eau. Les têtards, d'abord aveugles, s'accrochent à la végétation environnante et utilisent leurs réserves. Puis, ils se déplacent à la recherche de nourriture. Les transformations les plus visibles lors de la métamorphose sont l'apparition des pattes, puis la disparition de la queue. La métamorphose induit également de profondes modifications internes comme la mise en place de poumons fonctionnels. La grenouille, comme de nombreux batraciens, a deux types de respiration : pulmonaire et cutanée. La vocalisation est une composante importante des stratégies de reproduction de ce groupe. Les grenouilles mâles émettent un son puissant. Ce bruit est rendu possible par la présence d'une caisse de résonance. Ils permettent probablement aussi aux individus en migration de retrouver plus facilement les sites de reproduction. Les taxons de cet ordre ont les stratégies de reproduction les plus variées de la classe des amphibiens. La reproduction est externe chez les Anoures (**Rödel, 2000; Wells, 2007**), à l'exception du crapaud vivipare du Mont Nimba *Nimbaphrynoides occidentalis* (**Hillers et al., 2008; Sandberger et al., 2010**).

I-2-2-2- Régime alimentaire des amphibiens

Les amphibiens jouent un rôle important dans les réseaux trophiques en tant que proies et prédateurs (**Wells, 2007**). Les individus adultes sont essentiellement carnivores, ils se nourrissent allègrement d'une grande variété de proies vivantes et mobiles, notamment les moustiques, mouches, coléoptères, fourmis, reptiles et petits mammifères (**Zug et al., 2001; Stevenson, 2007 ; Hirschfeld & Rödel, 2011; Tohé et al., 2015 ; Konan et al., 2016**). Ils sont des prédateurs d'une grande diversité d'invertébrés terrestres et aquatiques.

Pour certains chercheurs comme **Menin et al.(2015)**, le régime alimentaire des amphibiens serait fonction de la disponibilité des proies dans le milieu.

I-2-3- Ecologie des amphibiens

Les amphibiens possèdent un cycle de vie complexe durant lequel ils nécessitent une diversité d'habitats, souvent terrestres et aquatiques mais aussi arboricoles (**Dunson et al., 1992; Silva et al., 2003**). Ces animaux sont également caractérisés par des contraintes comportementales et physiologiques comme les déplacements limités, la fidélité à un site et leur dépendance générale à un habitat humide (**Blaustein et al., 1994; Mazerolle et Desrochers, 2005**).

Ce sont d'excellents et fiables indicateurs de la santé des écosystèmes (**Welsh et Droege, 2001; Storfer, 2003; Blaustein & Belden., 2003**). Non seulement, ils peuvent dévoiler la contamination d'un milieu naturel, ils réussissent aussi à prédire la qualité d'un habitat en termes de perturbations.

Au stade larvaire, les têtards des amphibiens consomment de grandes quantités d'algues dans les milieux aquatiques, et donc participent activement au transfert des nutriments vers les habitats terrestres (**Seale, 1980**).

De plus, les amphibiens, peu importe l'étape de leur cycle de vie, servent de proies aux insectes aquatiques, poissons, oiseaux et mammifères (**Kopij, 2006; Leite et al., 2007**). Les amphibiens prennent part à plusieurs réseaux trophiques autant en milieux terrestres qu'aquatiques.

I-2-4- Critères d'identification des amphibiens

I-2-4-1- Critères d'identification des amphibiens gymnophiones

Les gymnophiones sont des amphibiens fousseurs, dépourvus de membres et de ceinture. En général, leur taille varie entre 20 cm et 50 cm (**Taylor, 1968**). Leur corps est cylindrique et allongé, ressemblant aux serpents et aux vers de terre. La peau des cécilies est généralement grisâtre et présente un grand nombre de plis transversaux. Chez certaines espèces, elle peut être recouverte de minuscules écailles. Les espèces d'amphibiens appartenant à cet ordre ont des yeux rudimentaires et recouvertes d'une peau. Elles ont également une paire de tentacules près de l'œil. Leur couleur est variable, plutôt foncée : brun, brun-olive, noir et même bleu-nuit (**Lecointre & Guyader, 2001**).

I-2-4-2- Critères d'identification des amphibiens Urodèles

Avec leur mince corps allongé muni de quatre courtes pattes de longueur sensiblement égale et dépourvus de griffes (**Wells, 2007 ; Channing & Rödel, 2019**). Leurs larves ressemblent aux adultes. Les amphibiens de cet ordre ont l'apparence de lézards. Cependant, contrairement à ces derniers, ils sont dépourvus d'écailles. Leur corps se distingue facilement de celui des lézards par

une peau nue, toujours dépourvue d'écailles. Les membres antérieurs et postérieurs ont sensiblement la même taille. Les 4 membres sont courts, déjetés latéralement avec, comme chez les Anoures, 4 doigts à la main et 5 au pied. La peau est lisse et perméable, souvent vivement colorée. (**Wells, 2007 ; Channing & Rödel, 2019**).

I-2-4-3- Critères d'identification des amphibiens Anoures

I-2-4-3-1- Tête des Anoures

La tête des Anoures présente différentes formes : elle peut être large, arrondie ou pointue selon l'espèce (Figure 10). Outre, cet aspect de la tête, la forme de la pupille demeure un excellent caractère distinctif. Lorsqu'elle est examinée de près, la pupille est souvent différente d'une espèce à l'autre. Elle peut être arrondie ou allongée, horizontale ou verticale, suivant la direction de son grand axe (Figure 10).

La bouche des Anoures, est largement fendue permettant ainsi d'engloutir les proies parfois volumineuses (Figure 10). Cependant, deux organes y présentent des variations : la langue et les dents. Suivant la structure de la langue, on distingue deux types d'Anoures : les Aglosses, dont la langue est totalement atrophiée et les Phanéroglosses, dont la langue est un organe charnu plus ou moins adhérent au plancher buccal, le plus souvent fixée seulement à sa partie antérieure ; la partie postérieure, qui demeure libre est souvent projetée en avant pour capturer les proies. Les dents de la mâchoire inférieure des Anoures sont le plus souvent absentes alors que la mâchoire supérieure est constituée de structures osseuses (os maxillaires) et d'une rangée de petites dents appelées dents vomériennes (**Lamotte & Xavier, 1981**).

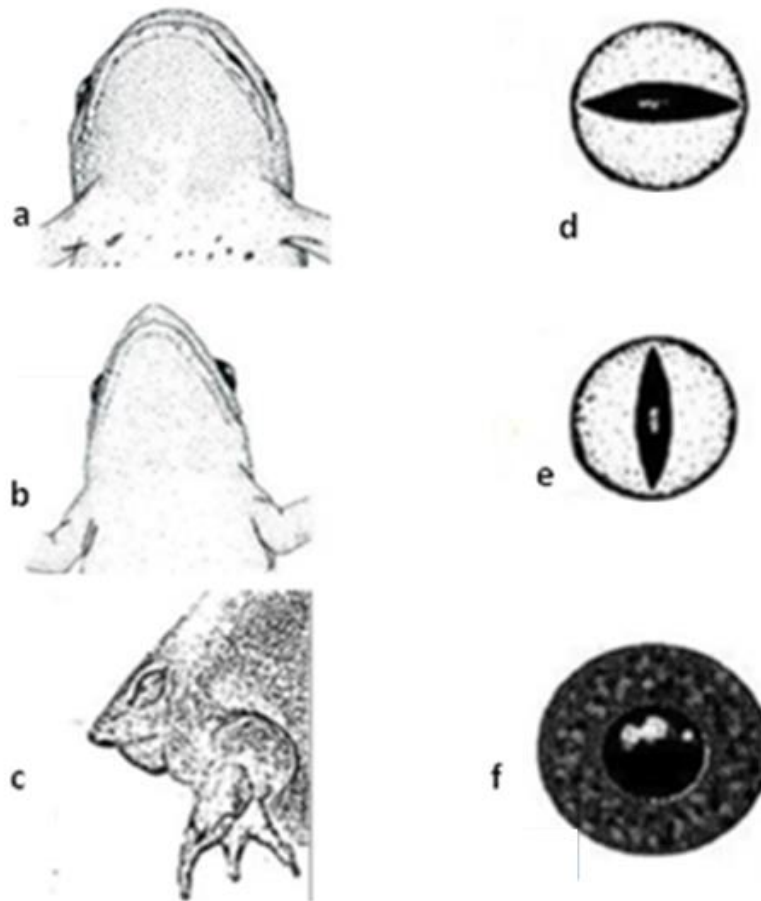


Figure 10 : Forme des museaux et des pupilles de quelques Anoures (**Lamotte & Xavier, 1981**).

a : Museau arrondi ; b : Museau peu pointu ; c : Museau pointu.

Forme des pupilles de quelques anoures : d : forme horizontale; e : forme verticale et f : forme ronde.

I-2-4-3-2- Membres des Anoures

La structure des pattes antérieures et postérieures varie fortement d'une espèce à une autre (Figure 11). Elle dépend notamment de l'environnement dans lequel l'espèce évolue, à savoir sur le sol, dans l'eau, dans les arbres ou dans des terriers. Chez les Anoures, les pattes peuvent être minces ou grosses, longues ou courtes. Les pieds des Anoures portent cinq orteils et les mains portent quatre doigts. Aussi la palmure entre les doigts et les orteils, la forme de leurs extrémités, la présence ou l'absence de disques adhésifs et de structures cornées transformées en griffes, sont également utilisées lors de l'identification de plusieurs espèces d'Anoures (**Lamotte & Xavier, 1981**).

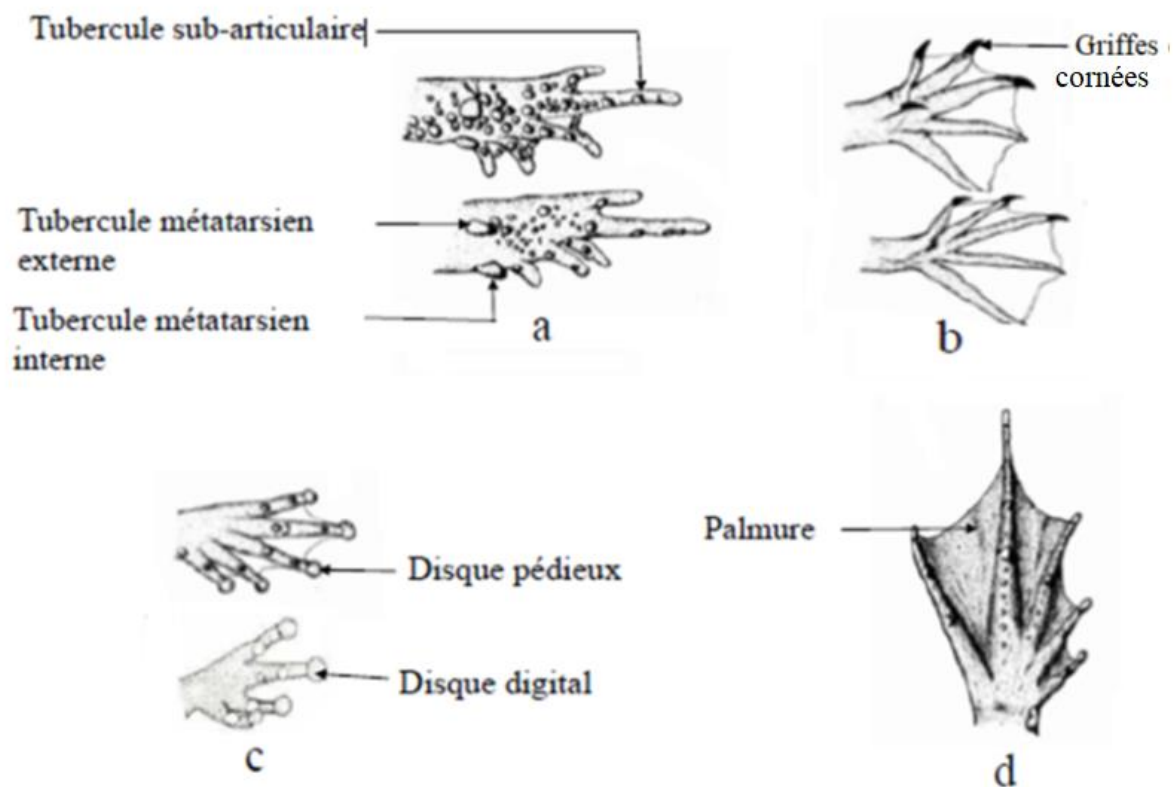


Figure 11 : Formes des pattes de quelques Anoures (Lamotte & Ohler, 1997)

a : pattes des Bufonidae, b : pattes des Hyperoliidae, c : pattes postérieures du genre *Xenopus*, d : pattes postérieures du genre *Ptychocheilus*.

I-2-4-3-3- Aspect de la peau des Anoures

Selon les genres, la peau des Anoures peut être luisante ou mate, très verruqueuse, pustuleuse ou lisse (Figure 12). Ces différences sont fonction de la disposition des glandes épidermiques qui peuvent être isolées ou groupées en amas, plus ou moins volumineuse auxquels on donne le nom de cordons glandulaires, de pustules ou de verrues (Lamotte & Xavier, 1981; Lamotte, 1986). Il y a deux types de glandes tégumentaires chez les Anoures : les glandes muqueuses et les glandes granuleuses. Les glandes muqueuses sécrètent un mucus fluide et transparent maintenant l'humidité de la peau. De plus, sur la peau de certaines espèces, des plis cutanés y sont observés (Figure 12 a). Leur nombre et leur disposition sur la peau sont caractéristiques pour ces espèces (Rödel, 2000). En outre, des glandes granuleuses libérant un liquide onctueux et laiteux toxique sont caractéristiques de certaines espèces (Lamotte & Xavier, 1981). Ces types de peau sont rugueux avec des granules plus ou moins gros selon l'espèce (Figure 12 b). C'est le cas des glandes parotoïdes (Figure 12 c) et cutanées de certains Bufonidae comme celles du *S. regularis* qui sécrètent de la Bufotoxine (Stebbins, 1995).

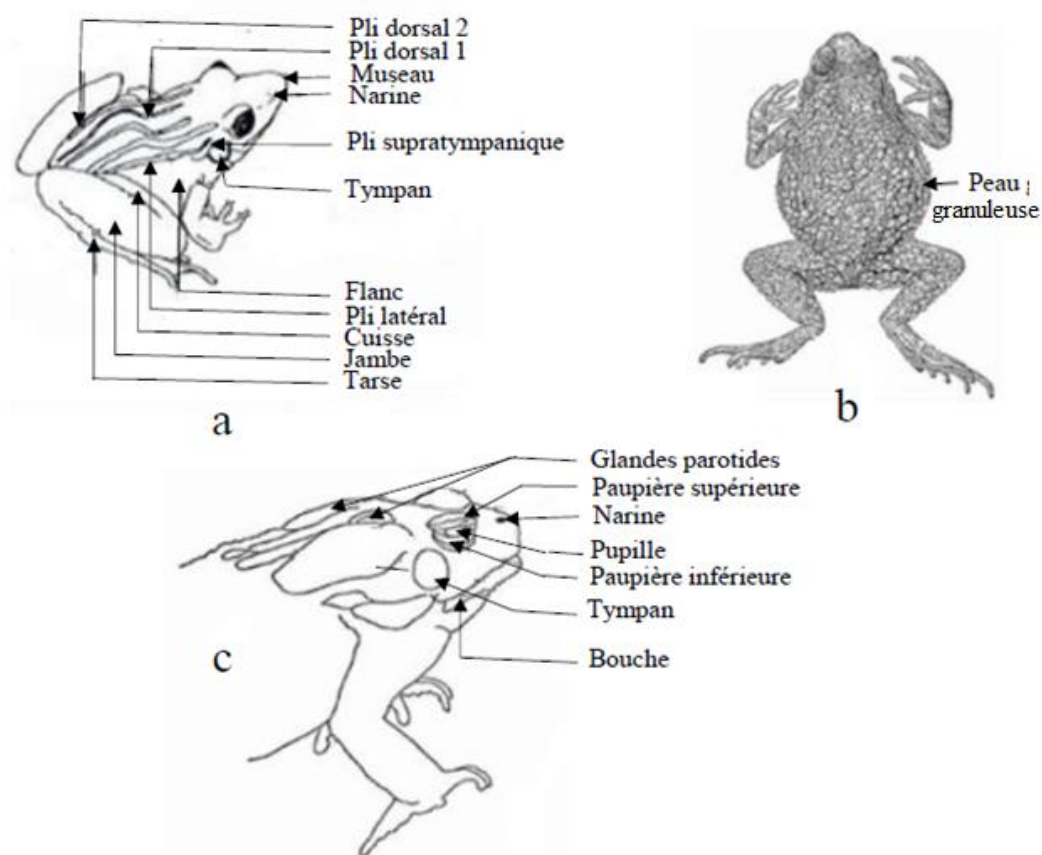


Figure 12 : Structure générale de la peau de quelques Anoures (Lamotte & Xavier 1981).

a : peau avec des plis cutanés, b : peau rugueuse, c : glandes parotides sur la tête.

I-2-4-3-4- Coloration du corps des Anoures

Plusieurs types de couleurs selon les espèces, les genres et les familles sont observés chez les Anoures. Certaines espèces adaptent leur peau à leur environnement pour mieux s'y camoufler, d'autres préfèrent arborer des couleurs vives pour avertir leurs prédateurs qu'elles sont venimeuses (Rödel, 2000). Les variations de la couleur de la peau des Anoures jouent un rôle majeur, en assurant non seulement des fonctions de protection mais aussi de thermorégulation contre le stress environnemental et les agents pathogènes (Well, 2007)

I-2-4-3-5- Dimorphisme sexuel

Chez toutes les espèces d'Anoures, les deux sexes se différencient par des caractères externes (Figure 13). Certains de ces caractères sont constants; d'autres n'apparaissent qu'au moment de la reproduction. Les principaux caractères sexuels secondaires des Anoures sont les broches copulatrices des mâles qui se présentent sous la forme de coussinet ou d'aspérités souvent très

pigmentées, sur les doigts et les cuisses. Elles permettent aux mâles de s'agripper aux femelles lors de l'amplexus. Parmi les caractères sexuels constants, citons la taille, généralement plus grande chez les femelles, et surtout les sacs vocaux, strict apanage des mâles chez les espèces qui en possèdent. Ces sacs sont de puissants résonateurs formés par un diverticule de la paroi buccale ; flasques au repos, ils sont distendus et sphériques lorsqu'ils sont gonflés d'air. Le nombre et la position des sacs vocaux sont variables ; ils sont dits internes lorsqu'ils sont sous la peau et externes, quand étant gonflés, ils font saillie à l'extérieur. Ils peuvent être uniques et médians sous la gorge ou au contraire doubles et latéraux. Dans ce dernier cas, la fente du sac vocal peut avoir deux positions : supère ou infère (Lamotte & Xavier 1981).

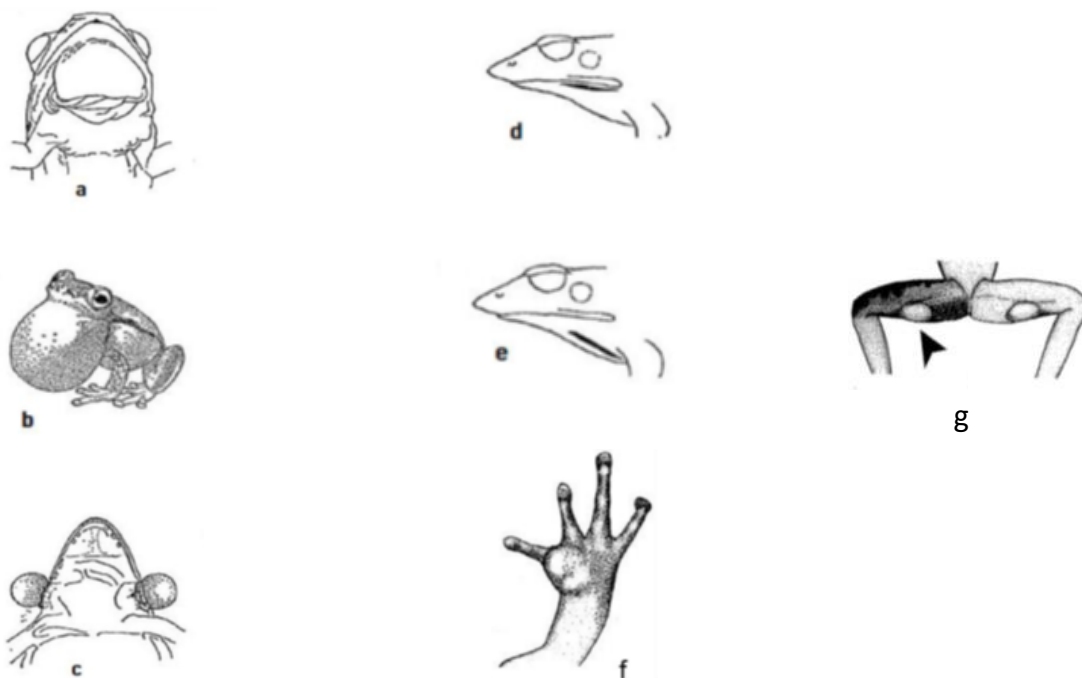


Figure 13 : Caractères sexuels secondaires de quelques amphibiens Anoures mâles adultes.
(Lamotte & Xavier 1981)

Quelques formes de sacs vocaux des mâles anoures

a : sac vocal unique et médian au repos,

b : sac vocal unique et médian gonfle,

c : sacs vocaux doubles et latéraux,

d : sacs vocaux doubles et latéraux avec ouverture en position supère,

e : sacs vocaux doubles et latéraux avec ouverture en position infère.

Quelques glandes caractérisant les caractères sexuels secondaires chez les mâles anoures

f : Glande supramétacarpienne ; g : Glande fémorale.

I-2-5- Importance des amphibiens

L'intérêt de nos sociétés pour la conservation des amphibiens vient du constat d'un important déclin des populations mais aussi d'une réflexion sur la perte de ces animaux à la lumière des bénéfices qu'elles procurent à l'être humain. L'effondrement des populations d'amphibiens entraîne une perte plus large de leurs services écologiques regroupant les bienfaits que l'homme retire directement ou indirectement de la nature (**Channing, 2001**). Ces services comprennent les services d'approvisionnement, les services de régulation, les services culturels et les services de soutien.

I-2-5-1- Services d'approvisionnement

Les services d'approvisionnement prioritairement évoqués dans le cas des amphibiens est leur consommation. Les amphibiens sont exploités considérablement à des fins alimentaires à travers le monde (**Oza, 1990 ; Thoé et al., 2008; Angulo, 2008 ; Gonwouo & Rödel, 2008 ; Mohneke et al., 2009, 2010 ; Kouamé et al., 2015 ; Kéita et al., 2022**). En 2001, l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture estimait une consommation annuelle mondiale de 4716 tonnes de cuisses de grenouilles (**Collins & Crump, 2009**). Par ailleurs, les élevages sont très minoritaires dans ce marché et plus de 85% des amphibiens consommés proviennent du milieu sauvage (**Warkentin et al., 2009**). En plus de servir de ressources alimentaires, les amphibiens sont couramment utilisés pour des usages médicaux. En effet, plus de 73 espèces posséderaient une valeur médicale (**UICN, 2021**). Les amphibiens sont utilisés dans les traitements de maladies cutanées, l'asthme, ou même dans les traitements des affections cardiaques (**Hocking & Babbitt, 2014**). Ils sécrètent de nombreux peptides antimicrobiens pour leur défense contre les agents pathogènes (**Rollins-Smith, 2009**). Une étude a permis d'identifier trois de ces peptides antimicrobiens qui inhiberaient l'infection et le transfert dans les lymphocytes T humains du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) (**Van Compernelle et al., 2005**). De par leur mode de vie aquatique et terrestre, les amphibiens représentent une source de nourriture pour les prédateurs aussi variés que les espèces de poissons, de serpents, d'autres amphibiens, d'oiseaux ou mammifères (**Hocking & Babbitt, 2014**). Ainsi, au sein d'un écosystème, l'altération de la structure des populations d'amphibiens pourrait perturber les communautés algales, les populations d'invertébrés, les dynamiques de prédation, le transfert de matières organiques et le cycle des éléments nutritifs (**Whiles et al., 2006 ; Mohneke & Rödel, 2009**). Du fait de leur sensibilité à toute pollution ou détérioration d'habitat, les amphibiens sont d'excellents indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques et de leurs alentours (**Baldwin et al., 2006**). En effet, leur mode de vie les fait passer périodiquement du milieu aquatique, dont ils dépendent presque tous pour se

reproduire, au milieu terrestre. De ce fait, ces animaux peuvent dévoiler et prédire la contamination de ces deux types d'habitats (**Blaustein & Belden, 2003**).

I-2-5-2- Services de régulation

L'influence des amphibiens sur les services de régulation s'appréhende par leur rôle contre la transmission de certaines maladies. Certaines études ont démontré que plus la diversité des amphibiens est grande dans un écosystème, plus ce dernier est protégé contre les maladies y compris celles affectant les êtres humains (**Mohneke & Rödel, 2009; Johnson et al., 2013**). Par exemple, à travers la prédation ou la compétition, ils régulent les populations de moustiques ou de mouches vecteurs de maladies humaines (**Brodman & Dorton, 2006 ; Rubbo et al., 2011 ; Blaustein et al., 2014**). Les amphibiens participent également à la régulation de la qualité de l'eau. Au stade larvaire, ils sont généralement d'excellents filtreurs. Cette grande capacité d'épuration participerait à une meilleure qualité de l'eau à travers la régulation de biomasse algale ou encore l'élimination de bactéries (**Rödel, 2009**). Enfin, quelques rares espèces participent à la dispersion des graines de végétaux. C'est notamment le cas de la grenouille Brésilienne *Xenohyla Truncata* et de son régime alimentaire en partie composé de fruits dont elle disperse les graines par défécation. Les observations ont pu montrer qu'elle améliorerait leur taux de germination grâce aux habitats humides qu'elle fréquente (**Hocking & Babbitt, 2014**).

I-2-5-3- Services culturels et aménités

Les amphibiens font partie intégrante de notre culture. Ils sont couramment intégrés dans les bestiaires des comptes, comptines des livres pour enfants (**Hocking & Babbitt, 2014 ; Arfé, 2015**). De nombreuses espèces de Urodèles présentent de vives couleurs pendant leur période de reproduction ou pour avertir les potentiels prédateurs de leur toxicité. Par cette beauté et cette diversité, les amphibiens participent à une aménité environnementale inestimable pour l'homme (**Kuchta & Reeder, 2005**).

I-2-6- Etat de connaissance sur les amphibiens de la Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire couvre toute une série d'habitats différents depuis les forêts tropicales du Sud, les zones montagneuses de l'Ouest et les différentes savanes du Centre et du Nord du pays (**Rödel et al., 2010**). Tous ces milieux constituent une diversité d'habitats pour les différentes espèces d'amphibiens (**Annexe 1**). Ce pays est parmi les premiers pays tropicaux dans lesquels les groupes d'amphibiens ont été globalement évalués (**Lamotte, 1967b**). Ces vertébrés constituent une composante importante de la faune de la Côte d'Ivoire. Cette richesse est confirmée par plusieurs

études réalisées au sein des zones protégées et certaines régions du pays (**Rödel, 2003; Rödel et Ernst, 2003; Assemian *et al.*, 2006 ; Adeba *et al.*, 2010; Rödel *et al.*, 2010; Kouamé *et al.*, 2015; Oussou *et al.*, 2022 ; Kanga *et al.*, 2022**).

Ainsi le patrimoine faunistique inventorié à ce jour totalise 100 espèces appartenant à deux ordres : l'ordre des Anoures et celui des Gymnophiones (**Rödel *et al.*, 2010; Frost, 2023**). L'ordre des Gymnophiones comprend une seule espèce (*Geotrypetes seraphini*) et celui des Anoures comprend 99 espèces réparties en 27 genres et 14 familles.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

II-1- Matériel

II-1-1- Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par les amphibiens du PNM.

II-1-2- Matériel technique

Le matériel technique utilisé pour cette étude est composé :

- de matériel d'échantillonnage des amphibiens;
- de matériel de conservation des spécimens d'amphibiens;
- de matériel d'identification des espèces d'amphibiens capturées;
- de matériel de mensuration des spécimens d'amphibien et le matériel pour la mesure des paramètres environnementaux.

II-1-2-1- Matériel d'échantillonnage des amphibiens

Ce matériel comprend :

- des épuisettes de fond (Figure 14 e) destinés à capturer les grenouilles habiles aux sauts ainsi que les espèces aquatiques;
- des lampes-torches (Figure 14 g), utilisées lors des échantillonnages nocturnes ;
- d'un appareil photo numérique (Figure 14 i) pour la prise des vues des espèces inventoriées ainsi que leurs habitats caractéristiques ;
- de boîtes de capture en plastiques (Figure 14 h) pour la conservation et le transport de certains spécimens;
- des étiquettes pour marquer certaines informations (la numérotation des sites, les différentes dates, l'heure ...);
- d'une pince, utilisée pour la manipulation de certains spécimens ;
- des fiches de terrain sur lesquelles sont notées le bilan des informations relatives aux amphibiens et aux données environnementales obtenues lors des différentes campagnes.

II-1-2-2- Matériel de conservation des spécimens d'amphibiens

Certains spécimens ont été conservés dans des bocaux hermétiques contenant de l'alcool à 70%. Il s'agit généralement des animaux retrouvés morts sur les pistes ou dans certains habitats humides.

II-1-2-3- Matériel d'identification des espèces d'amphibiens

La clé d'identification des différentes espèces d'amphibiens d'Afrique de l'Ouest proposée par **Rödel (2000)**, des ouvrages et des enregistrements sur DC-ROM des coassements

spécifiques des espèces d'Anoures ont été utilisés afin d'aboutir aux noms scientifiques des espèces inventoriées (Figure 14 c).

II-1-2-4- Matériel de mensuration des amphibiens

Un pied-à-coulisse a été utilisé pour la prise des mesures de la longueur museau-anus des spécimens capturés.

II-1-2-5- Matériel pour la mesure des paramètres environnementaux

Le matériel de mensuration des paramètres environnementaux est constitué :

- d'un ruban mètre (Figure 14 d) qui a servi à mesurer l'épaisseur de la litière et la hauteur d'exposition de certains spécimens par rapport au sol;
- d'un thermo-hygromètre (Figure 14 a) pour la prise des valeurs de la température et de l'humidité relative de l'air;
- d'un GPS (Figure 14 b) pour la prise des coordonnées géographiques des sites d'étude ;
- d'un dictaphone (Figure 14 f) pour l'enregistrement des différents coassements;



Figure 14 : Photos de quelques éléments du matériel d'échantillonnage des amphibiens

- a : Thermo-hygromètre
- b : GPS
- c : Clé d'identification des amphibiens
- d : Ruban mètre
- e : Epuisette de fond
- f : Dictaphone
- g : Lampe torche
- h : Boîte de capture
- i : Appareil photo numérique

II-2- Méthodes

II-2-1- Période d'étude

A la mise en œuvre de cette étude, la première étape du travail pratique a été d'arrêter un programme de sorties sur le terrain. Les campagnes d'échantillonnage ont duré 16 mois et se sont réalisées régulièrement de façon mensuelle, de sorte à englober toutes les saisons climatiques et réaliser une analyse par saison des populations d'amphibiens de notre zone d'étude. Pendant chaque mois, sept jours sont consacrés aux études de terrain, durant lesquels les différents transects d'échantillonnage ont été visités.

II-2-2- Choix des sites et mise en place des transects

Sur la base de l'accessibilité et de l'aspect sécuritaire, les sites d'échantillonnage ont été sélectionnés après des prospections préalables de deux mois en tenant compte de diverses données. Dans un premier temps, l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) a mis à notre disposition les données relatives aux milieux humides permanents (les mares, les ruisseaux et les bassins permanents) et aux zones accessibles du PNM. Dans un second temps, certains sites d'échantillonnage ont été sélectionnés sur la base des résultats des travaux réalisés par Rödel et Ernst au sein de cette aire protégée. Les coordonnées géographiques de chaque transect ont été sauvegardées à l'aide d'un GPS.

En sommes, trois zones d'échantillonnage ont sélectionnées et dans chaque zone cinq (5) transects ont été établis. La prise en compte de divers milieux susceptibles d'abriter les amphibiens a favorisé le choix d'une diversité de sites d'échantillonnage afin d'obtenir un échantillon représentatif des habitats et des amphibiens du PNM (**Heyer *et al.*, 1994; Rödel & Ernst, 2004**). La répartition des différents transects a permis d'établir l'échantillonnage sur les deux zones caractéristiques du PNM (la zone savanicole et zone forestière). Chaque transect a une longueur de 200 mètres et une largeur de 100 mètres, soient 600 mètres de périmètre et subdivisé en 24 points de prélèvements situés tous les 25 mètres sur le périmètre (Figure 15). La figure 16 présente une vue partielle de quelques habitats abritant certains transects établis au sein des zones d'étude. Dans chaque zone d'échantillonnage, deux transects consécutifs sont distants d'environ 1 kilomètre de sorte à éviter d'enregistrer plusieurs fois les coassements d'un même individu.

Les transects T1, T2, T3, T4 et T5 ont été établis dans la zone 1 (Figure 17). La seconde zone d'échantillonnage (zone 2) abrite les transects T6, T7, T8, T9 et T10. Enfin, dans la dernière zone d'échantillonnage est caractérisée par les transects T11, T12, T13, T14 et T15). A

proximité de chaque transect, et en fonction des caractéristiques du milieu, au moins un point d'écoute des coassements a été établi.

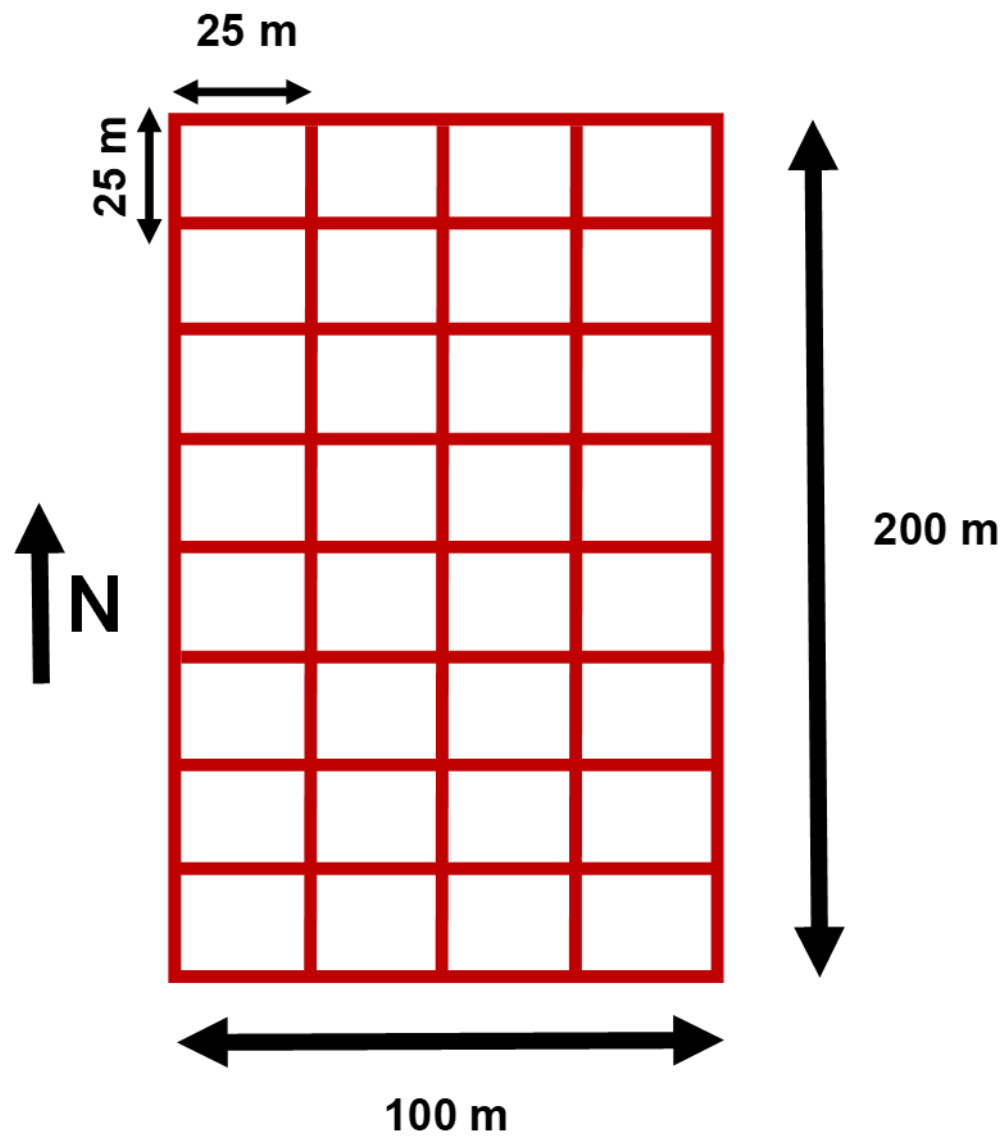


Figure 15 : Représentation schématique d'un transect

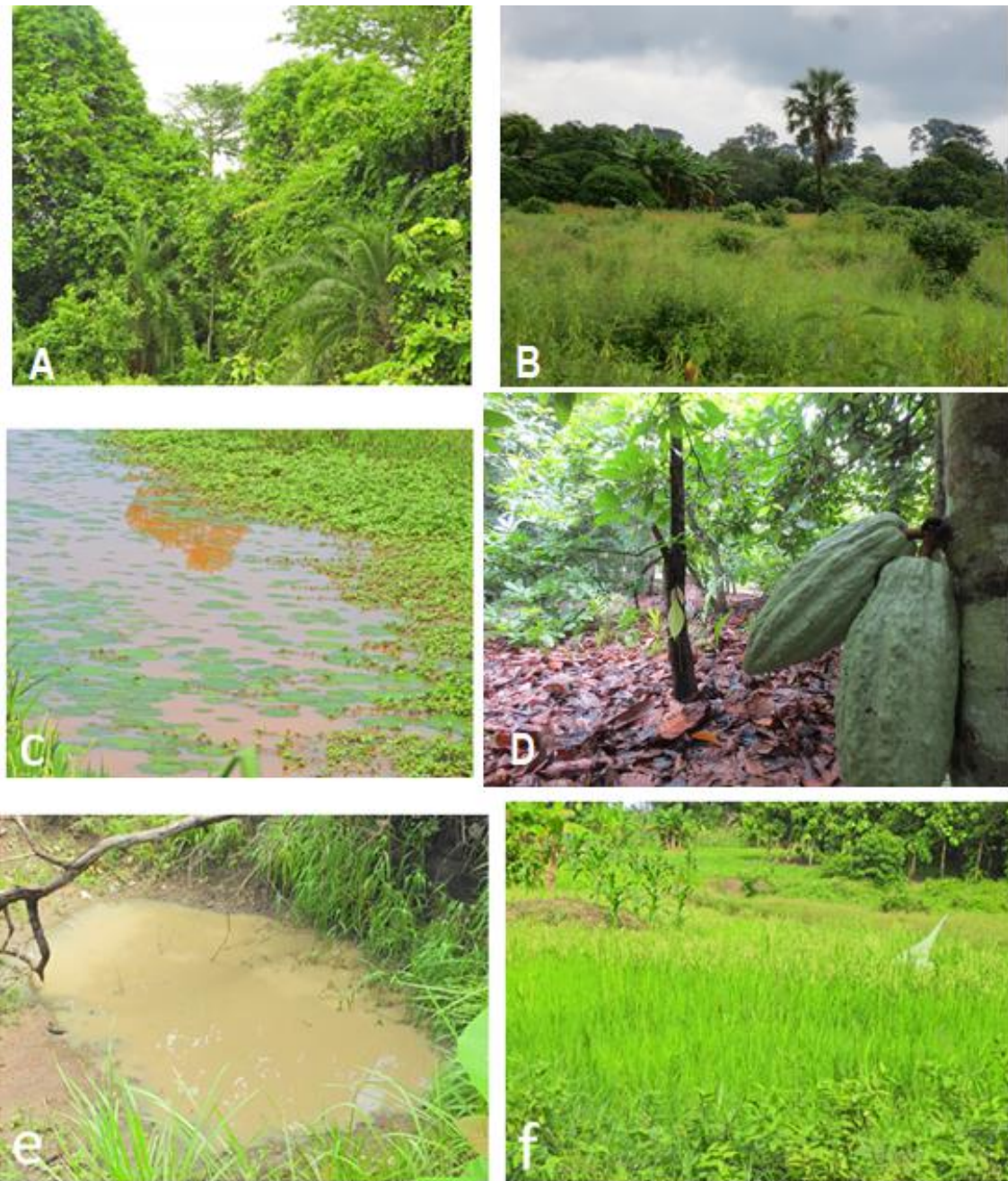


Figure 16 : Vues partielles de quelques habitats au sein des milieux d'échantillonnage

- a : Forêt dense
- b : Savane arbustive
- c : Etang couvert en grande partie de végétaux
- d : Plantation de cacaoyer
- e : Point d'eau temporaire
- f : Mosaïque de cultures (maïs, riz pluvial et maraichère)

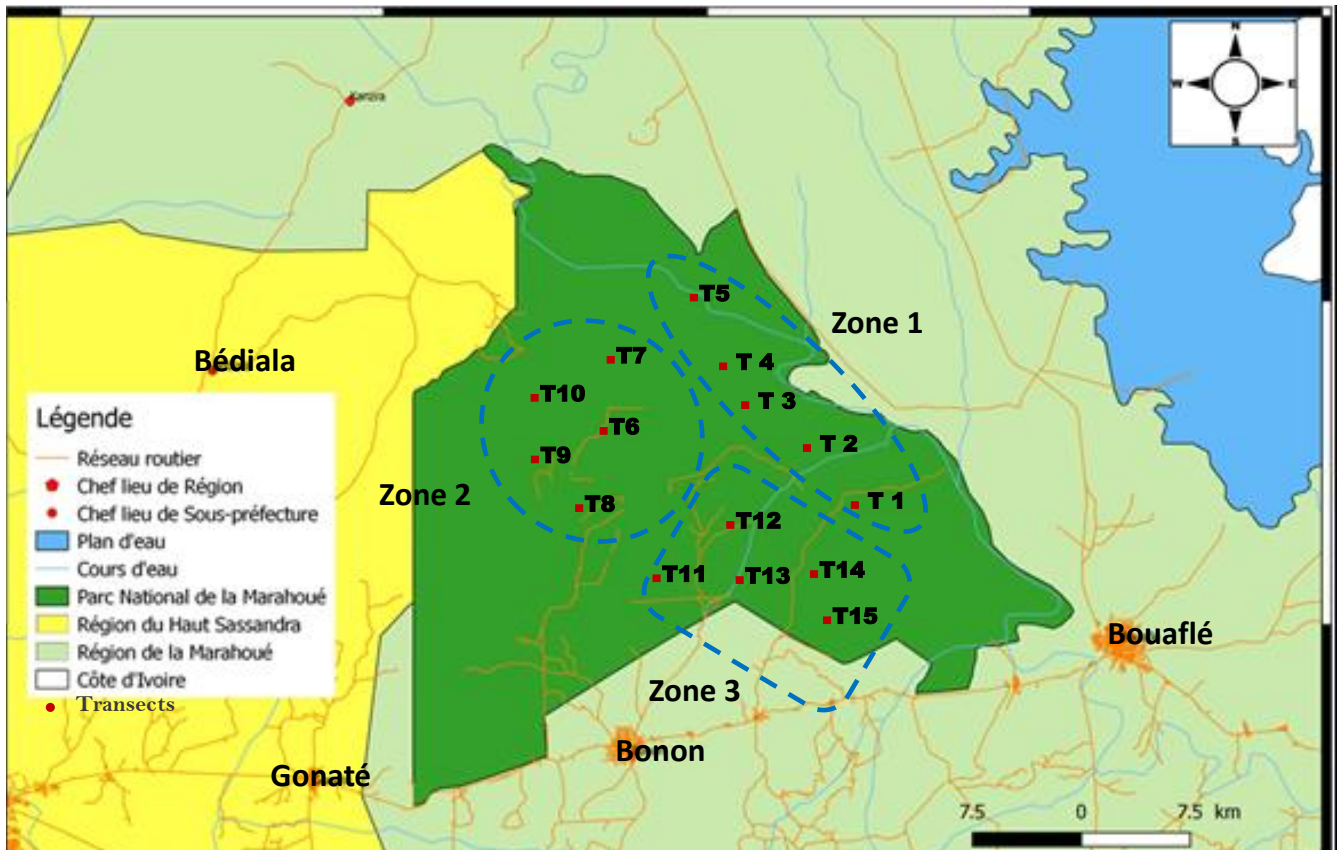


Figure 17 : Localisation des différents transects

T1, T2, T3, T4 et T5 représentent les transects de la zone 1 d'échantillonnage ; T6, T7, T8, T9 et T10 sont les transects de la zone 2 d'échantillonnage puis T11, T12, T13, T14 et T15 les transects de la zone 3 d'échantillonnage.

II-2-3- Situation et caractérisation des transects

La liste des différents transects d'échantillonnage établis dans les deux zones caractéristiques du parc ainsi que la description de leurs habitats respectifs sont consignées dans le tableau II.

Tableau II : Coordonnées géographiques et description succinctes des transect d'échantillonnage.

Transects (T)	Latituden (DD)	Longitude (DD)	Altitude (m)
T1	7,0887°	-5,8559°	235,51
T2	7,0972°	-5,8668°	221,81
T3	7,1100°	-5,8791°	274,61
T4	7,1199°	-5,8900°	211,37
T5	7,1327°	-5,9033°	267,61
T6	6,9973°	-5,8947°	202,26
T7	6,9822°	-5,9113°	188,54
T8	7,0125°	-5,9151°	181,07
T9	7,0233°	-5,9345°	190,75
T10	7,0120°	-5,9506°	188,05
T11	7,1516°	-6,0216°	163,74
T12	7,1374°	-6,0193°	173,74
T13	7,1298°	-5,9965°	123,97
T14	7,1029°	-6,0358°	171,83
T15	7,1161°	-6,0490°	174,04

T (transect) ; DD (degrés décimaux) ; m (mètre)

II-2-4- Caractérisation physique des habitats du PNM

La densité des végétaux ligneux (arbres et arbustes), l'épaisseur de la litière et la couverture de la canopée ont été évaluées en tenant compte de la méthodologie proposée par **Rödel & Ernst (2004)**. Les mesures de la température et celles de l'humidité relative de l'air ont été prises à l'aide d'un thermo-hygromètre. Le nombre de points d'eau et le taux de couverture des herbes ont également été déterminés. La densité des plantes ligneuses (arbres et arbustes), la canopée et l'épaisseur de la litière du sous-bois ont été évaluées une seule fois au cours de la période d'échantillonnage **Assemian, 2009**). Les mesures de la température et de celles de l'humidité relative de l'air, le taux de couverture en herbe et le nombre de points d'eau (permanents et temporaires) ont été déterminés durant les deux saisons climatiques.

II-2-4-1- Estimation de la densité des végétaux ligneux (arbres et arbustes)

En tenant compte de la circonférence de leur tronc à la hauteur de la poitrine, ces plantes ont été regroupées en arbustes (végétaux dont la circonférence est comprise entre 5 et 20 cm), et en arbres (végétaux dont la circonférence excède 20 cm). Cette densité a été évaluée constamment sur une surface de 4 m².

II-2-4-2- Estimation de la canopée

Sur chaque transect des quadrats de dimensions 16 mètres carrée ont été établis. A l'intérieur de ces quadrats, le taux de couverture de la canopée a été visuellement évalué en se référant à l'échelle de : 0% à 25% pour les sites ouverts; 25 à 50% pour les sites clairsemés et au delà de 50% pour les sites fermés (Rödel & Ernst, 2004).

II-2-4-3- Mesure de l'épaisseur de la litière

Dans les transects de sous-bois, l'épaisseur de la litière a été mesurée au sein des 24 points d'échantillonnage à l'aide d'un ruban-mètre. Elle a été évaluée en mesurant la distance séparant la couche superficielle de la litière et celle au contact du sol. Cette mesure est effectuée en différents points, dans un rayon de 0,25 m (Assemian, 2009 ; Kouamé, 2009).

II-2-4-4- Mesures de la température et de l'humidité relative de l'air

Pour chaque transect, à l'aide d'un thermo-hygromètre, la température et l'humidité relative de l'air ont régulièrement été enregistrées en point fixe au début et à la fin de chaque campagne d'échantillonnage (Assemian, 2009).

II-2-4-5- Estimation du taux de couverture en herbe et du nombre de point d'eau

Le taux de couverture des herbacées (exprimé en pourcentage de couverture du sol) a été dans un premier temps estimé à l'intérieur des quadrats de 5 x 5 mètres établis à l'intérieur de chaque transect. Ensuite, le taux de couverture totale en herbacées de chaque transect a été connu en calculant la moyenne des taux estimés au sein de chaque quadrat (Etien *et al.*, 2018). Les classes de référence considérées sont les suivantes : 0-25%, 25-50%, 50-75% et 75% à 100%.

En outre, le nombre de points d'eau permanent et temporaire présents sur chaque transect a été également dénombré pour la caractérisation des habitats (Rödel & Ernst, 2004). Les valeurs estimées de tous ces paramètres environnementaux ont été mises en relation avec l'abondance relative de chaque espèce et la richesse spécifique des milieux. Ce qui a permis d'analyser la distribution saisonnière et spatiale de chaque espèce d'amphibien inventoriée.

II-2-5- Inventaire des amphibiens

II-2-5-1- Techniques d'échantillonnage

Les échantillonnages ont été réalisés mensuellement dans chaque transect par une équipe constituée de quatre (4) personnes. Au cours de chaque mois, huit (8) jours sont consacrés à

l'échantillonnage des transects, soient deux transects échantillonnés par jour. Au termes des campagnes des champagnes d'échantillonnages, chaque transect a été l'objet de 16 visites mensuelles et 8 visites saisonnières. Pendant chaque visite journalière, deux types d'échantillonnage ont été effectués sur chaque transect : l'échantillonnage diurne et l'échantillonnage nocturne. En effet, certaines espèces d'amphibiens d'Anoures sont exclusivement nocturnes ou crépusculaires. De ce fait, elles sont plus difficilement à observer en plein jour du fait de l'effet néfaste du rayonnement solaire. Par contre, il existe des espèces seulement actives le jour. Ainsi, ces types de comportements chez les Anoures font qu'il n'existe pas une méthode unique d'inventaire pour l'ensemble des espèces (**Rödel, 2000**). D'où la nécessité de combiner simultanément différents types de techniques d'inventaires.

Pendant les échantillonnages diurnes, les prospections ont lieu entre 6 h et 9 h GMT, au lever du soleil, afin de déterminer les espèces diurnes avant que le soleil ne soit trop haut dans le ciel et donc qu'il ne fasse trop chaud (les grenouilles ayant tendance à se protéger du soleil en se réfugiant dans les troncs d'arbres en décomposition ou sous les feuilles, deviennent difficiles à repérer). L'inventaire de nuit s'est déroulé après le coucher du soleil, entre 18 h et 22 h GMT, ce qui a permis d'observer et de repérer les espèces nocturnes.

II-2-5-1-1- Echantillonnage acoustique

L'écoute des coassements des amphibiens fournit de nombreuses informations. Outre sa fonction territoriale, indispensable pour le marquage des territoires par les individus mâles et sa fonction reproductrice; le coassement est aussi un critère de distinction individuel et spécifique des amphibiens Anoures (**Zimmerman, 1994**). Cette technique d'échantillonnage a été plus productive durant les campagnes nocturnes. Elle a consisté à identifier les espèces d'amphibiens à partir de leurs coassements tout en dénombrant le nombre d'individus mâle qui coassent (**Zimmerman, 1994**). Comme chaque espèce a un coassement qui lui est propre (**Rödel, 2000**), avec cette technique, les espèces présentes dans les zones difficiles d'accès ont été identifiées par l'écoute de leurs coassements spécifiques. Durant cet échantillonnage une attention particulière a été portée sur les espèces dont les coassements sont discrets et celles dont le coassement peut être limité à une courte durée. Dans les zones difficiles d'accès, au moins une station d'écoute est sélectionnée. A cet endroit, une écoute de dix à quinze minutes est effectuée afin d'enregistrer via un dictaphone les coassements émis par les Anoures (**Paris, 2006**).

II-2-5-1-2- Echantillonnage visuel associé aux captures

Pour chaque transect d'échantillonnage, la collecte des données relatives aux amphibiens a été effectuée à chacun des 24 points d'échantillonnage, en parcourant le transect puis dans certains milieux adjacents aux transects. Au sein des plans d'eau, des prospections et des observations sont réalisées dans le sens de l'aval vers l'amont pour éviter qu'un grand nombre d'espèces ne puissent pas s'échapper lors de notre passage en bordure de l'eau (**Rödel & Ernst, 2004**).

De part et d'autre des longueurs de chaque transect, des quadrats de dimensions 8 m x 8 m sont établis au hasard afin d'identifier les spécimens qui ont tendance à se cacher davantage et repérer ceux qui pourraient quitter les transects. A l'intérieur de ces quadrats, tous les abris et micro habitats permettant de maintenir l'humidité pour les amphibiens ont été fouillés. Il s'agit des habitats humides qui sont les zones de prédilection des grenouilles et des gymnophiones, notamment les alentours des bas-fonds marécageux, les sols humides et la végétation bordant les mares (permanents et temporaires). En outre, nous soulevons les feuilles de litière et certains troncs d'arbres à la recherche de spécimens camouflés. Le nombre de quadrats a été plus important dans les zones caractérisées par de nombreux arbres. Les spécimens aperçus sont capturés soit manuellement, soit à l'aide des épuisettes de fond, pour spécimens adaptés aux grands fonds.

Lors des sorties nocturnes, les lampes torches ont été utilisées. En effet les faisceaux de lumière dirigés directement vers la tête de la grenouille éblouissent ses yeux, la désorientent et la rendent immobile pendant quelques secondes. Nous profitons de ce temps d'immobilité de l'animal pour le capturer puis l'identifier spécifiquement. Lorsque cela est nécessaire, les spécimens sont capturés pour l'identification puis relâchés. Cependant, les spécimens dont l'identification est problématiques sont conservés vivants pour des analyses morphologiques approfondies afin de faciliter leur identification.

Chaque transect a été prospecté de sorte à voir et entendre les coassements de tous les amphibiens susceptibles d'être présents, surtout les espèces non actives.

Concernant les quadrats, l'inventaire s'est fait de la périphérie vers l'intérieur afin de repérer les individus qui pourraient en sortir.

II-2-5-2- Conservation et transport des spécimens

Les spécimens dont l'identification est problématique ont été transportés vivants dans des bocaux contenant de l'eau et quelques plantes prélevées de leur milieu de capture; de sorte à ce que l'animal ne soit pas directement exposé à la lumière. Après leur identification par les

clés de **Lamotte & Xavier (1981)**, **Schiøtz (1999)** et **Rödel (2000)**, ces spécimens conservés sont réintroduits dans leurs milieux de capture. Les individus retrouvés morts sur les pistes ou dans certains habitats humides sont fixés dans l'alcool à 70 % de sorte à être identifiés plutôt lorsque leur état de décomposition le permet.

II-2-5-3- Identification des différentes espèces d'Anoures

Durant la période d'échantillonnage, certains individus d'amphibiens ont été identifiés sur une base acoustique, contrairement à d'autres individus dont l'identification s'est faite à vue (selon certaines caractéristiques morphologiques). Pour chaque individu capturé, les informations suivantes ont été prélevées : le nom de l'espèce, le sexe, l'âge (adulte ou juvénile) et la taille (longueur museau-cloaque). Des prises de photos ont été également effectuées pour des spécimens de chaque espèce. En somme, l'identification des espèces a été réalisée soit à vue (par reconnaissance des caractères morphologiques caractéristiques), soit au coassement. A ces caractères, les caractéristiques de d'habitat de capture du spécimen ont également été prises en compte.

II-2-5-3-1- Identification à partir des caractères morphologiques

Cette identification a été réalisée grâce à la clé d'identification de **Rödel (2000)**. Pour chaque individu d'Anoure capturé, l'identification sur la base morphologique a nécessité des observations portées sur certains caractères discriminants tels que l'examen de la tête, l'examen des membres, la nature et le type de coloration de la peau. La longueur museau - anus de certains spécimens capturés ont été connues en réalisant des mensurations avec un pied à coulisse (**Lamotte & Xavier, 1981; Schiøtz, 1999 ; Rödel, 2000 ; Rödel & Spieler, 2000; Rödel et al., 2003**).

II-2-5-3-2- Identification par les coassements

Cette identification, bien qu'elle ne permette que de détecter en général les individus mâles, permet un inventaire de la diversité spécifique des amphibiens et s'est révélée particulièrement importante dans les zones où la majorité des espèces se camouflent très bien dans leur environnement ou dans les zones difficiles d'accès. De plus, elle concerne certaines espèces d'amphibiens Anoures situées parfois à plus de deux mètres au-dessus du sol (**Rödel, 2000 ; Glaw & Vence, 2007**). Ainsi, dans ces zones l'écoute du coassement de certaines espèces d'amphibiens a facilité leur identification. En effet, chaque espèce d'amphibiens Anoures a un coassement qui lui est propre (**Zimmerman, 1994; Rödel, 2000**).

II-2-5-4- Détermination du statut de conservation des espèces inventoriées

Au niveau national, aucun statut n'a été attribué aux différentes espèces d'amphibiens. La détermination du statut de protection de chaque espèce inventoriée s'est faite sur la base de la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) relative aux amphibiens (Figure 18). Le but essentiel de cette liste est de rassembler les informations sur les espèces menacées d'extinction, d'évaluer régulièrement les risques que courent ces espèces puis d'assurer une diffusion large de ces données auprès de nombreux publics. Cette liste est établie à partir d'évaluation s'appliquant à toutes les espèces et à toutes les parties du monde. Ainsi, pour chaque espèce évaluée, une estimation du danger d'extinction qui la menace est formulée par le groupe de travail d'experts concernés en tenant compte d'un certain nombre de critères bien définis, comme la taille de la population, la disparition de son habitat naturel et le nombre d'individus qui ont atteint la maturité (UICN, 2021).

Les espèces sont classées selon les catégories suivantes :

- Espèces éteintes (EX) ;
- Espèces ayant disparues de la nature et ne survivant qu'en captivité (EW);
- Espèces en danger critique d'extinction (CR);
- Espèces en danger (EN);
- Espèces vulnérables (VU);
- Espèces quasi-menacées (NT);
- Espèces à préoccupation mineure (LC).

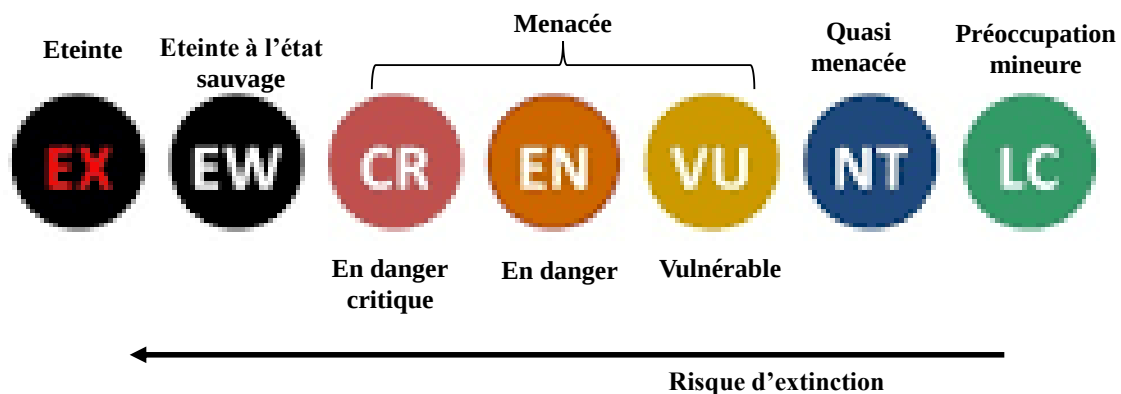


Figure 18 : Différentes catégories d'évaluation de l'Union International pour la Conservation de la Nature (UICN, 2021).

II-2-6- Collecte des données liées aux sources de perturbation des habitats

Les différentes sources de dégradation des habitats des amphibiens ont été identifiées visuellement à l'intérieur de chaque transect et dans les milieux adjacents à ces transects. Les méthodes utilisées pour l'implantation des plantations et les moyens utilisés pour lutter contre les animaux dévastateurs des cultures ont été identifiées dans les zones agricoles. En outre, les sources de perturbation des habitats occasionnés par le transport des produits agricoles ont également été enregistrées. Enfin, ces différentes sources de menace ont été réparties en fonction des habitats prospectés.

II-2-7- Expression des résultats par les indices écologiques

L'exploitation des résultats concernant la diversité herpétologique des milieux a nécessité l'utilisation des indices écologiques de composition et de structures, ainsi que des méthodes et tests statistiques.

II-2-7-1- Indices écologiques de composition

II-2-7-1-1- Constance ou indice d'occurrence

La constance (C) est le rapport du nombre de relevés contenant une espèce étudiée (P_i) au nombre total de relevés (P) exprimé en pourcentage (**Dajoz, 2000**).

$$C (\%) = (P_i/P) \times 100$$

On distingue des groupes d'espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence :

- Les espèces constantes sont présentes dans 50% ou plus de leur fréquence d'occurrence ;
- Les espèces accessoires sont présentes dans 25 à 49% des prélèvements ;
- Les espèces accidentelles sont celles dont la fréquence est inférieure à 25 % et supérieure ou égale 10%;
- Les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques ont une fréquence inférieure à 10 %.

II-2-7-1-2- Abondance relative

La fréquence centésimale (F_c) représente l'abondance relative et correspond au pourcentage d'individus d'une espèce (n_i) par rapport au total des individus recensés (N) d'un peuplement. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une bio-cénose (**Dajoz, 2000**).

$$F_c = (n_i/N) \times 100$$

Avec : n_i , le nombre d'individus de l'espèce i et N le nombre total d'individus dans l'échantillon.

L'abondance relative des espèces a été évaluée sur tous nos milieux d'étude. Elle a permis de comparer les habitats par rapport aux types d'espèces dominantes.

II-2-7-2- Indices écologiques des structures

II-2-7-2-1- Richesse spécifique totale

La richesse totale (S) est le nombre total d'espèces observé au terme de N relevés effectués. L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendu d'autant meilleure que le nombre de relevés est plus grand (**Blondel, 1975**).

II-2-7-2-2- Indice de diversité de Shannon

En conditions naturelles, les espèces composant une communauté n'ayant pas des effectifs identiques, les probabilités de captures varient d'une espèce à l'autre. L'information totale, notée H' , qui représente l'entropie de l'ensemble, est traduite par l'équation de Shannon et Weaver:

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i$$

Dans la pratique, l'observateur ne peut connaître les probabilités de capture des différentes espèces au sein de la communauté, mais il dispose des fréquences (n_i/N) d'apparition d'une espèce dans un échantillon (n_i nombre d'individus de l'espèce i et N nombre total d'individus dans l'échantillon). Il remplace donc dans l'équation P_i par n_i/N (**Faurie et al., 2006**). Cet indice renseigne sur la diversité des espèces d'un milieu étudié. Lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est nul.

II-2-7-2-3- Indice d'équirépartition des populations (équitabilité)

L'indice d'équitabilité (E) est le rapport entre la diversité calculé (H') et la diversité théorique maximale ($H'_{\max}$) qui est représentée par le $\log_2$ de la richesse totale (S) (**Blondel, 1979**).

$$E = H' / H'_{\max}$$

Où : H' est l'indice de Shannon et $H'_{\max} = \log_2(S)$. Cet indice varie de zéro à un. Lorsqu'il tend vers zéro ($E < 0,5$). Cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (**Barbault, 1981**).

II-2-7-2-4- Indice de similitude de Sørensen

L'indice de similitude de Sørensen ou le coefficient de similitude de Sorensen (Q_s) (**Magurran, 1988**) a été utilisé pour calculer le nombre d'espèces similaires entre les différents sites étudiés. Il s'exprime par la formule suivante :

$$Q_s = 2c / (a + b)$$

a : nombre d'espèces mentionnées dans le milieu 1.

b : nombre d'espèces décrites dans le milieu 2.

c : nombre d'espèces communes aux deux milieux.

II-2-8- Méthodes statistiques

Le traitement des résultats a nécessité l'utilisation de plusieurs méthodes telles que la méthode graphique (histogramme). Ces résultats ont été également soumis à des tests et à des analyses statistiques.

II-2-8-1- Analyses univariées

La vérification de la normalité des données abiotiques et biotiques obtenues à l'issue de cette étude s'est faite à partir du test de Shapiro-Wilk pour les échantillons dont la taille est inférieure à 50 ou par le test de Kolmogorov pour les échantillons dont la taille est supérieure ou égale à 50 (**Shapiro et al., 1968**). Ensuite nous nous sommes intéressés à l'homogénéité des variances (P-value). Lorsque la « P-value » est inférieure à 0,05, les tests non paramétriques sont utilisés. Par contre, pour une « P-value » supérieure ou égale 0,05, les tests paramétriques sont utilisés.

Les tests non paramétriques tels que le test de Kruskal-Wallis (comparaisons de plus de deux échantillons) et le test U de Mann-Whitney (comparaison de deux échantillons) ont été employés pour les comparaisons inter et intra sujets lorsque la distribution des variables ne respectait pas l'une des conditions d'utilisation d'une ANOVA ou le test de Student Newmann-Keuls (comparaisons de plus de deux échantillons) ou le test t de Student (comparaison de deux échantillons). Ainsi le test de Kruskal-Wallis a permis dans un premier temps de vérifier si certaines variables environnementales présentaient une différence ou pas entre les différents transects. Puis de vérifier si la richesse spécifique varie selon le type d'habitat. Le test U de Mann-Whitney a par la suite été utilisé pour identifier des différences entre les groupes pris deux à deux. Dans cette optique, le test U de Mann-Whitney a été utilisé pour vérifier si la température et de l'humidité de l'air varie significativement entre les deux zones du parc. Par ailleurs, le test G de proportion avec la correction de Yates (**Zar, 1999**), a été employé pour comparer les proportions des transects dans les groupes définis par la SOM (**Reyjol et al., 2005**). Dans chacun des cas, le test n'est significatif que si la valeur de probabilité p est inférieure à 0,05 et inversement lorsque celle-ci est supérieure à 0,05. Les

données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel Statistica v 7.1 sous Excel (Microsoft Office 2010).

II-2-8-2- Analyses multivariées

II-2-8-2-1- Analyse de Classification Hiérarchique Ascendante

L'analyse de classification hiérarchique ascendante (CHA) a été effectuée pour rassembler les transects à partir des paramètres environnementaux estimés. La CHA a rassemblé les transects de manière à produire un dendrogramme. Le découpage de cet arbre à différentes hauteurs permet de produire la partition des différents groupes. En mettant en relation les paramètres environnementaux estimés, cette méthode d'analyse a permis de rassembler et classer des transects d'échantillonnage (**Philippeau, 1992**). Elle a été réalisée à l'aide logiciel PAST version 2.17c.

II-2-8-2-2- Analyse canonique de redondance

Une analyse de Redondance (Redundancy Analysis-RDA) a été réalisée pour mettre en évidence les différentes variables environnementales qui influencent la répartition des espèces d'amphibiens dans les milieux prospectés. La RDA, technique directe d'analyse multivariée éprouvée pour le traitement des données espèce-environnement (**Muylaert et al., 1997**) a été appliquée. Les matrices utilisées sont celles représentant respectivement l'abondance des espèces par milieu et les paramètres environnementaux. Le résultat de cette analyse est présenté dans un graphique dans lequel sont projetées les variables environnementales et les espèces d'amphibiens. L'analyse a été réalisée avec le logiciel CANOCO version 4.5.

II-2-8-2-3- Carte auto organisatrice de Kohonen

L'ordination des transects des différents habitats en fonction des saisons climatiques, des types de campagnes d'échantillonnage et des espèces d'amphibiens inventoriées a été réalisée grâce à l'algorithme de la carte auto organisatrice de Kohonen "Self Organizing Maps (SOM)" (**Kohonen, 1982, 1995, 2001**). Cette méthode de classification non linéaire à l'avantage de représenter visuellement des profils simplifiés à partir des bases de données complexes en identifiant des groupes semblables (**Lek et al., 2000 ; Kohonen, 2001**). Contrairement aux méthodes classiques, la SOM traite les données extrêmes très souvent contenues dans les bases de données écologiques (**Lek et al., 1996, 2000 ; Brosse, et al., 1999**). Les cartes auto organisatrices de Kohonen sont des réseaux de neurones non supervisés qui permettent d'ordonner et de classer des échantillons en fonction de leurs similarités.

La SOM se compose de deux couches de neurones (Figure 19). La couche d'entrée, constituée de la matrice de données, est directement reliée à la couche bidimensionnelle de sortie dite carte de Kohonen, composée de neurones artificiels de sortie ou nœuds. Le nombre de nœuds est choisi à la suite d'un calcul de l'erreur topographique (**Alhoniemi et al., 2000**). Cette erreur topographique doit être inférieure à 1 (**Park et al., 2003**). Le procédé de la SOM est de rechercher des similarités entre les données observées et de les représenter dans la carte de sortie en préservant les voisinages. À la fin de l'apprentissage, une carte est obtenue et dans chaque hexagone se trouve un objet virtuel pour lequel les valeurs des descripteurs ont été calculées. Ces objets virtuels représentent la distribution des objets réels. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel Matlab (version 7.6).

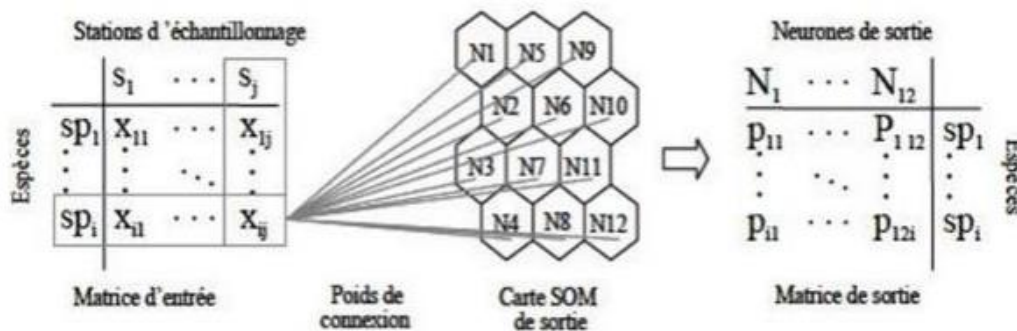


Figure 19 : Schéma simplifié de la carte auto organisatrice de Kohonen (**Aguilar Ibarra, 2004**)

La couche d'entrée contient les données de présence/absence (x_{ij}) pour chaque observation ou station d'échantillonnage (s_j). Une fois que la SOM (a trouvé les poids de connexion (p_{ij}) en erreur minimale d'apprentissage, on obtient la carte et la couche de sortie.

II-2-8-2-4- Méthode « Indval »

La méthode des valeurs indicatrices « Indval : Indicator value » est une méthode permettant de sélectionner les espèces les plus indicatrices des conditions environnementales des groupes obtenus après une ordination (**Dufrêne & Legendre, 1997**). Le principe de la méthode « Indval » repose sur la définition du caractère indicateur d'une espèce. Une espèce est considérée comme indicatrice si elle est typique d'un groupe de relevés et absente des autres groupes ou si elle est présente dans tous les relevés de ce groupe. Les espèces indicatrices donnent un sens écologique à une typologie d'une station donnée. Elles fournissent des critères pour (a) comparer des typologies différentes obtenues par analyse des données

(groupement) et (b) identifier les niveaux intéressants dans un dendrogramme. Pour chaque espèce i dans chaque groupe de relevés j , on calcule le produit du nombre d'individus ij (A_{ij}) par le nombre de sites ij (B_{ij}). Le facteur A_{ij} est la moyenne des abondances de l'espèce i dans les sites du groupe de relevés j par rapport à tous les groupes. Le second facteur B_{ij} représente la fréquence relative d'occurrence de l'espèce i dans les sites du groupe j . Toutes ces variables se calculent selon la formule suivante :

$$\text{Ind Val}_{ji} = 100 \times A_{ij} \times B_{ij}$$

où, IndVal_{ij} est la valeur indicatrice de l'espèce i dans le groupe de relevés j . Soit $A_{ij} = \text{Nombre d'individus } ij / \text{Nombre d'individus } i$ et $B_{ij} = \text{Nombre de sites } ij / \text{Nombre de sites } j$. Ainsi, A_{ij} mesure la spécificité de l'espèce pour un groupe tandis que B_{ij} indique la fidélité de cette espèce à l'intérieur de ce groupe. La spécificité est maximale (100 %) quand l'espèce n'occupe qu'un groupe et la fidélité est maximale (100 %) lorsque l'espèce est présente dans tous les relevés d'un groupe. La valeur indicatrice de l'espèce est maximale (100 %) lorsque la spécificité et la fidélité sont maximales (**Tomassone *et al.*, 1993 ; Nahmani & Rossi, 2003**). Dans cette étude, la méthode IndVal a été utilisée pour déterminer les valeurs indicatrices des espèces caractéristiques des différents types d'habitat en fonction de leurs caractéristiques. Une espèce est considérée comme indicatrice d'un habitat donné quand le test de permutation appliqué à ses différentes valeurs indicatrices est significatif pour cet habitat (**Thomas *et al.*, 2004 ; Edia, 2008; Kouamé, 2014**). Outre ce test, les espèces qui ont une valeur indicatrice supérieure ou égale à 25 % pour un type d'habitat ont été également assimilées aux espèces indicatrices de cet habitat (**Nahmani & Rossi, 2003**). Cette dernière considération signifie que l'espèce caractéristique apparaît au moins à 50 % dans un groupe donné de sites et que son abondance relative dans ce groupe atteint 50 % (**Dufrêne & Legendre, 1997**). L'outil utilisé pour exécuter les calculs de cette analyse est le package Vegan du logiciel R.

II-2-8-2-5- Analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle de correspondance (AFC) est une méthode d'analyse multidimensionnelle qui permet d'établir un diagramme de dispersion dans lequel apparaissent à la fois chacun des paramètres considérés et chacun des individus observés (**Dagnelie, 1975**). Le résultat est obtenu grâce à une méthode particulière de codification par un calcul de valeurs propres qui assurent une parfaite symétrie entre les paramètres et les individus c'est-à-dire entre les lignes et les colonnes de la matrice des données . Cette analyse

a permis de répartir les menaces en fonction des transects d'échantillonnage. Le programme PAST version 2.17c a été utilisé pour la réalisation de cette analyse.

II-2-8-2-6- Modèle additif généralisé

Le modèle additif généralisé (en anglais, Generalized Additive Models ou GAM) est un modèle statistique développé par **Hastie & Tibshirani (1990)**. Ce modèle offre une méthode flexible pour décrire une relation non - linéaire entre des prédicteurs et une variable réponse. Le modèle GAM se base sur la transformation de variables ou de combinaisons de variables afin de bâtir son modèle prédictif. De façon pratique, ce modèle se base sur la somme (d'où le terme d'additif) de fonctions ($f_1, \dots, f_p$) de transformation de différentes variables explicatives ($X = X_1, \dots, X_p$). La variable à expliquer (Y) peut être de tout format et les variables explicatives doivent être continues (**Hastie & Tibshirani, 1990**).

Dans la présente étude, le modèle GAM a été utilisé pour l'identification des variables environnementales influençant l'occurrence des taxons indicateurs obtenues à partir de la méthode de l'*Indval*. Il s'agit des taxons apparaissant dans au moins 50 % des échantillons collectés. Les paramètres environnementaux ne présentant pas de variation durant les deux saisons climatiques ont été exclus dans la réalisation de ce modèle. Ce modèle a été réalisé grâce au package mgcv du logiciel R (**Wood, 2014**).

II-2-8-2-7- Analyse Factorielle Discriminante

L'analyse factorielle discriminante (AFD) vise à déterminer les variables susceptibles de discriminer deux ou plusieurs groupes connus (**Tomassone et al., 1993**). Des coefficients normalisés pour chaque paramètre environnemental ont d'abord été calculés afin de déterminer leur contribution dans la discrimination des groupes (**Manly, 1994**). La pertinence de l'AFD a été par la suite appréciée par le test de permutation de Monte Carlo sur 1000 permutations aléatoires (**Edia, 2008**). Aussi, le "leave-one-out" a-t-il été exécuté pour estimer la capacité du modèle à prédire pour chaque groupe prédéfini, l'appartenance de chaque échantillon (**Wunderlin et al., 2001**). Dans la présente étude, cette analyse a permis d'identifier les variables environnementales qui déterminent les regroupements des différentes familles définies par la SOM à partir de la matrice présence/absence (**Wunderlin et al., 2001 ; Konan, 2008**). L'AFD a été réalisée avec le logiciel XISat version 2018 (sous Excel de Microso).

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

III-1- Résultats

III-1-1- Caractéristiques physiques de la zone d'étude

La figure 20 montre les variations du nombre d'arbres et d'arbustes sur 4 m² (A), celles de la canopée (B) et de l'épaisseur de la litière (C) dans les différents transects.

III-1-1-1- Densité des arbres et arbustes

La figure 20 A présente la variation du nombre d'arbres et d'arbustes au sein des différentes zones d'échantillonnage. Dans la première zone d'échantillonnage (zone 1) les transects T1, T2, T3 et T5 sont dépourvus d'arbres. Les transects T6, T7, T9 et T10 de la seconde zone d'échantillonnage (zone 2) ont un nombre identique d'arbres (2 arbres sur 4 m²). Dans cette zone, le transect T8 abrite le plus grand nombre d'arbres (3 arbres sur 4 m²).

Dans l'ensemble, les plus importants nombres d'arbres sont observés sur les transects de la troisième zone d'échantillonnage (Zone 3). Ce nombre varie de trois (3) à quatre (4) sur une superficie de quatre mètres carré. Les résultats du test de Kruskal-Wallis montrent que la densité en arbres varie significativement entre les transects de la zone 1 ($P= 0,009$). Concernant les zones 2 et 3, aucune variation significative de ce paramètre enregistrée ($P= 0,893$ pour la zone 2 ; $P= 0,0571$ pour la zone 3).

Relativement au nombre d'arbuste recensé, les transects de la zone 2 d'échantillonnage abritent les plus grands effectifs (Figure 20 A). Dans cette zone, le nombre d'arbuste varie de trois (3) à cinq (5), avec le plus grand effectif enregistré dans le transect T7 (5 arbustes). Cette zone est secondée par la zone 3 d'échantillonnage, dont le nombre d'arbuste varie de un (1) à trois (3) entre les différents transects. Les transects T11, T14 et T15 renferment chacun deux arbustes chaque quatre mètres carré. Les transects T12 et T13 ont le même nombre d'arbuste (1 arbuste). Les transects de la zone 1 sont caractérisés par les plus faibles effectifs en arbustes. Les transects T1, T2 et T5 de cette zone ont le même nombre d'arbuste (un arbuste chaque quatre mètres carré). Quant au transect T4, il enregistre le plus grand nombre d'arbuste (deux arbustes chaque quatre mètre carré). Selon les résultats du test de Kruskal-Wallis le nombre d'arbuste ne varie pas significativement entre les transects de chaque zone ($P= 0,0641$ pour la zone 1 ; $P= 0,0687$ pour la zone 2 et $P= 0,234$ pour la zone 3).

III-1-1-2- Canopée et épaisseur de la litière

Les plus importants taux de couverture de la canopée sont de 15 et 50%, respectivement enregistrés dans les deux premières zones d'échantillonnage (Figure 20 B). Par contre, sur l'ensemble des transects des trois zones d'échantillonnage, ceux de la zone 3 sont caractérisés par les plus importantes valeurs, avec 80% pour les transects T12 et T13 puis 75% pour les transects T11, T14 et T15. Le taux de couverture de la canopée ne varie pas significativement entre les transects de la zone 1 ($P = 0,056$ Test de Kruskal-Wallis). Dans les zones 2 et 3 ce paramètre ne varie pas significativement entre les différents transects ($P = 0,054$ pour la zone 2 et $P = 0,124$ pour la zone 3).

Les transects de la zone 1 enregistrent les plus faibles valeurs de l'épaisseur de la litière (Figure 20 C). Dans cette zone, l'épaisseur de la litière varie de 0 à 0,5 centimètre (cm) sur l'ensemble des différents transects. Par contre, les valeurs de ce paramètre varient de 1 à 2 cm et de 4 à 5,5 cm respectivement entre les transects des zones 2 et 3. Les résultats du test de Kruskal-Wallis ont montré que dans l'ensemble, l'épaisseur de la litière ne varie pas significativement entre les transects de la zone 1 ($P = 0,121$; Test de Kruskal-Wallis). Il en est de même pour les zones 2 et 3 ($P = 0,111$ pour la zone 2 et $P = 0,251$ pour la zone 3).

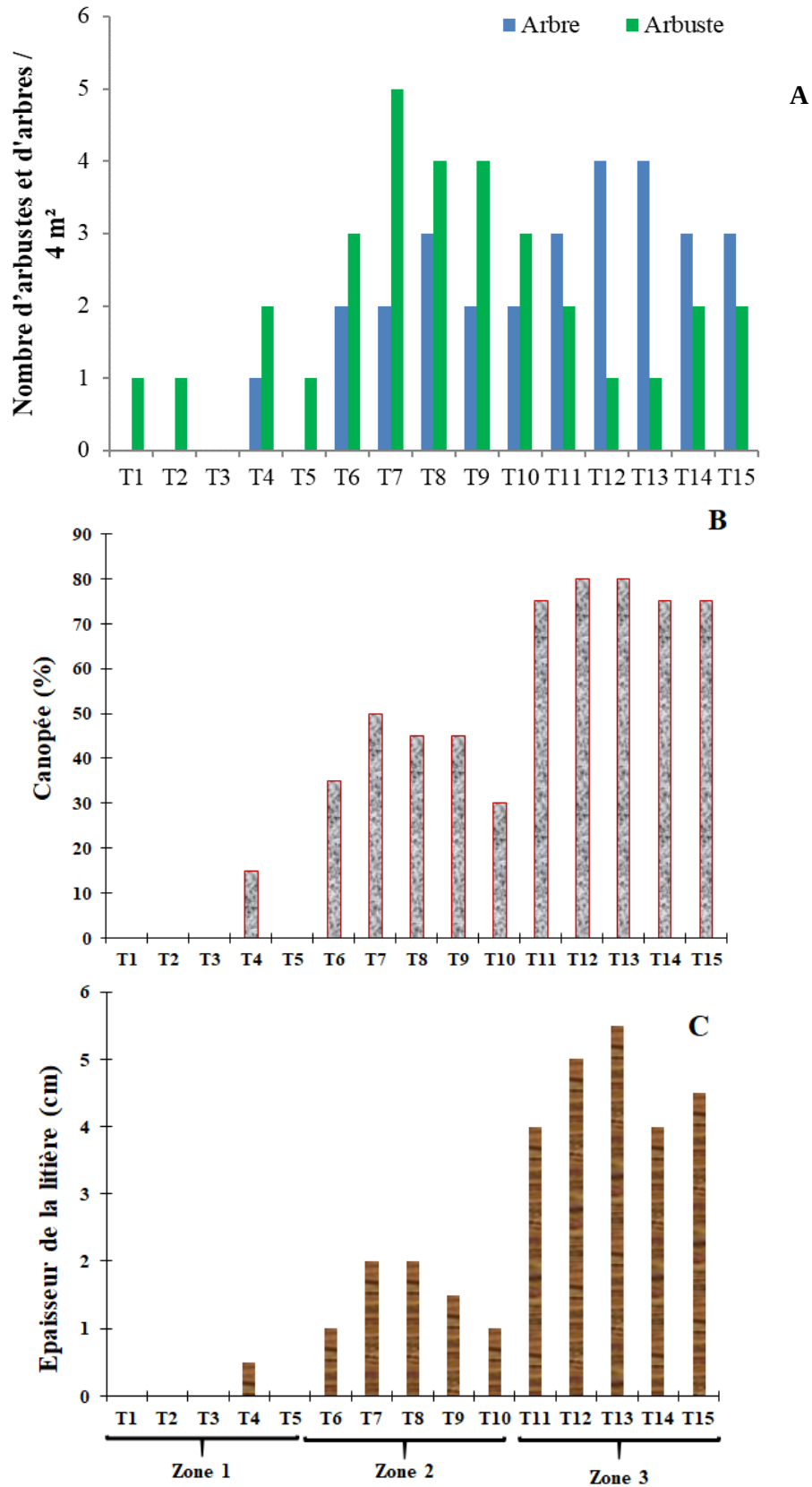


Figure 20 : Densité des végétaux ligneux (A), de la canopée (B) et de l'épaisseur de la litière (C) ; T= transects

II-1-1-3- Taux de couverture en herbe

Durant les deux saisons climatiques, les plus importants taux de couverture en herbe sont enregistrés dans les zones 1 et 2 d'échantillonnage (Figure 21). Dans la zone 1, le taux de couverture en herbe varie de 60 % à 75 % durant la saison pluvieuse et de 15 % à 50 % durant la saison sèche. Par contre dans la seconde zone d'échantillonnage, les plus importants taux de couverture en herbe sont 15 % et 50 %, respectivement enregistrés en saison pluvieuse et en saison sèche. Dans la troisième zone d'échantillonnage, 25 % et 15 % sont les importants taux de couverture en herbe évalués respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche. Les résultats du test de Mann-Whitney montrent que la taux de couverture en herbe varie significativement d'une saison à une autre à l'intérieur de chaque zone d'échantillonnage (Test de Mann-Whitney : $p = 0,002$ dans la zone 1 ; $p = 0,0214$ dans la zone 2 et $p = 0,0170$ dans la zone 3).

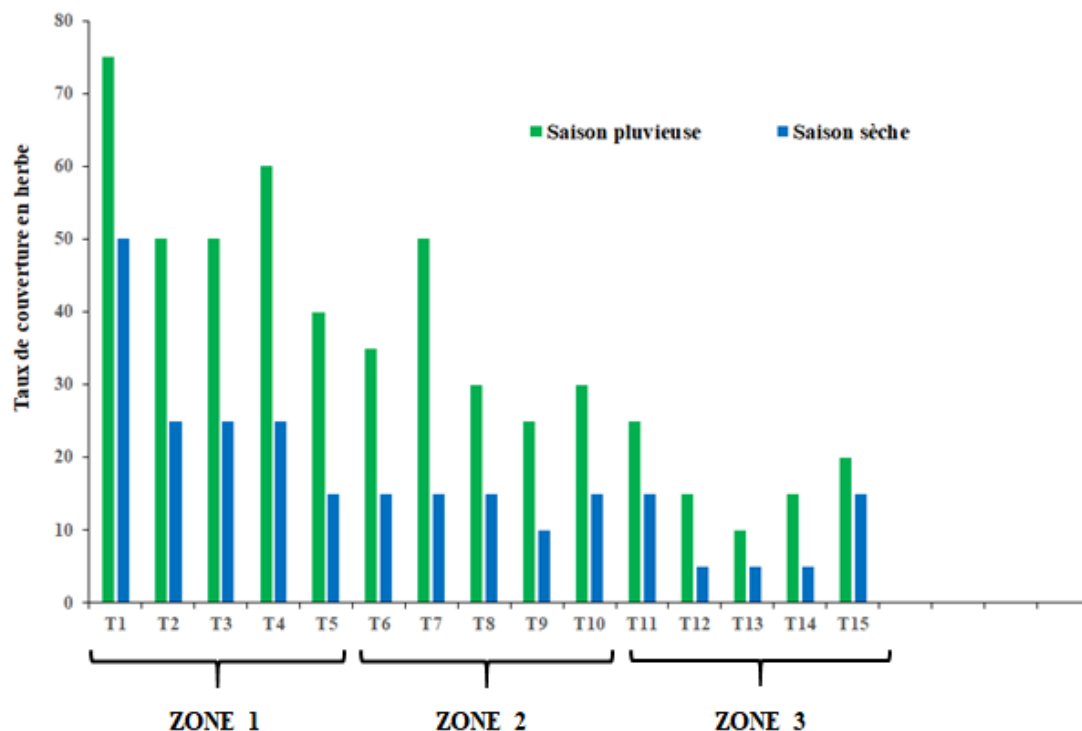


Figure 21 : Taux de couverture en herbe des différents transects

T = transects

III-1-1-4- Nombre des points d'eau au sein des transects

Tous les transects de notre zone d'étude sont caractérisés par des points d'eau (Figure 22 et 23). Toutefois, la totalité des transects établis dans les zones 2 et 3 d'échantillonnage sont caractérisés par ces points d'eau temporaires et permanents, ce qui n'est pas pour certains

transects de la zone 1 d'échantillonnage. En observant les résultats du test de Kruskal Wallis, nous constatons que durant une même saison, le nombre de point d'eau ne varie pas significativement entre les transects de chaque zone (test de Kruskal-Wallis : $p = 0,1086$ pour la zone 1 ; $p = 0,493$ dans la seconde zone et $p = 0,211$ dans la zone 3). Toutefois, d'une saison à une autre une différence significative est observée entre le nombre de points d'eau dénombré au sein de chaque zone d'échantillonnage.

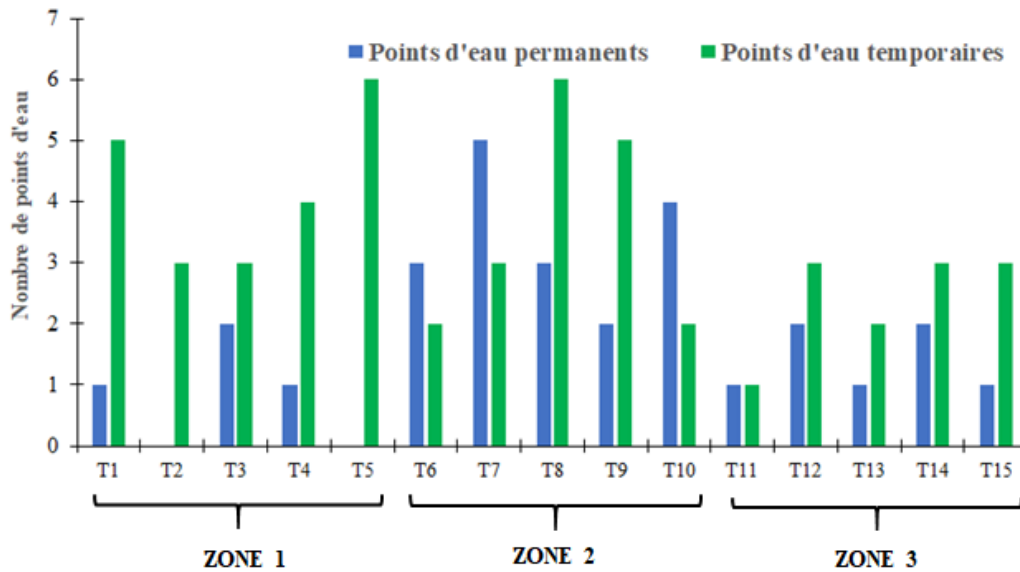


Figure 22 : Variation du nombre de point d'eau durant la saison pluvieuse

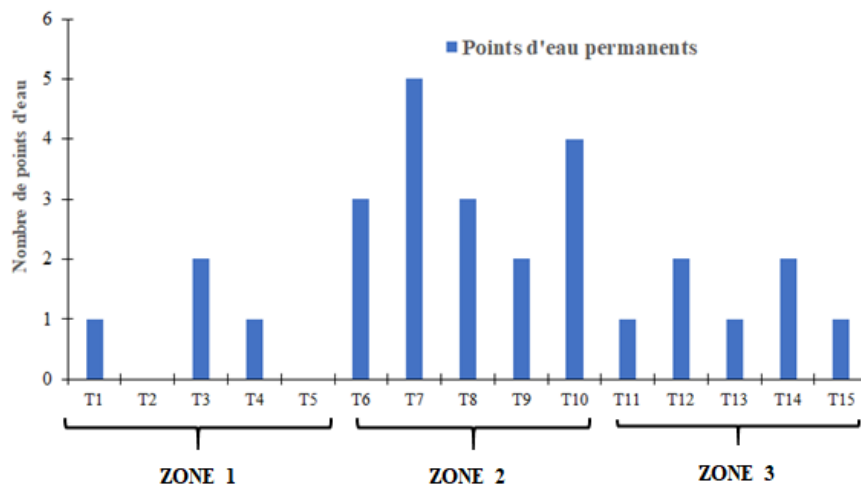


Figure 23 : Variation du nombre de point d'eau durant la saison sèche ; T= transect

III-1-1-5- Variation saisonnière de la température de l'air dans les deux zones du parc

La figure 24 présente la variation saisonnière de la température de l'air au sein des deux zones du parc. Dans la zone savanicole, la saison pluvieuse est caractérisée par les valeurs minimales des températures diurnes (23,5°C) et nocturnes (22°C) (Figure 25). Par ailleurs, la saison sèche enregistre les plus grandes valeurs de la températures diurnes et nocturnes. Ces mêmes observations sont faites dans la zones forestières, mais avec des valeurs plus faibles que celles de la zone savanicole. Toutefois, les valeurs minimales des températures diurnes et nocturnes de la zone savanicole enregistrées pendant la saison pluvieuse sont légèrement faibles à celles de la zone forestière enregistrées durant la même saison. Les valeurs médianes de la température diurne et nocturne enregistrées au sein des deux zones du parc varient significativement d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

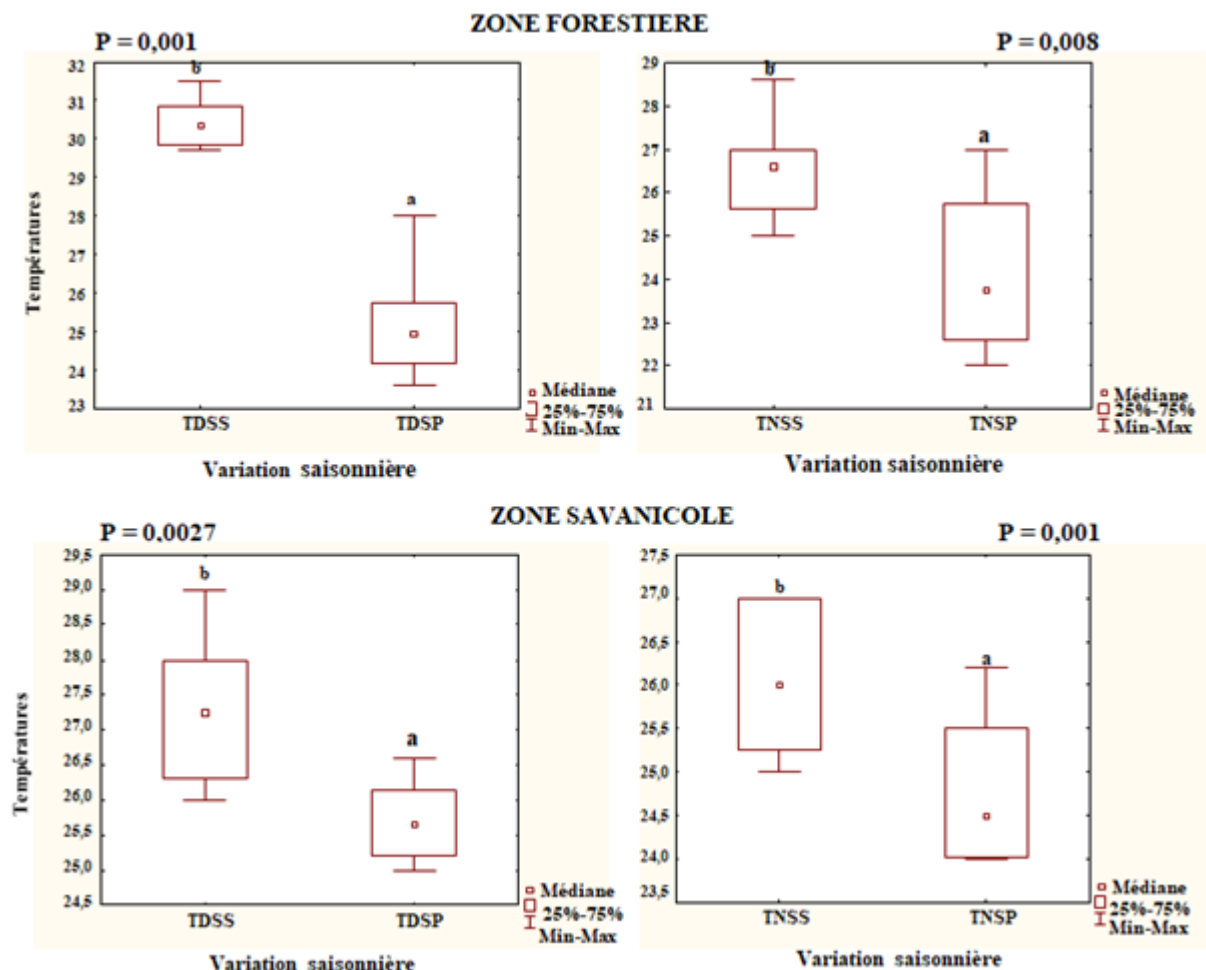


Figure 24 : Variation saisonnière de la température au sein des deux zones du parc

Variation saisonnière de la température de l'air au sein des deux zones du parc

TDSS = température diurne en saison sèche; TNSS = température nocturne en saison sèche; TDSP = température diurne en saison pluvieuse; TNSP = température nocturne en saison pluvieuse; p : probabilité du test de Mann-Whitney. Les valeurs médianes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (Test de Mann-Whitney; $p < 0,05$).

III-1-1-6- Variation saisonnière de l'humidité relative de l'air dans les deux zones du Parc

Les variations saisonnières de l'humidité dans les différentes zones du parc sont présentées par la figure 25. Dans la zone savanicole, la valeur minimale de 56 % de l'humidité diurne est enregistrée pendant la saison sèche. Par contre, la valeur maximale de cette humidité est enregistrée en saison pluvieuse. Concernant l'humidité nocturne, la valeur minimale de 60 % est notée en saison sèche et la valeur maximale de 72 % est notée en saison pluvieuse.

Dans la zone forestière, la valeur maximale de 72 % de l'humidité diurne est enregistrée pendant la saison sèche. Au cours de la saison pluvieuse, une augmentation de cette valeur maximale notée en saison sèche est observée. Ainsi, elle passe de 72 % à 73 %. Relativement à l'humidité nocturne, la valeur minimale de 60 % et maximale de 75 % sont enregistrées en saison sèche. Par ailleurs, en saison pluvieuse la valeur minimale de 77 % et maximale de 82 % sont notées. Les valeurs médianes de l'humidité diurne et nocturne enregistrées au sein des deux zones varient significativement d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$)

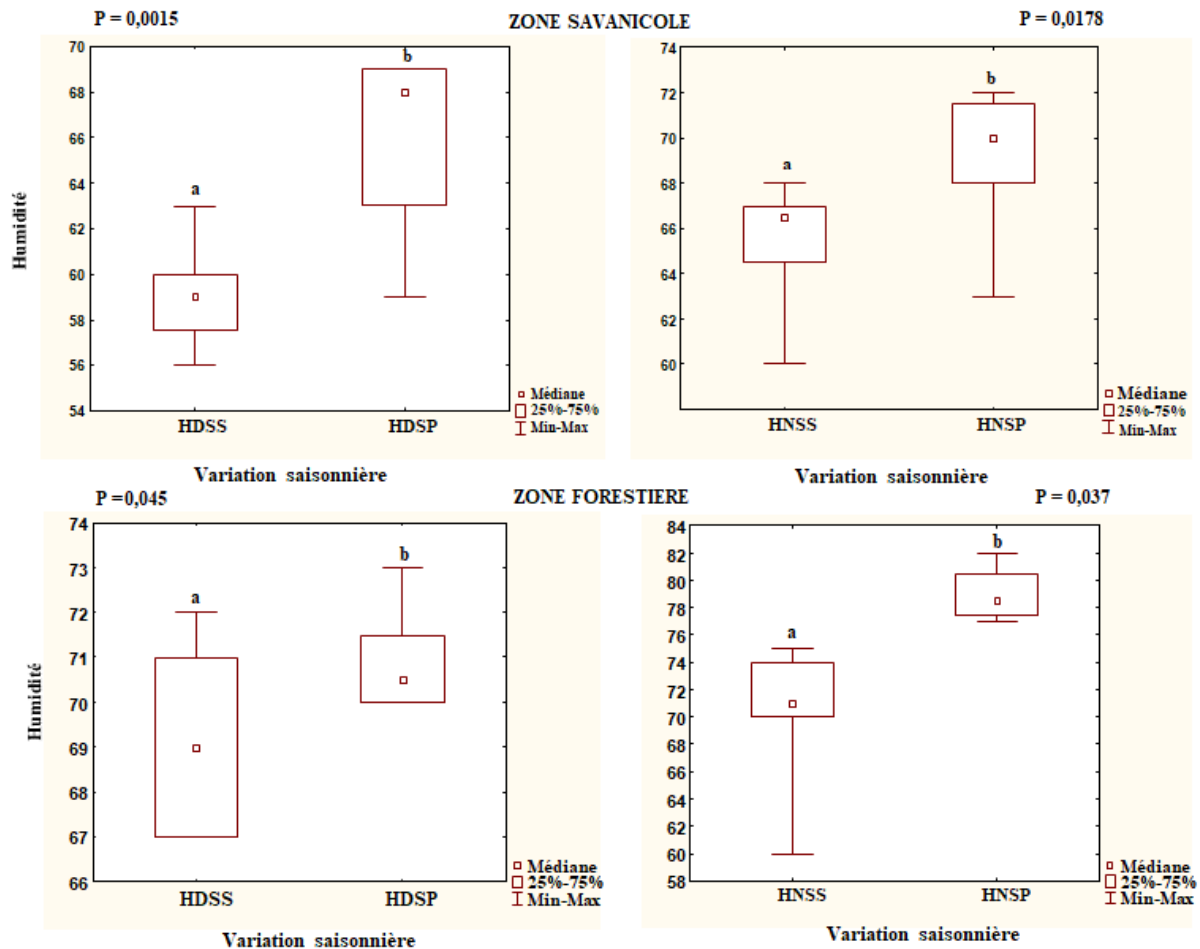


Figure 25 : Variation saisonnière de l'humidité au sein des deux zones du parc

HDSS = humidité diurne en saison sèche; HNSS = humidité nocturne en saison sèche; HDSP = humidité diurne en saison pluvieuse; HNSP = humidité nocturne en saison pluvieuse; p : probabilité du test de Mann-Whitney. Les valeurs médianes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (Test de Mann-Whitney; $p < 0,05$).

III-1-1-7- Classification des transects

Sur la base de la variation du taux de couverture de la canopée estimé, les 15 transects prospectés durant cette étude ont fait l'objet d'une classification (Figure 26). L'analyse des résultats a permis de distinguer trois différents types d'habitats dans le PNM. Il s'agit des habitats ouverts (groupe III) renfermant les transects T1, T2, T3, T4 et T5, des habitats clairsemés (groupe II) constitués des transects T6, T7, T8, T9 et T10. Le troisième habitat, qualifié d'habitat fermé est représenté par le (groupe I). Il renferme les transects T11, T12, T13, T14 et T15.

L'habitat fermé renferme les transects possédant les plus importantes densités d'arbres, une canopée variant de 75 % à 80 % et une faible densité d'herbe.

Les valeurs les plus faibles en termes de densité d'arbres, d'arbustes et de taux de canopée sont observées au sein des transects situés dans les habitats ouverts. Enfin, les transects des habitats clairsemés possèdent en majorité les valeurs intermédiaires des quatre variables susmentionnées.

Le paysage de la zone forestière du PNM est subdivisé en habitats fermés et en habitats clairsemés. Quant à la zone savannicole, elle est caractérisée par des habitats ouverts.

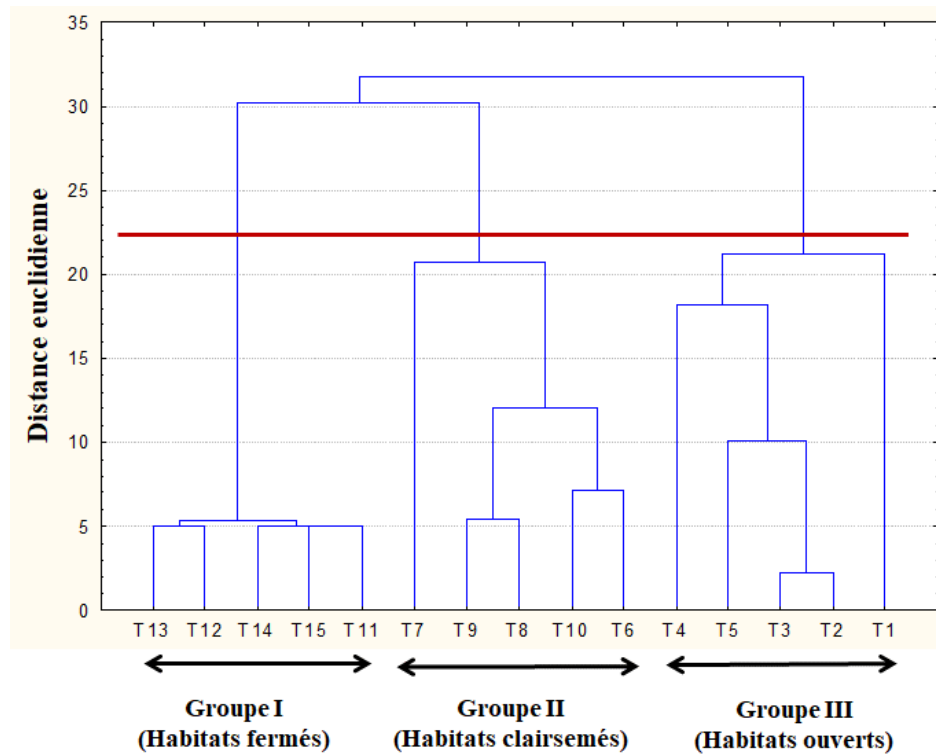


Figure 26 : Classification hiérarchique des transects

III-1-2- Diversité et structure taxonomique des amphibiens du Parc national de la Marahoué

Les différentes techniques d'échantillonnage des amphibiens utilisées lors de cette étude ont permis de recenser 29 espèces d'amphibiens appartenant toutes à l'ordre des Anoures (Tableau III). Ces espèces sont réparties en 10 familles et 13 genres. Cette communauté d'amphibiens correspond à 71,43 % de familles, 29 % des espèces et 42,15 % des genres de l'ensemble des amphibiens de la Côte d'Ivoire.

Tableau III : Liste des amphibiens inventoriés dans le Parc national de la Marahoué.

Famille	Genre	Espèce
Arthroleptidae Mivart, 1869	<i>Arthroleptis</i> Smith, 1849 <i>Leptopelis</i>	<i>Arthroleptis poecilonotus</i> (Peters, 1863) <i>Leptopelis spiritusnoctis</i> (Rödel, 2007) <i>Leptopelis viridis</i> (Günther, 1869)
Bufonidae Gray, 1825	<i>Sclerophrys</i> Tschudi, 1838	<i>Sclerophrys maculata</i> (Hallowell, 1854) <i>Sclerophrys regularis</i> (Reuss, 1833)
Dicroglossidae Anderson, 1871	<i>Hoplobatrachus</i> Peters, 1863	<i>Hoplobatrachus occipitalis</i> (Günther, 1858)
Hemisotidae Cope, 1867	<i>Hemisis</i> Günther, 1859	<i>Hemisis marmoratus</i> (Cope, 1865)
Hyperoliidae Laurent, 1943	<i>Afrixalus</i> Laurent, 1944	<i>Afrixalus dorsalis</i> (Peters, 1875)
		<i>Afrixalus vittiger</i> (Peters, 1876) <i>Afrixalus weidholzi</i> (Mertens, 1938)
	<i>Hyperolius</i> Rapp, 1842	<i>Hyperolius concolor</i> (Hallowell, 1844) <i>Hyperolius fusciventris</i> (Peters, 1876) <i>Hyperolius guttulatus</i> (Günther, 1858) <i>Hyperolius nitidulus</i> (Peters, 1875) <i>Hyperolius picturatus</i> (Peters, 1875)
		<i>Kassina</i> Girard, 1853
		<i>Kassina senegalensis</i> (Duméril & Bibron, 1841)
Microhylidae Günther, 1858	<i>Phrynomantis</i> Peters, 1867	<i>Phrynomantis microps</i> (Peters, 1875)
Phrynobatrachidae Laurent, 1941	<i>Phrynobatrachus</i> Günther, 1862	<i>Phrynobatrachus francisci</i> (Boulenger, 1912) <i>Phrynobatrachus latifrons</i> (Ahl, 1924)
		<i>Phrynobatrachus gutturosus</i> (Chabanaud, 1921) <i>Phrynobatrachus natalensis</i> (Smith, 1849)
Pipidae Gray, 1825	<i>Xenopus</i> Wagler, 1827	<i>Xenopus tropicalis</i> (Gray, 1864)
Ptychadenidae Dubois, 1987	<i>Ptychadena</i> Boulenger, 1917	<i>Ptychadena bibroni</i> (Hallowell, 1845) <i>Ptychadena mascareniensis</i> (Guibé & Lamotte 1953) <i>Ptychadena pumilio</i> (Boulenger, 1920) <i>Ptychadena stenocephala</i> (Boulenger, 1901) <i>Ptychadena oxyrhynchus</i> (Smith, 1849) <i>Ptychadena tellinii</i> (Peracca, 1904)
Ranidae Batsch, 1796	<i>Amnirana</i> Dubois, 1992	<i>Amnirana galamensis</i> (Duméril & Bibron, 1841)

III-1-2-1- Richesse spécifique et habitat de capture des amphibiens

Le nombre d'espèces d'amphibiens inventoriés au PNM varie selon les habitats et les transects d'échantillonnage (Tableau IV). Dans les habitats ouverts, 25 espèces ont été recensées, contre 27 espèces et huit (8) espèces recensées respectivement dans les habitats clairsemés et fermés.

Tableau IV : Liste des espèces d'amphibiens inventoriées en fonction des transects et des habitats

Espèces	Habitats ouverts					Habitats clairsemé					Habitats fermés				
	Transects					Transects					Transects				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Afrixalus dorsalis</i>	X	X	X					X	X			X	X		
<i>Afrixalus vittiger</i>	X	X	X												
<i>Afrixalus weidholzi</i>	X		X	X											
<i>Amnirana galamensis</i>	X	X		X				X		X					
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>		X		X			X			X			X	X	
<i>Hemisus marmoratus</i>				X		X				X					
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	X		X		X										
<i>Hyperolius concolor</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		
<i>Hyperolius fusciventris</i>								X	X	X					
<i>Hyperolius guttulasus</i>	X	X			X	X		X							
<i>Hyperolius nitidilus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X					
<i>Hyperolius picturatus</i>								X			X		X	X	X
<i>Kassina senegalensis</i>	X	X	X	X	X			X	X						
<i>Leptopelis spiritusnoctis</i>						X		X				X		X	
<i>Leptopelis viridis</i>	X	X	X	X	X	X		X							
<i>Phrynobatrachus fransisci</i>	X		X		X		X								
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>				X	X		X	X	X	X			X		X
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>		X	X	X	X		X	X	X	X					
<i>Phrynomantis microps</i>		X		X	X	X									
<i>Ptychadena bibroni</i>		X	X				X	X	X						
<i>Ptychadena mascareniensis</i>		X	X	X				X	X	X					
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	X	X		X		X			X		X	X			
<i>Ptychadena pumilio</i>		X	X	X		X	X								
<i>Ptychadena stenocephala</i>	X				X			X							
<i>Ptychadena telleni</i>		X	X	X		X		X		X					
<i>Sclerophrys maculata</i>			X	X			X		X	X					
<i>Sclerophrys regularis</i>	X	X					X	X							
<i>Xenopus tropicalis</i>													X		X

(x) Espèce présente

III-1-2-2- Composition spécifique des différentes familles d'amphibiens inventoriées

Dix familles d'amphibiens Anoures ont été identifiées au cours de cette étude (Figure 27). La famille la plus diversifiée est celle des Hyperoliidae. Elle renferme la richesse spécifique la plus élevée (neuf espèces). Celle-ci est suivie des Ptychadenidae avec six espèces. Puis vient la famille des Phrynobatrachidae qui comporte quatre espèces. Les familles des Arthroleptidae et celle des Bufonidae sont respectivement représentées par trois et deux espèces. Les familles monospécifiques sont celles des Dicroglossidae, Hemisotidae, Ranidae, pipidae et Microhylidae.

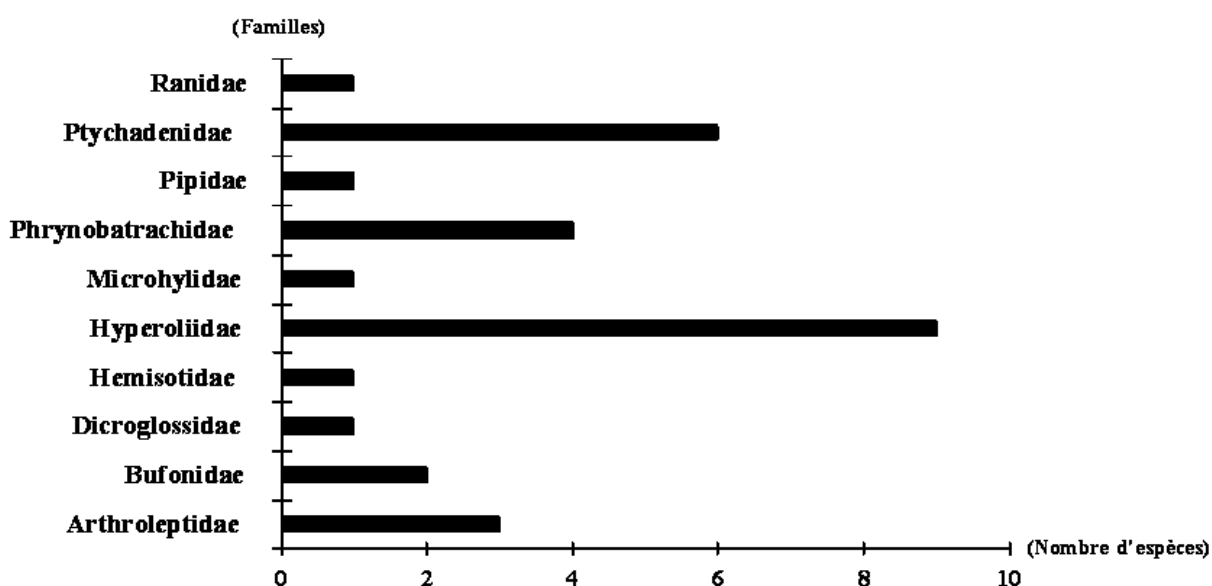


Figure 27 : Composition spécifique de chaque famille

III-1-2-4- Présentation des espèces nouvellement identifiées dans le Parc national de la Marahoué

La présente étude a permis d'identifier pour la première fois quatre espèces d'Anoures non inventoriées lors des études antérieures menées sur les amphibiens de cette aire protégée. Il s'agit d'*Hyperolius fusciventris*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena pumilio* et *Ptychadena stenocephala*. Pour chaque espèce, les caractéristiques métriques et morphologiques des individus adultes notées.

III-1-2-4-1- *Hyperolius fusciventris* (Peters, 1876)

Hyperolius fusciventris (figure 28) est une grenouille arboricole observée sur les herbes et plantes situées dans les zones boueuses et inondées du PNM. Chez cette espèce, les spécimens

mâles se caractérisent par un sac vocal peu développé. Une bande dorso-latérale est observée à chaque flanc de l'animal. Cette bande s'étend latéralement du museau jusqu'à la région postérieure de la grenouille. La pupille de l'œil des individus de cette espèce est orientée en position horizontale. Les extrémités des doigts des pattes sont en forme de disques adhésifs. L'espèce est de couleur plus ou moins jaune. Un total de 36 spécimens dont 25 mâles et 11 femelles ont été dénombrés dans les transects T1, T2, T5, T6, T8 et T10, soient dans les habitats ouverts et clairsemés. Les individus mâles capturés ont une longueur museau-urostyle comprise entre 22 et 28 mm ($24,16 \pm 0,51$ mm) tandis que celle des femelles varie entre 26,5 et 32,7 mm ($26,15 \pm 0,47$ mm). Cette espèce a été identifiée durant les campagnes nocturnes.



Figure 28 : *Hyperolius fusciventris* observée au Parc national de la Marahoué

III-1-2-4-2- *Ptychadena mascareniensis* (Guibé & Lamotte, 1953)

Les spécimens de *Ptychadena mascareniensis* (figure 29) ont été observés à la fois durant les campagnes nocturnes et diurnes. Cette espèce est caractérisée par un museau pointu, de longues pattes et des bandes noires dorsaux latérales discontinues allant de région postérieure jusqu'à la tête. Une ligne médiane de couleur saillante, allant du museau à l'extrémité postérieure caractérise les spécimens de cette espèce. Les palmures natatoires entre les doigts des pattes postérieures des spécimens de cette espèce sont peu développées. Les techniques d'échantillonnages appliquées pendant les différentes campagnes ont permis de détecter 42 spécimens de cette espèce. Les spécimens mâles au nombre de 30 ont une longueur museau-anus allant de 35,5 à 43 mm ($38,33 \pm 0,42$ mm) tandis que celle des spécimens femelles variait de 38,3 à 46 mm ($42,35 \pm 0,40$ mm). Au PNM, seuls les habitats ouverts et clairsemés abritent cette espèce, plus précisément les transects T2, T3, T4, T8, T10 et T9. Les bas-fonds et les zones herbacées situées non loin des cours d'eau sont les milieux de prédilection de

cette espèce. Durant la saison pluvieuse, des spécimens de cette espèce ont été observés dans certains points d'eau temporaires situés en bordure des pistes.



Figure 29 : *Ptychadena mascareniensis* observée au Parc national de la Marahoué

III-1-2-4-3- *Ptychadena pumilio* (Boulenger, 1920)

Ptychadena pumilio (figure 30) est une grenouille caractérisée par des palmures natatoires peu développées situées entre les doigts des membres postérieurs. Les spécimens de cette espèce ont été observés dans les habitats ouverts et clairsemés du parc, plus précisément dans les zones herbacées situées en bordure des plans d'eau et des zones boueuses. Une ligne médiane de coloration jaune clair est observée sur la face dorsale des spécimens de cette espèce. En plus de cette ligne dorsale, les spécimens de *Ptychadena pumilio* inventoriés au PNM sont caractérisés par une bande continue dorsolatérale observée sur les flancs. A l'issue de cette étude, 22 spécimens (16 mâles et six femelles) de cette espèce ont été échantillonnés. La longueur museau-urostyle des individus mâles est comprise entre 25,4 et 33,3 mm ($27,15 \pm 0,31$ mm) et celle des individus femelles oscillait entre 28,3 et 38 mm ($32,63 \pm 0,36$ mm).



Figure 30 : *Ptychadena pumilio* observée au Parc national de la Marahoué

III-1-2-4-4- *Ptychadena stenocephala* (Boulenger, 1901)

Les spécimens de *Ptychadena stenocephala* (Figure 31) ont été identifiés durant les campagnes nocturnes. Ils sont caractérisés par des bandes noires dorsaux latérales discontinues allant de la région postérieure jusqu'à la tête. Chez cette espèce de *Ptychadena*, la ligne médiane dorsale est de couleur peu saillante. C'est une espèce inféodée aux milieux dominés par des formations herbacées situés en bordure des mares et des étangs. Au PNM, *Ptychadena stenocephala* a été observée dans les habitats ouverts (T1 et T5) et clairsemés (T8). Au total, trois mâles et deux femelles ont été capturés durant toute la période d'échantillonnage. Les mâles ont une longueur museau-anus comprise entre 34,8 et 38 mm ($34,40 \pm 0,48$ mm), tandis que la taille des femelles varie de 31,5 à 46 mm ($38,18 \pm 0,41$ mm).



Figure 31 : *Ptychadena stenocephala* observée au Parc national de la Marahoué.

III-1-2-5- Caractérisation des espèces communes aux trois habitats

La figure 32 présente les variations de la longueur museau – anus mesurées chez les spécimens femelles et mâles des cinq (5) espèces communes aux trois habitats. Il s'agit d'*Afraxalus dorsalis*, *Arthroleptis poecilonotus*, *Hyperolius concolor*, *Phrynobatrachus gutturosus* et *Ptychadena oxyrhynchus*. Les résultats du Test de Mann-Whitney montrent qu'au sein des trois habitats, la tailles des spécimens mâles et femelles des espèces *Arthroleptis poecilonotus* (test Mann-Whitney; $p = 0,0031$ pour les mâles et $0,003$ pour les femelles), *Hyperolius concolor* (test Mann-Whitney; $p = 0,0255$ pour les mâles et $0,0467$ pour les femelles) et *Hyperolius nitidulus* (test Mann-Whitney; $p = 0,0031$ pour les mâles et $0,0004$ pour les femelles) varie significativement d'un habitat à un autre. *Ptychadena oxyrhynchus* est la seule espèce dont la taille des individus mâles et femelles ne présente pas une variation significative au sein des trois habitats (test Mann-Whitney; $p = 0,1217$ pour les mâles ; test Mann-Whitney; $p = 0,2874$ pour les femelles). Dans l'ensemble, les plus grandes moyennes de la taille des spécimens mâles et femelles sont enregistrées dans les habitats fermés.

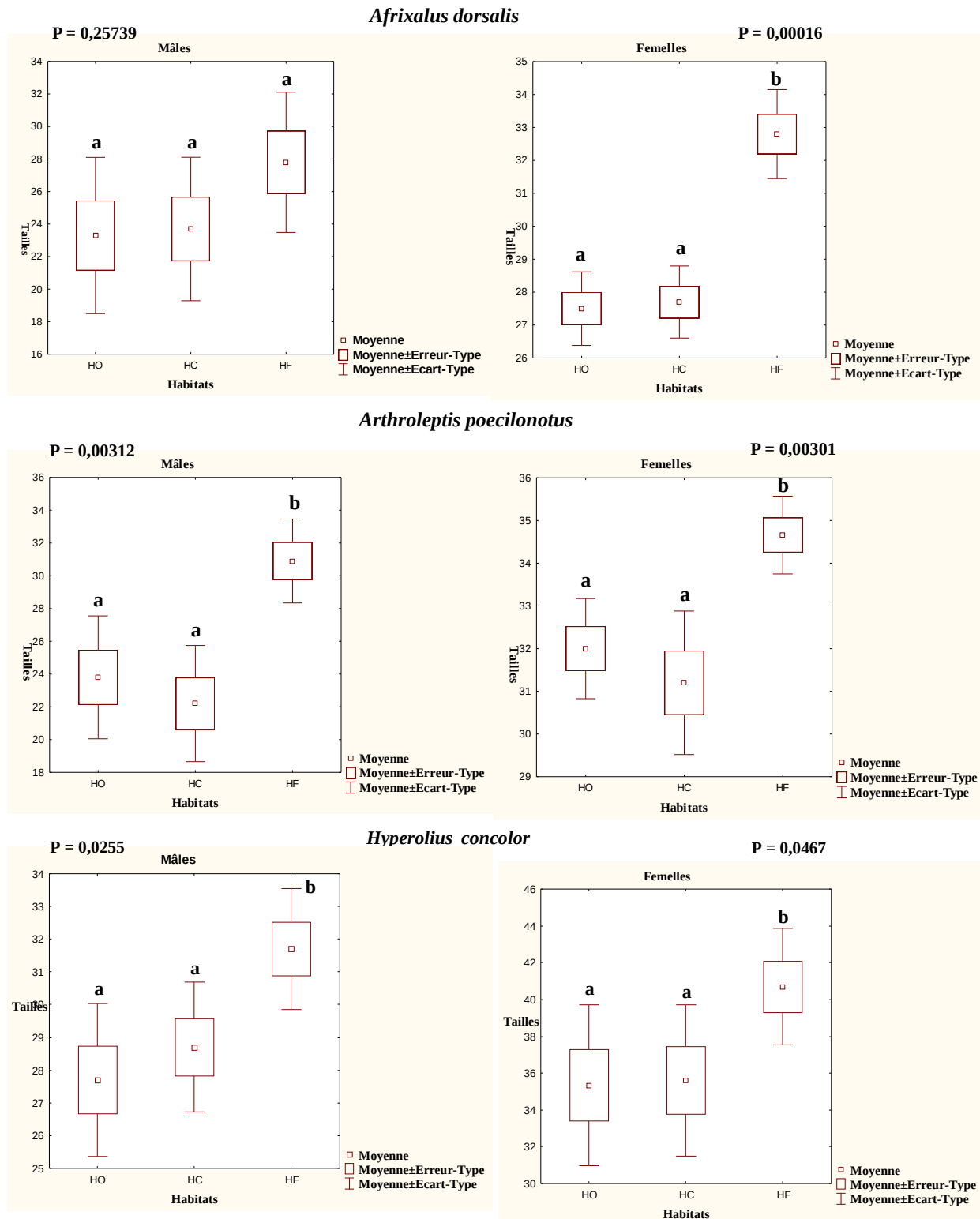


Figure 32 : Variation de la longueur museau - anus des espèces communes aux trois habitats

HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé ; p : probabilité du test de Mann - whitney. Les valeurs moyennes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (test Mann-Whitney; $p < 0,05$).

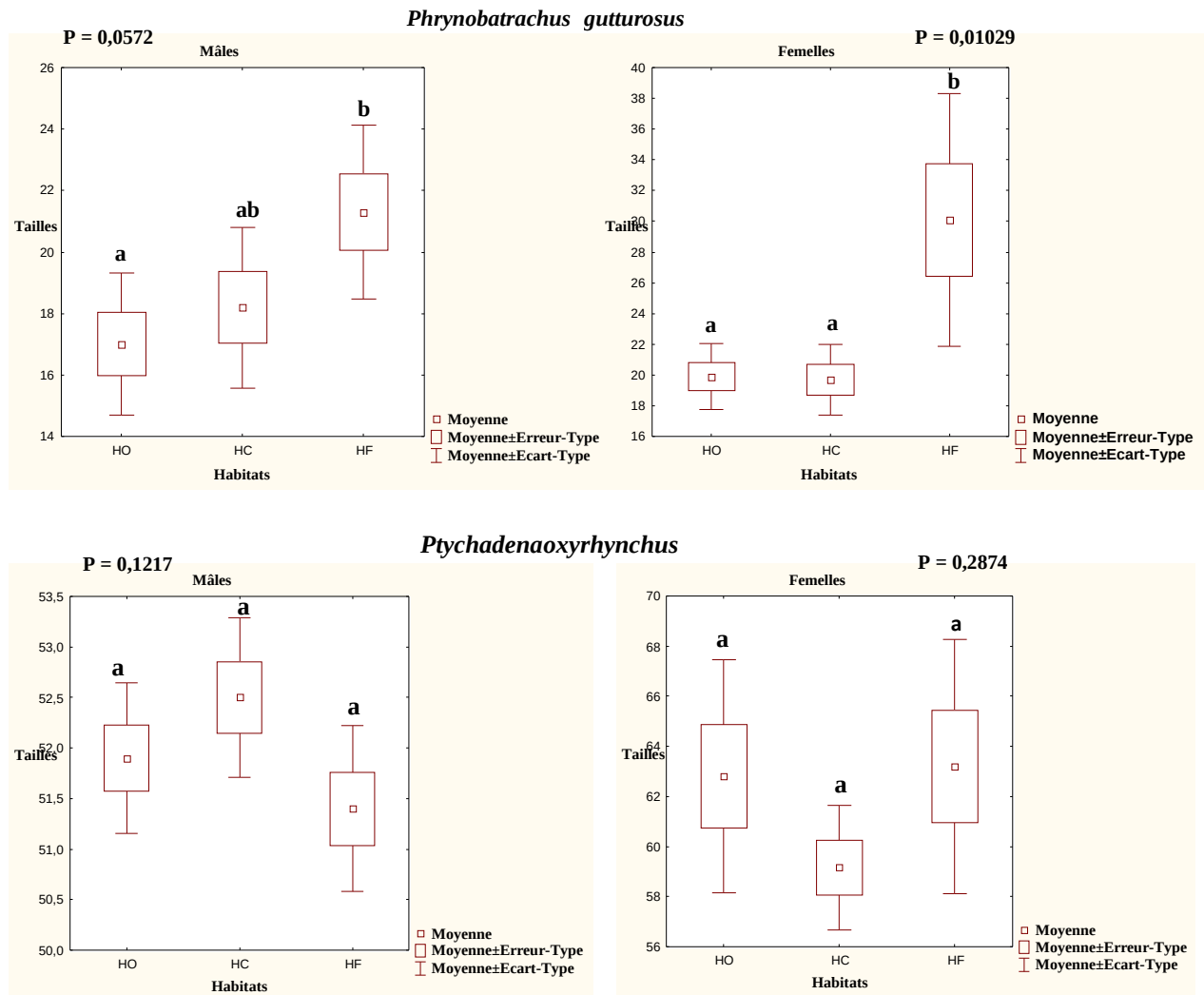


Figure 32 (suite et fin) : Variation spatiale de la longueur museau – anus des espèces communes aux trois habitats.

HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé ; p : probabilité du test de Mann - whitney. Les valeurs moyennes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (test Mann-Whitney; $p < 0,05$).

III-1-2-6- Distribution biogéographique et statut de conservation des espèces d'amphibiens inventoriées dans la Parc national de la Marahoué

Toutes les espèces d'amphibiens inventoriées dans le PNM ont déjà fait l'objet de classification par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) (Tableau V). Sur le plan mondial et régional, notamment en Afrique, ces 29 espèces d'amphibiens Anoures ont un statut de préoccupation mineure (Least concern = LC en anglais). Concernant la distribution générale, cinq (5) espèces (17,24%) ont pour aire de répartition circonscrite à l'Afrique de l'Ouest. Vingt-deux espèces, soit 75,86%, ont une aire de répartition située au delà des limites de l'Afrique de l'Ouest, depuis le Sénégal jusqu'à la partie Est du Nigéria.

Seulement deux espèces (6,90%) sont réparties au niveau du bloc forestier de la Haute - Guinée.

Sur la base des habitats préférentiels, *Afrixalus vittiger*, *Afrixalus weidholzi*, *Hyperolius nitidulus*, *Kassina senegalensis*, *Leptopelis viridis*, *Phrynobatrachus francisci*, *Phrynobatrachus natlensis*, *Phrynomantis microps* et *Ptychadena telleni* représentent 31,03 % des espèces rencontrées exclusivement en zone savannicole. Quatorze (14) espèces (48,28 %) sont typiques aux forêts dégradées et tolérantes aux défriches liées aux activités agricoles. Cinq (5) espèces notamment *Arthroleptis poecilonotus*, *Hyperolius fusciventris*, *Hyperolius picturatus*, *Leptopelis spiritusnoctis* et *Xenopus tropicalis* forment 17,24 % des espèces habitant les forêts denses, mais elles peuvent fréquenter les forêts dégradées. Une seule espèce (*Phrynobatrachus gutturosus* : 3,44 %) est fréquente dans tous les habitats.

Tableau V : Habitats préférentiels, statuts de conservation UICN et distribution des espèces d'amphiens inventoriées au PNM

Espèces	Habitats préférentiels			Statuts de conservation UICN	Distribution géographique		
	S	D	F		OWA	WA	UG
<i>Afrixalus dorsalis</i>	X	X		LC	X		
<i>Afrixalus vittiger</i>	X			LC	X		
<i>Afrixalus weidholzi</i>	X			LC	X		
<i>Amnirana galamensis</i>	X			LC	X		
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>		X	X	LC	X		
<i>Hemisus marmoratus</i>	X	X		LC	X		
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	X	X		LC	X		
<i>Hyperolius concolor</i>	X	X		LC	X		
<i>Hyperolius fusciventris</i>		X	X	LC		X	
<i>Hyperolius guttulus</i>	X	X		LC	X		
<i>Hyperolius nitidulus</i>	X			LC		X	
<i>Hyperolius picturatus</i>		X	X	LC			X
<i>Kassina senegalensis</i>	X			LC	X		
<i>Leptopelis spiritusnoctis</i>		X	X	LC		X	
<i>Leptopelis viridis</i>	X			LC	X		
<i>Phrynobatrachus fransisci</i>	X			LC		X	
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	X	X	X	LC		X	X
<i>Phrynobatrachus latifons</i>	X	X		LC	X		
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	X			LC	X		
<i>Phrynomantis microps</i>	X			LC	X		
<i>Ptychadena bibroni</i>	X	X		LC	X		
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	X	X		LC	X		
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	X	X		LC	X		
<i>Ptychadena pumilio</i>	X	X		LC	X		
<i>Ptychadena stenocephala</i>	X	X		LC	X		
<i>Ptychadena telleni</i>	X			LC	X		
<i>Sclerophrys maculata</i>	X	X		LC	X		
<i>Sclerophrys regularis</i>	X	X		LC	X		
<i>Xenopus tropicalis</i>		X	X	LC	X		

LC = Least concern (préoccupation mineure); X = présence; WA = West Africa (Afrique de l'Ouest); OWA = Outside West Africa (au delà des limites de l'Afrique de l'Ouest); UG = Upper Guinée (Haute Guinée) ; S = savane; D = défriche (zone agricole et forêt dégradée); F = Forêt dense.

III-1-3- Organisation des peuplements

III-1-3-1- Variation spatiale et saisonnière de la richesse spécifique

III-1-3-1-1- Variation spatiale de la richesse spécifique

La figure 33 présente les variations spatiales de la richesse spécifique des communautés d'amphibiens présentes au sein des trois habitats d'échantillonnage. Cette richesse spécifique varie de 13 à 19 espèces entre les transects des habitats ouverts. Dans les habitats clairsemés, la richesse spécifique varie de 10 à 17 espèces. Les habitats fermés sont caractérisés par la plus faible variation, allant de trois (3) à cinq (5) espèces. Les valeurs moyennes de la richesse spécifique varient significativement entre les habitats en fonction des saisons (test de Mann-Whitney, $p = 0,0215$).

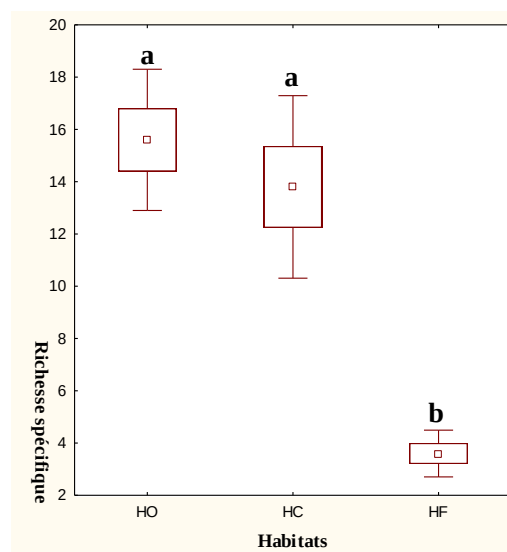


Figure 33 : Variation spatiale de la richesse spécifique

HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé; p : probabilité du test U de Kruskal-Wallis. Les valeurs moyennes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (test de Kruskal-Wallis; $p < 0,05$).

III-1-3-1-2- Variation saisonnière de la richesse spécifique

La variation saisonnière de la richesse spécifique de la batrafaune est présentée par la figure 34. Cette richesse spécifique varie d'une saison à l'autre. Le nombre d'amphibien est plus important pendant la saison pluvieuse. Durant les deux saisons climatiques, les plus faibles nombres d'espèces sont enregistrés dans l'habitat fermé. Les valeurs moyennes de la richesse spécifique diffèrent significativement entre les différents habitats en fonction des saisons climatiques (test de Mann - whitney, $p < 0,05$).

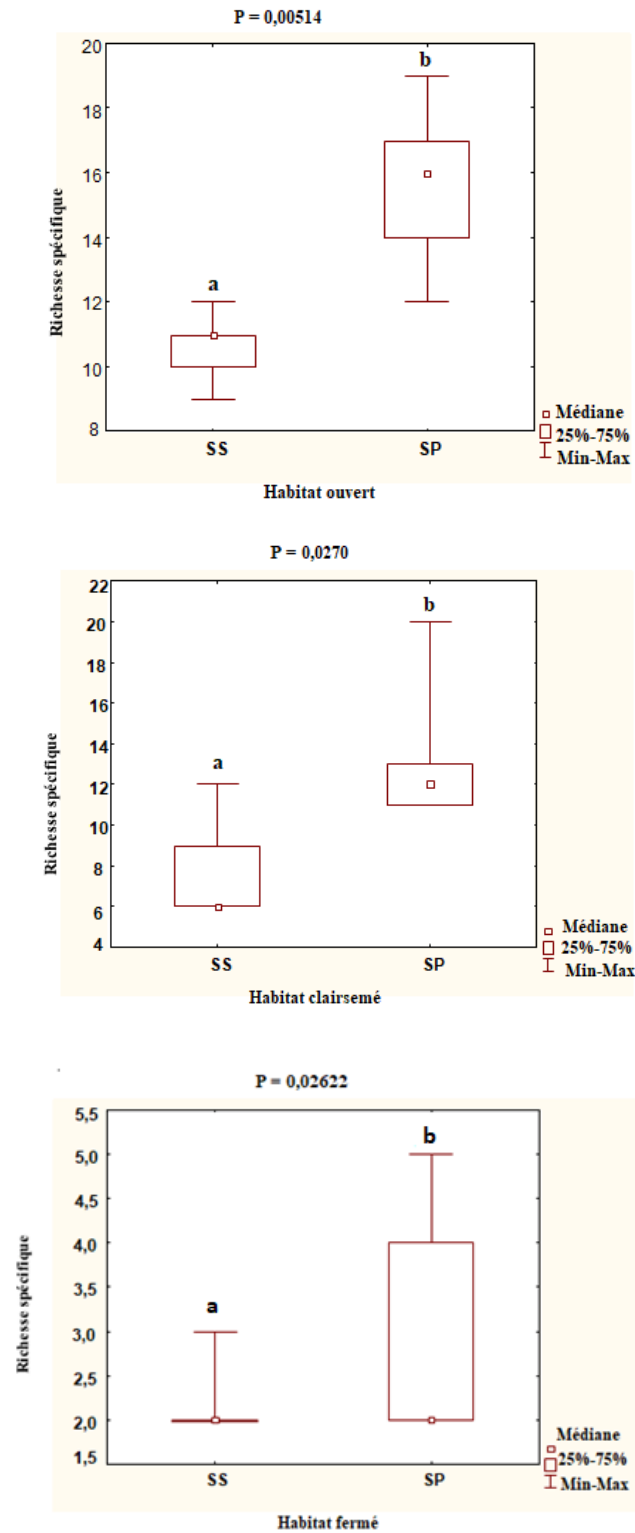


Figure 34 : Variation saisonnière de la richesse spécifique

HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé ;SS= saison sèche; SP = saison pluvieuse
p : probabilité du test de Mann - whitney. Les valeurs médianes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (Test de Mann - whitney; $p < 0,05$).

III-1-3-2- Variation spatiale et saisonnière des abondances relatives de la communauté d'amphibiens inventoriées

A l'issue des différentes campagnes d'échantillonnage 2173 spécimens d'amphibiens regroupés en 10 familles et 29 espèces ont été recensés (Figure 35 A). Les habitats ouverts regorgent le plus grand nombre d'individus recensés (1015), soit un taux de 46, 71 %. Ensuite, viennent les habitats clairsemés avec 975 individus (44,87 %). Le plus faible effectif (183 individus; 8,42 % de l'effectif total) est observé dans les habitats fermés.

Durant les deux saisons climatiques, les plus importantes abondances relatives au sein de chaque habitat sont enregistrées pendant la saison pluvieuse (Figure 35 B).

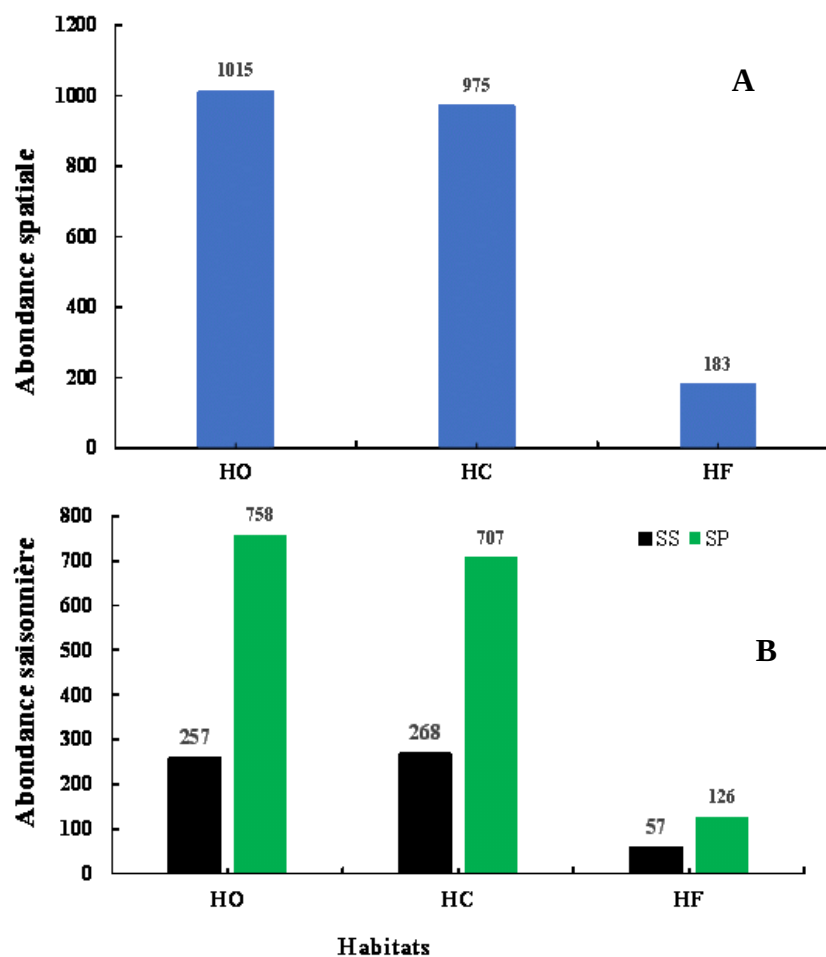


Figure 35 : Variation spatiale (A) et saisonnière (B) de l'abondance des différentes familles

HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé
SS= saison sèche; SP = saison pluvieuse

La figure 36 A présente la proportion de chaque famille au sein de cette communauté d'amphibiens. La famille la plus abondante est celle des Phrynobatrachidae (40, 24% de l'abondance relative). Elle est secondée par la famille des Hyperoliidae (25, 12%). Ensuite viennent les familles Arthroleptidae (10, 51%), Ptychadenidae (9, 15%) et Bufonidae (5, 18 %). Les autres familles (Ranidae, Pipidae, Microhylidae, Hemisotidae et Dicroglossidae) sont chacune caractérisée par une proportion inférieure à 5 %.

Au niveau spécifique, *Phrynobatrachus latifrons* (25, 35 %) est l'espèce la plus abondante au sein de la communauté des amphibiens du PNM (Figure 36 B). Elle est suivie par *Phrynobatrachus natalensis* (7,6 %), *Leptopelis viridis* (5, 83 %); *Hyperolius concolor* (5, 55%) ; *Phrynobatrachus gutturosus* (5, 5%) et *Hyperolius picturatus* (5, 28 %). Le pourcentage cumulé des espèces restantes n'atteint pas chacune les 5 %.

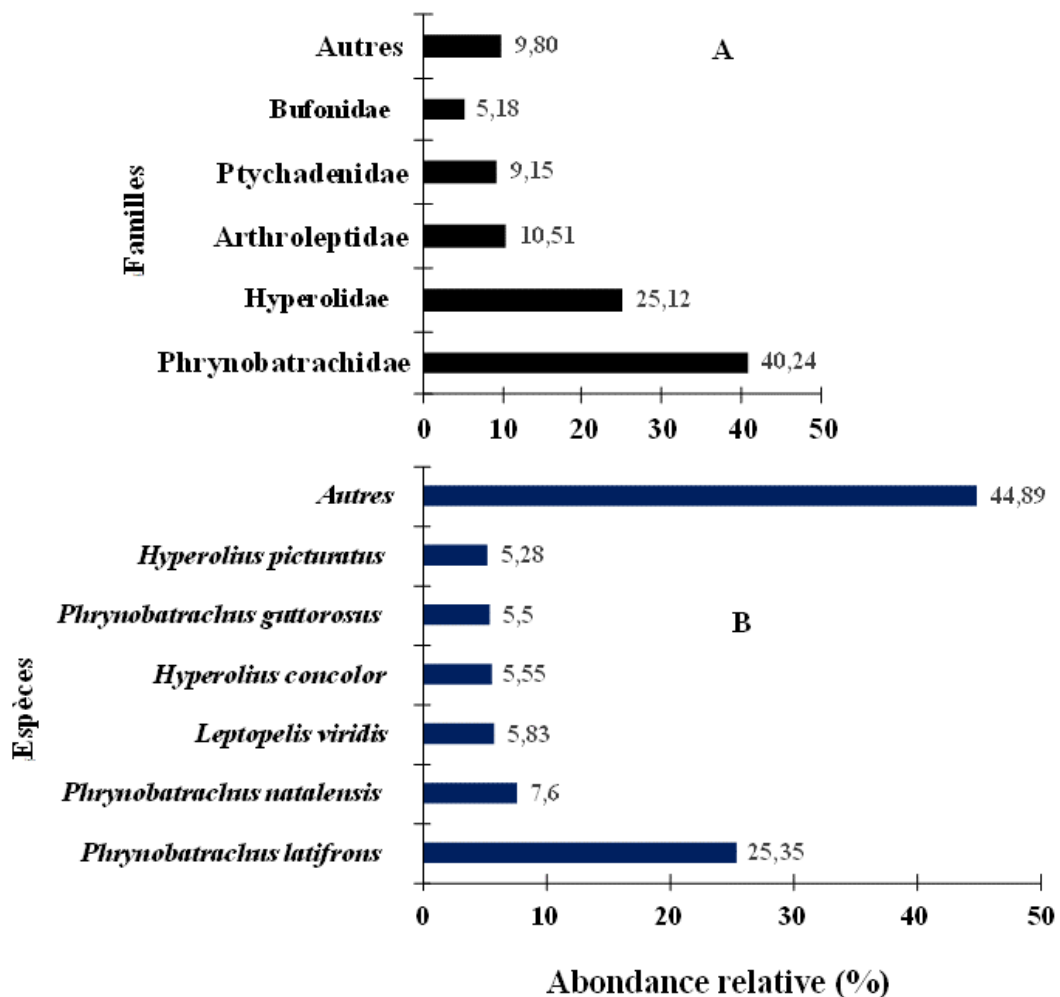


Figure 36 : Proportion de chaque famille (A) et de chaque espèce (B) au sein du peuplement d'amphibiens inventoriés

HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé
SS= saison sèche; SP = saison pluvieuse

III-1-3-3- Variation saisonnière de l'abondance relative des différentes familles inventoriées dans chaque habiat

III-1-3-3-1- Variation saisonnière de l'abondance relative des familles présentes au sein des habitats clairsemés

L'abondance relative saisonnière des différentes familles recensées dans les habitats clairsemés est présentée par la figure 37. Dix (10) familles y ont été recensées durant les deux saisons climatiques. Phrynobatrachidae est la famille la plus abondante avec une prortion de 54,87 % et 34,24 % respectivement enregistrées en saison sèche et en saison pluvieuse. Pendant la saison sèche, les familles Ptychadenidae (12,07 %), Ranidae (9,33 %), Bufonidae (7,46 %), Dicroglossidae (6,97 %) et Arthroleptidae (6,06 %) sont respectivement les familles les plus abondantes après celle des phrynobatrachidae. Les familles Pipidae (0,37 %) et Hyperoliidae (2,87 %) sont caractérisées par les plus faibles proportions. Parc contre, en saison pluvieuse la famille des Hyperoliidae est caractérisée par la proportion la plus importante (25,47 %) après celle des Phrynobatrachidae.

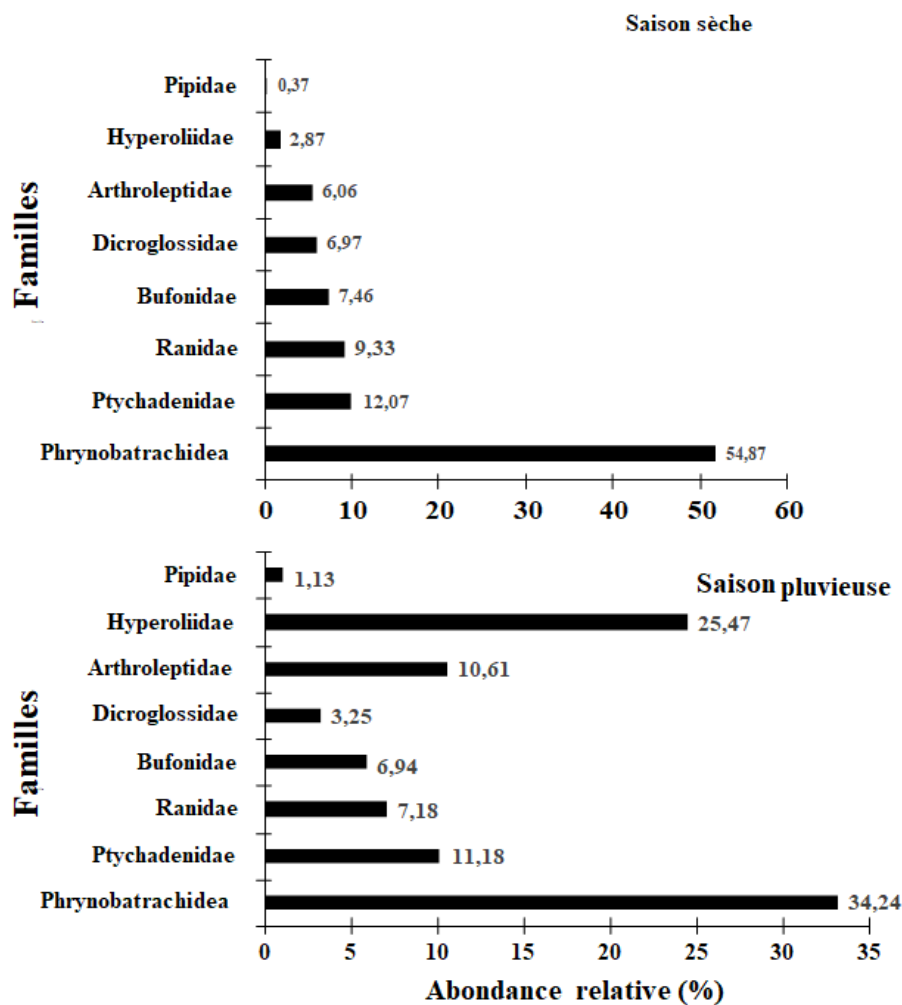


Figure 37 : Variation saisonnière de l'abondance des familles au sein de l'habitat clairsemé

III-1-3-3-2- Variation saisonnière de l'abondance relative des familles présentes au sein des habitats fermés

Dans cet habitat, cinq (5) familles d'amphibiens Anoures ont été recensées en saisons sèche et trois familles en saison pluvieuse (Figure 38). La famille des Arthroleptidae (33,33 %) est la plus abondante en saison sèche. Elle est suivie des familles Phrynobatrachidae, Hyperoliidae, Pipidae et Ptychadenidae, caractérisées chacune par une proportion de 16,67 % de l'abondance relative des familles.

Durant la saison pluvieuse, la famille des Hyperoliidae (50 %) est la famille les plus abondance. Puis vient celle des Arthroleptidae avec une abondance relative de 33,33 % et Phrynobatrachidae (16,67 %).

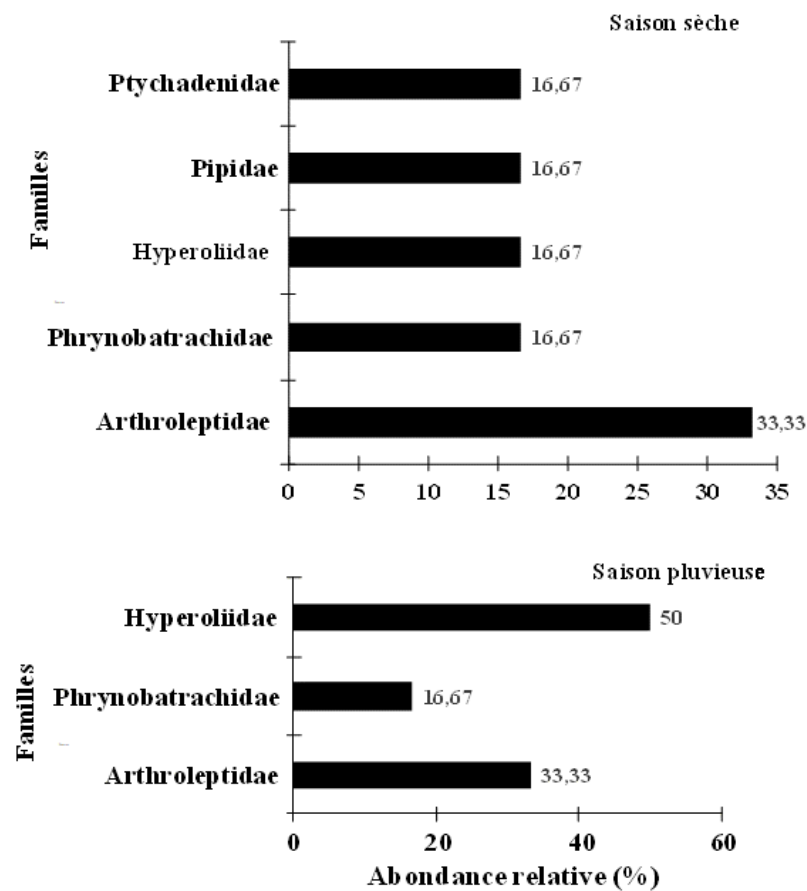


Figure 38 : Variation saisonnière de l'abondance relative des familles au sein de l'habitat fermé

III-1-3-3-3- Variation saisonnière de l'abondance relative des familles présentes au sein des habitats ouverts

La figure 39 présente l'abondance saisonnière des différentes familles d'amphibiens identifiées dans les habitats ouverts. Au nombre des familles recensées pendant la saison sèche, la famille des Ptychadenidae (38,56 %) est la plus abondante. Elle est suivie des familles Hyperoliidae et Phrynobatrachidae constituant chacune 20,94 % de la proportion des familles recensées durant la saison sèche. Les familles

des Bufonidae, Ranidae et Dicroglossidae constituent chacune 6,52 % de l'abondance relative. Pendant la saison pluvieuse, neuf (9) familles ont été dénombrées dans cet habitat. Les familles Ptychadenidae et Hyperoliidae se présentent comme les plus abondantes avec respectivement 21,3 % et 21,13 % de l'abondance relative. Elles sont secondées par les Phrynobatrachidae (14,53 %), Bufonidae (11,57 %) et les Arthroleptidae (10,3 %). Les familles Ranidae, Dicroglossidae, Bufonidae et Microhylidae présentent chacune une proportion de 5,30 %.

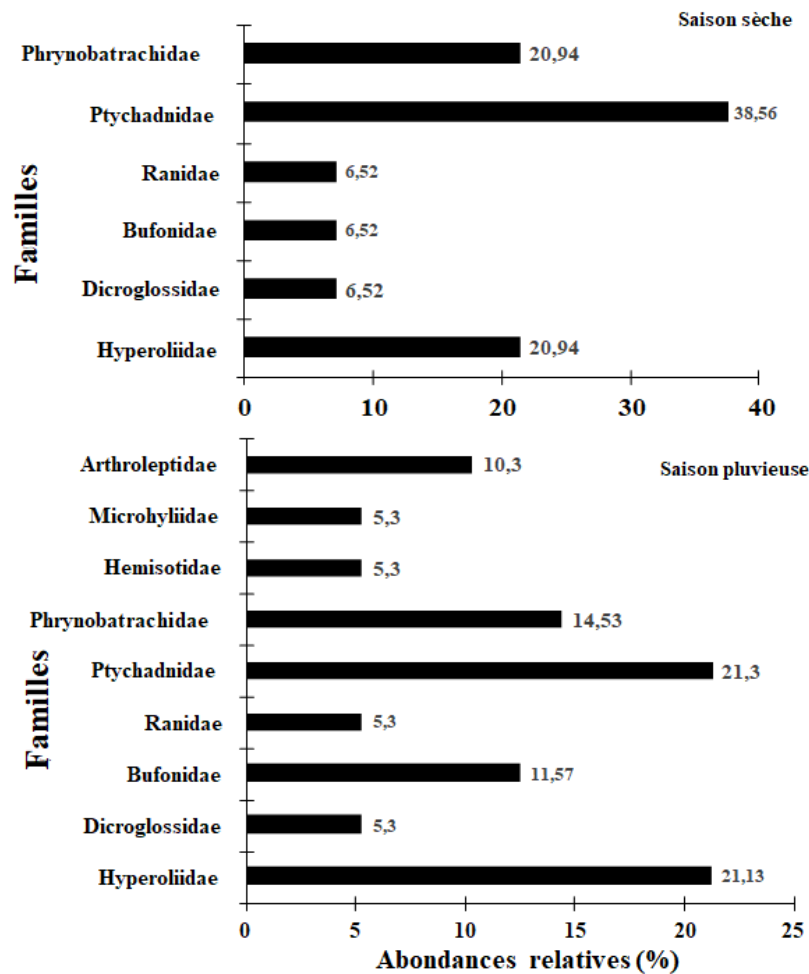


Figure 39 : Variation saisonnière de l'abondance relative des familles au sein de l'habitat ouvert

III-1-3-4-Variation saisonnière de l'abondance relative des différentes espèces inventoriées

III-1-3-4-1- Variation saisonnière de l'abondance des espèces inventoriées au sein de l'habitat fermé

Le Tableau VI présente les variations saisonnières des abondances relatives des espèces d'amphibiens inventoriées dans l'habitat fermé. Au cours de la saison sèche, les proportions des espèces y présentes varient de 5,5 % à 34,85 %. *Artrroleptis poecilonotus* est la plus abondante des espèces (34,85 %) et *Xenopus tropicalis* la moins abondante (5,5 %). Les espèces *Hyperolius picturatus* (17,54 %),

Phrynobatrachus gutturosus (26,31 %), *Ptychadena oxyrhynchus* (8,77%) et *Leptopelis spiritusnotis* (7,01 %) sont caractérisées par les proportions intermédiaires. Par ailleurs en saison pluvieuse, l'abondance relative des différentes espèces varie de 11,84 % à 20,87 %, avec *Phrynobatrachus gutturosus* l'espèce la plus abondante (20,87 %) et *Leptopelis spiritusnotis* (11,84 %), caractérisée par la plus faible proportion. Les espèces *Afrixalus dorsalis* et *Hyperolius concolor* absentes pendant la saison sèche, représentent respectivement 19,7 % et 15,87 % des abondantes des espèces inventoriées en saison pluvieuse.

Tableau VI : Variation saisonnière de l'abondance des espèces au sein des habitats fermés

Espèces	Abondance relative (%)	
	Saison Sèche	Saison Pluvieuse
<i>Afrixalus dorsalis</i>	0	19,07
<i>Artroleptis poecilonotus</i>	34,85	12,52
<i>Hyperolius concolor</i>	0	15,87
<i>Hyperolius picturatus</i>	17,54	19,84
<i>Leptopelis spiritusnotis</i>	7,01	11,84
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	26,31	20,87
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	8,77	0
<i>Xenopus tropicalis</i>	5,5	0

III-1-3-4-2- Variation saisonnière de l'abondance des espèces inventoriées au sein de l'habitat ouvert

Dans cet habitat, 15 espèces ont été inventoriées en saison sèche (Tableau VII). Parmi ces espèces, *Phrynobatrachus latifrons* (40,2 %) est l'espèce la plus dominante. Elle est suivie de *Phrynobatrachus natalensis* (11,31 %), *Leptopelis viridis* (8,5 %) et *Amnirana galamensis* (5,26 %). Les autres espèces ont chacune une proportion inférieure à 5 %. Pendant la saison pluvieuse, *Phrynobatrachus latifrons* reste l'espèce la plus dominante avec 32,32 %. Elle est secondée par *Leptopelis viridis* (6,86 %), *Phrynobatrachus gutturosus* (5,15 %) et *Hyperolius concolor* (5,01 %).

Tableau VII : Variation saisonnière de l'abondance des espèces au sein des habitats ouverts

Espèces	Abondance saisonnière (%)	
	Saison Sèche	Saison Pluvieuse
<i>Afrixalus dorsalis</i>	0	2,11
<i>Afrixalus vittenger</i>	0	1,58
<i>Afrixalus weidholzi</i>	0,8	0,92
<i>Amnirana galamensis</i>	5,26	4,49
<i>Artraleptis poecilonotus</i>	0	2,37
<i>Hemisis marmoratus</i>	0	0,66
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	4,86	3,43
<i>Hyperolius concolor</i>	0	5,01
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	0	1,98
<i>Hyperolius nitidulus</i>	4,45	4,09
<i>Kassina senegalensis</i>	3,24	4,88
<i>Leptopelis viridis</i>	8,50	6,86
<i>Phrynobatrachus francisci</i>	4,86	3,69
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	0	5,15
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	40,2	32,32
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	11,31	4,88
<i>Phrynomantis microp</i>	0	2,37
<i>Ptychadena bibroni</i>	4,05	1,85
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	1,62	1,06
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	3,24	2,24
<i>Ptychadena pumilio</i>	0	1,58
<i>Ptychadena stenocephala</i>	1,5	0,26
<i>Ptychadena telleni</i>	2,02	0,66
<i>Sclerophrys maculata</i>	0	2,37
<i>Sclerophrys regularis</i>	4,04	3,17

III-1-3-4-3- Variation saisonnière de l'abondance des espèces inventoriées au sein de l'habitat clairsemé

Durant les deux saisons climatiques, *Phrynobatrachus latifrons* est l'espèce la plus abondante avec 36,94 % en saison sèche et 15,98 % en saison pluvieuse (Tableau VIII). Les espèces *Hyperolius concolor*, *Hyperolius nitidulus* et *Phrynobatrachus natalensis* absentes en saison sèche, représentent respectivement 9,05 %, 6,64 % et 13,01 % de l'abondance relative des espèces inventoriées durant la saison pluvieuse. La proportion des espèces *Amnirana galamensis* et *Leptopelis viridis* obtenue en saison sèche diminue en

saison pluvieuse. *Hoplobatrachus occipitalis* (6,26 %), *Phrynobatrachus gutturosus* (6,34 %) et *Sclerophrys regularis* (6,60 %) font partie des espèces les plus abondantes de la saison sèche.

Tableau VIII : Variation saisonnière de l'abondance des espèces au sein de habitats clairsemés

	Abondance relative (%)	
	Saison sèche	Saison pluvieuse
<i>Africalus dorsalis</i>	0,19	2,82
<i>Amnirana galamensis</i>	9,33	7,7
<i>Artroleptis poecilonotus</i>	1,2	4,24
<i>Hemius marmoratus</i>	0,37	0,85
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	6,26	3,25
<i>Hyperolius concolor</i>	0	9,05
<i>Hyperolius fusciventris</i>	0	2,4
<i>Hyperolius guttulatus</i>	0	1,98
<i>Hyperolius nitidulus</i>	0	6,64
<i>Hyperolius picturatus</i>	0	1,3
<i>Kassina senegalensis</i>	3,73	3,25
<i>Leptopelis spiritusnoctis</i>	0,37	0,7
<i>Leptopelis viridis</i>	6,63	5,66
<i>Phrynobatrachus francisci</i>	4,85	0
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	6,34	4,24
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	36,94	15,98
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	0	13,01
<i>Phrynomantis microp</i>	1,87	1,33
<i>Ptychadena bibroni</i>	4,10	3,25
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	4,48	2,54
<i>Ptychadena stenocephala</i>	0	0,42
<i>Sclerophrys maculata</i>	1,86	1,70
<i>Sclerophrys regularis</i>	6,60	4,24
<i>Xenopus tropicalis</i>	0	0,42

III-1-3-5- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées

Sur la base de l'échelle de leurs fréquences d'occurrence, les différentes espèces inventoriées ont été classées en trois groupes distincts. Les fréquences d'occurrences et les échelles de constance de chaque espèce ont été présentées en fonction des habitats et des saisons climatiques.

III-1-3-5-1- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats ouverts

Les habitats ouverts refferment 15 espèces en saison sèche contre 25 espèces en saison pluvieuse (Tableau IX). En saison sèche, le nombre d'espèces accidentelles et accessoires élevé diminuent considérablement pendant la saison pluvieuse, contrairement à celui des espèces constantes qui augmente pendant la saison des pluies. En saison sèche, quatre (4) espèces (26,67 %) (*Amnirana galamensis*, *Hoplobatrachus occipitalis*, *Phrynobatrachus latifrons* et *Phrynobatrachus natalensis*) sont constantes, trois espèces (20 %) (*Afrixalus weidholzi*, *Ptychadena stenocephala*, *Sclerophrys regularis*) sont accidentelles. Les huit autres espèces (53,33 %) sont accessoires. Pendant la saison pluvieuse, sur un total de 25 espèces rencontrées dans cet habitat, une seule (1) espèce (*Phrynobatrachus gutturosus*) est accidentelle, soit (4 %) ; trois espèces (12 %), à savoir *Afrixalus weidholzi*, *Phrynomantis microps*, *Ptychadena tellini* sont accessoires et les 21 autres espèces sont constantes (soient 84 %).

III-1-3-5-2- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats clairsemés

Au sein des habitats clairsemés, on dénombre 17 espèces en saison sèche contre 26 espèces en saison pluvieuse (Tableau X). Sur les 17 espèces présentes en saison sèche, six espèces (35,27 %) sont accidentelles à savoir *Hemissus marmoratus*, *Leptopelis spiritunotus*, *Ptychadena oxyrhynchus*, *Afrixalus dorsalis*, *Phrynomantis microps*, *Sclerophrys maculata* et trois espèces (*Arthroleptis poecilonotus*, *Hoplobatrachus occipitalis* et *Phrynobatrachus latifrons*, soient 17,65 %) sont constantes. Les 12 autres espèces sont accessoires (soient 47,06 %).

En saison pluvieuse, seule *Ptychadena stenocephala* est accidentelle (3,70 %). Dix espèces (37,04 %) sont accessoires, il s'agit de *Hyperolius fusciventis*, *Hyperolius guttulatus*, *Hyperolius picturatus*, *Leptopelis spiritunotus*, *Phrynobatrachus gutturosus*, *Phrynomantis microps*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena pumilio*, *Ptychadena tellini* et *Xenopus tropicalis*. Les 16 autres espèces restantes sont constantes et représentent 59,26 % du peuplement de cet habitat en cette saison.

Tableau IX : Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats ouverts

Espèces	Saison sèche		Saison pluvieuse	
	Freq d'occ en %	Ech de const	Freq d'occ en %	Ech de const
<i>Afrixalus dorsalis</i>	0	-	75	C
<i>Afrixalus vittiger</i>	0	-	75	C
<i>Afrixalus weidholzi</i>	12,5	ac	25	Acc
<i>Amnirana galamensis</i>	50	C	75	C
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	0	-	62,5	C
<i>Hemisus marmoratus</i>	0	-	50	C
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	50	C	75	C
<i>Hyperolius concolor</i>	0	-	87,5	C
<i>Hyperolius guttulatus</i>	0	-	62,5	C
<i>Hyperolius nitidulus</i>	25	Acc	62,5	C
<i>Kassina senegalensis</i>	37,5	Acc	62,5	C
<i>Leptopelis viridis</i>	25	Acc	62,5	C
<i>Phrynobatrachus francisci</i>	37,5	Acc	75	C
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	0	-	12,5	ac
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	87,5	C	100	C
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	62,5	C	87,5	C
<i>Phrynomantis microps</i>	0	-	25	Acc
<i>Ptychadena bibroni</i>	37,5	Acc	75	C
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	37,5	Acc	87,5	C
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	25	Acc	75	C
<i>Ptychadena pumilio</i>	0	-	50	C
<i>Ptychadena stenocephala</i>	12,5	ac	50	C
<i>Ptychadena tellini</i>	25	Acc	37,5	Acc
<i>Sclerophrys maculata</i>	0	-	62,5	C
<i>Sclerophrys regularis</i>	12,5	ac	62	C

NB

(-) : Absence ; Freq d'occ: Fréquence d'occurrence ; Ech de const. : Echelle de constance ; C : Constante ; Acc : Accessoire ; ac : Accidentelle.

Tableau X : Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats clairsemés

Espèces	Saison sèche		Saison pluvieuse	
	Freq d'occ en %	Ech de const	Freq d'occ en %	Ech de const
<i>Afraxalus dorsalis</i>	12,5	ac	62,5	C
<i>Amnirana galamensis</i>	37,5	Acc	75	C
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	50	C	25	Acc
<i>Hemisis marmoratus</i>	12,5	ac	50	C
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	50	C	87,5	C
<i>Hyperolius concolor</i>	0	-	50	C
<i>Hyperolius fusciventris</i>	0	-	25	Acc
<i>Hyperolius guttulatus</i>	0	-	37,5	Acc
<i>Hyperolius nitidulus</i>	0	-	50	C
<i>Hyperolius picturatus</i>	0	-	37,5	Acc
<i>Kassina senegalensis</i>	37,5	Acc	75	C
<i>Leptopelis spiritusnoctis</i>	12,5	ac	25	Acc
<i>Leptopelis viridis</i>	25	Acc	62,5	C
<i>Phrynobatrachus francisci</i>	25	Acc	0	-
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	25	Acc	37,5	Acc
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	100	C	100	C
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	0	-	100	C
<i>Phrynomantis microps</i>	12,5	ac	25	Acc
<i>Ptychadena bibroni</i>	25	Acc	50	C
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	25	Acc	37,5	Acc
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	12,5	ac	50	C
<i>Ptychadena pumilio</i>	0	-	25	Acc
<i>Ptychadena stenocephala</i>	0	-	12,5	ac
<i>Ptychadena tellini</i>	0	-	37,5	Acc
<i>Sclerophrys maculata</i>	12,5	ac	50	C
<i>Sclerophrys regularis</i>	37,5	Acc	75	C
<i>Xenopus tropicalis</i>	0	-	37,5	Acc

(-) : Absence ; Freq d'occ: Fréquence d'occurrence ; Ech de const. : Echelle de constance ; C : Constante ; Acc : Accessoire ; ac : Accidentelle.

III-1-3-5-3- Variation saisonnière des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats fermés

L'habitat fermé renferme le plus faible effectif d'espèces (Tableau XI). Cinq (5) espèces y sont observées en saison sèche contre six espèces en saison pluvieuse. Sur ces cinq (5) espèces, quatre sont accessoires (*Arthroleptis poecilonotus*, *Hyperolius picturatus*, *Leptopelis*

spiritunotus et *Xenopus tropicalis*) (80 %) et une espèce (1) est accidentelle (*Ptychadena oxyrhynchus*) (20 %). En saison pluvieuse, *Arthroleptis poecilonotus* est la seule espèce accessoire observée dans cet habitat. Trois (3) espèces sont constantes, il s'agit de : *Hyperolius picturatus*, *Leptopelis spiritunotus* et *Phrynobatrachus gutturosus*. Et deux (2) espèces sont accidentelles (*Afrixalus dorsalis* et *Hyperolius concolor*).

Tableau XI : Variations saisonnières des fréquences d'occurrences des espèces inventoriées dans les habitats fermés

Espèces	Saison sèche		Saison pluvieuse	
	Freq d'occ en %	Ech de const	Freq d'occ en %	Ech de const
<i>Afrixalus dorsalis</i>	0	-	12,5	ac
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	25	Acc	25	Acc
<i>Hyperolius concolor</i>	0	-	12,5	ac
<i>Hyperolius picturatus</i>	25	Acc	62	C
<i>Leptopelis spiritusnoctis</i>	37,5	Acc	50	C
<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	0	-	50	C
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	12	ac	0	-
<i>Xenopus tropicalis</i>	25	Acc	0	-

(-) : Absence ; Freq d'occ: Fréquence d'occurrence ; Ech de const. : Echelle de constance ; C : Constante ; Acc : Accessoire ; ac : Accidentelle.

III-1-3-6- Similitude de la composition spécifique des habitats

L'indice de similitude de Sørensen a permis de comparer la composition des peuplements des différents habitats pris deux à deux (Tableau XII). La similarité entre les habitats varie entre 24,2 % et 88,4 %. Cette similarité entre les habitats clairsemés et les habitats ouverts est la plus élevée avec une valeur de 88,4 %. Elle est suivie de celle entre les habitats fermés et habitats clairsemés avec une valeur de 40 %. Par ailleurs, le coefficient de similarité entre les habitats ouverts et habitats fermés est le plus faible avec 24,2 %.

Tableau XII : Indice de similitude de sorensen (%) appliqués pour les habitats pris deux à deux

Habitats	Habitats ouverts	Habitats clairsemés	Habitats fermés s
Habitats fermés	24,2%	40%	-
Habitats clairsemés	88 ,4%	-	40%
Habitats ouverts	-	88,4%	24,2%

III-1-3-7- Analyse de la diversité spécifique des différents habitats

III-1-3-7-1- Variation spatiale des indices de Shannon et d'équitabilité

Les indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (E) ont été calculés afin de caractériser la diversité spécifique des peuplements d'amphibiens échantillonnés dans les différents habitats (Figure 40). Les valeurs de l'indice de Shannon varient de 1,96 à 2,81 bits. L'habitat fermé présente la plus faible valeur (1,96 bits). Elle est suivie de celle de l'habitat ouvert (2,70 bits). Quant à l'habitat clairsemé, il présente la plus grande valeur (2,81 bits). Les valeurs moyennes de l'indice de Shannon varient significativement entre les différents habitats (test de Kruskal- Wallis, $p < 0,05$).

L'habitat fermé à la plus grande valeur d'équitabilité (0,94). Ensuite vient celle de l'habitat clairsemé (0,85). Quant à l'habitat ouvert, sa valeur d'équitabilité est de 0,81. Les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité varient significativement entre les différents habitats (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

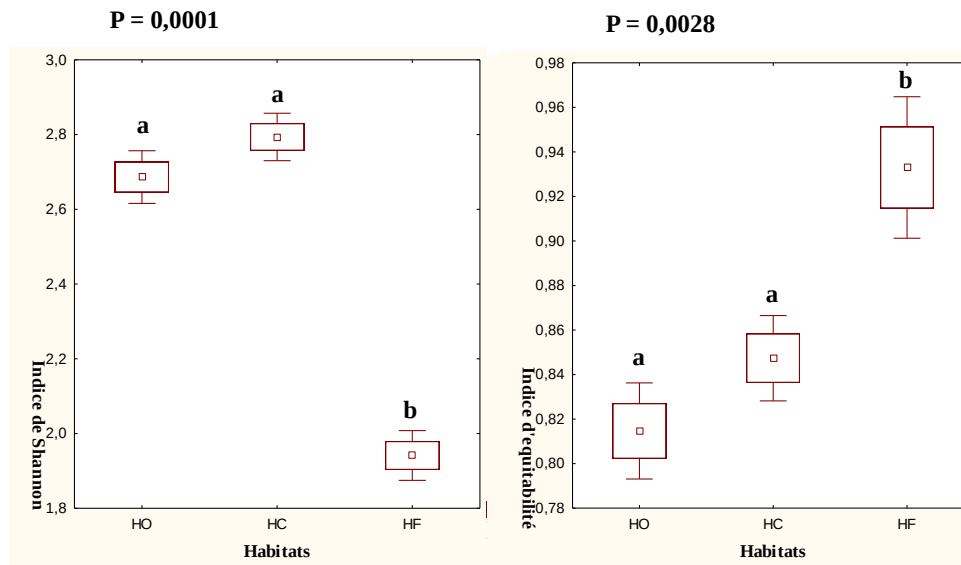


Figure 40 : Variation spatiale des indices de Shannon et d'équitabilité

p : probabilité du test de Kruskal-Wallis. Les valeurs moyennes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (test de Kruskal-Wallis; $p < 0,05$). HO = habitat ouvert ; HC= habitat clairsemé; HF= habitat fermé

III-1-3-7-2- Variation saisonnière des indices de Shannon et d'équitabilité

La détermination de l'indice de Shannon et d'équitabilité au niveau des différents habitats durant les deux saisons nous permet d'une autre manière de suivre la dynamique de la biodiversité en amphibiens au niveau de chaque habitat. Ceci nous permet également de faire une étude comparative de la biodiversité d'un habitat à un autre.

III-1-3-7-2- 1-Variation saisonnière des indices de Shannon-Weaver

Les valeurs extrêmes de l'indice de Shannon-Weaver et les valeurs moyennes auxquelles sont associées les écart - types respectifs durant les différentes saisons sont présentées dans le Tableau XIII. Les variations au cours des saisons montrent en général des moyennes peu élevées (2,11; 2,27 et 1,43 bits) durant la saison sèche et des valeurs plus importantes (2,65; 2,87 et 1,98 bits) lors de la saison pluvieuse. La valeur de l'indice la plus petite (1,43 bits) est notée au sein de l'habitat fermé pendant la saison sèche. La valeur maximale (28,87 bits) est observée lors de la saison pluvieuse, dans l'habitat clairsemé. Les écart-types calculés sont très faibles pour les indices calculés au sein de l'habitat fermé (0,03 et 0,05). Pour les autres habitats, ils sont compris entre 0,26 et 0,41. Les résultats U de Mann – whitney relèvent une différence significative ($p < 0,05$) pour les valeurs de cet indice.

Tableau XIII : Variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon - Weaver dans les différents habitats prospectés

Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver						
	Habitat ouvert		Habitat clairsemé		Habitat fermé	
	SS	SP	SS	SP	SS	SP
Min	1,95	2,55	2,12	2,79	1,22	1,88
Max	2,21	2,72	2,37	2,91	1,52	2,02
Moy	2,11±0,32 ^a	2,65±0,41 ^a	2,27±0,26 ^a	2,87±0,35 ^a	1,43±0,03 ^b	1,98±0,05 ^b

SS = saison sèche; SP= saison pluvieuse; Min = minimale ; Max = maximale et Moy = moyenne ; p : probabilité du test U de Mann - whitney. Les valeurs moyennes ne partageant pas la même lettre diffèrent significativement (test U de Mann - whitney; $p < 0,05$).

III-1-3-7-2-2-Variation saisonnière des indices d'équitabilité

Les valeurs maximales et minimales de l'indice d'équitabilité, les valeurs moyennes auxquelles sont associées les écart - types respectifs durant les différentes saisons sont présentées dans le Tableau XIV. Les moyennes de cet indice sont généralement élevées et comprises entre 0,79 et 0,92 durant la période d'étude. Les plus faibles valeurs de cet indice sont observées pendant la saison sèche (0,79; 0,8 et 0,86) et les valeurs maximales sont enregistrées durant la saison pluvieuse (0,92; 0,88 et 0,82). Une différence significative a été observée pour les valeurs de cet indice (test de Mann - whitney; $p < 0,05$).

Tableau XIV : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité dans les différents habitats prospectés

	Valeurs de l'indice d'équitabilité					
	Habitat ouvert		Habitat clairsemé		Habitat fermé	
	SS	SP	SS	SP	SS	SP
Min	0,74	0,79	0,75	0,86	0,76	0,9
Max	0,84	0,84	0,85	0,89	0,94	0,97
Moy	0,79±0,5 ^a	0,82±0,32 ^a	0,8±0,44 ^a	0,88±0,35 ^a	0,86± 0,05 ^b	0,92± 0,02 ^b

SS = saison sèche; SP= saison pluvieuse; Min = minimale ; Max = maximale et Moy = moyenne ; p : probabilité du test U de Mann - whitney. Les valeurs moyennes ne partageant pas la même lettre différent significativement (test U de Mann - whitney; $p < 0,05$).

III-1-3-8- Dynamique spatio temporelle des espèces d'amphibiens inventoriées

III-1-3-8-1- Répartition des espèces selon le profil environnemental

L'analyse de redondance (RDA) a été réalisée à partir de l'abondance des espèces d'amphibiens et des variables environnementales en vue de déterminer les paramètres du milieu qui influencent la distribution des espèces d'amphibiens du PNM (Figure 41). Le couplage de données herpétologiques et environnementales montre que cette distribution semble être influencée par les paramètres environnementaux à des degrés divers (Tableau XV). Dans la distribution des espèces suivant les différentes caractéristiques des biotopes, l'axe 1 et 2 expriment 75,2 % de la variance totale. La densité des arbres et des arbustes, l'épaisseur de la litière et la canopée sont positivement corrélés au premier axe. Quant au taux de recouvrement en eau, il est positivement corrélé au second axe. A l'opposé, le taux de couverture en herbe est négativement corrélé à cet axe.

Dans la partie positive de l'axe 2, une forte corrélation est observée entre l'eau et les espèces *Sclerophrys maculata*, *Hoplobatrachus occipitalis* et *Xenopus tropicalis*. En revanche, dans la négative du même axe *Afrixalus vittiger*, *Hyperolius guttulatus*, *Hyperolius nitidulus*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena bibroni*, *Kassina senegalensis*, *Afrixalus dorsalis*, *Ptychadena stenocephala* et *Phrynobatrachus francisci* sont fortement corrélées aux formations herbeuses. Dans la partie positive de l'axe 1, les espèces *Leptopelis spiritunotus* et *Hyperolius picturatus* sont positivement corrélées aux arbustes ; *Arthroleptis poecilonotus* est positivement corrélées à la litière et aux arbres. Les espèces regroupées au centre du repère ne sont

pas influencées aux variables environnementales traitées. Les acronymes des différentes espèces de la figure 43 sont définis dans le tableau XVI.

Tableau XV : Relation entre les espèces d'amphibiens et les variables environnementales

Axes de la RDA	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Inertie totale
Valeurs propres	0,446	0,191	0,0882	0,0556	1,674
Corrélation espèces/ paramètres					
Environnementaux	0,949	0,954	0,856	0,840	
Valeurs cumulatives de la variance (%)	26,6	38,1	43,0	46,3	
	52,6	75,2	84,9	91,5	

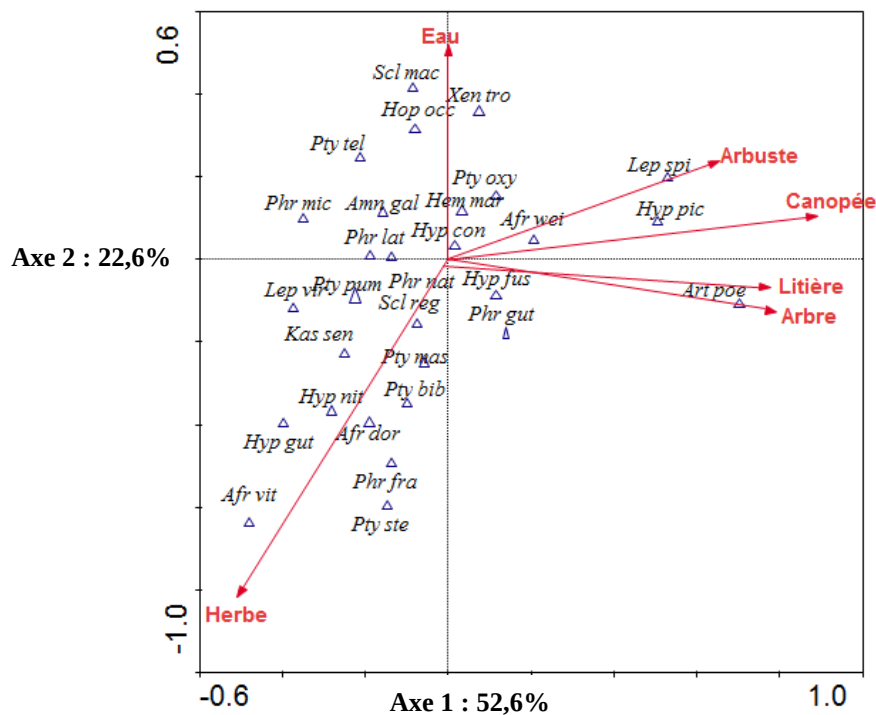


Figure 41 : Ordination des espèces et des variables environnementales par la RDA dans l'espace réduit à deux dimensions

Espèces d'amphibiens (couleur noire) ; variables environnementales (couleur rouge).
Les acronymes sont définis dans le tableau XVI

Tableau XVI : Liste des acronymes et leurs définitions

Acronymes	Définitions	Acronymes	Définitions
Lep vir	<i>Leptopelis viridis</i>	Afr dor	<i>Africalus dorsalis</i>
Phr fra	<i>Phrynobatrachus francisci</i>	Afr vit	<i>Africalus vittiger</i>
Phr gut	<i>Phrynobatrachus gutturosus</i>	Afr wei	<i>Africalus weidholzi</i>
Phr lat	<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	Amn gal	<i>Ammirana galamensis</i>
Phr nat	<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	Art poe	<i>Arthroleptis poecilnotus</i>
Phr mic	<i>Phrynomantis microps</i>	Hem mar	<i>Hemissus marmoratus</i>
Pty bib	<i>Ptychadena bibroni</i>	Hop occ	<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>
Pty mas	<i>Ptychadena mascareniensis</i>	Hyp con	<i>Hyperolius concolor</i>
Pty oxy	<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	Hyp fus	<i>Hyperolius fusciventis</i>
Pty pum	<i>Ptychadena pumilio</i>	Hyp gut	<i>Hyperolius guttulatus</i>
Pty ste	<i>Ptychadena stenocephala</i>	Hyp nit	<i>Hyperolius nitidulus</i>
Pty tel	<i>Ptychadena tellini</i>	Hyp pic	<i>Hyperolius picturatus</i>
Scl mac	<i>Sclerophrys maculata</i>	Kas sen	<i>Kassina senegalensis</i>
Scl reg	<i>Sclerophrys regularis</i>	Lep spi	<i>Leptopelis spiritusnoctis</i>
Xen tro	<i>Xenopus tropicalis</i>	Afr dor	<i>Africalus dorsalis</i>

III-1-3-8-2- Répartition des espèces selon les saisons climatiques et les types de campagnes

La carte auto-organisatrice de Kohonen réalisée sur la matrice présence/absence des espèces d'amphibiens au sein des différents habitats échantillonnés a permis de classer les 120 échantillons (15 transects x 8 campagnes). La distribution saisonnière des espèces d'amphibiens inventoriées dans le PNM a été effectuée à partir de la carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) sur la base de leur probabilité d'occurrences dans l'espace et dans le temps. En tenant compte des erreurs de quantification et de topographie (Tableau XVII), une carte Kohonen composée de 54 cellules (9 lignes x 6 colonnes) a été retenue (Figure 42 A et B).

Tableau XVII : Estimation des erreurs de qualification et de topographie des différentes tailles de la carte Kohonen (la matrice retenue est en gras).

Matrice possible	Erreur de quantification	Erreur topographique
8x6	1,391	0,000
7x7	1,409	0,000
10x5	1,376	0,017
9x6	1,328	0,000
11x5	1,335	0,000
8x7	1,360	0,017

La taille retenue est en gras

Les 54 cellules de la carte auto-organisatrice de Kohonen sont classées en trois groupes distincts, à partir d'une analyse de classification hiérarchique illustrée par la figure 45. Dans chaque hexagone se trouve un objet virtuel pour lequel les valeurs des descripteurs ont été calculées. Ces objets virtuels représentent la distribution des objets réels.

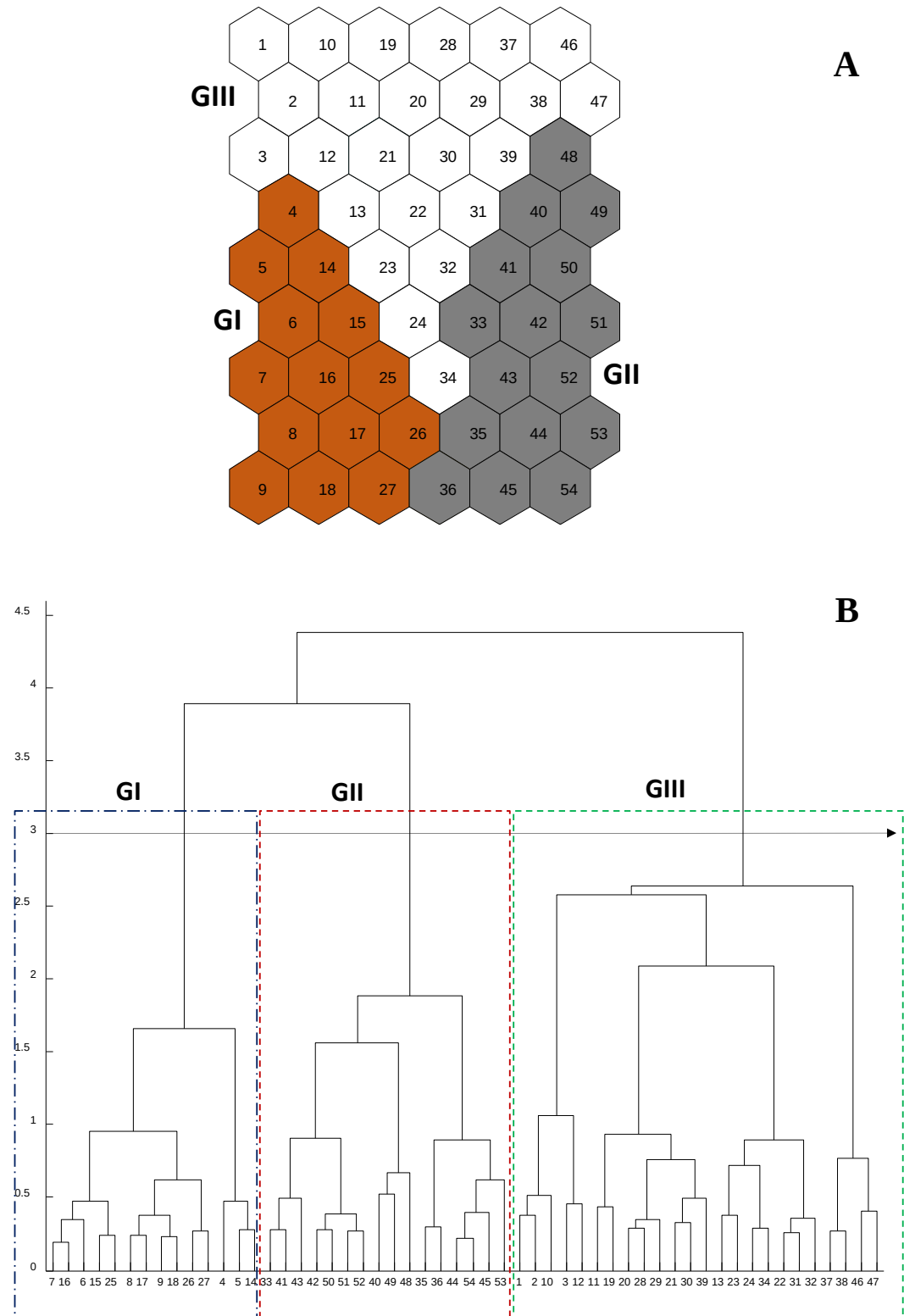


Figure 42 : Carte auto - organisatrice de Kohonen (A) et dendrogramme de classification hiérarchique de cellules de la carte de Kohonen (B)

1 à 54 à la base de chaque hexagone : numéros des cellules de la SOM

L'analyse de la classification hiérarchique représentée par la figure 43 montre qu'il existe trois groupes selon les transects prospectés, les types de campagnes d'échantillonnage et les saisons durant lesquelles ces campagnes ont été réalisées. Ainsi, le groupe I (polynôme de couleur marron) renferme les échantillons des transects issus des habitats fermés (100 %) et clairsemés (20 %), prospectés la journée et la nuit pendant la saison sèche et la saison pluvieuse. Cependant, on note une dominance des échantillons issus des campagnes d'échantillonnage nocturne réalisées en saison pluvieuse et en saison sèche (test G : $p < 0,05$). Le groupe II (polynôme de couleur grise) rassemble les échantillons des transects issus des habitats ouverts (100 %) et clairsemés (80 %) prospectés uniquement pendant la journée, lors des deux saisons climatiques (test G : $p < 0,05$). Le groupe III (polynôme de couleur blanche) renferme les échantillons des transects issus des habitats ouverts (100 %) et clairsemés (100 %), prospectés la journée et la nuit lors des deux saisons climatiques. Toutefois, on note une majorité des échantillons issus des campagnes d'échantillonnage nocturnes réalisées en saison sèche et en saison pluvieuse (test G : $p < 0,05$).

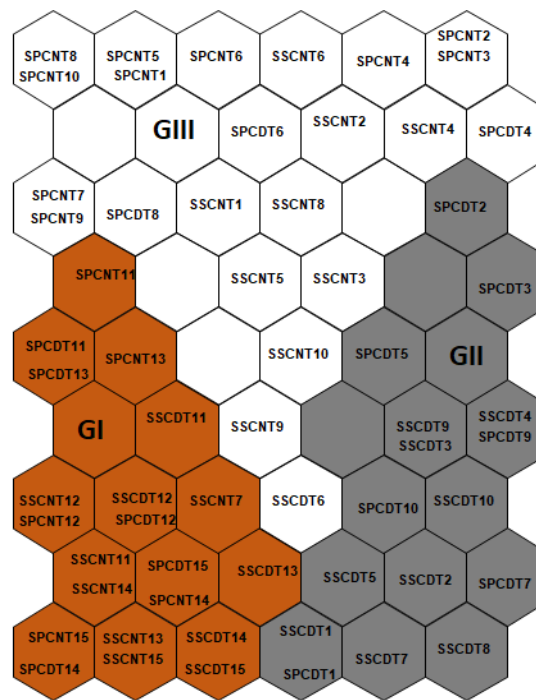


Figure 43 : Distribution des échantillons dans la carte auto - organisatrice de Kohonen

I à III : groupes identifiés (G I à G III) ; T1 à T15 : Transects ; CN : campagnes nocturnes ; CD : campagnes diurnes ; SS= saison sèche ; SP = saison pluvieuse

Le profil de distribution des 29 espèces d'amphibiens réalisé par la SOM présente la contribution de chaque taxon dans les différents groupes (Figure 44 et 45). Les nombres de taxons enregistrés dans les trois différents groupes diffèrent significativement d'un groupe à l'autre (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

Le groupe III, avec 17 espèces est relativement le plus riche (Figure 47). Il est suivi du groupe II huit (8) espèces. Le groupe I présente une richesse spécifique de quatre (4) espèces.

Le groupe I (Figure 46 et 47) caractérisé par les habitats fermés et clairsemés renferme les espèces suivantes : *Afrixalus dorsalis*; *Hyperolius fusciventis*; *Hyperolius picturatus* et *Xenopus tropicalis*. Le groupe II rassemble les habitats ouverts et clairsemés (Figure 46 et 47). Il est composé des espèces suivantes : *Arthroleptis poecilonotus*; *Hoplobatrachus occipitalis* ; *Phrynobatrachus francisci*; *Sclerophrys maculata*; *Phrynobatrachus gutturosus*; *Phrynobatrachus latifrons*; *Phrynobatrachus natalensis* et *Phrynomantis microps*. Enfin, le groupe III (Figure 46 et 47) est constitué des habitats ouverts et clairsemés et rassemble les espèces suivantes : *Amnirana galamensis*; *Afrixalus vittiger*; *Afrixalus weidholzi*; *Hyperolius concolor*; *Leptopelis spiritusnoctus*; *Hemissus marmoratus*; *Hyperolius guttulatus*; *Hyperolius nitidulus*; *Kassina senegalensis*; *Leptopelis viridis*; *Ptychadena bibroni*; *Ptychadena mascareniensis*; *Ptychadena pumilio*; *Ptychadena stenocephala*; *Ptychadena tellini*; *Sclerophrys regularis* et *Ptychadena oxyrhynchus*.

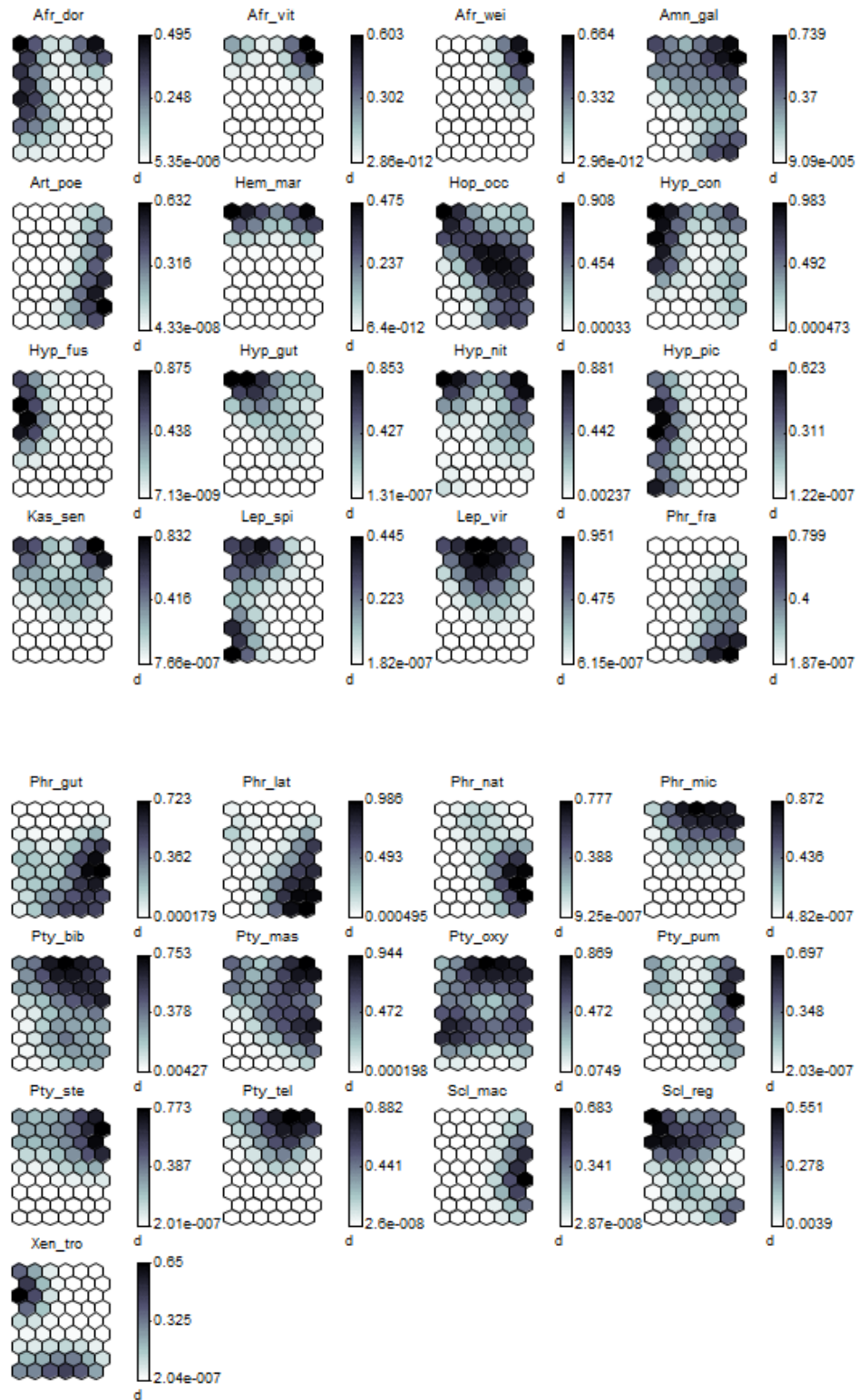
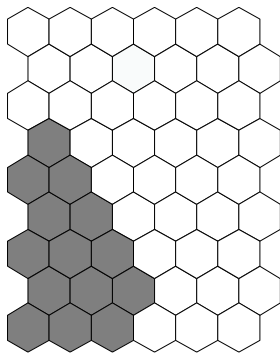


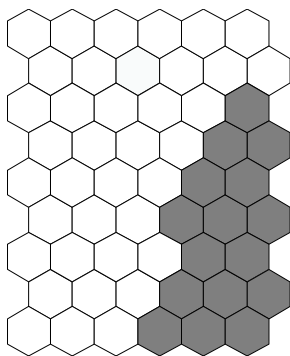
Figure 44 : Profil de distribution des espèces d'amphibiens des habitats d'étude sur la carte Kohonen à partir des données d'abondance

Patron de distribution des espèces sur la carte de Kohonen; couleur sombre : forte présence ; couleur claire : faible présence ; d : échelle.



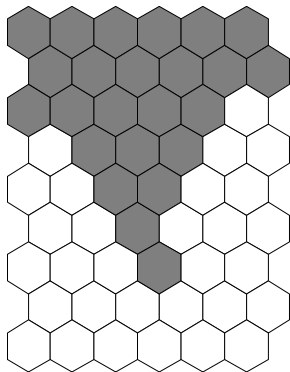
Groupe I

Afrixalus dorsalis; *Hyperolius fusciventis*; *Hyperolius picturatus* et *Xenopus tropicalis*.



Groupe II

Arthroleptis poecilonotus; *Hoplobatrachus occipitalis* ; *Phrynobatrachus francisci*; *Sclerophrys maculata*; *Phrynobatrachus gutturosus*; *Phrynobatrachus latifrons*; *Phrynobatrachus natalensis* et *Phrynomantis microps*.



Groupe III

Amnirana galamensis; *Afrixalus vittiger*; *Afrixalus weidholzi*; *Hyperolius concolor*; *Leptopelis spiritusnoctus*; *Hemissus marmoratus*; *Hyperolius guttulatus*; *Hyperolius nitidulus*; *Kassina senegalensis*; *Leptopelis viridis*; *Ptychadena bibroni*; *Ptychadena mascareniensis*; *Ptychadena pumilio*; *Ptychadena stenocephala*; *Ptychadena tellini*; *Sclerophrys regularis* et *Ptychadena oxyrhynchus*

Figure 45 : Distribution des espèces dans chaque groupe défini par la SOM

III-1-3-8-3- Facteurs déterminant la diversité des amphibiens inventoriés

Un analyse factorielle discriminante (AFD) réalisée sur les groupes définis par la SOM et huit (8) variables environnementales a permis de déterminer les facteurs qui influencent les profils de distribution de la diversité. Les variables originelles ont été regroupées en trois facteurs dont les deux premiers F1 (91,74 %) et F2 (8,26 %) qui expriment 100 % de l'information sont retenus pour l'ordination (Figure 46 A). L'AFD montre que les trois groupes définis par la SOM se recouvrent à plus de 50 %.

Le barycentre des groupes II et III se trouve dans la partie positive de l'axe F1, alors que celui du groupe I se trouve dans la partie négative (Figure 46 B). L'axe 2 met en évidence les barycentres des groupes I et II, situés dans sa partie positive et celui du groupe III situé dans la partie négative.

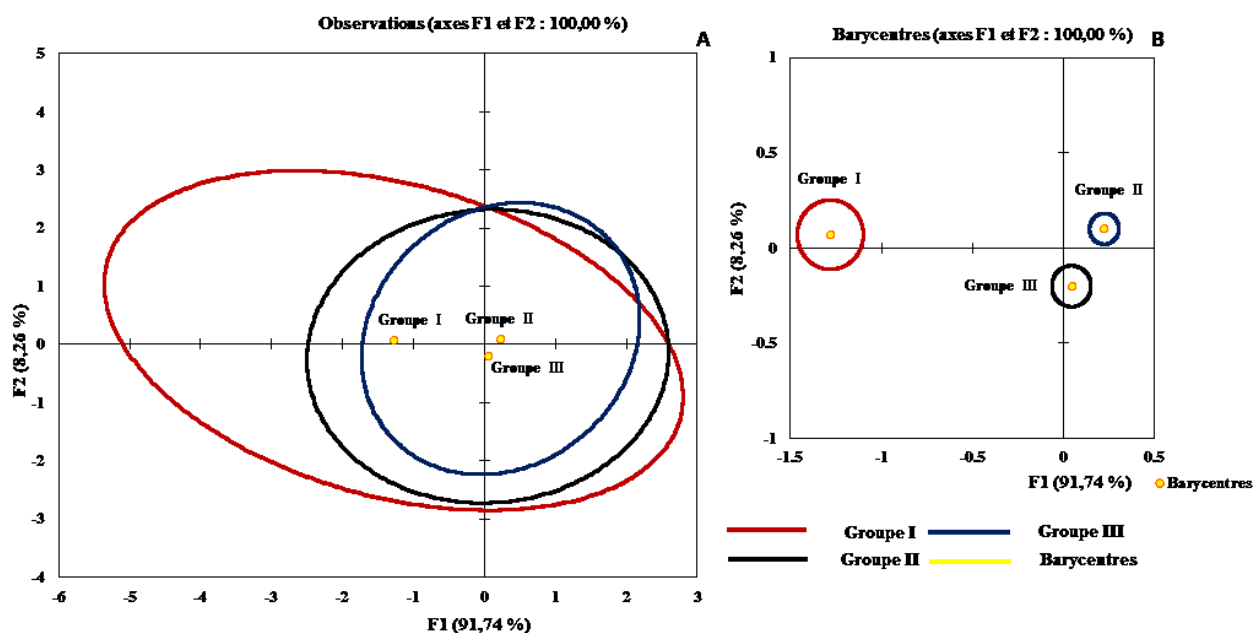


Figure 46 : Analyse Factorielle Discriminante sur les groupes (I à III) établis par la SOM et les variables environnementales

A = Diagramme des valeurs propres de l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) ; B = AFD effectuée sur les groupes établis par la SOM et des variables environnementales : (le barycentre des échantillons d'un même groupe est marqué par le chiffre romain [I à III] du nom de ce groupe).

Les résultats de l'AFD des variables environnementales considérées sont présentés dans le tableau XVIII. La température et humidité relative de l'air, la densité des arbres et arbustes, le taux de couverture en herbe, la canopée et l'épaisseur de la litière contribuent de manière significative à la discrimination des groupes ($p < 0,05$).

Le test de permutation de Monte-Carlo (1000 permutations) révèle que les groupes sont correctement prédits ($p < 0,05$). Les résultats du test d'évaluation de la qualité des prédictions des différents groupes sont présentés par le tableau XVIII. La matrice de confusion établie par la technique de Jackknife indique des taux de prédiction de 4,85 %, 48,28 % et 90,61 % respectifs pour les groupes II, I et III. Dans l'ensemble 58,43 % des échantillons sont correctement classés dans les groupes définis par la SOM (test du Lambda de Wilks; $p < 0,05$).

Tableau XVIII : Résultats de la classification obtenue par l'Analyse Factorielle Discriminante et le test "leave-one-out" de validation

Groupes	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons des groupes prédits			Pourcentage de prédiction
		I	II	III	
Groupe I	116	56	9	51	48,28 %
Groupe II	330	32	16	282	4,85 %
Groupe III	586	36	19	531	90,61 %
Total	1032	124	44	864	58,43 %

Le nombre des échantillons correctement classés est en gras

La figure 47 présente les variables environnementales du milieu qui discriminent les groupes définis par la SOM. Sur le premier axe (F1), les variables herbe et eau apparaissent positivement plus déterminants dans le regroupement des échantillons. Sur ce même axe la litière, la canopée, l'humidité relative de l'air, la densité des arbre et arbuste discriminent négativement les différents groupes. Par ailleurs, sur le second axe (F2) l'eau discrimine positivement les différents groupes contrairement à la température et l'herbe qui apparaissent négativement plus déterminants dans le groupement des échantillons. Sur ce même axe (F2), les différents groupes définis par la SOM sont négativement discriminés par la litière, la canopée, l'humidité, la densité des arbre et arbustes.

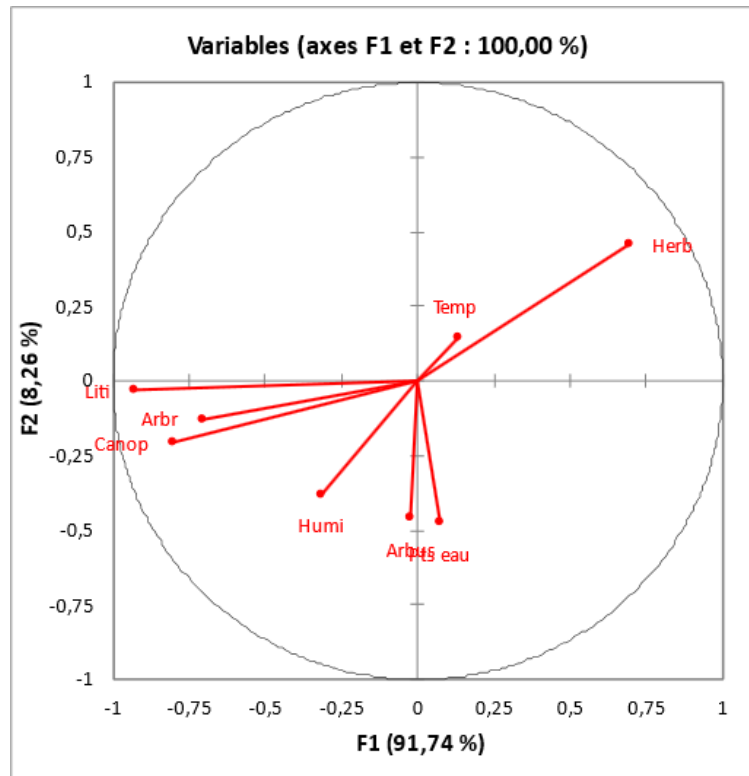


Figure 47 : Centre de corrélation des variables environnementales discriminant les groupes dans le plan F1 X F2 de l'analyse factorielle discriminante

Herb = herbe; Temp = température; Liti = litière; Canop = canopée; Humi = humidité; Arbr = arbre; Arbu = arbuste.

III-1-3-8-4- Espèces caractéristiques des différents habitats

Cette analyse a permis de classer les différents transects en fonction des variables environnementales (Figure 48). Tous les transects ont été regroupés selon un gradient de perturbation sur la canopée, ce qui a permis de distinguer les différents types d'habitats en trois niveaux d'hiérarchisation. Ainsi, le premier niveau de classification distingue tous les transects échantillonnés. Au second niveau de classification, tous les transects du premier niveau ont été classés en habitats ouverts, clairsemés et fermés. Au troisième niveau de la hiérarchisation, en fonction du degré de perturbation, chaque transect est classé soit en habitats moins anthropisés (habitats fermés) soit en habitats très anthropisés (habitats ouverts et clairsemés).

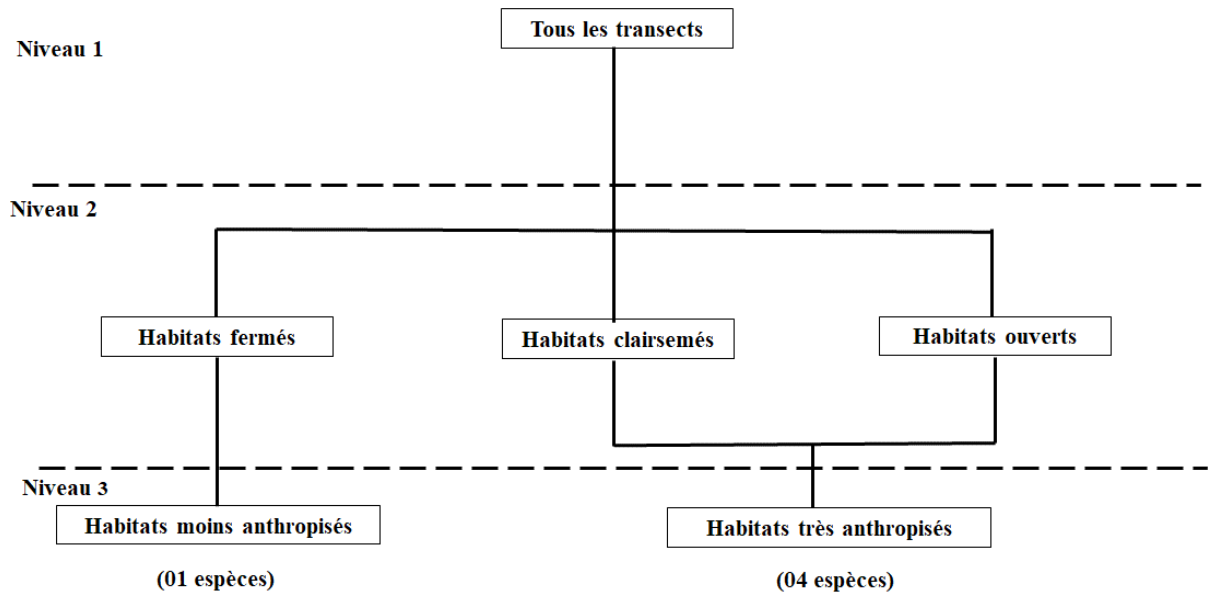


Figure 48 : Typologie des transects en fonction de leur niveau de perturbation et des nombres d'espèces indicatrices à chaque groupe de transects

La classification des types d'habitats et des espèces indicatrices associées est présentée dans la figure 49. Les espèces indicatrices ont été déterminées à partir de l'indice *IndVal* (valeurs marquées par * et **) et des valeurs d'indice supérieures ou égales à 25 % ont été déterminées. Cette classification a été réalisée en prenant en compte toutes les 29 espèces recensées.

Au premier niveau de la hiérarchie (tous les transects des différents habitats), 27 espèces (soit 93,10 %) de l'ensemble de la population d'amphibiens ont été identifiées comme indicatrices des transects de notre zone d'étude. Ces espèces sont classées sont les suivantes : *Afrixalus dorsalis* (68,31), *Afrixalus vittiger* (77,45) ; *Afrixalus weidholzi* (63,25), *Amnirana galamensis* (70,71), *Arthroleptis poecilonotus* (63,25), *Hemisus marmoratus* (63,25), *Hoplobatrachus occipitalis* (77,46), *Hyperolius concolor* (91,43), *Hyperolius fusciventris* (63,25), *Hyperolius guttulatus* (77,45), *Hyperolius nitidulus* (94,86), *Hyperolius picturatus* (80,70), *Kassina senegalensis* (83,66), *Leptopelis spiritusnoctis* (63,25), *Leptopelis viridis* (83,66), *Phrynobatrachus francisci* (67,29), *Phrynobatrachus gutturosus* (73,02), *Phrynomantis microps* (68,31), *Ptychadena bibroni* (71,70), *Ptychadena mascareniensis* (77,45), *Ptychadena oxyrhynchus* (68,31), *Ptychadena pumilio* (70,71), *Ptychadena stenocephala* (54,77), *Ptychadena tellini* (70,71), *Sclerophrys maculata* (70,71), *Sclerophrys regularis* (63,24) et *Xenopus tropicalis* (63,24).

Au deuxième niveau, une (1) espèce (3,44 %) est présente dans les habitats fermés et clairsemés, contre 3 espèces (10,34 %) dans habitats ouverts. Dans les habitats fermés,

l'espèce indicatrice est *Hyperolius picturatus* (80.70*). Dans les habitats clairsemés, l'espèce indicatrice est *Hyperolius fusciventris* (63,25). Dans les habitats ouverts, *Afraxalus vittiger* (77,45), *Phrynobatrachus francisci* (67,29) et *Afraxalus weidholzi* (63,25) sont identifiées comme indicatrice du dit milieu.

Au troisième niveau de la hiérarchie, les habitats moins anthropisés et très anthropisés abritent respectivement une (1) et 18 espèces. Dans les habitats moins anthropisés, l'espèce indicatrice est *Hyperolius picturatus* (80.70*). Au sein des habitats très anthropisés, les espèces indicatrices sont : *Phrynobatrachus latifrons* (100 **), *Phrynobatrachus natalensis*(100 **), *Hyperolius nitidulus* (94,90 *), *Hyperolius concolor* (91,40 *), *Kassina senegalensis* (83,66), *Leptopelis viridis* (83,66), *Hoplobatrachus occipitalis* (77,46), *Hyperolius guttulatus* (77,45), *Ptychadena mascareniensis* (77,45), *Amnirana galamensis* (70,71), *Ptychadena bibroni* (71,70), *Ptychadena pumilio* (70,71), *Ptychadena tellini* (70,71), *Sclerophrys maculata* (70,71), *Hemisus marmoratus* (63,25), *Phrynomantis microps* (68,31), *Sclerophrys regularis* (63,24) et *Ptychadena stenocephala* (54,77).

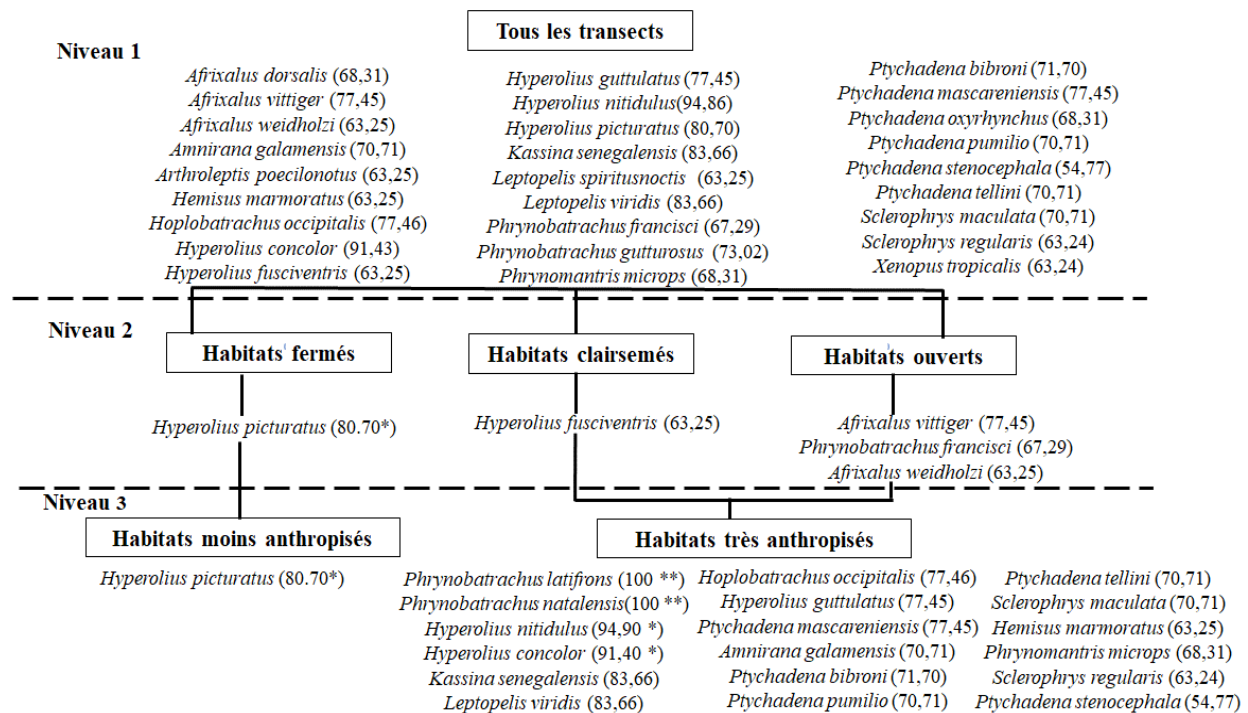


Figure 49 : Espèces indicatrices associées aux différents noeuds de la classification des habitats

0,001 < (**) < 0,01 = Test de student moyennement significatif; 0,01 < (*) < 0,05 = Test de student faiblement significatif ; 0,1 < (.) < 1= Test de student très faiblement significatif ; 0,05 < () < 0,1 = Test de student non significatif.

III-1-3-8-5- Paramètres environnementaux influençant les espèces indicatrices des différents habitats

Les relations entre les espèces indicatrices et les variables environnementales ont été étudiées à l'aide de modèles additifs généralisés (GAM). Les espèces retenues pour ce modèle sont celles qui ont une corrélation significative ($p < 0,05$) avec les variables environnementales. Il existe une faible corrélation entre les différentes variables environnementales retenues pour ce modèle (Tableau XIX).

Tableau XIX : Corrélations de Spearman entre les variables environnementales mesurées dans les transects et utilisées dans les modèles additifs

	Température de l'air	Humidité Relative de l'air	Nombre de point d'eau	Densité des herbe
Température de l'air				
Humidité relative de l'air	0,011091			
Nombre de points d'eau	0,075279	0,24939		
Densité des herbes	0,030321	-0,65279	0,024313	

Tableau XX : Contribution des variables environnementales utilisées dans les modèles additifs généralisés pour expliquer l'occurrence des principales espèces d'amphibiens inventoriées dans les transects. (n= nombre d'échantillons; p= probabilité; R²= coefficient de détermination; edf= degrés de libertés estimés; Dev= Déviance explicquée ; F= degré de variabilité ; Valeur en gras= contribution significative)

Variables explicatives																						
	n	p	Température de l'air					Humidité relative de l'air					Densité des herbe					Nombre de points d'eau				
			R ²	edf	Dev (%)	F	p	R ²	edf	Dev (%)	F	p	R ²	edf	Dev (%)	F	p	R ²	edf	Dev (%)	F	p
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	120	<0,001	0,54	3,11	37,9	8,07	0,0812	0,63	1,33	58	3,653	0,106	0,746	4,610	79,66	12,57	0,000624	0,582	0,94	52,33	5,67	0,0008
<i>Phrynobatrachus natalensis</i>	120	<0,001	0,68	3,54	53	13,15	0,1341	0,52	0,77	53,2	0,821	0,0241	0,98	8,56	98,4	7,913	0,00402	0,611	0,88	61,24	14,63	0,0020
<i>Hyperolius nitidulus</i>	120	<0,001	0,53	3,87	41,7	2,41	0,0242	0,57	2,47	48,4	1,151	0,034	0,98	8,86	98,7	91,42	5,56 E-05	0,51	0,92	58,3	5,84	0,00083
<i>Hyperolius concolor</i>	120	<0,001	0,62	0,97	49	3,68	0,0370	0,54	0,91	52,24	2,916	0,0846	0,76	7,47	89	6,04	0,014	0,67	0,91	55,7	6,37	0,00088
<i>Hyperolius picturatus</i>	120	<0,001	0,49	4,53	65,5	2,882	0,0289	0,59	0,96	55	0,59	0,0846	0,58	0,94	50,17	5,94	0,0233	0,52	0,94	50,17	4,94	0,00069

Les modèles additifs généralisés des espèces *Hyperolius nitidulus* (figure 50 A) et *Phrynobatrachus natalensis* (figure 50 B) sont représentés par la figures 50. L'eau est préductrice de la probabilité d'occurrence de ces deux espèces. La probabilité de présence de ces espèces croît de façon quasi-linéaire avec l'augmentation de l'eau. La présence de ces deux (2) espèces est donc positivement influencée par l'eau.

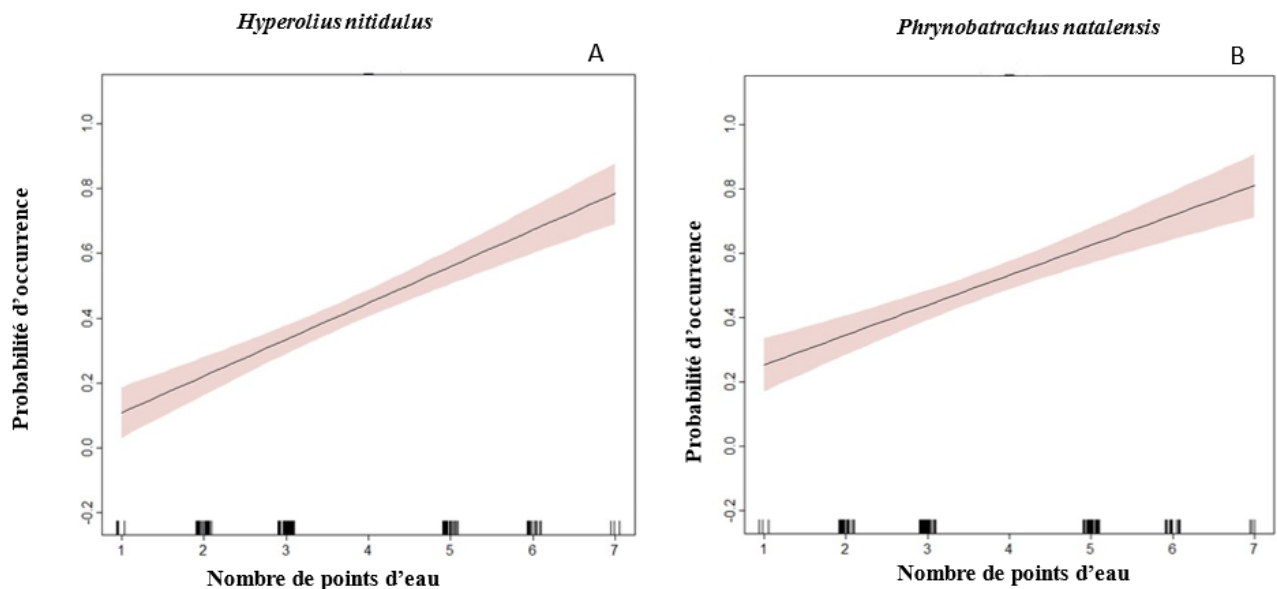


Figure 50 : Courbes de réponse des modèles additifs généralisés pour les espèces *Hyperolius nitidulus* et *Phrynobatrachus natalensis* inventoriées dans le Parc National de la Marahoué

(les bandes encadrant les courbes représentent 95 % de l'intervalle de confiance)

L'eau et la température sont préductrices de la probabilité de présence de l'espèce *Hyperolius concolor* (Figure 51). La probabilité d'occurrence de cette espèce croît de façon quasi-linéaire avec l'augmentation de l'eau et décroît linéairement avec l'augmentation de la température. La présence de cette espèce est positivement influencée par l'eau et négativement influencée par la température.

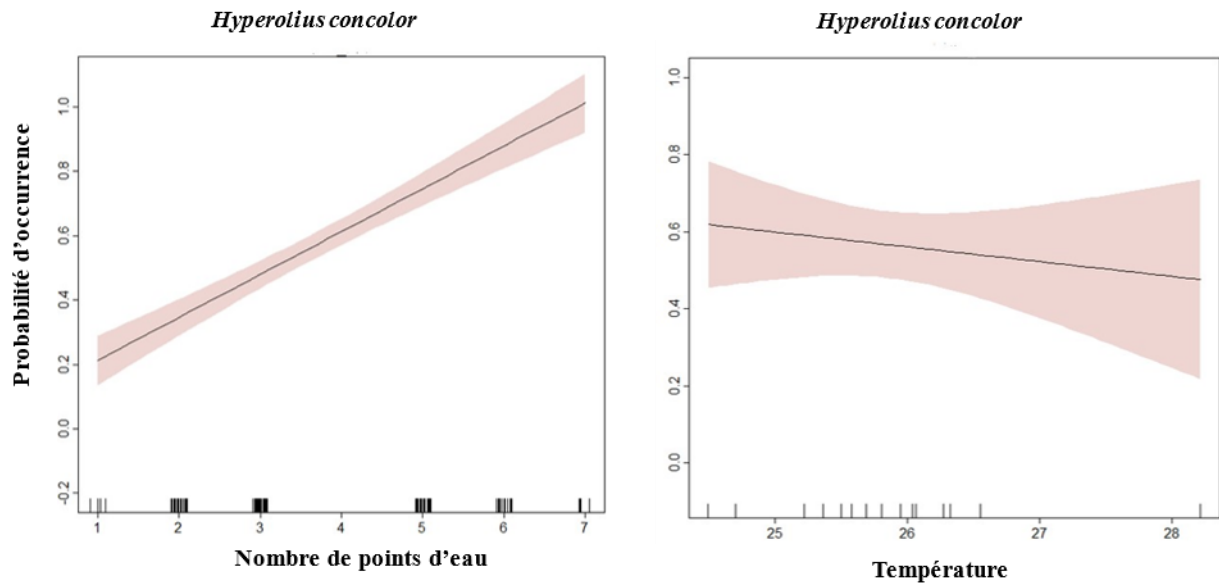


Figure 51 : Courbe de réponse des modèles additifs généralisés pour l'espèce *Hyperolius concolor* inventoriée dans le Parc National de la Marahoué

(les bandes encadrant les courbes représentent 95 % de l'intervalle de confiance)

L'eau et la densité des herbes sont préductrices de la probabilité d'occurrence de l'espèce *Phrynobatrachus latifrons* (Figure 52). Pour des taux de couverture en herbe situés entre 10 et 45 %, la probabilité d'occurrence de *Phrynobatrachus latifrons* croît puis reste constante jusqu'à 75 % de taux de couverture en herbe.

La probabilité de présence de cette espèce croît quasi-linéairement avec l'augmentation de l'eau. L'eau influencent positivement la probabilité de présence de cette espèce.

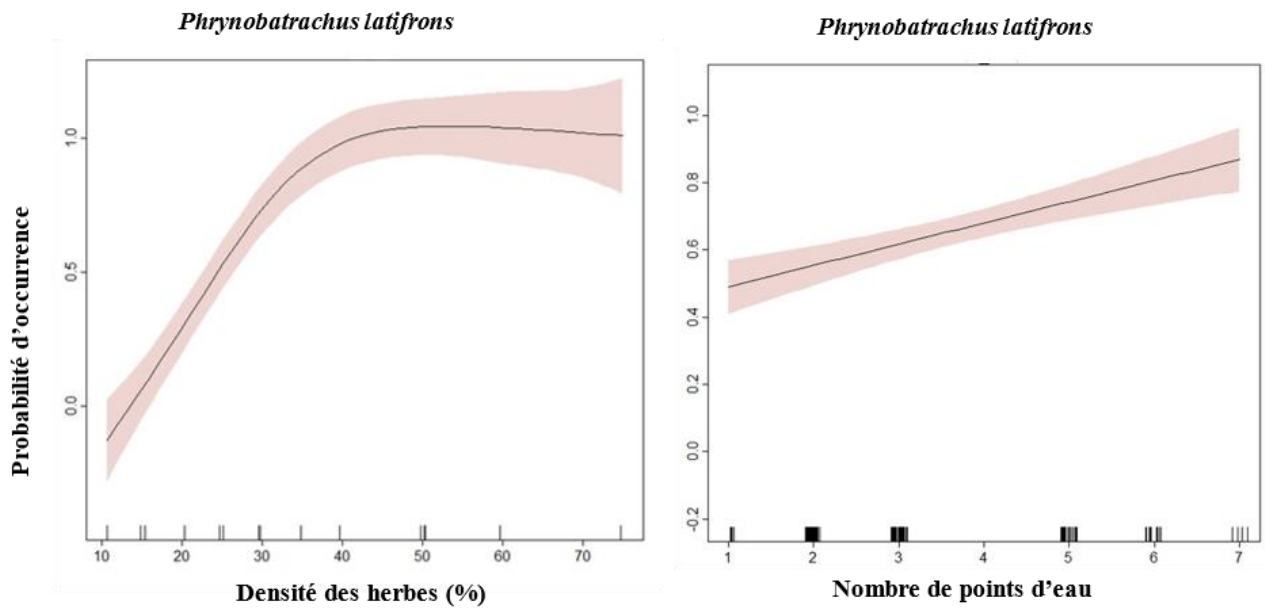


Figure 52 : Courbe de réponse des modèles additifs généralisés pour l'espèce *Phrynobatrachus latifrons* inventoriée au Parc National de la Marahoué
(les bandes encadrant les courbes représentent 95 % de l'intervalle de confiance)

La densité des herbes, l'eau et l'humidité sont préductrices de la probabilité d'occurrence de l'espèce *Hyperolius picturatus* (Figure 53). La probabilité d'occurrence de cette espèce décroît quasi-linéairement avec l'augmentation de la densité des herbes. La densité des herbes influence donc négativement la présence de cette espèce. Toutefois la probabilité d'occurrence de cette espèce croît de façon quasi-linéaire avec l'augmentation de l'eau et de l'humidité relative de l'air. Ces deux paramètres contribuent positivement à la probabilité de présence de cette espèce.

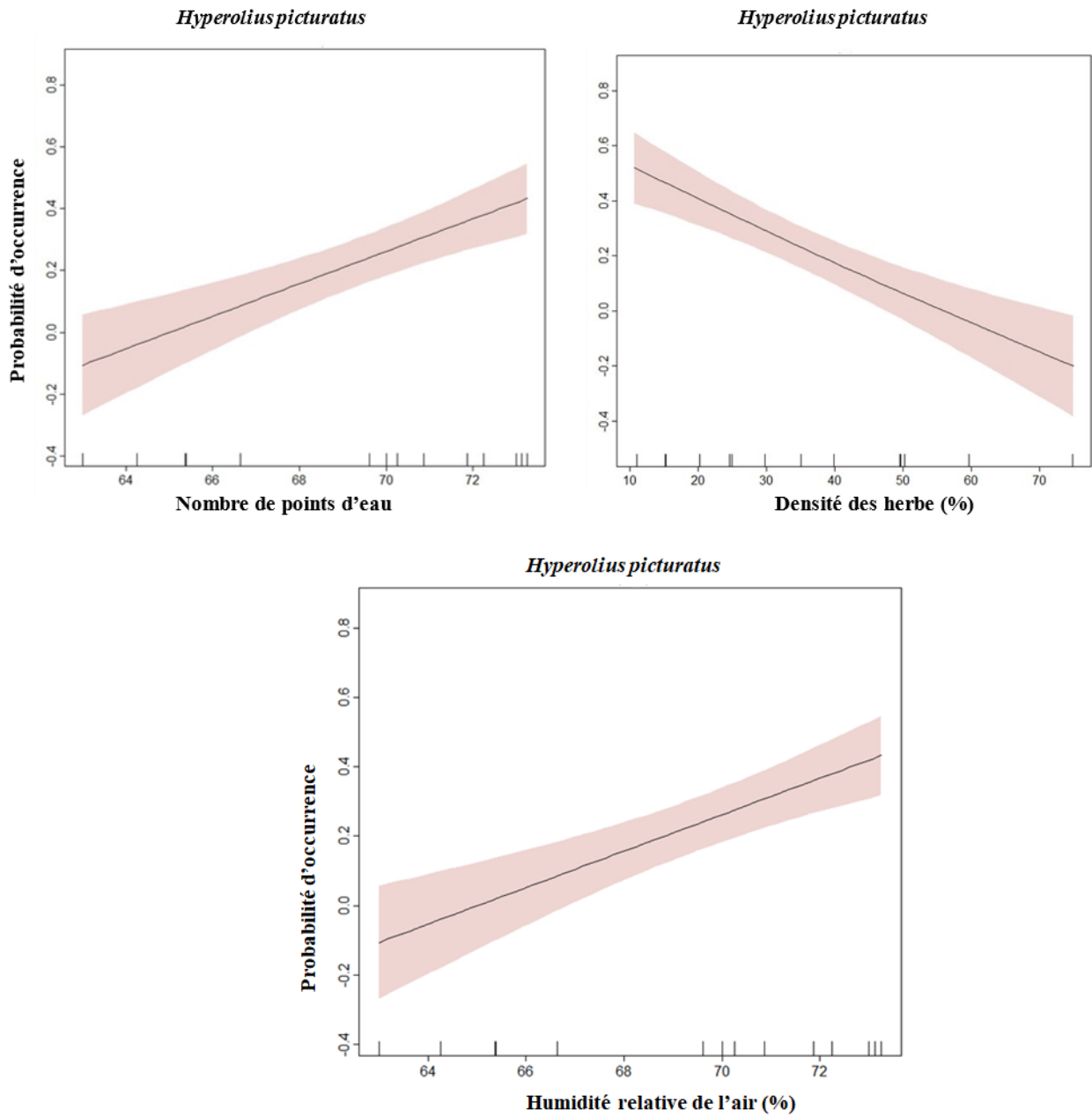


Figure 53 : Courbe de réponse des modèles additifs généralisés pour l'espèce *Hyperolius picturatus*
(les bandes encadrant les courbes représentent 95 % de l'intervalle de confiance)

III-1-4- Pressions anthropiques et menaces sur les populations d'amphibiens du Parc national de la Marahoué

Les principales sources de menaces affectant les différentes populations d'amphibiens présentes dans le PNM sont les suivantes : les feux de brousse, l'agriculture, l'usage de pesticides, l'abattage des arbres, la présence des pistes et des voies d'intense trafic (Figure 54).

Une Analyse Factorielle correspondante (AFC) effectuée sur la base de la présence des différentes sources de menaces susmentionnées est présentée par la figure 55. Sur l'AFC, l'axe I représente 52,17 % de l'information et l'axe II représente 24,93 % de l'information, soit un total de 77,1% pour les deux axes. Cette analyse regroupe les différentes sources de pressions en deux groupes (I et II) et situe chaque sources de pression en fonction des différents habitats. Les habitats ouverts représentés par les transects T1, T2, T3 et T5 sont caractérisés par la présence des pistes et des feux de brousse. Dans la zone abritant les habitats fermés on observe les plantations, l'abattage des arbres et l'usage des pesticides. Toutefois, quelques feux de brousse et des pistes sont signalés au sein de cet habitat. Toutes les différentes sources de menace sont observées dans les habitats clairsemés, représentés par les les transects T6, T7, T8, T9 et T10.



Figure 54 : Vues partielles de quelques sources de dégradation des habitats d'amphibiens du Parc national de la Marahoué

- a : régénération de la végétation après le passage du feu.
- b : plantation de bananier après destruction du couvert forestier.
- c : coupe d'arbre au profit des plantations de cacaoyer.
- d : exemple de pesticide utilisé dans les plantations d'anacardes.
- e : plantation cacaoyer.
- f : piste située à proximité d'un champ d'anacardier.

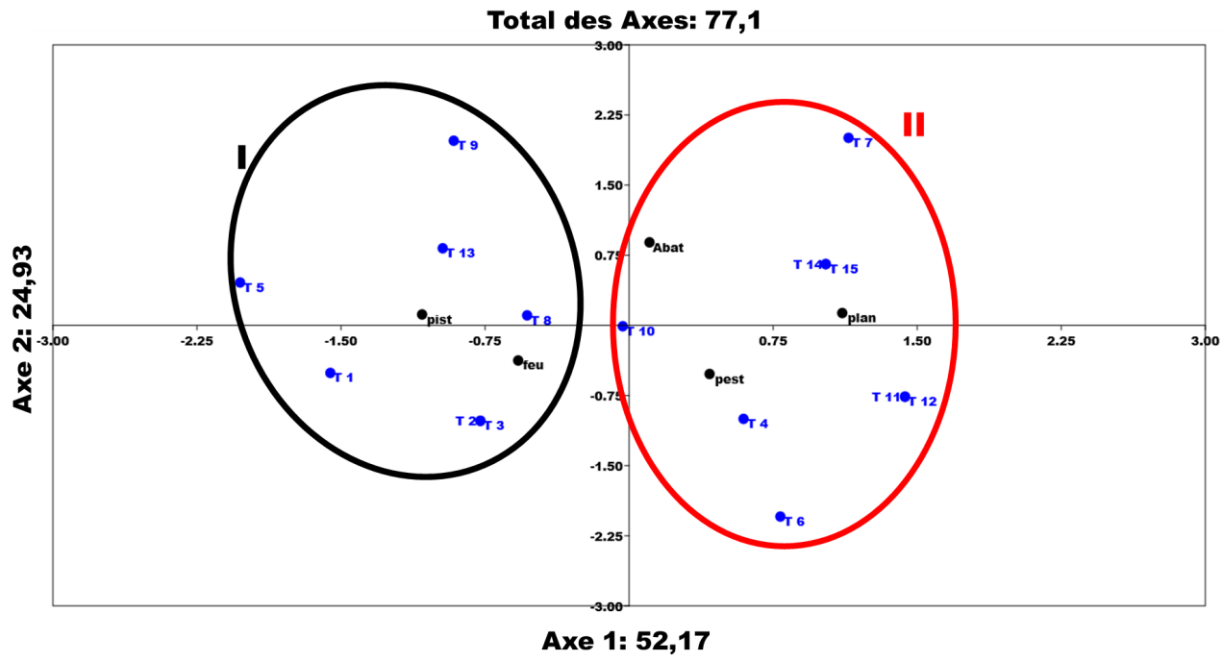


Figure 55 : Répartition des différentes sources de menaces au sein des habitats de la zone d'étude

Pist = pistes

Plan = plantations

Pest = pesticides

Abat = abattage ou coupe des arbres

Feu = feux de brousse

I et II = groupes relatifs aux sources de menaces

III-2- Discussion

L'analyse des résultats de la caractérisation du paysage naturel du PNM montre que les habitats ouverts, clairsemés et fermés sont les différents types d'habitats observés au sein des deux zones caractéristiques de cette aire protégée. Ces différents types d'habitats observés dans le PNM seraient en partie dus à la modification du paysage naturel au profit de l'agriculture et à certaines caractéristiques intrinsèques de cette aire protégée. En effet, dans la zone forestière du parc, la structure des habitats est par endroits caractérisée par des blocs de forêts discontinues, situés souvent dans des zones marécageuses et accidentelles, là où la création des plantations est parfois difficile. Dans cette partie du parc on y trouve également d'anciennes jachères surplantées par certains gros arbres, favorisant ainsi la fermeture de la canopée. Signalons que dans cette partie du parc, des plantations de cacaoyers et de bananiers sont souvent observées. A l'opposé, dans la partie savannicole du parc, le niveau d'ouverture de la canopée est encore plus important. En effet, dans cette zone, une succession de collines des blocs de roches sont observés par endroits. On y enregistre également une abondance d'herbes. Nos observations sont en concordance avec celles de **N'da et al.(2008)**. En effet, lors de leurs travaux sur l'apport de la télédétection dans le cadre du suivi de la déforestation de cette aire protégée, ces auteurs ont présenté les différentes formations végétales observées au sein du PNM. Selon ses résultats, le PNM est caractérisé par trois types de formations végétales : une savane ouverte avec un tapis herbacé; deux types de jachères (une jachère récente et une jachère ancienne), des blocs de forêts denses sèches et des galeries forestières. Pour ces mêmes auteurs, les forêts n'ayant pas subi d'attaques au moment où se réalisait leur étude, étaient celles bordées par le fleuve Bandama, se présentant ainsi comme une frontière naturelle infranchissable. Des résultats similaires ont été présentés par **Pasanen (1998)**. En effet, lors de ses travaux relatifs à l'intégration de la variation de la croissance des arbres en forêt, cet auteur a observé que la proportion des strates herbacées, d'arbustes et d'arbres déterminent l'ouverture ou la fermeture d'un milieu. Par ailleurs, il affirme que les zones de plantations sont favorisées par un fort abattage des arbres pour la lumière aux cultures, ce qui n'est pas sans conséquence sur le degré d'ouverture de la canopée. Notons que cette structure de la végétation que présente le PNM est susceptible d'influencer les différentes variations de la température et de l'humidité relative de l'air observées au sein des différentes zones caractéristiques du parc. En effet, la canopée qui constitue une barrière végétale contre les radiations solaires, atténue l'élévation de la température. Ceci est en faveur d'une augmentation de l'humidité relative de l'air. Un résultat analogue a été rapporté par **Assemian (2009)** à l'issue de ses travaux réalisés sur les amphibiens dans le Parc National du Banco. En effet, cet auteur a

rapporté que les valeurs de la température et de l'humidité relative de l'air présentaient d'importants écarts entre les habitats ouverts et les habitats fermés. Dans ce même ordre d'idée, pour **DeMaynadier & Hunter (1995)** et **Hunter (2003)** l'habitat forestier fournit de l'ombre et de la litière organique, régularise la température du milieu et retient l'humidité. Rappelons que pour **Colburn (2004)**, l'une des conséquences de la déforestation est l'augmentation de la pénétration des rayons lumineux et de la température de l'air.

Les différentes campagnes d'échantillonnage ont permis d'identifier 29 espèces d'amphibiens dans le PNM. L'analyse des habitats préférentiels de ces espèces montre une importante différence entre le nombre d'espèces liées aux types d'habitats forestiers et celui des espèces caractéristiques de la savane et des défriches. Le faible effectif des espèces forestières et la dominance des espèces liées aux défriches et aux habitats savanicoles pourraient se justifier par les pressions anthropiques auxquelles est confrontée cette aire protégée. Cette affirmation est en accord avec celle de **Kouamé (1998)** et **Konan (2009)**. En effet, ces auteurs ont confirmé que le PNM a perdu plus des trois quarts de sa superficie forestière, présentant ainsi un paysage dominé par les habitats savanicoles et liés aux défriches. Cette dégradation de l'habitat n'est pas sans conséquences sur les espèces d'amphibiens qui y sont présentes, et en particulier les espèces inféodées aux forêts. Signalons par ailleurs que ce morcellement des habitats forestiers au profit des plantations serait la principale cause de la raréfaction des espèces liées aux forêts car selon **Blaustein et al. (2010)**; **Hirschfeld & Rödel. (2011)** et **Baker & Willis (2015)**, la persistance des espèces d'amphibiens dans un milieu dépend des exigences en matière d'habitats. En outre, du fait de sa situation sur la diagonale écologique, le PNM devrait abriter une communauté d'amphibiens inféodés en grande partie à la savane et à la forêt dense. Ce qui n'est pas le cas, au regard des proportions des habitats préférentiels caractérisant les espèces inventoriées. Contrairement à nos résultats, **Penner & Gonwouo (2015)**, après avoir réalisé un inventaire des communautés d'amphibiens du site du projet aurifère de Yaouré (Côte d'Ivoire), site situé dans la zone de transition entre la forêt et la savane, ont identifié une importante communauté d'amphibiens appartenant à ces deux écorégions.

Si l'on s'intéresse aux proportions nationales, nous pouvons d'ores et déjà affirmer que la richesse en amphibien du PNM est significative. Cependant, la comparaison de cette richesse spécifique à celle enregistrée dans certaines zones Ouest, Centre et Nord de la Côte d'Ivoire est faible. Il s'agit notamment du Parc National du Mont Sangbé (45 espèces, **Rödel, 2003**), de la réserve de Lamto (40 espèces, **Adeba et al., 2010**), du Parc National du Mont Péko (33 espèces, **Rödel & Ernst, 2003**), du Parc National de la Comoé (33 espèces, **Rödel & Spieler, 2000**), de

la réserve Intégrale du Mont Nimbe (53 espèces, **Kanga et al., 2022**) et du Parc National de Tai (58 espèces, **Rödel & Ernst, 2004 ; Oussou et al., 2022**). Toutefois, les résultats de la présente étude se rapprochent de ceux de **Rödel & Ernst (2003)**, menés sur la diversité des amphibiens de cette même aire protégée. En effet, ces auteurs ont observé de 32 espèces d'amphibiens appartenant toutes à l'ordre des Anoures et subdivisées en 11 familles et 13 genres. De cet effectif, six (6) espèces n'ont pas été retrouvées durant notre étude. Il s'agit de *Kassina schioetzi*, *Phrynobatrachus calcaratus*, *Phrynobatrachus plicatus*, *Ptychadena aequiplicata*, *Ptychadena longirostris* et *Amnirana albolabris*. En revanche, la présente étude a confirmé la présence de quatre (4) espèces d'amphibiens non identifiées par les précédents auteurs. Il s'agit d'*Hyperolius fusciventris*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena pumilio* et *Ptychadena stenocephala*. Cette diminution de la richesse pourrait s'expliquer par la forte anthropisation du PNM. En effet, il convient de rappeler que ces deux dernières décennies cette aire protégée a été l'objet d'intenses intrusions anthropiques, menaçant ainsi sa faune et en particulier les amphibiens qui sont les vertébrés terrestres les plus menacés dans le monde (**Baillie et al., 2010**).

Des liaisons s'établissent entre les trois habitats par l'intermédiaire d'espèces qui n'appartiennent pas strictement à un habitat. La présence d'*Afrixalus dorsalis*, *Arthroleptis poecilonotus*, *Hyperolius concolor*, *Phrynobatrachus gutturosus* et *Ptychadena oxyrhynchus* au sein des différents habitats de notre zone d'étude pourrait s'expliquer par leur capacité d'adaptation aux conditions environnementales et aux modifications paysagères auxquelles est confronté le PNM. En effet, malgré les pressions anthropiques présentes dans cette aire protégée, ces cinq (5) espèces sont observées à la fois dans tous les habitats caractéristiques du parc. En outre, la présence de ces espèces a été antérieurement signalée par **Rödel et Ernst (2003)** lors des premières études menées sur les amphibiens du PNM. Cette capacité d'adaptation de certaines espèces d'amphibiens est rapportée par **Assémian (2009)** et par **Rödel et Branch (2002)**. Le premier auteur a mentionné que dans le Parc National du Banco, certaines espèces d'Anoures étaient à cheval sur plusieurs types d'habitats. Les travaux des seconds auteurs, réalisés dans les forêts classées de Haut – Dodo et de Cavaly ont montré que certaines espèces d'amphibiens étaient observées aussi bien dans les habitats fermés que dans les habitats ouverts de cette forêt classée.

D'une manière générale, la comparaison de la taille (museau – cloaque) des espèces communes aux trois habitats fait ressortir que les plus importantes tailles des spécimens mâles et femelles d'une même espèce sont enregistrées dans les habitats fermés. Plusieurs facteurs expliqueraient cette variation de la taille observée entre les spécimens de ces espèces lorsqu'on passe d'un

habitat à un autre. D'abord, notons que les habitats fermés du PNM sont en grande partie caractérisés par d'anciennes jachères et des blocs de forêts discontinues, dépourvus de toute activité agricole. Cette particularité de ces habitats pourrait favoriser la disponibilité et l'abondance des proies des amphibiens. En outre, c'est dans ces habitats que les plus faibles valeurs de la température et les valeurs élevées de l'humidité de l'air sont enregistrées, ce qui n'est pas sans conséquences sur la dynamique des amphibiens. Contrairement aux habitats fermés, les habitats ouverts et clairsemés du parc sont constamment influencés par des activités agricoles, ce qui influencerait négativement la disponibilité des proies pour les amphibiens, plus particulièrement les insectes qui sont majoritaires dans le régime alimentaire des amphibiens. Cette variation de la température et de l'humidité relative de l'air, associée à celle de la densité des proies au sein des différents habitats d'échantillonnage des amphibiens du PNM seraient à l'origine de la variation de la tailles des différents spécimens d'une même espèces. Plusieurs auteurs affirment que l'abondance des proies est liée aux sites d'échantillonnage et varie entre les paysages naturels et / ou dominés par les activités humaines. En effet, au cours de leurs travaux portant sur la morphologie et le régime alimentaire de la grenouille *Hoplobatrachus occipitalis*, **Codjo et al. (2012)** ont eu pour sites d'échantillonnage trois bassins hydrographiques du Bénin. Après analyse des résultats obtenus, ces auteurs ont observé une différence de la taille des spécimens adultes de cette espèce entre les différents habitats d'échantillonnage. De même **Inger et Marx (1961)**, lors de leur étude sur le régime alimentaire des amphibiens ont affirmé que la différence de taille observée entre les spécimens d'une même espèce d'amphibien serait fonction de la qualité des habitats et des ressources alimentaires disponibles.

Aucune des espèces enregistrées au cours cette étude n'est répertoriée comme menacée sur la liste rouge du statut de conservation des espèces d'amphibiens d'Afrique. Précisons que toutes les espèces identifiées dans le PNM sont classées dans la catégorie préoccupation mineure. Selon les caractéristiques de la catégorie préoccupation mineure (LC), toutes les espèces d'amphibiens du PNM sont largement répandues et abondantes. Toutefois, notons que parmi les espèces inventoriées lors de cette étude, cinq (5) sont caractérisées par une faible population et ont une répartition restreinte. Il s'agit de *Xenopus tropicalis*, *Leptopelis spiritunotus*, *Hemisus marmoratus*, *Afrixalus vittiger* et *Afrixalus weidholzi*. Nous supposons que les statuts considérés pour la catégorisation de ces espèces sont les résultats des évaluations faites au niveau continental Africain. Il est donc possible que ces espèces soient dans des catégories menacées si une évaluation se faisait au niveau local ou régional. En effet, selon les travaux de **Ayoro et**

al.(2021), relatifs à la diversité des espèces d'amphibiens du Burkina Faso, une espèce classée à grande échelle comme LC peut être en danger critique dans une évaluation à petite échelle.

L'analyse saisonnière des fréquences d'abondance et des fréquences d'occurrence des différentes espèces inventoriées au sein de chaque habitat indique que l'abondance spécifique et le nombre d'espèces des habitats sont enregistrés pendant la saison pluvieuse. Ces résultats pourraient se justifier par les conditions environnementales enregistrées à cette période. En effet, cette saison est caractérisée par la disponibilité en eau et en diverses ressources indispensables pour les amphibiens. La saison pluvieuse représente également la période de reproduction des amphibiens. A cela, s'ajoutent une baisse de la température et l'élévation de l'humidité relative de l'air. Nos résultats se rapprochent de ceux rapportés par différents auteurs. Ainsi, **Tohé et al. (2008)**, au cours de leur travaux sur le déterminisme des coassements des Anoures de la ferme piscicole du Parc National du Banco ont observé l'influence des précipitations, de la température et de l'humidité relative de l'air sur le comportement nyctéméral des amphibiens. En effet, pendant cette période, une baisse de la température et l'augmentation de l'humidité relative de l'air favorisent une intense activité des coassements des amphibiens. Pour **Bickford et al. (2010) et Hof et al. (2011)**, la distribution géographique des amphibiens est largement déterminée par les précipitations et la température. Par conséquent, le changement de ces paramètres pourrait impacter négativement leurs distributions. **Wells (2007)** ainsi que **Friskoff et al. (2015)** affirment que tout le processus physiologique incluant l'alimentation, la croissance et le développement, le cycle de reproduction, la locomotion et le système de communication (la biologie sensorielle) des amphibiens est dépendant de la température, de la disponibilité de l'eau et de micro habitats humides. En revanche, la saison sèche est caractérisée par l'intrusion de vents secs dans les différents milieux, la réduction de l'humidité, l'élévation de la température et l'augmentation des radiations solaires, ce qui occasionne de véritables changements au niveau de l'habitat des amphibiens d'où la faible abondance des espèces observées en saison sèche (**Malcolm, 1998; Tabarelli et al., 1999 ; Laurance, 2002**).

L'analyse de la variation saisonnière de la richesse spécifique par habitat fait ressortir que cette richesse varie dans le même sens pour l'ensemble des habitats. En effet, dans chaque habitat, une augmentation du nombre d'espèce a été notée durant la saison pluvieuse, suivie d'une réduction progressive pendant la saison sèche. Cette variation pourrait avoir plusieurs explications. Parmi celles-ci l'on peut énumérer une distribution inégale des amphibiens dans les différents transects échantillonnés, la mœurs des espèces ou leur niveau de prédilection. Tous ces facteurs sont susceptible d'influencer la dynamique de ces espèces au sein d'un habitat. Selon **Acemav**

(2003), C'est au cours de cette phase du cycle annuel que les amphibiens présentent un fort taux d'activité.

Les variations de l'indice de Shannon-Weaver au niveau des habitats sont étroitement liées à la variation de la richesse spécifique du peuplement d'amphibiens. Considérant les habitats, les plus grandes valeurs de cet indice ont été celles calculées en saison pluvieuse. Ce qui signifie que c'est durant cette période que les différents habitats ont la plus forte diversité d'amphibiens. Les plus faibles valeurs de cet indice, sont celles obtenues durant la saison sèche, mieux aux moments où les habitats présentent une faible diversité spécifique en amphibiens. En s'intéressant aux variations des valeurs de l'indice de Shannon-Weaver, retenons que sur l'ensemble des trois habitats échantillonnés, l'indice varie en moyenne entre 1,43 et 2,87 avec des valeurs extrêmes atteignant 2,91 (valeur maximale). Les valeurs enregistrées de cet indice de diversité permettraient de dire que le peuplement d'amphibiens de notre zone d'étude serait relativement diversifié. En outre, ces moyennes seraient le reflet de l'existence de conditions idoines à l'activité des amphibiens. D'après **Frontier (1983)**, dans les milieux diversifiés, l'indice de diversité de Shannon ne dépasse guère 4,5. Toutefois, au regard des valeurs extrêmes enregistrées il convient de souligner que cette diversité présente quelques fluctuations. Les faibles valeurs enregistrées surtout lors de la saison sèche pourraient s'expliquer par l'effet de la sécheresse car ce phénomène traduirait des épisodes de dominance de quelques espèces. Bien que relativement équilibrée, le manque de parallélisme entre l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité pourrait signifier qu'il existe de légères phases d'instabilité dans la dynamique spatio-saisonnière du peuplement d'amphibiens inventoriées. En effet, selon les critères de **Dalton** revus par **Jost (2006)** et **Tuomisto (2010)**, l'équitabilité augmente quand un individu est transféré d'une espèce constante à une espèce rare ou accidentelle et diminue quand une espèce accidentelle est ajoutée. Celle-ci serait caractérisée par une multiplication rapide et brève de quelques espèces qui prendraient tour à tour un caractère dominant dans le peuplement. Notons que les résultats de la présente étude montrent qu'au sein des habitats fermés, *Arthroleptis poecilonotus*, *Hyperolius picturatus* et *Phrynobatrachus gutturosus* constituent les espèces les plus abondantes durant les deux saisons climatiques. Concernant les habitats ouverts et clairsemés, *Phrynobatrachus latifrons* est caractérisée par une abondance supérieure à celle des autres espèces pendant les deux saisons climatiques. Cette différence d'abondance au profit de *Phrynobatrachus latifrons* pourrait se justifier par fait que cette espèce peut coloniser des milieux très anthropisés. Par contre, certaines espèces notamment les plus exigeantes sur le plan écologique sont liées à un milieu particulier et par conséquent, elles sont plus vulnérables aux

changements des facteurs écologiques dues aux modifications de leurs habitats (**Rabah, 2010**). Tel est le cas des espèces *Xenopus tropicalis*, *Afrixalus vittiger* et *Afrixalus Weidholzi*, caractérisées par une faible dispersion.

La batrafaune du PNM présente une importante diversité dans les habitats clairsemés. Cette affinité des espèces à cet habitat pourrait s'expliquer par la mosaïque d'habitats y observée. En effet, le paysage de cet habitat est caractérisé par une combinaison du paysage des habitats ouverts et fermés, ce qui n'est pas sans conséquences sur la disponibilité des amphibiens. Par ailleurs le nombre similaire d'espèces que partagent en commun les habitats ouverts et clairsemés reflète la nature des conditions écologiques qui joue un rôle important dans la répartition des espèces. Précisons que selon les résultats de la similitude de la composition spécifique des habitats, ces deux habitats sont caractérisés par une similitude de 88,4 %.

L'analyse de l'influence des paramètres environnementaux sur la distribution des espèces d'amphibiens inventoriées dans le PNM a permis de montrer qu'excepté *Arthroleptus poecilonotus*, *Leptopelis spiritunotus* et *Hyperolius Picturatus* qui sont corrélées à la canopée, à la litière et aux arbres; la majorité des espèces sont fortement corrélées aux formations herbeuses et à l'eau. Nous comprenons par ces résultats que les milieux aquatiques ou humides généralement couverts de plantes enracinées ou flottantes sont indispensables pour plusieurs espèces d'amphibiens. Toutefois, soulignons que les exigences écologiques dues aux caractéristiques morphologiques de certaines espèces pourraient contraindre ces dernières à être inféodées à ces deux variables environnementales. Tel est le cas de *Xenopus tropicalis* et *Hoplobatrachus occipitalis* dont le niveau de développement de leurs palmures natatoires les contraint à avoir pour habitats de prédilection les zones boueuses et aquatiques. Des études (**Schiøtz, 1967; Segniagbeto et al., 2007 ; Rödel, 2010 et Dewulf et al., 2012**) ont montré cette affinité des espèces d'amphibiens à l'eau et aux habitats herbacés. Les deux premiers auteurs affirment que *Xenopus tropicalis*, *Sclerophrys maculata* et *Hoplobatrachus occipitalis* sont très liées à l'eau. Pour **Rödel (2010)**, la majorité des espèces appartenant à la famille des Hyperolidae sont reconnues pour être inféodées aux formations herbeuses et aux ruisseaux. Selon les derniers auteurs, les surfaces aquatiques couvertes de végétation sont des milieux où un écosystème complexe a eu le temps de se mettre en place, de ce fait les amphibiens y sont en grand nombre car ces sites leur offrent une grande quantité de cachette, de support de ponte, tout en leur facilitant l'accès à des ressources alimentaires. Des résultats analogues ont été rapportés par les auteurs suivants : **Assemian et al., 2006; Rödel, 2010; Kouamé, 2014 et Ayoro, 2021**. En effet, pour ces derniers la majorité des espèces appartenant à la famille des Ptychadenidae ont une forte

préférence pour les habitats ouverts, caractérisés par les herbes et situés à proximité des plans d'eau. Dans le PNM, *Arthroleptus poecilonotus* et *Leptopelis spiritunotus* caractérisent bien leurs milieux. En effet, se référant aux habitats de préférence, ces deux espèces ont une forte affinité aux forêts denses mais peuvent fréquenter des forêts dégradées. Des observations similaires ont été faites par **Ayoro (2021)** lors de ses travaux relatifs à la diversité et à la distribution des espèces d'amphibiens du Burkina Faso. En effet, cet auteur a signalé la présence de ces deux espèces dans des milieux fermés, caractérisés par une forte densité d'arbres. Toutefois, la prise en compte de certaines variables supplémentaires (la profondeur et la température des mares, ainsi que leur taux de couverture en espèces végétales) aurait sans doute permis de faire ressortir d'autres éléments sur l'écologie des espèces en présence, notamment les caractéristiques des points d'eau affectionnés par chaque espèce.

Sur la base des différents types de saisons, de la distribution spatiale et des types de campagnes d'échantillonnage, la SOM a permis de mettre en évidence des catégories d'échantillons. Le groupe I majoritairement formé par les transects des habitats fermés a une faible richesse spécifique. Alors que les groupes II et III dominés par les transects des habitats ouverts et clairsemés ont les richesses spécifiques les plus élevées. Cette composition spécifique présentée par ces différents groupes met en relief l'importance de la diversité des micro habitats pour le maintien des populations d'amphibiens. En effet, le nombre similaire d'espèces que partagent en commun les habitats ouverts et clairsemés du PNM, reflète la nature des conditions écologiques, notamment du couvert végétal qui joue un rôle important dans la répartition des espèces. Précisons que la similarité entre ces deux habitats est également confirmée par l'indice de similitude des soresen qui montrent que le coefficient de similarité entre les habitats ouverts et les habitats clairsemés est le plus important avec 88,4 %. Cet état de fait a été rapporté par **Angot (2015)**. En effet, cet auteur a indiqué que les différentes adaptations des espèces d'amphibiens aux variables environnementales soulignent la nécessité d'avoir une mosaïque d'habitats pour satisfaire le mieux aux besoins de ces espèces.

En outre, l'effet saison observé au sein de chaque groupe serait lié à la reproduction et à la variation saisonnière des ressources alimentaires. En effet, lors des différentes campagnes d'échantillonnage, les plus importantes abondances relatives et l'intensité des coassements des individus mâles ont été enregistrés durant la saison pluvieuse. Une explication plausible à ce constat serait que la reproduction des amphibiens est liée à la saison pluvieuse. Nos résultats semblent en accord avec ceux de **Tohé (2008)** obtenus à l'issue de ses travaux relatifs à l'étude de la reproduction de trois espèces d'amphibiens Anoures des habitats dégradés. En effet, le

présent auteur a observé que la reproduction de chacune des espèces étudiées se situe pendant la saison pluvieuse. Pour **Murith (1981)**, la sécheresse inhibe toutes les activités sexuelles des amphibiens que sont les coassements, l'accouplement et la ponte. **Acmau (2003)** va plus loin en affirmant que de façon générale, les amphibiens présentent un taux d'activité différent en fonction des saisons.

L'influence des saisons sur le régime alimentaire a déjà été rapportée par plusieurs auteurs (**Toft, 1980 ; Dieto, 2002 et Tohé, 2008**). Le premier auteur indique que le régime alimentaire des amphibiens peut présenter de profondes différences en fonction des saisons. Le second auteur a mené des travaux sur l'entomofaune et la stratégie alimentaire des poissons du genre *Brycinus*. Les résultats obtenus lui ont permis d'affirmer que chez de nombreuses espèces d'insectes la reproduction a lieu pendant la saison pluvieuse. Le troisième auteur soutient les affirmations du premier auteur en précisant que les ressources alimentaires des amphibiens sont abondantes en saison pluvieuse et réduites en saison sèche.

Enfin, l'influence de la campagne d'échantillonnage observée au sein de chaque groupe définit par la SOM serait fonction des mœurs des différentes espèces d'amphibiens inventoriées. Ce constat peut être mis en évidence par les familles des Hyperoliidae et Phrynobatrachidae. En effet, toutes les espèces inventoriées, appartenant à la famille des Hyperoliidae sont de mœurs nocturnes ou crépusculaire. Par contre, celles appartenant à la famille des Phrynobatrachidae sont de mœurs diurnes. Ce résultat s'aligne sur celui de **Rödel (2000)** qui a montré que certaines espèces d'Anoures sont exclusivement nocturnes ou crépusculaires. De ce fait elles sont plus difficilement observées en plein jour du fait de l'effet néfaste du rayonnement solaire. Par contre, il existe des espèces seulement actives le jour. Toutefois, rappelons que certaines espèces inventoriées durant cette étude sont à la fois de mœurs diurne et nocturne, tel est le cas des espèces *Amnirana galamensis* et *Hoplobatrachus occipitalis* pour ne citer que ces deux.

L'analyse des valeurs indicatrices a permis d'identifier les espèces caractéristiques des groupes de transects (I, II et III) définis par la classification des transects. Cette analyse montre que les différents groupes sont caractérisés par un faible effectif d'espèces indicatrices. Cet effectif d'espèces caractéristiques explique le niveau d'anthropisation du PNM. En effet, ces pressions anthropiques touchent affectent tous les différents habitats de cette aire protégée. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Kouakou et al. (2018)**. Selon cet auteur, tout comme les forêts, les savanes du PNM sont également touchées par les activités anthropiques. Il poursuit en indiquant qu'avec la raréfaction des forêts, les populations se tournent de plus en plus vers les savanes afin

de mener leurs activités. Ainsi, les forêts de cette aire protégée ont pour la plupart disparu, laissant ainsi la place à des fragments de forêts.

L'exploitation agricole, les feux de brousse, les pistes d'intense trafics, les pesticides et la coupe des arbres ont été identifiés comme les différentes menaces affectant les populations d'amphibiens présentes dans le PNM. Toutefois il est important de souligner que toutes ces différentes sources de dégradation des habitats sont directement liées aux activités agricoles. En effet, dans la zone dite forestière du PNM la réalisation des cultures de spéculation (la cacao culture et les bananeraies) a occasionné la disparition de plusieurs surfaces boisées. Contrairement à la coupe des arbres enregistrée en zone forestière, dans la partie savannicole du parc les feux de brousse sont généralement observés. L'entretien des surfaces agricoles nécessite l'usage de fertilisants et de pesticides. En effet, les pesticides sont utilisés pour la lutte contre les mauvaises herbes, les insectes, les oiseaux et certains rongeurs dévastateurs des cultures. L'accès à ces surfaces agricoles a eu pour conséquences la naissance de plusieurs pistes ou passages empruntés par les paysans, les chasseurs et divers engins (motos, tricycles et des véhicules). Précisons que pendant la période de récolte ces pistes et routes jouent un important rôle pour le transport des produits agricoles. Nos résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (**N'goran, 2008; Dibi et al., 2008; Kouakou, 2018**) ayant réalisé des travaux de recherches dans le PNM.

Selon **N'goran (2008)** et **Kouakou (2018)**, au nombre des parcs nationaux que compte la Côte d'Ivoire la plus soumise aux pressions anthropiques est le PNM. Pour ce même auteur, la situation de ce parc est particulièrement préoccupante à cause des pressions anthropiques que cette aire protégée subit de façon continue. Il précise que la plus grande menace anthropique observée dans ce parc est l'exploitation agricole, pratiquée dans la zone savannicole comme dans la zone forestière. Cette activité a occasionné la destruction des habitats pour quasiment toutes les espèces vivant dans ce milieu. Ils signalent également que les motos et les petits camions circulent librement dans cette aire protégée. Dans cette optique, le second auteur (**Dibi et al., 2008**) a rapporté que chaque année, dans cette aire protégée on enregistre des feux tardifs qui sont pratiqués par les chasseurs ou les paysans à une période où la végétation a complètement desséché. L'auteur indique qu'à l'opposé de la strate herbacée qui se renouvelle dès les premières pluies, l'une des conséquences de ses feux est la disparition d'une partie de la strate arbustive.

Les différentes menaces identifiées dans le PNM affectent directement et indirectement les populations d'amphibiens qui y sont présents. Dans leurs travaux de recherche, plusieurs auteurs

ont largement documenté l'influence de ces menaces sur les populations d'amphibiens. Relativement aux impacts liés à l'usage des produits chimiques, **Ouellet et al. (1997)** affirment que la perméabilité cutanée et le cycle de vie biphasique des amphibiens expliquent leur sensibilité particulière à l'exposition aux produits toxiques. En effet, ces pesticides contaminent les milieux aquatiques par application directe ou indirecte sur la nappe phréatique (**Ouellet et al., 1997**). Pour **Eigenbrod et al. (2009)**, l'une des conséquences de ces produits chimiques est une incidence élevée de malformations des pattes (ectromélie et ectrodactylie) chez les amphibiens Anoures. Selon **Guerry & Hunter (2002)**, certaines pratiques agricoles utilisées dans l'habitat terrestre affectent négativement les amphibiens jusque dans les milieux humides par le ruissellement des produits chimiques. En outre, les herbicides et les insecticides utilisés en agriculture réduisent la présence des algues, du périphyton et du zooplancton et peuvent donc avoir un impact négatif sur le taux de croissance des têtards bien après leur application (**Semlitsch, 1998**).

Concernant la coupe des arbres ou la déforestation, pour **Rothermel & Semlitsch (2002)** et **Renken et al. (2004)** la fragmentation du milieu forestier ralentit la dispersion de certaines espèces d'amphibiens et dégrade le potentiel de l'habitat forestier en modifiant la disponibilité de débris ligneux au sol. Ces auteurs précisent que l'habitat forestier fournit de l'ombre et de la litière organique, régularise la température du milieu et retient l'humidité. Il en est de même pour **Findlay & Houlihan (1997)** qui indiquent que le couvert forestier est associé à la richesse en espèces herpétofauniques.

Lamotte (1981) a mis en évidence l'impact des feux de brousse sur les populations d'amphibiens. En effet, il précise que les feux de brousses influencent directement les amphibiens en les tuant ou les obligeant à migrer du fait d'une perturbation de l'habitat et d'une diminution brutale des ressources alimentaires, ce qui n'est pas sans conséquence sur leur abondance et richesse. Les résultats des travaux de **Findlay & Houlihan (1997)** et **Eigenbrod et al. (2009)** rapportent que tout comme les zones de cultures et d'abattage des arbres, les routes et les pistes dégradent considérablement les habitats et influencent la dynamique des populations d'amphibiens par le morcellement des habitats en mosaïque. Cela occasionne également l'isolement de certaines populations et les écrasements de certains individus par les engins lors des déplacements migratoires en direction des sites de reproduction. Dans cette optique, **Findlay & Houlihan (1997)** affirment que la diversité herpétologique diminue en fonction de la densité routière.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Cette étude visait à fournir des informations scientifiques sur la composition du peuplement d'amphibiens du PNM, en vue d'améliorer l'état de leur connaissance et élaborer des stratégies pour leur protection efficace et durable.

Les résultats de l'étude ont montré l'existence de trois (3) types d'habitats au sein de cette aire protégée. Il s'agit des habitats ouverts, dominés par des formations herbeuses, auxquelles s'associent quelques arbustes. Les habitats clairsemés correspondent au second type d'habitat observé dans le PNM sont fortement dominés par des arbustes et quelques plantations de cacaoyers, de caféiers et d'anacardiens. Enfin, nous avons les habitats fermés, caractérisés par des fragments de forêts secondaires discontinues.

Les différentes campagnes d'échantillonnages réalisées dans ces différents habitats ont permis d'inventorier 29 espèces d'amphibiens appartenant toutes à l'ordre des amphibiens Anoures. Ces 29 espèces sont réparties en 10 familles et 13 genres. Les résultats de la présente étude ont confirmé quatre (4) espèces (*Hyperolius fusciventris*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena pumilio* et *Ptychadena stenocephala*) d'amphibiens non inventoriées au cours de l'étude antérieure relative aux amphibiens du PNM.. Malgré les menaces auxquelles ces animaux sont confrontés, certaines espèces d'amphibiens sont capables de survivre dans cette aire protégée, ce qui n'est pas le cas pour d'autres espèces, notamment celles qui n'ont pas de forte capacité d'adaptation. Cette richesse spécifique présente une variation en fonction des trois types d'habitats prospectés. Ainsi, 40,68 % des espèces inventoriées ont été identifiées dans les habitats ouverts, contre 45,76 % et 13,56 % identifiées respectivement dans les habitats clairsemés et fermés.

La distribution des amphibiens de cette aire protégée est largement déterminée par les variables environnementales et les saisons climatiques. Au nombre des pressions anthropiques identifiées dans cette aire protégée, les activités agricoles occupent une proportion importante. Le faible effectif des espèces inféodées aux forêts témoigne de la disparition galopante des habitats forestiers initialement caractéristiques du paysage naturel du PNM. Selon la classification de l'UICN, toutes les espèces inventoriées dans le PNM sont répertoriées comme ayant un statut de conservation « préoccupation mineure ». Toutefois, l'on pourrait s'attendre à un avenir sombre pour ces espèces, en raison de l'augmentation de la dégradation et de la perte de leurs habitats dans cette aire protégée.

Recommandations

La présente étude a permis d'actualiser les données scientifiques concernant le peuplement d'amphibiens du Parc National de la Marahoué. Au regard des différentes pressions auxquelles ces animaux sont confrontés, nous appelons tous les acteurs à entreprendre des actions allant dans le sens de la réhabilitation de cette aire protégée. Ainsi :

- l'Etat de Côte d'Ivoire à travers l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR)

doit prendre des mesures plus fermes en appuyant les actions déjà existantes pour la protection des différents habitats du parc (les amphibiens du fait de leurs particularités biologiques et écologiques peuvent fortement contribuer à ce processus).

- Au monde scientifique

Nous encourageons les recherches sur la biodiversité animale et végétale du PNM afin d'identifier les espèces en présence et mener des actions en vue de les protéger.

- Aux populations locales

Nous encourageons les populations locales à soutenir les actions allant dans le sens de la réhabilitation du Parc National de la Marahoué (car au-delà des services écosystémiques que produit le Parc National de la Marahoué, elles tireront profit des bénéfices financiers de l'écotourisme).

Perspectives

Les résultats de cette étude sont considérés comme l'une des bases de données pour les recherches à venir sur les amphibiens du PNM. Nous souhaitons que d'autres travaux suivent pour compléter et enrichir cette base de données. Dans cette optique, les perspectives suivantes sont suggérées :

- réaliser des inventaires complémentaires en s'orientant vers les zones non prospectées du PNM. Cela permettrait de rechercher les espèces d'amphibiens non observées durant la présente étude et d'évaluer au mieux la biodiversité de la batrafaune de cette aire protégée;

- mettre en place une politique de gestion des îlots de forêts et des plans d'eau permanents du PNM. Ces sites constituent des habitats indispensables et uniques pour les amphibiens et de nombreuses espèces animales;

- établir un programme de suivi des populations d'amphibiens de cette aire protégée car du point de vue national, une importante richesse en amphibien y a été identifiée.

REFERENCES

- Acemav C., Duguet R. & Melki F. (2003). Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Collection Parthénopé, édition Biotope, Mèze (France), 480 p.
- Adeba P.J., Kouassi P & Rödel M.O. (2010). Anuran amphibians in a rapidly changing environment – revisiting Lamto, Côte d'Ivoire, 40 years after the first herpetofaunal investigations. *African Journal of Herpetology*, 59 : 1-18.
- Adjanooun E. & Guillaumet J.L. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In Avenard, J.M. *et al.* Le milieu naturel de Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM N°50, 262 p.
- Adou Y.C., Denguéadé S., Blom E., N'guessan K.E. & Rompaey R.S.A. (2001). Etude de la diversité floristique dans le sud du Parc National de Taï. In BIOTERRE, Rev. Inter. Sci. de la Vie et de la terre, N° spécial, 2002. Actes du colloque international, Centre Suisse du 27-29 Août 2001, p 49-58.
- Ahui J.A. (1999). Etude socio-économique et démoforestier, Parc National de la Marahoué. Rapport de Conservation International, Bouaflé, Côte d'Ivoire, 10 p.
- Akoué Y.C. (2012). La conservation des aires protégées dans un contexte conflictuel: le cas du Parc National de la Marahoué en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en Sciences et Gestion de l'Environnement. Université-d'Abobo Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 329 p.
- Alhoniemi E., Himberg J. & Vesanto J. (2000). Som tooiboox. Disponible à [http : //www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox](http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox). Consulté le 5 Août 2021.
- Amiet J.L. (1987). Aires disjointes et taxons vicariants chez les anoues du Cameroun : implications paléoclimatiques. *Alytes*, 6 : 99-115.
- Angot D. (2015). Atlas de la biodiversité Chalonnaise. Mémoire de Licence Professionnelle. Biologie appliquée aux écosystèmes exploités. Université de Calonne, 71 p.
- Angulo A. (2008). Consumption of Andean frogs of the genus *Telmatobius* in Cusco, Peru: recommendations for their conservation. *TRAFFIC Bulletin*, 21: 95-97.
- Anonyme (2020). Historique des données climatiques des stations météorologiques de Yamoussoukro, Gagnoa et Daloa de 1991 à 2020. [En ligne] : <http://www.tutiempo.net/climat.html> (consulté le 15 décembre 2024).
- Arfé B. (2015). Oral and written discourse skills in deaf and hard of hearing children : the role of reading and verbal working memory. *Topics in Language Disorders*, 35 : 180-197.

- Assemian N.E., Kouamé N.G., Tohé B., Gourène G. & Rödel M.O. (2006). The anurans of the Banco National Park, Côte d'Ivoire, a threatened West African rainforest. *Salamandra*, 42: 41–51.
- Assemian N.E. (2009). Systématique, diversité et dynamique spatio-temporelle du peuplement d'amphibiens d'une aire protégée Ouest africaine (Parc National du Banco ; Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, faculté des Sciences et Gestion de l'Environnement, 214 p.
- Aké-Assi L. (1984). Flore de la Côte-d'Ivoire : Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Tome I, II, et III. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, F.A.S.T., Université d'Abidjan, 1205 p.
- Ayoro J.H., Nicolas V., Segniagbeto G.H., Hema E.M., Ohler A. & Kabré G.B.(2021). Potential impact of climate change on spatial distribution of two savannah amphibian species in West Africa. *African Journal of Ecology*. 4 : 878-889.
- Baillie J.E.M., Griffiths J., Turvey S.T., Loh J. & Collen B. (2010). Evolution lost: status and trends of the world's vertebrates. Zoological Society of London, United Kingdom, 72 p.
- Baldwin R.F., Calhoun A.J.K., & De Maynadier P.G. (2006). Conservation planning for amphibian species with complex habitat requirements; a case study using movements and habitat selection of the wood frog *Rana sylvatica*. *Journal of Herpetology*, 40 : 442-453.
- Baker D.J. & Willis S.G. (2015). Impacts attendus du changement climatique sur la biodiversité des aires protégées d'Afrique de l'Ouest. UNEP-WCMC, Rapport technique. <http://www.parcc-web.org>, <http://parcc.protectedplanet.net/en>.
- Barbault R. (1981). Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. 5^e édition, Paris, Dunod : 326 p.
- Bickford D., Howard S.D. & Sheridan J.A. (2010). Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity Conservation*, 19 : 1043e1062.
- Blaustein A.R., Wake D.B. & Sousa W.P. (1994). Amphibian declines : judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology*, 8 : 60-71.

- Blaustein A.R. & Belden L.K. (2003). Amphibian defenses against ultraviolet-B radiation. *Evolution & Development*, 5, 89-97.
- Blaustein A.R., Walls S.C., Bancroft B. A., Lawle J.J., Searle C.L. & Gervasi S.S. (2010). Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. *Diversity*, 2 : 281-313.
- Blaustein J., Sadeh A. & Blaustein L. (2014). Influence of fire salamander larvae on among-pool distribution of mosquito egg rafts: oviposition habitat selection or egg raft predation? *Hydrobiologia*. 723: 157–165.
- Blondel J. (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique ; I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). *La Terre et la Vie*, 29 : 533-589.
- Blondel J. (1979). Biogéographie et Ecologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
- Bonnehin L. (2006). Le profil de la zone périphérique du parc national de Taï. Quel potentiel pour la conservation de ce parc, Abidjan, OIPR/GTZ, 81p.
- Bourgeois P.A. (2008). L'importance des Amphibiens pour la conservation des petits fragments de forestiers dans les forêts tropicales humides. 153 p.
- Brodman R. & Dorton R. (2006). The Effectiveness of pond-breeding salamanders as agents of larval mosquito control. *Journal of Freshwater Ecology*, 21: 467-474.
- Brosse S., Dauba F., Oberdorff T. & Lek S. (1999). Influence of some topographical variables of the spatial distribution of lake fish during summer stratification. *Archiv für Hydrobiologie*, 145 : 359-371.
- Channing, A., (2001). Amphibians of Central and Southern Africa. Cornell University press, Ithaca, New York : 470 p.
- Channing A. & Rödel M.O. (2019). Field guide to the frogs and other amphibians of Africa. Struik Nature, Cape Town, South Africa. 408 p.
- Chatelain C. (1996). Possibilités d'application de l'imagerie à haute résolution pour l'étude de la transformation de la végétation en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Genève, 206 p.
- Chatelain C., Gautier L. & Spichiger, R. (1996). A recent history of forest fragmentation in south-western Ivory Coast. *Biodiversity and Conservation*, 5 : 37-53.

- Codjo L., Attakpa E.Y., Pelebe R.O.E., Abahi K.S., Orou-Seko C.A., Sidi Z.O.M. & morou I.T. (2012). Morphologie et régime alimentaire de la grenouille *Hoplobatrachus occipitalis* (Gunther, 1858) au Bénin : Un pas essentiel vers son élevage. *Journal of Innovation and Scientific Research*, 58 : 83-94.
- Colburn E.A (2004). Natural history and conservation. Mc Donald & Woodward Publishing Company Blacksburg Virginia. 426 p.
- Collins J. P. & Crump M. L. (2009). Extinction in our times: Global Amphibian Decline. Oxford University. 304 p.
- Dagnelie P. (1975). Analyse statistique à plusieurs variables. Presses agronomiques de Gembloux. Université de Californie, 362 p.
- Dajoz R. (1982). Précis d'écologie. 7ème Edition. Dunod, Paris, 615 p.
- Dajoz R. (2000). Précis d'écologie. 7ième édition. Dunod, Paris, 615 p.
- Degani G., Sharon R & Warburg M. (1996). Ovarian Steroid Levels in Salamandra Salamandra Inframaculata during the Reproductive Cycle. *Gen Comp Endocrinol*, 106 : 356-360.
- De Maynadier P.G. & Hunter M.L. (1995). The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature. *Environmental Reviews*, 3 : 230-261.
- Dewulf L., Béguin L & Souvignet N. (2012). Inventaire des zones humides ponctuelles et leur rôle comme site de reproduction des amphibiens en Isère Rhodanienne, 127 p. <http://www.faune-isere.org/>consulté le 05/05/2019)
- Dirzo R. & Raven P.H. (2003). Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources*, 28 : 137-167.
- Dibi N.H., N'guessan K.E., Wadja E.M & Affian K. (2008). Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le ParcNational de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Rev Télédét* 8 (1) : 17 - 34.
- Dietoa Y.M. (2002). Entomofaune et stratégies alimentaires des poissons du genre *Brycinus* (Characidae) en milieux fluviatiles et lacustres (Bassins Bia et Agnébi ; Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat de l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 261 p
- Duellman W. E & Trueb L. (1986). Biology of amphibians. McGraw-Hill, New York, 670 p.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a

- flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345-366.
- Dunson W.A., Wyman R.L. & Corbet E.S. (1992). A symposium on amphibian declines and habitat acidification. *Journal of Herpetology*, 26 (4) : 349-352.
- Edia O.E. (2008). Diversité taxonomique et structure des communautés de l'entomofaune des rivières côtières Soumié, Eholié, Ehania, Noé (Sud-est, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 171 p.
- Edia, O.E., Castella, E., Konan, M. K., Gattolliat, J.L. & Ouattara, A. (2016). Diversity, distribution and habitat requirements of aquatic insect communities in tropical mountain streams (South-eastern Guinea, West Africa). *Intational. Journal. Limnology.*, 52 : 285-30
- Eigenbrod F., Stephen J., Hecnar & Fahrig L. (2009). Accessible habitat : an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. *Landscape Ecology*, 23 : 159-168.
- Evans S.E & Sigogneau-Russell D. (2001). A stem-group caecilian (Lissamphibia: Gymnophiona) from the Lower Cretaceous of North Africa. *Paleontology*, 44: 259-273.
- Etien D.T., Vroh B.T.A., Adou Yao C.Y. & N'guessan K.E. (2018). Diversité Des Espèces Herbacées Et Lianescentes De La Forêt Classée Du Haut-Sassandra (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire) Après Plusieurs Années d'exploitation Forestière. *European Scientific Journal*, 14(18) : 1857 – 7881.
- Faria D., Paciencia M.L.B., Dixo M., Laps R.R. & Baumgarten J. (2007). Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two/contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16 : 2335-2357.
- Faurie C., Ferra C., Médori P., Dévaux J. & Hemptinne J.L. (2006). Ecologie, approche scientifique et pratique. Edition Tec & Doc (Lavoisier), Paris, 405 p.
- Findlay C.S. & Houlihan J. (1997). Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation Biology*, 11(4) : 1000-1009.
- Frishkoff L.O., Hadly E.A. & Daily G.C. (2015). Thermal niche predicts tolerance to habitat conversion in tropical amphibians and reptiles. *Global Change Biology*, 21 : 3901-3916.

- Frontier S. (1983). Stratégies d'échantillonnage en écologie. *Masson*, Paris. 494 p.
- Frost D.R. (2023). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (05 April 2023). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001
- Jacob J.P., Percsy C., De Wavrin H., Graitson E., Kinet T., Denoël M., Paquay M., Percsy N. & Remacle A. (2007) : Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves – Raîenne et Centre de Recherche de la Nature. 384 p.
- Glaw F. & Vences M. (2007). A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar. 495 p.
- Goh D. (2015). Le Parc National de la Marahoué : de la logique de conservation à la logique de prédation. *European Scientific Journal*, 11(8) : 226-241.
- Gonwouo L.N. & Rödel M.O. (2008). The importance of frogs to the livelihood of the Bakossi people around Mount Manengouba, Cameroon, with special consideration of the Hairy Frog, *Trichobatrachus robustus*. *Salamandra*, 44: 23-34.
- Guerry A. D. & Hunter M.L.Jr. (2002). Amphibian distributions in a landscape of forests and agriculture: an examination of landscape composition and configuration. *Conservation Biology*, 16(3) : 745-754.
- Hastie T.J. & Tibshirani R.J. (1990). Generalized Additive Models (C. & Hall, Éd.). London, 352 p.
- Heyer W.R., Donnelly M.A., McDiarmid R. W., Hayek L.A.C. & Froster M.S. (1994). Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 364 p.
- Hillers A., Veith M. & Rödel M.O. (2008). Effects of forest fragmentation and habitat degradation on West African leaf-litter frogs. *Conservation Biology*, 22: 762-772.
- Hirschfeld M. & Rödel M.O. (2011). Variable reproductive strategies of an African savanna frog, *Phrynomantis microps* (Amphibia, Anura, Microhylidae). *Journal of Tropical Ecology*, 27: 601-609.
- Hocking D.J & Babbitt K.J. (2014). Amphibian contributions to ecosystem services. *Herpetological Conservation and Biology*, 9 : 1-17.
- Hoppe-Dominik B. (1989). "Premier recensement des grands mammifères dans le Parc national de la Marahoué, en Côte d'Ivoire". *Revue de Zoologie Africaine*, 103 : 21-27.

- Hof C., Araújo M.B., Jetz W. & Rahbek C. (2011). Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature*, 480 : 516-519.
- Hunter D. (2003). Conservation Management of Two Threatened Frog Species in South-Eastern New South Wales. Institute for Applied Ecology University of Canberra (Australia), 193p.
- Ibarra A.A. (2004). Fish as indicators of the ecological quality of the water. *University Digital*, 6 (8) : 1067-6079.
- Ibo J. (2005). Les politiques publiques de gestion des réserves naturelles. Réalité de l'exclusion des populations locales et de l'approche participative. *Le journal des sciences sociales*, 2 : 57-79.
- Inger R. & Marx H. (1961). The food of Amphibians. Bruxelles, Institut des Parcs Nationaux du Congo et du Ruanda-Urundi, Exploration du Parc National de l'Upemba, Mission G.F. de Witte, 1946-1949. *La terre et la Vie*, 16 (3) : 318-319.
- Johnson P.T.J., Preston D.L., Hoverman J.T & Richgels K.L.D. (2013). Biodiversity decreases disease through predictable changes in host community competence. *Nature*, 494: 230-233.
- Jost L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, (113): 363-375
- Kanga K.P., Kouamé N.G., Zogbassé P., Gongomin B.A.I., Kouamé A.M., Konan J.C.B.Y.N., Agoh K.L., Gourène G. & Rödel M.-O. (2022). Amphibian diversity of a west African biodiversity hotspot : an assessment and commented checklist of the batrachofauna of the Ivorian part of the Nimba Mountains. *Amphibian & Reptile conservation*, 15(1)[General Section]: 71-107 (e275).
- Kéité G., Assemian N.E. & Zadou Z.D.A. (2022). Status of harvesting, consumption and wild stocks of the edible frog *Hoplobatrachus occipitalis* (Günther, 1858) in the city of Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 10 (2) : 190 – 196.
- Koffi B.J-C., Dao D. & Nguessan E. (2015). Gestion durable de la faune et des ressources cynégétiques. Rapport pour les états généraux de la forêt, de la faune et des ressources en eau, 100 p.
- Kohonen T. (1982). Self-organized formation of topologically correct features maps. *Biological cybernetics*, 43 : 59-69.

- Kohonen T. (1995). Self-Organizing Maps. Springer-Verlag, Series in Informatique Sciences, 30, Heindelberg, 362 p.
- Kohonen T. (2001). Self-Organizing Maps, 3rd édition. Springer-Verlag, Berlin, 501 p.
- Kouamé K.M. (2014). Diversité, structure et réponse fonctionnelle des macroinvertébrés à l'invasion du lac de Taabo (Côte d'Ivoire) par la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach, 1883. Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 201 p
- Konan N.Y.B.C.J., Kouamé N.G., Kouamé A.M., Adepo-Gourène A.B. & Rödel M.-O. (2016). Feeding habits of two sympatric rocket frogs (genus *Ptychadena*) in a forest remnant of southern-central Ivory Coast, West Africa. *Entomology, Ornithology and Herpetology, Current Research*, 5 : 1-4.
- Konan K.E. (2009). Diagnostic - analyse de l'environnement humain du Parc National de la la Marahoué. 10-20 p.
- Konan K.F. (2008). Composition, structure et déterminisme de la diversité ichtyologique des rivières côtières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Soumié - Eholié - Ehania - Noé). Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 186 p.
- Koue Bi M.T & Yaokokore-beibro K.H. (2000). Richesse avifaunique de la région de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 49 (1) : 160-179.
- Kopij G.(2006). Avian diversity in an urbanized South African grassland. *Zoology and Ecology*, 25 (2) : 87-100
- Kouakou A.C.A., Coulibaly B., Kaba D., Anoh K.B & Courtin F. (2018). Dynamique du peuplement et modification paysagère dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Tropicultura*, 36: 206-216.
- Kouamé K.A. & Koné B. (2023). Perception et connaissance des communautés locales a la préservation du parc national de la comoe (pnc). *revue internationale de la recherche scientifique*, 1(6): 1173–1189.
- Kouamé K.M. (2014). Diversité, structure et réponse fonctionnelle des macroinvertébrés à l'invasion du lac de Taabo (Côte d'Ivoire) par la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach, 1883. Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 201 p.

- Kouamé N.F. (1998). Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut Sassandra (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat de troisième cycle, UFR Biosciences. Université de Cocody Abidjan, 203 p.
- Kouamé N.G., Ofori-Boateng C., Adum G. B., Gourène G. & Rödel M.O. (2015). The anuran fauna of a West African urban area. *Amphibian and Reptile Conservation*, 9: 1-14 (e106).
- Kouassi K.S. (2012). La prospective territoriale au service de la conservation des aires protégées en Côte d'Ivoire: les exemples comparés du Parc National de Taï et de la Marahoué. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny, 149 p.
- Kouassi K.S (2014). Analyse prospective des aspects conflictuels de la dynamique migratoire dans le Parc National de la Marahoué en Côte d'Ivoire, le Journal des Sciences Sociales, 11, 22 p.
- Kouassi K.S., Oura K.R. & Mafou K.C. (2017). Dynamique migratoire et processus d'écocide du parc national de la Marahoué en Côte d'Ivoire. Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'études Environnementales, Université de Lomé. 14 : 71-86.
- Kuchta S. R. & Reeder T.W. (2005). Experimental support for aposematic coloration in the salamander *Desmognathus eschscholtzii xanthoptica*: implications for mimicry of Pacific newts. *Copeia*, 2005: 265–271.
- Lamotte M. (1967b). Recherches écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire): Présentation du milieu et du programme de travail. *Terre Vie*, 21(3): 197–212.
- Lamotte M. (1981). Structure et fonctionnement des écosystèmes de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). In : Unesco, Recherches sur les ressources naturelles. XVI. Écosystèmes pâturés tropicaux. Unesco, Presses Universitaires de France, 529-580.
- Lamotte M. (1986). Radiations adaptatives chez les amphibiens anoures actuels, *Italian Journal of Zoology*, 53 : 315-324.
- Lamotte M. & Lescure J. (1977). Tendances adaptatives à l'affranchissement du milieu aquatique chez les amphibiens Anoures. *La Terre et la Vie*, 31 : 147-225.
- Lamotte M. & Ohler A. (1997). Redécouverte de syntypes de *Rana bibroni* Hallowell, 1845, désignation d'un lectotype et description d'une espèce nouvelle de *Ptychadena* (Amphibia, Anura). *Zoosystema*, 19 : 531-543.
- Lamotte M. & Xavier F. (1981). Les Amphibiens de l'Afrique de l'Ouest, in Durand J.-R. & Leveque C. (eds), Faune et flore aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne. *Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer*, 2 : 773-816.

- Lauginie F. (2007). Conservation de la nature et des aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI/Hachette et Afrique Nature, Abidjan, 666 p.
- Laurance W.F. (2002). Hyperdynamism in fragmented habitats. *Journal of Vegetation Science*, 13 : 595-602.
- Lecointre G., Guyade H & Visset D. (2001). Classification phylogénétique du vivant. Courrier de l'environnement de l'INRA n°43 Belin, Paris, 543 p.
- Leite Jr S.A., Silva L.P., Luciano P., Izabel M., Rodrigues S., Prates M.V. & Brand G.D., (2007). Phylloseptins: a novel class of anti-bacterial and anti-protozoan peptides from the Phyllomedusa genus. *ScienceDirect*, 26 (3) : 565-573.
- Lek S., Delacoste M., Baram P., Dimopoulos I., Lauga J. & Aulaginier S. (1996). Application of neural networks to modelling nonlinear relationship in ecology. *Ecological Modelling*, 90 : 39-59.
- Lek S., Giraudel J.L. & Guégan J.F. (2000). Neuronal networks : algorithms and architectures for ecologists and evolutionary ecologists. In Lek S. & Guégan J.F. (Eds): artificiel neuronal networks: Application to Ecology and Evolution. *Springer Verlag, Berlin* : 3-27.
- Lecointre G. & Guyader H. (2006). Classification phylogénétique du vivant. 3^e Edition Volume 1. Berlin, Paris, 559 p.
- Magurran A.E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton university press, Princeton, New Jersey. 179 p.
- Malcolm J.R. (1998). A model of conductive heat flow in forest edges and fragmented landscape. *Climatic Change*, 39 : 487-502.
- Mazerolle M.J & Desrochers A. (2005). Landscape resistance to frog movements. *Canadian Journal of Zoology*. 83 (3) : 377–388.
- Menaut J.C. (1977). Analyse qualitative des ligneux dans savane arbustive préforestière de Côte d'Ivoire. In. : Conservation de la nature et des aires protégées en Côte d'Ivoire. Abidjan, France: NEI/Hachette et Afrique Nature. 668 p.
- Miguel R.M., Rocha C., Borges V.N & Sluys M.V. (2). Breeding ecology of *Scinax trapicheiroi* (Anura, Hylidae) at a creek in the Atlantic Rainforest of Ilha Grande, southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 25 (3) : 277–286.
- MINEFOR. (2001). Parc National de la Marahoué. Etude préalable à un aménagement du Parc et de la zone périphérique. 124p.

- Mittermeier R.A., Gil P.R., Hoffman M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J. & da Fonseca G.A.B. (2004). Hotspots revisitados: as regiões biologicamente mais ricas a ameaçadas do planeta (Mexico city: CEMEX). 390 p.
- Mohneke M., Onadeko A.B., Hirschfeld M. & Rödel M.O. (2010). Dried or fried : amphibians in local and regional food markets in West Africa. *Traffic Bulletin*, 22(3) : 69-80.
- Mohneke M & Rödel M.O. (2009). Declining amphibian populations and possible ecological consequences . *salamandra* 45, (4) : 203-210.
- Mohneke M., Onadeko A.B. & Rödel M.O. (2009). Exploitation of frogs – a review with a focus on West Africa. *Salamandra*, 45: 193-202.
- Mohneke M., Onadeko A.B. & Rödel M.O. (2011). Medecinal and dietary uses of amphibians in Burkina Faso. *African Journal of Herpetology*, 60 (1) : 78-83.
- Moodie G.E.E. (1978). Observations on the life history of the caecilian *Typhlonectes compressicaudus* (Duméril & Bibron) in the Amazon Basin. *Canadian Journal of Zoology*, 56 : 1005-1008.
- Murith D. (1981). Examples of the close relationship between the mode of transmission of some parasites and the niche of the host amphibians. *Monit. zool., N.S. Suppl.*, 15 (18) : 359-365.
- Muylaert K., Van Kerckvoorde A., Vyverman W. & Sabbe K. (1997). Structural characteristics of phytoplankton assemblages in tidal and non-tidal freshwater systems: a case study from the Schelde basin, Belgium. *Freshwater Biology*, 38 : 263-276.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 : 853-858.
- Nahmani J. & Rossi J.P. (2003). Soil macroinvertebrates as indicators of pollution by heavy metals. *Comptes Rendus de Biologie*, 326 : 295-303.
- Manly B.F.J. (1994). *Multivariate Statistical Methods. A primer*. Second edition. Chapman & Hall, London, 215 p.
- Naughton-Treves L., Holland M.B., & Brandon K. (2005). The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annu. Rev. Env. Resour.* 30 : 219-252.

- N'da D.H., N'guessan K.E., Ouakou E.W.M., Yao S.C., Koffi K.F. & Kouadio A.E. (2008). Analyse de la diversité floristique du Parc National de la Marahoué, sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 4 (3) : 552-579.
- N'Gbesso M. & Vergnes V. (2012). Evaluation rapide de la diversité faunique terrestre de quatre parcs nationaux en Côte d'Ivoire. *Afrique Nature*, 33 p.
- N'Goran K.P. (2008). Résultats importants des activités de Biomonitoring au Parc National de la Marahoué / Mai 2007- Novembre 2007 (Abidjan), 16 p.
- N'guessan K.E. & N'da D.H., Bellan M.F., Blasco F. (2006) Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire : Apport de la télédétection. *Télédétection*, 5(4) : 307-323.
- Ouellet M.J., Bonin J., Rodrigue J.- Desgranges L & Lair S. (1997). Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats. *Journal of Wildlife Diseases*, 33(1) : 95-104.
- Oussou K.H., Assemian N.G., Kouadio A.L., Tiédoué R & Rödel M.O. (2022). The anuran fauna in a protected West African rainforest and surrounding agricultural systems. *Amphibian & Reptile Conservation*, 16 (1) : 1–13 (e298).
- Oza G.M. (1990). Ecological effects of the frog's legs trade. *The Environmentalist*, 10 : 39-41.
- Paris M. (2006). Mise en place d'un protocole de suivi des amphibiens de la Réserve Naturelle de l'île de Girard et la Corne des Epiciers.- Fiches de terrain, 5 p.
- Park Y.S., Cereghino R., Compin A. & Lek S. (2003). Application of artificial neuron networks for patterning and predicting aquatic insect species richness in running waters. *Ecological Modelling*, 160 : 265-280.
- Pasanen K. (2008). Intégration de la variation de la croissance des arbres en forêt. *Silva Fennica*, 32 :
- Penner J. & Gonwouo L.N. (2015). Inventaire des communautés de reptiles et d'amphibiens de la zone du projet aurifère de Yaouré, Côte d'Ivoire. Rapport d'étude environnementale et sociale, 66 p.
- Philippeau G. (1992). Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? Service des Etudes Statistiques-ITCF, 63 p.
- Pineda E., Moreno C., Escobar F. & Halffter G. (2005). Frog, bat and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology*, 19 : 400-410.

- Prechtl H. (1951). Zur paarungsbiologie einiger Molcharten. *Z. tierpsychol*, 8 : 337-348.
- Rabah M., (2010). Contribution à la connaissance des Amphibiens et des reptiles du Sud de la Kabylie (W. de Bouira et de Bordj Bou Arreridj). Mémoire de Magister en Ecologie et Biologie des Populations. Département d'Ecologie et environnement. République Algérienne. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 138p.
- Renken R.B., Gram W.K., Fantz D.K., Richter S.C., Miller T.J., Ricke K.B., Russell B., & Wang X. (2004). Effects of forest management on amphibians and reptiles in Missouri Ozark forests. *Conservation Biology*. 18, (1): 174-188.
- Reyjol Y., Fischer P., Lek S., Rösch R. & Eckmann R. (2005). Studying the spatiotemporal variation of the littoral fish community in a large prealpine lake, using self-organizing mapping. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61 (10) : 2294-2302.
- Rödel, M.O. (2000). Herpetofauna of West Africa, Vol. I : Amphibians of the West African savanna. *Edition Chimaira*, Frankfurt/M., 335 p.
- Rödel M.O. & Spieler M. (2000). Trilingual keys to the savannah-anurans of the Comoé National Park, Ivory Coast. - *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A*, Nr.620: 1-31.
- Rödel M.O & Branch W.R. (2002). Herpetological survey of the Haute Dodo and Cavally forest, western Ivory Coast. *Salamandra*, 38 : 245–268.
- Rödel M.O. (2003). The amphibians of Mont Sangbé National Park, Ivory Coast. *Salamandra*, 39 : 91-110.
- Rödel M.O. & Ernst R. (2003). The amphibians of Marahoué and Mont Péko National Parks, Côte d'Ivoire. *Herpetozoa*. 16: 23-39.
- Rödel, M.O., Kosuch, J., Veith, M. & Ernst, R. (2003). First record of the genus *Acanthixalus* Laurent 1944 from the Upper Guinean rain forest, West Africa, including the description of a new species. *Journal of Herpetology*, 37 : 43-52.
- Rödel M.O. & Ernst R. (2004). Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. I. An evaluation of methods with recommendations for *standardization*. *Ecotropica*, 10: 1-14.
- Rödel M.O., Ohler A.M. & Hillers A. (2010). A new extraordinary *Phrynobatrachus* (Amphibia, Anura, Phrynobatrachidae) from West Africa. *Zoosystematic and Evolution*, 86 (2) : 257-261.

- Rödel M.O., Adeba P.J., Kouamé N.G. & Penner J. (2010). Les amphibiens de la Côte d'Ivoire *in* : Biodiversity atlas of West Africa,. Konaté S. & Kampmann D. Tom III Abidjan (Côte d'Ivoire) : 218-225.
- Rödel M.O., Adum G.B., Aruna E., Asseman N.E., Barej M.F., Bell R.C., Burger M., Demare G., Doherty- Bone T., Doumbia J. (2021). Diversity, threats, and conservation of western and central African amphibians (Senegal, The Gambia, Guinea Bissau, Mali, Guinea, Sierra Leone, Liberia, Ivory Coast, Burkina Faso, Ghana, Togo, Benin, Nigeria, Niger, Cameroon, Gabon, São Tome and Principe, Equatorial Guinea, Central African Republic, Chad, Republic of the Congo, Democratic Republic of the Congo, northern Angola). Pp. 11-101 *In* : *Status and threats of afrotropical amphibians – Sub-Saharan Africa, Madagascar, Western Indian Ocean Islands*. Amphibian Biology, Volume 11, Part 7. Editors, Heatwole H & Rödel M.-O. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany, 243 p.
- Rollins-Smith L.A. (2009). The role of amphibian antimicrobial peptides in protection of amphibians from pathogens linked to global amphibian declines. *Biochim. Biophys. Acta BBA – Biomembr*, 1788: 1593-1599.
- Rothermel B.B. & Semlitsch R.D. (2002). An experimental investigation of landscape resistance of forest versus old-field habitats to emigrating juvenile amphibians. *Conservation Biology*. 16, (5): 1324-1332.
- Roux E. (2002). Origine et évolution de l'appareil respiratoire aérien des Vertébrés. *Revue des Maladies Respiratoires*, 19 : 601-615.
- Rowe C.L., Hopkins W.A. & Bridges C. (2003). Physiological ecology of amphibians in relation to susceptibility to natural and anthropogenic factors. *In*: Linder G., Krest S., Sparling D., eds. Amphibian decline: an integrated analysis of multiple stressors effects. Pensacola: Society of Environmental Toxicology and Chemistry Press, pp. 9-58.
- Rubbo M.J., Lanterman J.L., Falco R.C & Daniels T.J. (2011). The influence of amphibians on mosquitoes in seasonal pools : can wetlands protection help to minimize disease risk ? *Wetlands*. 31: 799–804.
- Russell J A., Douglas R.J. & Ingram C.D. (2001). adaptive changes in behavioral and neuroendocrine systems during pregnancy and lactation. An overview. *Science Direct*. 133 : 1-38.

- Sandberger L., Hillers A., Doumbia J., Loua N.S., Brede C. & Rödel M.O. (2010). Rediscovery of the Liberian Nimba toad, *Nimbaphrynoides Liberiensis* (Xavier, 1978) (Amphibia: Anura: Bufonidae), and reassessment of its taxonomic status. *Zootaxa*, 2355: 56-68.
- Sanderson E.W., Jaiteh M., Levy M.A., Redford K.H., Wannebo A.V. & Woolmer G. (2002). The human footprint and the last of the wild. *Bioscience* 52, 891-904.
- Schiøtz A. (1967). The treefrogs (Rhacophoridae) of West Africa. *Spolia zoologica Musei hauniensis*, 25: 346 p.
- Schiøtz A. (1999). Treefrogs of Africa. Edition Chimaira, Germany, Frankfurt am Main, 350 p.
- Seale D.B. (1980). Influence of amphibian larvae on primary production, nutrient flux, and competition in a pond ecosystem. *Ecology* 61 : 1531–1550.
- Segniagbeto G. H., Bwossidjaou J.E., Dubois A. & Ohler A. (2007). Les amphibiens du Togo : état actuel des connaissances. *Alytes*, 24 : 72-90.
- Semlitsch R.D. (1998). Biological delineation of terrestrial buffer zones for pondbreeding salamanders. *Conservation Biology*, 12(5): 1113-1119.
- Semlitsch R.D. (2002). Critical elements for biologically based recovery plans of aquatic-breeding amphibians. *Conservation biology*, 16 (3) : 619-629.
- Semlitsch R.D. (2008). Differentiating migration and dispersal processes for pond-breeding amphibians. *Journal of Wildlife Manage*, 72 : 260–267.
- Shafer C.L. (1995). Values and short comings of small reserves: dealing with the smallest habitat fragments when some of them are all that is left. *Bioscience* 45, 80-88.
- Silva M., Hartling L. A., Sarah A.F., & Teather K. (2003). The effects of habitat fragmentation on amphibian species richness of Prince Edward Island. *Canadian Journal of Zoology*, 81 (4) : 563–573.
- SODEFOR. (1993). Règles de culture et d'exploitation en forêt dense de Côte d'Ivoire. République Côte d'Ivoire. Abidjan, 54 p.
- Stebbins J.C. & Cohen W. N. (1995). A Natural History of Amphibians, Princeton University Press, 179-181.
- Stevenson D.J. (2007). *Rana catesbeiana*. Natural History Notes. *Herpetological Review*, 16 (2): 2261-282.
- Storfer A. (2003). Amphibian declines: future directions. *Diversity and Distributions*, 9 : 151–163.

- Tabarelli, M., Mantovani, W. & Peres, C.A. (1999). Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, 91: 119-127.
- Thireau M. (1965). Monographies de deux batraciens anoures de l'Ouest africain : *Bufo regularis* et *Rana occipitalis*. D.E.S. Paris, 39 p.
- Thomas F., Folgarait P., Lavelle P. & Rossi J.P. (2004). Soil macrofaunal communities along an abandoned rice field chronosequence in Northern Argentina. *Applied Soil Ecology*, 27: 23-29.
- Toft C.A. (1980). Seasonal variation in populations of panamanian litter frogs and their prey : A comparaison of wetter and drier sites. *Oecologia*, 47 : 34-38.
<https://doi.org/10.1007/BF00541772>.
- Tohé B., Assemian N.E., Kouamé N.G., Gourène G. & Rödel M.O. (2008). Déterminisme des coassements des Anoures de la ferme piscicole du Parc National du Banco (Côte d'Ivoire). *Sciences and Nature*, 5: 71–79.
- Tohé B., Kouamé N.G., Assemian N.E. & Gourène G. (2015). Diet of two sympatric rocket frogs (Amphibia, Anura, Ptychadenidae : *Ptychadena*) in the disturbed parts of a West African rainforest. *International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology*, 2 : 444-459.
- Toledo L.F., Ribeiro R.S. & Haddad C.F.B. (2007). Anurans as prey : an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology*, 271 : 170-177.
- Tomassone R., Dervin C. & Masson J.P. (1993). Biométrie : Modélisation des phénomènes biologiques. Masson, Paris, 553 p.
- Tuomisto H. (2010). A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* , 33 : 2-22.
- UICN (1994). Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées. Commission des parcs nationaux et des aires protégées de l'union mondiale pour la nature, avec l'assistance du Centre mondial de la surveillance continue de la conservation, 102 p.
- UICN (1996). African Primates. Status Survey and Conservation Action plan : Revised Edition, IUCN. Gland, Switzerland. Lignes directrices pour le Parc National de la

- Marahoué. In *Conservation International (CI) et Ministère des Eaux et Forêt*, 2001 (République de Côte d'Ivoire), 91p.
- UICN (2006). Red List of Threatened Species. Disponible sur <http://www.iucnredlist.org> (dernière consultation, 17 décembre 2023).
- UICN (2008). Sensibilité des espèces aux impacts des changements climatiques. www.iucn.org/redlist/, 2 p.
- UICN (2021). Red list of amphibians species. International Union for the Conservation of Nature (IUCN). Disponible sur <http://www.iucn.org> Gland, Switzerland, (dernière consultation, août 2021).
- UNEP-WCMC (Programme des Nations Unies pour l'environnement – Centre pour le monitoring de la conservation mondiale). (2008) : État des aires protégées dans le monde: bilan annuel des progrès mondiaux en matière de conservation. UNEP-WCMC, Cambridge. <http://www.unep-wcmc.org/wdpa/>, 4 mars 2008.
- Van Compernelle S.E., Taylor R.J. & Oswald-Richter K. (2005). Antimicrobial peptides from Amphibian skin Potently Inhibit Human Immunodeficiency Virus Infection and Transfer of virus from dendritic cells to T cells. *Journal of Virology*. 79(18) : 11553-11554.
- Vences M., Ariel R., Salvador C., David D & Marcelo G. (2014). Nuclear and mitochondrial multilocus phylogeny and survey of alkaloid. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 73: 208-216.
- Warkentin I.G., Bickford D., Sodhi N.S. & Bradshaw C.J.A. (2009). Eating frogs to extinction. *Conservation Biology*, 23 : 1056-1059.
- Welsh Jr.H.H & Droege S. (2001). A case for using plethodontid salamanders for monitoring biodiversity and ecosystem integrity of North American forests. *Conservation Biology* 15 : 558–569.
- Wells K.D. (2007). The ecology and behavior of amphibians. The University of Chicago Press, 1148 p.
- Whiles M.R., Lips K.R., Pringle C.M., Kilham S.S., Bixby R.J. & Brenes R. (2006). The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4 : 27-34.
- Wood S. (2014). mgcv: Mixed GAM computation vehicle with gcv/aic/reml smoothness estimation R *package version 1* : 7-29.

- Wunderlin D.A., Diaz M.P., Ame M.V., Pesce S.F., Hued A.C. & Bistoni M.A. (2001). Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study : Suquia river basin (Cordoba-Argentina). *Water Research*, 35 : 2881-2894.
- Wyman R.L. (1990). What's happening to the amphibians ? *Conservation Biology*, 4 : 350-352.
- Zar J. (1999). Biostatistical analysis. Upper Saddle River Prentice Hall, New Jersey.
- Zimmerman B.L. (1994). Audio strip transects. *In*: Heyer W.R., Donnelly M.A., McDiarmid R.W., Hayek L.-A.C. & Froster M.S. (Eds.): Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp 92-97.
- Zug G.R., Vitt L.J & Caldwell J.P. (2001). Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles (London: Academic Press), 630 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche de terrain

Observateur (s) :

Coordonnées géographiques

Contact :

Latitude (N) :

Longitude (W) :

Date :

Altitude (m) :

Heure d'arrivée :

Type d'échantillonnage : Diurne / Nocturne

Heure de départ :

Saison :

Numéro du transect :

Humidités relatives de l'air :

Description du site :

Températures de l'air :

[illegible]

Annexe 2 : Tableau résumant les différentes activités menées au sein de chaque transect

	ZONES DU PARC														
	zone savanicole					zone forestière									
Numéro des transects	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
Nombre de visites totales (nocturnes et diurnes)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nombre de station d'écoute	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2
Nombre de quadrats	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4
Périodes d'échantillonnage	saison sèche et saison pluvieuse														
Durée d'écoute des coassements par station (en minute)	10 à 15														

Annexe 3 : Richesse spécifique en amphibiens de la Côte d'Ivoire (Rödel *et al.*, 2010).

Familles	Genres	Espèces
Arthroleptidae Mivart, 1869	<i>Arthroleptis</i> Smith, 1849	<i>Arthroleptis cruscum</i> (Angel, 1950)
		<i>Arthroleptis krokosua</i> (Ernst, Agyei & Rödel, 2008)
		<i>Arthroleptis poecilonotus</i> (Peters, 1863)
	<i>Cardioglossa</i> Boulenger, 1900	<i>Cardioglossa occidentalis</i> (Blackburn, Kosuch, Schmitz, Burger, Wagner, Gonwouo, Hillers & Rödel, 2008)
	<i>Astylosternus</i> Werner, 1898	<i>Astylosternus laticephalus</i> (Rödel, Hillers, Leaché, Kouamé, Ofori-Boateng, Diaz & Sandberger, 2012)
		<i>Astylosternus occidentalis</i> (Parker, 1931)
	<i>Leptopelis</i> Günther, 1859	<i>Leptopelis bufonides</i> Schiøtz, 1967
		<i>Leptopelis macrotis</i> Schiøtz, 1967
		<i>Leptopelis occidentalis</i> Schiøtz, 1967
		<i>Leptopelis spiritusnoctis</i> Rödel, 2007
		<i>Leptopelis viridis</i> (Günther, 1869)
Bufonidae Gray, 1825	<i>Nimbaphrynoides</i> Dubois, 1987	<i>Nimbaphrynoides occidentalis</i> (Angel, 1944)
	<i>Sclerophrys</i> Tschudi, 1838	<i>Sclerophrys camerunensis</i> (Parker, 1936)
		<i>Sclerophrys chevalieri</i> (Mocquard, 1908)
		<i>Sclerophrys danielae</i> (Perret, 1977)
		<i>Sclerophrys maculata</i> (Hallowell, 1854)
		<i>Sclerophrys pentoni</i> (Anderson, 1893)
		<i>Sclerophrys regularis</i> (Reuss, 1833)
		<i>Sclerophrys taiensis</i> (Rödel & Ernst, 2000)
		<i>Sclerophrys togoensis</i> (Ahl, 1924)
Conrauidae Dubois, 1992	<i>Conraua</i> Nieden, 1908	<i>Conraua alleni</i> (Barbour & Loveridge, 1927)

Dicroglossidae Anderson, 1871	<i>Hoplobatrachus</i> Peters, 1863	<i>Hoplobatrachus occipitalis</i> (Günther, 1858)
Hemisotidae Cope, 1867	<i>Hemismus</i> Günther, 1859	<i>Hemismus guineensis</i> (Cope, 1865) <i>Hemismus marmoratus</i> (Peters, 1854)
Hyperoliidae Laurent, 1943	<i>Afrixalus</i> Laurent, 1944	<i>Afrixalus "quadrivittatus"</i> (Pickersgill, 2007) <i>Afrixalus dorsalis</i> (Peters, 1875) <i>Afrixalus nigeriensis</i> (Schlötz, 1963) <i>Afrixalus vibekensis</i> (Schlötz, 1967) <i>Afrixalus vittiger</i> (Peters, 1876) <i>Afrixalus weidholzi</i> (Mertens, 1938)
	<i>Hyperolius</i> Rapp, 1842	<i>Hyperolius chlorosteus</i> (Boulenger, 1915) <i>Hyperolius concolor</i> (Hallowell, 1844) <i>Hyperolius fusciventris</i> (Peters, 1876) <i>Hyperolius guttulatus</i> (Günther, 1858) <i>Hyperolius igbettensis</i> (Schlötz, 1963) <i>Hyperolius lamottei</i> (Laurent, 1958) <i>Hyperolius laurenti</i> (Schlötz, 1967) <i>Hyperolius nienokouensis</i> Rödel, 1998 <i>Hyperolius nimbae</i> Laurent, 1958 <i>Hyperolius nitidulus</i> (Peters, 1875) <i>Hyperolius picturatus</i> (Peters, 1875) <i>Hyperolius soror</i> (Chabanaud, 1921) <i>Hyperolius sylvaticus</i> Schlötz, 1967 <i>Hyperolius viridigulosus</i> Schlötz, 1967 <i>Hyperolius zonatus</i> Laurent, 1958
	<i>Morerella</i> Rödel, Kosuch, Grafe, Boistel, and Veith, 2009	<i>Morerella cyanophthalma</i> Rödel, Assemian, Kouamé, Tohé & Perret, 2009
	<i>Acanthixalus</i> Laurent, 1944	<i>Acanthixalus sonjae</i> Rödel, Kosuch, Veith, & Ernst, 2003

	<i>Hylambates</i> Duméril, 1853	<i>Hylambates boulengeri</i> (Perret, 1986)
	<i>Kassina</i> Girard, 1853	<i>Kassina arboricola</i> (Perret, 1985) <i>Kassina cassinoides</i> (Boulenger, 1903) <i>Kassina cochranæ</i> (Loveridge, 1941) <i>Kassina fusca</i> Schiøtz, 1967 <i>Kassina lamottei</i> Schiøtz, 1967 <i>Kassina schioetzi</i> Rödel, Grafe, Rudolf, & Ernst, 2002 <i>Kassina senegalensis</i> (Duméril & Bibron, 1841)
Microhylidae Günther, 1858 (1843)	<i>Phrynomantis</i> Peters, 1867	<i>Phrynomantis microps</i> (Peters, 1875)
Odontobatrachidae Barej, Schmitz, Günther, Loader, Mahlow, and Rödel, 2014	<i>Odontobatrachus</i> Barej, Rödel, Loader, Schmitz, 2014	<i>Odontobatrachus arndti</i> (Barej, Schmitz, Penner, Doumbia, Sandberger-Loua, Emmrich, Adeba, and Rödel, 2015)
Phrynobatrachidae Laurent, 1941	<i>Phrynobatrachus</i> Günther, 1862	<i>Phrynobatrachus alleni</i> (Parker, 1936) <i>Phrynobatrachus annulatus</i> (Perret, 1966) <i>Phrynobatrachus calcaratus</i> (Peters, 1863) <i>Phrynobatrachus francisci</i> (Boulenger, 1912) <i>Phrynobatrachus fraterculus</i> (Chabanaud, 1921) <i>Phrynobatrachus ghanensis</i> (Schiøtz, 1964) <i>Phrynobatrachus guineensis</i> (Guibé & Lamotte, 1962) <i>Phrynobatrachus gutturosus</i> (Chabanaud, 1921) <i>Phrynobatrachus latifrons</i> (Ahl, 1924) <i>Phrynobatrachus liberiensis</i> (Barbour & Loveridge, 1927) <i>Phrynobatrachus maculiventris</i> (Guibé & Lamotte, 1958) <i>Phrynobatrachus natalensis</i> (Smith, 1849) <i>Phrynobatrachus phyllophilus</i> (Rödel & Ernst, 2002) <i>Phrynobatrachus plicatus</i> (Günther, 1858) <i>Phrynobatrachus taiensis</i> (Perret, 1988) <i>Phrynobatrachus tanoensis</i> <i>Phrynobatrachus tokba</i> (Chabanaud, 1921) <i>Phrynobatrachus villiersi</i> (Guibé, 1959)
Pipidae Gray, 1825	<i>Xenopus</i> Wagler, 1827	<i>Xenopus fischbergi</i> (Evans, Carter, Greenbaum, Gvoždík, Kelley, McLaughlin, Pauwels, Portik, Stanley, Tinsley, Tobias, and Blackburn, 2015) <i>Xenopus tropicalis</i> (Gray, 1864)
Ptychadenidae Dubois, 1987	<i>Hildebrandtia</i> Nieden, 1907	<i>Hildebrandtia ornata</i> (Peters, 1878)

	<i>Ptychadena</i> Boulenger, 1917	<i>Ptychadena "mascareniensis"</i> <i>Ptychadena aequiplicata</i> (Werner, 1898) <i>Ptychadena arnei</i> (Perret, 1997) <i>Ptychadena bibroni</i> (Hallowell, 1845) <i>Ptychadena longirostris</i> (Peters, 1870) <i>Ptychadena oxyrhynchus</i> (Smith, 1849) <i>Ptychadena pujoli</i> (Lamotte & Ohler, 1997) <i>Ptychadena pumilio</i> (Boulenger, 1920) <i>Ptychadena retropunctata</i> (Angel, 1949) <i>Ptychadena schillukorum</i> (Werner, 1908) <i>Ptychadena stenocephala</i> (Boulenger, 1901) <i>Ptychadena submascareniensis</i> (Guibé & Lamotte, 1953) <i>Ptychadena superciliaris</i> (Günther, 1858) <i>Ptychadena tellinii</i> (Peracca, 1904) <i>Ptychadena tournieri</i> (Guibé & Lamotte, 1955) <i>Ptychadena trinodis</i> (Boettger, 1881)
Pyxicephalidae Bonaparte, 1850	<i>Aubria</i> Boulenger, 1917	<i>Aubria subsigillata</i> (Duméril, 1856)
Ranidae Batsch, 1796	<i>Amnirana</i> Dubois, 1992	<i>Amnirana albolabris</i> (Hallowell, 1856) <i>Amnirana galamensis</i> (Duméril & Bibron, 1841)
Rhacophoridae Hoffman, 1932	<i>Chiromantis</i> Peters, 1854	<i>Chiromantis rufescens</i> (Günther, 1869)
Dermophiidae Taylor, 1969	<i>Geotrypetes</i> Peters, 1880	<i>Geotrypetes seraphini</i> (Duméril, 1859)

Annexe 4 : Autorisation d'accès au parc national



REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
Union – Discipline – Travail

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

Office Ivoirien des Parcs et Réserves

N° **356** /MINEDD/OIPR/DG/ora

Abidjan, le **06 MAI 2019**

AUTORISATION D'ACCES

LE DIRECTEUR GENERAL DE L'OFFICE IVOIRIEN DES PARCS ET RESERVES

Vu la demande en date du 23 Avril 2019 formulée par Dr. KOUAMÉ N'Goran Germain, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, sollicitant une autorisation d'accès au Parc National de Taï.

Et en attendant la mise en place du Conseil Scientifique de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves ;

AUTORISE

Mr **ZINGBÉ Gbongué Ulrich**, étudiant à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, à accéder au **Parc national de la MARAHOUE**, du **05 Mai 2019 au 04 Mai 2020** en vue d'y effectuer des travaux de recherche dans le cadre de sa thèse de doctorat dont le thème est le suivant :

« **Dynamique spatio-temporelle et diversité du peuplement d'amphibiens du Parc National de la MARAHOUE (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)** ».

Avant le début de ses activités, l'intéressé est invité à prendre les dispositions nécessaires pour se présenter aux gestionnaires du parc en l'occurrence, le Directeur de Zone Centre à Yamoussoukro ou son représentant (Chef Secteur) à Bouaflé.

Au cours de son séjour dans le parc, il demeure soumis au strict respect de la réglementation en vigueur dans les Parcs Nationaux et Réserves de la Côte-d'Ivoire. Il ne doit en particulier, ni mutiler les espèces végétales et animales, ni se livrer à un quelconque acte de chasse ou de capture ou d'échantillonnage sortant du cadre de celui décrit dans le projet de recherche dont copie est joint à la demande.

Au terme de son activité de recherche, Mr ZINGBÉ Gbongué Ulrich est invité à remettre une copie de sa thèse ou un rapport résumant les conclusions de ses investigations à la Direction Générale de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves et à la Direction de Zone Centre.

Le Directeur Technique de l'OIPR et le Directeur de la Zone Centre sont chargés de veiller à l'application de la présente autorisation.

Ampliations

- DZ Centre.....1
- Intéressé.....1
- Chrono.....1



Le Directeur Général

Col. TONDOSSAMA Adama

Ingénieur Général des Eaux et Forêts



REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
Union – Discipline – Travail

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

Office Ivoirien des Parcs et Réserves

FACTURE

DOIT : Université Jean LOROUGNON
GUEDE
bp 150 Daloa
Côte d'Ivoire

Facture n° 031

Date 05 AOUT 2019

Désignation	Période facturée	Nbre de personnes	Coût Unitaire	Montant
Autorisation d'accès d'une équipe de Mr ZINGBÉ Gbongué Ulrich au Parc national de la MARAHOUE pour des travaux de recherche Du 05 mai 2019 au 04 mai 2020	1an	1	15 000/pers/an.	15 000 F
Arrêté la présente facture à la somme de QUINZE MILLE FRANCS CFA.			PTHT	15 000
			TVA 0%	0
			PTTC	15 000
			NET A PAYER	15 000



Le Directeur des Finances
et de la Comptabilité

KOUAKOU N'guessan Evrard
Ingénieur des Eaux et Forêts
Administrateur des services Financiers

Annexe 5 : Présentation des espèces d'amphibiens inventoriées au PNM (de mai 2019 à août 2020)

Espèces de la famille des Ptychadenidae



Ptychadena bibroni



Ptychadena mascareniensis



Ptychadena Oxyrhynchus



Ptychadena pumilio



Ptychadena stenocephala



Ptychadena tellinii

Espèce de la famille des Dicroglossidae	Espèce de la famille des Pipidae
 <i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	 <i>Xenopus tropicalis</i>
Espèces de la famille des Hemisotidae	Espèces de la famille des Ranidae
 <i>Hemissus marmoratus</i>	 <i>Amnirana galamensis</i>
Espèces de la famille des Mycrohylidae	
 <i>phrynomantis microps</i>	
Espèces de la famille des Bufonidae	
 <i>Sclerophrys maculata</i>	 <i>Sclerophrys regularis</i>

Espèces de la famille des Phrynobatrachidae



Phrynobatrachus francici



Phrynobatrachus latifrons



Phrynobatrachus nataliensis



Phrynobatrachus gutturosus

Espèces de la famille des Arthroleptidea



Arthroleptis poecilonotus



Leptopelis spiritusnotis



Leptopelis viridis

Espèces de la famille des Hyperoliidae



Afixalus dorsalis



Afixalus vittiger



Afixalus weidholzi



Hyperolius fusciventris



Hyperolius guttulatus



Hyperolius nitidulus



Hyperolius picturatus



Kassina senegalensis.



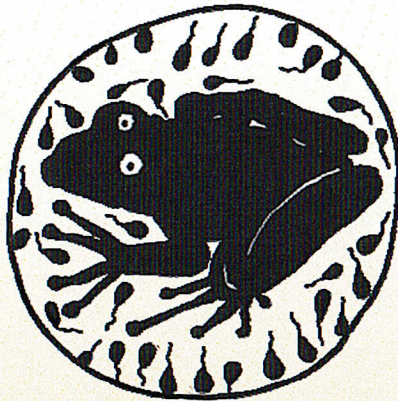
Hyperolius concolor

PUBLICATION ISSUE DE LA THESE

ISSN 0753-4973

ALYTES

INTERNATIONAL JOURNAL OF BATRACHOLOGY



VOLUME 39–40

2023

CONTENTS

Prudhvi RAJ, Karthikeyan VASUDEVAN, Ramesh K AGARWAL, Sushil Kumar DUTTA,
Gunanidhi SAHOO, Susmita MAHAPATRA, Richa SHARMA, Jegath JANANI, Niladri B KAR &
Alain DUBOIS

Larval morphology of selected anuran species from India 1–140

Arthur TIUTENKO

Tadpole of *Leptopelis diffidens* Tiutenko & Zinenko, 2021 (Anura, Arthroleptidae) 141–149

Gbongué Ulrich ZINGBE, N’Goran Germain KOUAME, Ouétre N’GUESSAN & Mark-Oliver
RÖDEL

Male and female vocalisation in the Galam White-Lipped Frog, *Amnirana galamensis*
(Duméril & Bibron, 1841) 150–159

Alain DUBOIS

Is it still acceptable to describe a taxon or synonymise a nomen without molecular
data? The *Rana (Paa) barboachensis* case (Dicroglossidae, Pinae) 160–184

Cover photo: *Amnirana galamensis* (urban Daola, Ivory Coast (© N’Goran Germain Kouamé)



Male and female vocalisation in the Galam White-Lipped Frog, *Amnirana galamensis* (Duméril & Bibron, 1841)

Gbongué Ulrich ZINGBÉ¹, N’Goran Germain KOUAMÉ^{1,*}, Ouétré N’GUESSAN¹
& Mark-Oliver RÖDEL²

¹ Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie
Tropicale, Daloa, BP 150, Côte d’Ivoire. <ngoran_kouame@yahoo.fr>, <zingbe26@yahoo.fr>,
<oguess8@gmail.com>.

² Museum für Naturkunde – Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science, Invalidenstraße 43,
10115 Berlin, Germany. <mo.roedel@mfn.berlin>.

* Corresponding author. <ngoran_kouame@yahoo.fr>

***Amnirana galamensis* is a robust ranid frog with a large range in African savannah habitats. So far one to two types of presumed male advertisement calls have been described from different populations. At two sites in central Ivory Coast, we recorded calls from male and female frogs, adding new data to the known call repertoire of the species, i.e. describing warning and distress calls. Our study is the first describing vocalisation of female *A. galamensis* and summarises the known vocal repertoire of this species.**

urn:lsid:zoobank.org:pub: 950249DE-55E0-4BA0-99B9-596363945C1D

INTRODUCTION

Frogs exhibit a wide range of vocalisations, mostly to attract mates, defend breeding sites against competitors, or discourage individuals of the same sex or even predators (Wells 1977; Narins *et al.* 2000; Padial *et al.* 2008; Toledo *et al.* 2015; Amiet & Goutte 2017; Haga *et al.* 2017; Bezerra *et al.* 2021). Call characteristics in anurans are usually species-specific and serve as premating isolation mechanisms – recognising the correct species, as well as in sexual selection – the judgement of mate quality (Ryan & Rand 1993; Gerhardt & Huber 2002; Erdtmann & Amézquita 2009). As calls contain key information about the identity of species, they are also an important tool for taxonomists to distinguish between species (e.g. Schiøtz 1967; Rödel *et al.* 2002, 2014; Magrini *et al.* 2011; Mângia *et al.* 2019; Köhler *et al.* 2017; Emmrich *et al.* 2020; Grünwald 2021; Serrano *et al.* 2021).

Although the advertisement calls of many West African anuran species have been documented (e.g. Schiøtz 1964, 1967; Rödel 2000), the calls of many other

species, and the species-specific call repertoire (see e.g. Grafe *et al.* 2000) are far from being fully known. The Galam White-Lipped Frog, *Amnirana galamensis* (Duméril & Bibron, 1841), is widely distributed across sub-Saharan Africa (Amiet 1973; Perret 1977; Greenbaum & Carr 2005; Jongsma *et al.* 2018; Channing & Rödel 2019), where the species inhabits humid to dry savannahs, including degraded sites (Walker 1967; Rödel 2000; Kouamé *et al.* 2015). Populations across the continent exhibit differences in genetics and colour, thus indicating the possibility of cryptic species (Jongsma *et al.* 2018; Channing & Rödel 2019). Different authors have reported one or two types of presumed male advertisement calls (Rödel 2000; Channing 2001; Channing & Howell 2006; Du Preez & Carruthers 2009; Amiet & Goutte 2017). Here we summarise the current knowledge about vocalisation in this species, and report additional call types including the first case of female vocalisation in that species.

MATERIAL AND METHODS

During fieldwork in the core rainy season from 16 to 31 July 2020 in the Marahoué National Park (MNP), central-western Ivory Coast (see Rödel & Ernst 2003), we collected seven sequential advertisement calls from a male *A. galamensis*, three distress calls from a second male, and four warning calls from a female. We also analyzed four warning calls, which were recorded on 18 April 2019 from a female in Daloa, central-western Ivory Coast (see Kouamé *et al.* 2015). Calls were recorded with a HUAWEI recorder (PE-TL10C00B351, 44.1 kHz sample ratio, 16 bits of resolution, FFT length = 256). In addition to our own recordings, we analysed available recordings from northern Ivory Coast (Rödel 2000), Cameroon (Amiet & Goutte 2017) and Tanzania (Du Preez & Carruthers 2009).

For each call, we measured call duration [CD (s)], dominant frequency [DF (Hz)], fundamental frequency [FF (Hz)], minimum frequency [MinF (Hz)], maximum frequency [MaxF (Hz)], duration intervals between calls [DIC (s)], peak amplitude intervals between calls [PAIC (Hz)], peak time intervals between calls [PTIC (s)], duration intervals between notes [DIN (s)], peak amplitude intervals between notes [PAIN (Hz)], peak time intervals between notes [PTIN (s)] and overall frequency bandwidth (Hz). We also calculated the coefficients of variation ($CV = 100 \times SD/\bar{X}$) for all notes recorded from each of the individuals. Values are presented as mean $\pm$ standard deviation ($\bar{X} \pm SD$). Calls were analysed with the software Soundruler 0.9.6 (Gridi-Papp 2007; Köhler *et al.* 2017). We prepared sonogram and waveform using the seewave R package according to Sueur *et al.* (2008). Our definitions of call types follow Toledo *et al.* (2015).

RESULTS

In MNP, *Amnirana galamensis* hid in high grass, holes, beneath dead wood, or in leaf-litter during daytime. We heard male choruses throughout the entire study period. Males called from herbaceous vegetation at temporary ponds (fig. 1), or between short grasses that edged road puddles. They started calling after sunset, mostly with a

peak around 19:00 h GMT. In a few cases, some males were heard calling during the day after heavy rainfall.

On 16 July 2020, we recorded seven advertisement calls from one male after heavy rainfall at 20:14 h GMT (site 1: 7°01'43.61" N, 5°57'3.32" W; 235 m asl; temperature 21°C). Six days later, a solitary female was seen at 21:20 h GMT, close to a road puddle that edged short grasses (site 2: 6°58'46.76" N, 5°57'43.70" W; 188 m asl; 22°C). When three of us (GUZ, NGK & ON) decided to capture this female, it puffed up its body for a few seconds, and uttered loud, frightening screams when we moved our hands towards it. Four of these calls were recorded. On 31 July 2020, a male was recorded at 20:25 h GMT, sitting between dense herbaceous vegetation at a pond edge (site 3: 6°59'44.89" N, 5°57'7.93" W; 179 m asl; temperature 21°C). The frog emitted distress calls when we captured it by hand. Three of these calls were recorded.

In Daloa, on 18 April 2019 at 20:55 h GMT, a solitary female was found sitting exposed in a long ditch (water depth ~ 90 cm) bordered by short grasses (6°54'22.20" N, 6°26'18.70" W; 285 m asl; temperature 26°C). The frog puffed up its body and uttered some warning calls, while leaping away, when NGK tried to capture it by hand. Four sequential calls from this female were recorded.

In Table 1 we summarised the acoustic properties of the different calls of *A. galamensis* from MNP and Daloa, as well as advertisement calls from Comoé National Park (CNP) in northern Ivory Coast (CD by T. U. Grafe in Rödel 2000), Bénoué and Mokolo in northern Cameroon (CD in Amiet & Goutte 2017), and an unknown locality in Tanzania (CD in Du Preez & Carruthers 2009). Advertisement calls are visualised in fig. 2.



Figure 1. Breeding pond of *Amnirana galamensis* in Marahoué National Park, central-western Ivory Coast.

Two types of (presumed) male advertisement calls are known, a more common hooting or barking “huhoot” call and a longer grunting “brss” call (*sensu* Rödel 2000). The first is an upward raising, frequency modulated call, whereas the second is a pulsed call with more or less stable frequency (fig. 2). Both call types comprise only one note. The “huhoot” and “brss” calls were both audible together on each recording from CNP and Mokolo, while we only heard and recorded the “huhoot” calls from MNP. Likewise, the recordings from Bénoué and Tanzania only contained the “huhoot” calls.

The duration of the “huhoot” calls from MNP, CNP and Mokolo were shorter than those emitted by males from Bénoué Reserve and the Tanzania locality (tab. 1). The shortest calls were recorded from MNP, while the longest call were registered from Bénoué Reserve. The highest dominant frequency was reported from CNP, while the lowest dominant frequency was recorded in the Bénoué Reserve. Likewise, the highest fundamental and maximum frequency was from CNP, the lowest values for both measures from Bénoué Reserve.

The “brss” calls were shorter in CNP than in Mokolo. The values of the dominant frequency, the fundamental frequency, the maximum frequency, and the minimum frequency of CNP “brss” calls were all higher than those from Mokolo (tab. 1).

The distress calls emitted by male 2 in MNP (tab. 1, fig. 3*a–b*), differed and was longer in duration than each of the two advertisement calls recorded in Ivory Coast, Cameroon, and Tanzania. Its duration was also longer than those of females’ warning calls (see below and tab. 1). The frequency also differed from other call types (tab. 1). The frequency of the distress calls slightly changed through call duration. This call type comprised two repetitive, pulsed notes (fig. 3*b*).

The warning calls from both females were identical, but differed from both advertisement call types. The frequency modulated calls were continuous, repetitive, comprising three high pitched notes, each with three pulses (fig. 3*d,f*).

DISCUSSION

As reported before (e.g. Rödel 2000), we observed *Amnirana galamensis* in savannah habitats, breeding in the rainy season in ponds of various sizes. Perret (1977) and Rödel (2000) reported two different male calls, both presumed to be advertisement calls, however stating that their exact function remains unknown. Rödel (2000) wrote that one call, a high-pitched hooting or barking “huhoot”, is more common. The rarer second call is a more grunting sound: “brss”. In contrast to these two authors, we heard only one sound, the “huhoot”, in MNP in central-western Ivory Coast. This call was reported from CNP in northern Ivory Coast (Rödel 2000), Bénoué Reserve and Mokolo in northern Cameroon (Amiet & Goutte 2017) and from an unknown locality in Tanzania (Du Preez & Carruthers 2009). The second “advertisement” call has been reported from CNP and Mokolo (Rödel 2000; Amiet & Goutte 2017). Within the “huhoot” as well as the grunting “brss” calls, we detected slight differences across the species’ range (e.g. tab. 1, fig. 2). The low sample size, however, does not allow testing if these differences are statistically significant and thus may support the genetic divergences reported by Jongsma *et al.* (2018) for *A. galamensis* across Africa.

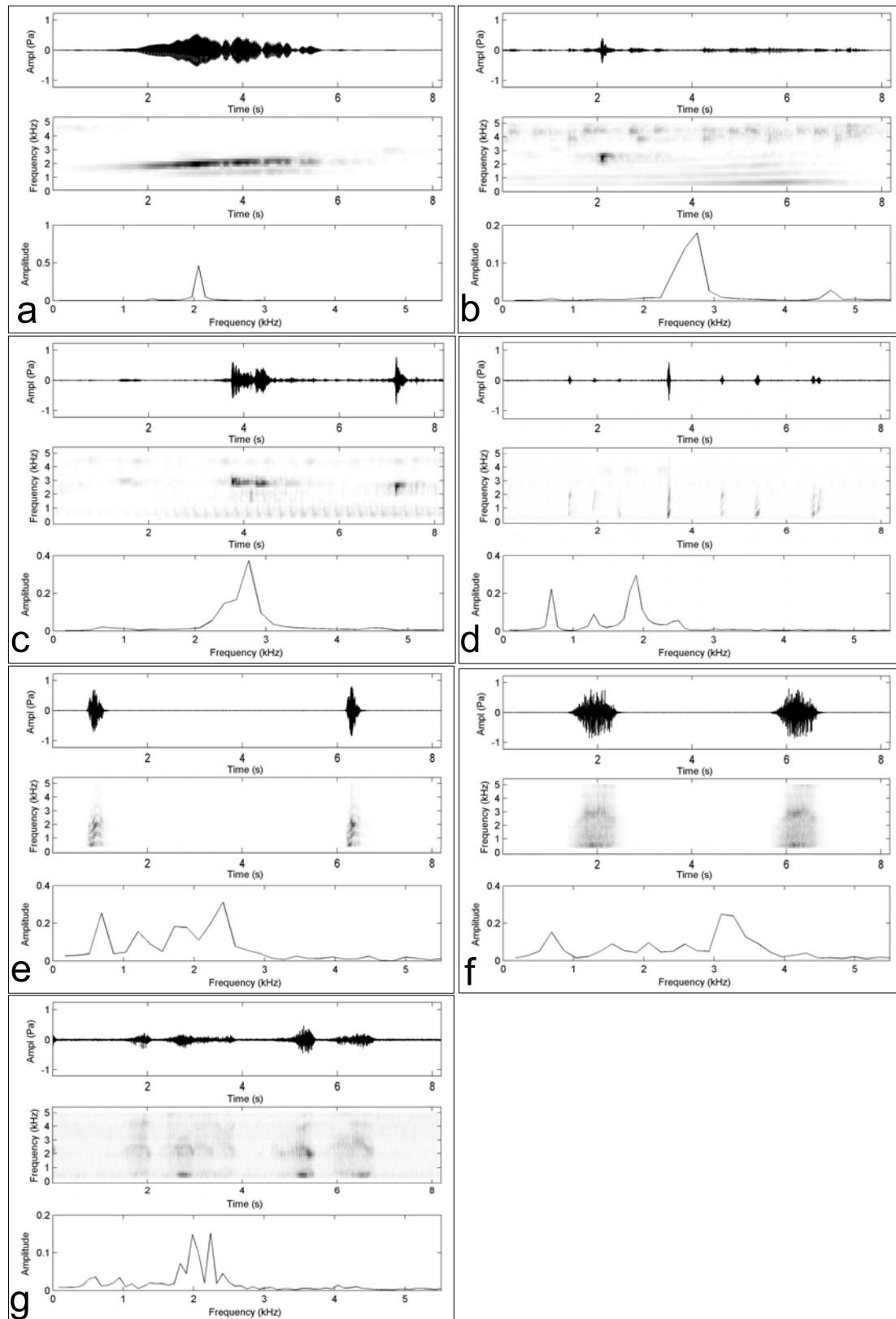


Figure 2. Variations of waveform (above), sonogram (centre) and powerspectrogram (below) of advertisement calls emitted by male *Amnirana galamensis* (see text for origin of recordings). Two call types are shown, one is the more common barking "huhoot" from Marahoué National Park (a), Comoé National Park (b), Bénoué Reserve (d), Mokolo (e) and an unknown locality in Tanzania (g); the others are a grunting "brrss" call from Comoé National Park (c) and Mokolo (f).

Table 1. Different calls of *Amnirana galamensis* males and females from Ivory Coast (MNP and Daloa, this study; Comoé, CD by T. U. Grafe in Rödel 2000), Cameroon (CD in Amiet & Goutte 2017) and Tanzania (CD in Du Preez & Carruthers 2009). Given are range (Min–Max), mean and standard deviation ($\bar{X} \pm SD$); sample size (N) is provided in parenthesis (some traits could not be measured in all calls); m = male, f = female; adc = advertisement call, dc = distress call, wc = warning call, CD = call duration, CV = coefficient of variation, DF = dominant frequency, FF = fundamental frequency, MinF = minimum frequency intensity, MaxF = maximum frequency intensity, DIC = duration intervals between calls, PAIC = peak amplitude intervals between calls, PTIC = peak time intervals between calls, DIN = duration intervals between notes, PAIN = peak amplitude intervals between notes, PTIN = peak time intervals between notes; duration of call traits is given in seconds; frequency is given in Hz.

Country	Ivory Coast					
Locality	Marahoué National Park			Daloa	Comoé National Park	
Call type	m-adc “huhoot” (7)	m-dc (3)	f-wc (4)	f-wc (4)	m-adc “huhoot” (5)	“brrss” (4)
CD	0.76 ± 0.57 0.43–2.02	3.23 ± 0.48 2.69–3.58	1.82 ± 1.30 0.68–3.08	2.27 ± 0.70 1.23–2.68	1.84 ± 0.78 0.47–2.41	0.67 ± 0.03 0.65–0.70
DF	1995.54 ± 70.87 1968.75–2156.25	1349.41 ± 867.05 430.66–2153.32	7192.09 ± 4525.87 4220.51–13867.38	5081.84 ± 344.53 4565.04–5254.10	2222.23 ± 539.28 1291.99–2670.12	2756.25 ± 222.39 2497.85–3014.65
FF	997.77 ± 35.43 984.37–1078.12	674.71 ± 433.53 215.32–1076.66	3596.04 ± 2262.93 2110.25–6933.69	2540.92 ± 172.27 2282.52–2627.05	1111.11 ± 269.64 646.0–1335.06	1378.12 ± 111.20 1248.92–1507.32
MinF	1888.39 ± 100.22 1781.25–1968.75	1291.99 ± 861.33 430.66–2153.32	6933.69 ± 4635.99 4220.51–13867.38	4521.97 ± 355.13 4220.51–4909.57	2153.32 ± 609.05 1119.73–2670.12	2713.18 ± 164.93 2497.85–2842.38
MaxF	2049.11 ± 100.22 1968.75–2156.25	1406.84 ± 776.79 602.93–2153.32	7751.95 ± 5159.35 4392.77–15417.77	5469.43 ± 258.40 5254.10–5770.90	2360.04 ± 625.87 1291.99–2842.38	2842.38 ± 140.65 2670.12–3014.65
DIC	3.64 ± 2.78 (6) 1.06–8.95	4.09 ± 0.56 (2) 3.69–4.491	2.43 ± 1.57 (3) 0.85–4.0	2.60 ± 1.41 (3) 1.03–3.76	3.43 ± 1.73 (4) 1.49–5.63	5.27 ± 0.39 (3) 4.97–5.71
PAIC	0.53 ± 0.48 (6) 0.03–0.99	0.26 ± 0.34 (2) 0.01–0.50	0.17 ± 0.14 (3) 0.01–0.28	0.06 ± 0.04 (3) 0.02–0.08	0.31 ± 0.25 (4) 0.01–0.59	0.69 ± 0.15 (3) 0.55–0.85
PTIC	14.25 ± 9.31 (6) 3.17–25.03	17.45 ± 9.69 (2) 10.59–24.30	8.58 ± 3.11 (3) 12.16–6.56	9.94 ± 4.21 (3) 6.39–14.59	13.24 ± 7.79 (4) 4.69–21.76	14.58 ± 7.76 (3) 6.35–21.76
DIN	0.006 ± 0.004 (14); CV = 66.67 0.001–0.16	1.03 ± 0.36 (8); CV = 34.95 0.56–1.52	0.11 ± 0.10 (7); CV = 90.91 0.03–0.29	0.37 ± 0.42 (12); CV = 113.51 0.01–1.36	1.30 ± 0.48 (5); CV = 36.92 0.68–1.90	0.18 ± 0.09 (6); CV = 50 0.04–0.30
PAIN	0.26 ± 0.25 (14); CV = 96.15 0.04–0.82	1.14 ± 0.08 (8); CV = 7.02 0.05–0.27	0.49 ± 0.06 (7); CV = 12.24 0.43–0.59	0.39 ± 0.17 (12); CV = 43.59 0.15–0.64	0.29 ± 0.29 (5); CV = 100 0.01–0.79	0.09 ± 0.03 (6); CV = 33.33 0.05–0.12
PTIN	14.88 ± 8.12 (14); CV = 54.57 2.00–25.23	20.28 ± 10.98 (8); CV = 6654.14 0.66–32.05	7.65 ± 4.24 (7); CV = 55.42 2.19–12.63	8.99 ± 5.49 (12); CV = 61.07 1.12–16.87	10.45 ± 6.81 (5); CV = 65.17 2.41–19.06	14.38 ± 5.98 (6); CV = 41.58 5.51–22.82

Country	Cameroon			Tanzania
Locality	Bénoué Reserve	Mokolo		Unknown locality
Call type	m-adc “huhoof” (5)	“huhoof” (5)	m-adc “brrss” (4)	m-adc, “huhoof” (5)
CD	2.23 ± 0.80	0.84 ± 0.02	1.17 ± 0.12	2.09 ± 1.08
	1.59–3.56	0.81–0.87	1.01–1.27	0.20–2.90
DF	947.46 ± 678.21	1257.54 ± 734.91	1248.93 ± 86.13	981.91 ± 847.43
	602.93–2153.32	602.93–2325.59	1119.73–1291.99	602.93–2497.85
FF	473.73 ± 339.10	628.77 ± 367.45	624.46 ± 43.07	490.96 ± 423.72
	301.46–1076.66	301.46–1162.79	559.86–645.99	301.46–1248.93
MinF	913.01 ± 339.10	1154.18 ± 660.48	861.33 ± 298.37	981.91 ± 847.43
	602.93–1981.05	602.93–2153.32	602.93–1119.73	602.93–2497.85
MaxF	947.46 ± 678.21	1326.44 ± 864.77	1291.99	1016.37 ± 924.47
	602.93–2153.32	602.93–2670.12	–	602.93–2670.12
DIC	2.96 ± 0.69 (4)	6.85 ± 3.88 (4)	3.41 ± 1.22 (3)	2.08 ± 1.69 (4)
	2.07–3.74	2.79–11.93	2.62–4.82	0.74–4.38
PAIC	0.04 ± 0.01 (4)	0.44 ± 0.47 (4)	0.39 ± 0.42 (3)	0.07 ± 0.04 (4)
	0.03–0.06	0.01–0.91	0.03–0.85	0.05–0.13
PTIC	33.47 ± 14.40 (4)	27.77 ± 16.69 (4)	41.54 ± 4.85 (3)	14.30 ± 6.61 (4)
	15.32–48.32	6.60–46.32	36.29–45.86	7.97–22.93
DIN	1.68 ± 0.77 (15); CV = 54.83	3.09 ± 1.24 (5); CV = 40.13	–	0.52 ± 0.48 (9); CV = 90.31
	0.82–3.92	1.88–4.98	–	0.06–1.61
PAIN	0.06 ± 0.03 (15); CV = 50	0.07 ± 0.10 (5); CV = 142.86	–	0.06 ± 0.01 (9); CV = 16.67
	0.02–0.11	0.01–0.25	–	0.04–0.08
PTIN	38.13 ± 13.28 (15); CV = 34.83	17.14 ± 7.87 (5); CV = 45.92	–	14.56 ± 7.74 (9); CV = 53.16
	18.35–56.18	6.17–26.08	–	6.11–26.94

The distress calls of the Galam White-Lipped Frog (e.g. tab. 1, fig. 3a, b) differed from the structure of the two advertisement calls and the warning calls (fig. 3b). They were emitted while we captured the frog and thus indicate their defensive, distractive function (Toledo *et al.* 2015).

Most remarkable was that we could add a female warning call to the call repertoire of *A. galamensis*, again structurally different to the types of calls uttered by males (see tab. 1, fig. 2 and fig. 3). Calls from female frogs have been only rarely reported (Köhler *et al.* 2017) and are usually either assumed to be release calls (e.g. Dittrich *et al.* 2020) or advertisement calls (in cases where females compete for males; e.g. Böll *et al.* 2012). The context of our call recordings, however, indicates a warning function. It has been shown that some salamanders and frogs with toxic skins emit warning calls responding to potential predators that they are unpalatable (e.g. Brodie 1978; Formanowicz & Brodie 1979). Tadpoles of at least some *Amnirana* Dubois, 1992

species are toxic (Channing *et al.* 2012), and adult West African *Amnirana* frogs seem to possess toxic skin as well (M.-O. Rödel, unpublished data). We thus believe that the warning calls uttered by the two female *A. galamensis* might have been a signal discouraging potential predators.

Our records expand the known acoustic repertoire of this species. Further investigations, e.g. to test if males utter warning calls as well, are needed.

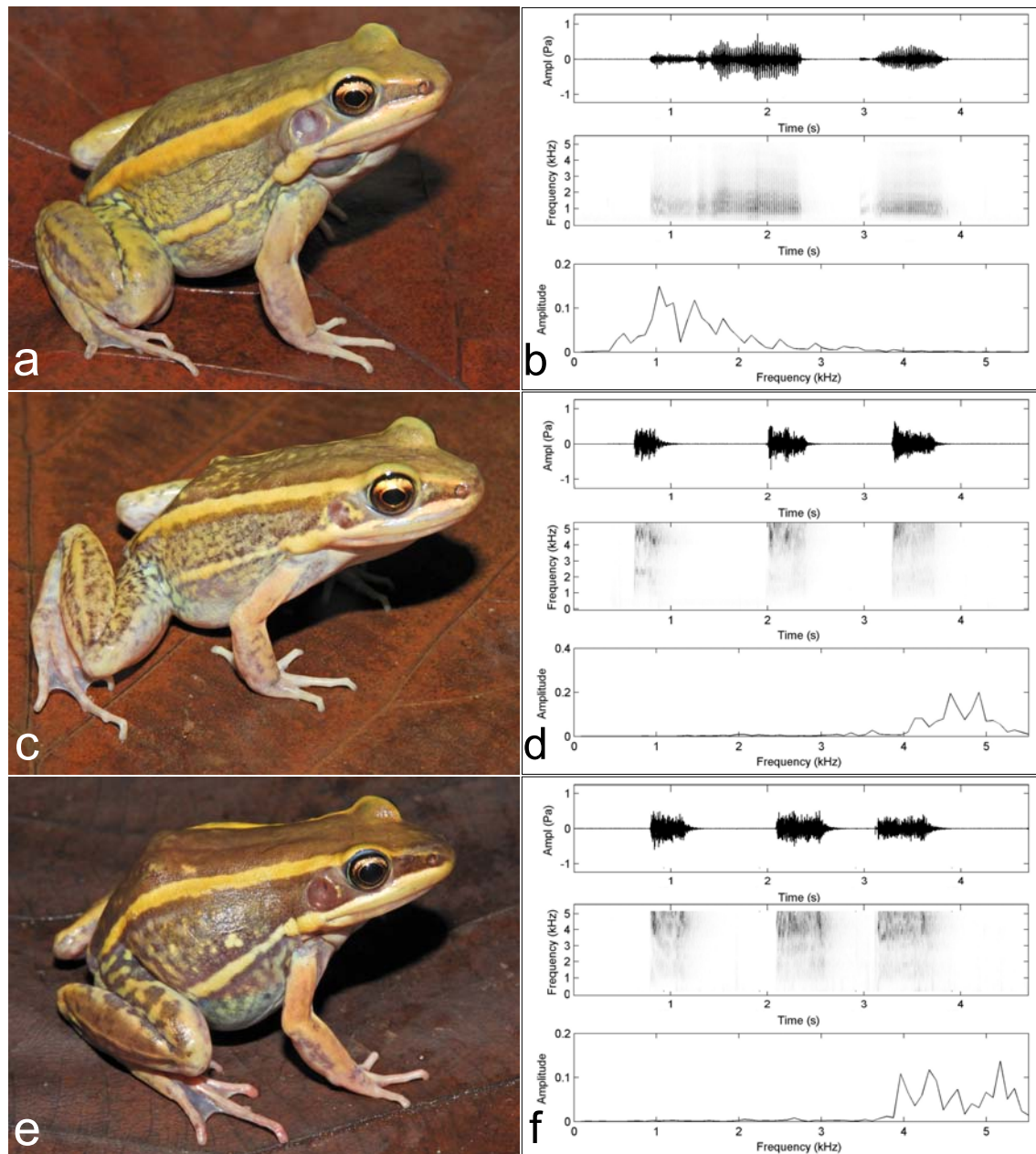


Figure 3. *Amnirana galamensis* male from Marahoué National Park (a) and females from Marahoué National Park (c) and urban Daloa (e), in central-western Ivory Coast. Shown are waveform (above), sonogram (centre) and powerspectrogram (below) of a male distress call (b), and warning calls (e, f) of both females (see text and tab. 1).

ACKNOWLEDGMENTS

We are much indebted to the “Ministère de l’Environnement et du Développement Durable” of Ivory Coast, and in particular the “Office Ivoirien des Parcs et Réserves”, for permitting the research. We like to acknowledge the local populations of Bouaflé for their hospitality. We are especially grateful for the support and collaboration from Amadou Kaboré, our camp security officer. We furthermore thank Alassane Kaboré, our field guide for his invaluable help during fieldwork. We are grateful to Annemarie Ohler for the valuable comments she added regarding our manuscript.

LITERATURE CITED

- Amiet, J.-L. (1973) Compte rendu d’une mission batrachologique dans le Nord-Cameroun. *Annales de la Faculté des Sciences du Cameroun*, **12**: 63–78.
- Amiet, J.-L. & Goutte, S. (2017) *Chants d’Amphibiens du Cameroun*. Nyons & Saint Nazaire (J.-L. Amiet & Editions Petit Génie) 1–280, 4 CDs.
- Bezerra, A. M., Mendoza-Roldan, J. S. & Hepp, F. (2021) On the vocal repertoire of the monkey frog *Phyllomedusa venusta*: distress call and the presumed non-existing advertisement call. *Studies on neotropical Fauna and Environment*: 1–15. <<https://doi.org/10.1080/01650521.2021.1984795>> [early view].
- Böll, S., Scheidt, H. & Uthleb, H. (2012) Alytes obstetricans (Laurenti, 1768) – Geburtshelferkröte oder Glockenfrosch. In: Grossenbacher, K. (ed.), *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas, Froschlurche I*, Wiebelsheim (Aula Verlag): 75–175.
- Brodie, E. D., Jr. (1978) Biting and vocalization as antipredator mechanisms in terrestrial salamanders. *Copeia*, **1978**: 127–129.
- Channing, A. (2001) *Amphibians of central and southern Africa*. New York (Cornell University Press): i–x + 1–470.
- Channing, A. & Howell, K. M. (2006) *Amphibians of East Africa*. New York (Cornell University Press): i–xi + 1–418.
- Channing, A. & Rödel, M.-O. (2019) *Field guide to the frogs and other amphibians of Africa*. Cape Town (Struik Nature): 1–408.
- Channing, A., Rödel, M.-O. & Channing, J. (2012) *Tadpoles of Africa – the biology and identification of all known tadpoles in sub-Saharan Africa*. Frankfurt am Main (Edition Chimaira): 1–402.
- Dittrich, C. & Rödel, M.-O. (2020) Description of female release calls of the European Common Frog, *Rana temporaria* (Anura: Ranidae). *Salamandra*, **56**: 91–94.
- Du Preez, L. & Carruthers, V. (2009) *A complete guide to the frogs of southern Africa*. Capetown (Struik Nature): 1–488.
- Emmrich, M., Vences, M., Ernst, R., Köhler, J., Barej, M. F., Glaw, F., Jansen, M. & Rödel, M.-O. (2020) A guild classification system proposed for anuran advertisement calls. *Zoosystematics and Evolution*, **96**: 515–525.
- Erdtmann, L. & Amézquita, A. (2009) Differential evolution of advertisement call traits in dart-poison frogs (Anura: Dendrobatidae). *Ethology*, **115**: 801–811.
- Formanowicz, D. R., Jr. & Brodie, E. D., Jr. (1979) Palatability and antipredator behavior of selected *Rana* to the shrew *Blarina*. *American Midland Naturalist*, **101**: 456–458.
- Gerhardt, C. H. & Huber, F. (2002) *Acoustic communication in insects and anurans*. Chicago (The University of Chicago Press): 1–542.
- Grafe, T. U., Steffen, J. O. & Stoll, C. (2000) Vocal repertoire and effect of advertisement call intensity on calling behaviour in the West African tree frog, *Leptopelis viridis*. *Amphibia-Reptilia*, **21**: 13–23.
- Greenbaum, E. & Carr, J. L. (2005) The herpetofauna of Upper Niger National Park, Guinea, West Africa. *Scientific Papers of the natural History Museum, University of Kansas*, **37**: 1–21.
- Gridi-Papp, M. (2007) *SoundRuler: acoustic analysis for research and teaching*. <<http://soundruler.sourceforge.net>> [Last accessed on 22 October 2013].

- Grünwald, C. I., Reyes-Velasco, J., Franz-Chávez, H., Morales-Flores, K. I., Ahumada-Carrillo, I. T., Rodríguez, C. M. & Jones, J. M. (2021) Two new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae) from Southern Mexico, with comments on the taxonomy of related species and their advertisement calls. *Amphibian & Reptile Conservation*, **15** (Taxonomy Section) [e272]: 1–35.
- Haga, I. A., Carvalho, T. R. de, Andrade, F. S. de & Giarretta, A. A. (2017) Advertisement and aggressive calls of *Pithecopus azureus* (Anura: Phyllomedusidae) from the border of Brazil and Paraguay. *Phyllomedusa*, **16**: 47–56.
- Jongsma, G. F. M., Barej, M. F., Barratt, C. D., Burger, M., Conradie, W., Ernst, R., GREENBAUM, E., Hirschfeld, M., Leaché, A. D., Penner, J., Portik, D. M., Zassi-Boulou, A.-G., Rödel, M.-O. & Blackburn, D. C. (2018) Diversity and biogeography of frogs in the genus *Amnirana* (Anura: Ranidae) across sub-Saharan Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **120**: 274–285.
- Köhler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P. J. R., Toledo, L. F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C. F. B., Rödel, M.-O. & Vences, M. (2017) The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, **4251**: 1–124.
- Kouamé, N. G., Ofori-Boateng, C., Adum G. B., Gourène, G. & Rödel, M.-O. (2015) The anuran fauna of a West African urban area. *Amphibian & Reptile Conservation*, **9** (Special Section) [e106]: 1–14.
- Magrini, L., Carvalho-e-Silva, S. P., Béda, A. & Giarretta, A. (2001) Calls of five species of the *Scinax ruber* (Anura: Hylidae) clade from Brazil with comments on their taxonomy. *Zootaxa*, **3066**: 37–51.
- Mângia, A., Camurugi, F., Pereira, E. A., Carvalho P., Röhr, D. L., Folly, H. & Santana, D. J. (2019) Release calls of four species of Phyllomedusidae (Amphibia, Anura). *Herpetozoa*, **32**: 77–81.
- Narins, P. M., Lewis, E. R. & McClelland, B. E. (2000) Hyperextended call note repertoire of the endemic Madagascar treefrog *Boophis madagascariensis* (Rhacophoridae). *Journal of Zoology*, London, **250**: 283–298.
- Padial, J. M., Barea-Azcón, J. M., García-Cardenete, L. & De la Riva, I. (2008) The complex distress call of *Ptychadena pumilio* (Boulenger, 1920) (Anura: Ptychadenidae). *Salamandra*, **44**: 187–191.
- Perret, J.-L. (1977) Les *Hylarana* (Amphibiens, Ranidé) du Cameroun. *Revue suisse de Zoologie*, **84**: 841–868.
- Rödel, M.-O. (2000) *Herpetofauna of West Africa*. Vol. 1. *Amphibians of the West African savanna*. Frankfurt am Main (Edition Chimaira): 1–335.
- Rödel, M.-O., Emmrich, M., Penner, J., Schmitz, A. & Barej, M. F. (2014) The taxonomic status of two West African *Leptopelis* species: *L. macrotis* Schiøtz, 1967 and *L. spiritusnoctis* Rödel, 2007 (Amphibia: Anura: Arthroleptidae). *Zoosystematics and Evolution*, **90**: 21–31.
- Rödel, M.-O. & Ernst, R. (2002) A new *Phrynobatrachus* from the Upper Guinean rain forest, West Africa, including a description of a new reproductive mode for the genus. *Journal of Herpetology*, **36**: 561–571.
- Rödel, M.-O. & Ernst R. (2003) The amphibians of Marahoué and Mont Péko National Parks, Ivory Coast. *Herpetozoa*, **16**: 23–39.
- Rödel, M.-O., Grafe, T. U., Rudolf, V. H. W. & Ernst, R. (2002) A review of West African spotted *Kassina*, including a description of *Kassina schioetzi* sp. nov. (Amphibia: Anura: Hyperoliidae). *Copeia*, **2002**: 800–814.
- Ryan, M. J. & Rand, A. S. (1993) Sexual selection and signal evolution: the ghost of biases past. *Philosophical Transactions of the royal Society of London*, (B), **340**: 187–195.
- Schiøtz, A. (1964) The voices of some West African amphibians. *Videnskabelige Meddelelser fra dansk Naturhistorik Forening*, **127**: 35–83.
- Schiøtz, A. (1967) The treefrogs (Rhacophoridae) of West Africa. *Spolia zoologica Musei Hauniensis*, **25**: 1–346.
- Serrano, J. M., Bidart-Enriquez, G. & Penna, M. (2021) The highly variable release call of the missing Northern Darwin's Frog, *Rhinoderma rufum*. *Amphibian & Reptile Conservation*, **15** (General Section) [e296]: 318–322.
- Sueur, J., Aubin, T. & Simonis, C. (2008) Equipment review: seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, **18**: 213–226.
- Toledo, L. F., Martins, I. A., Bruschi, D. P., Passos, M. A., Alexandre, C. & Haddad, C. F. B. (2015) The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta ethologica*, **18**: 87–99.
- Walker, B. (1967) An elusive frog, *Rana galamensis*. *Nigerian Field*, **32**: 22–26.
- Wells, K. D. (1977) The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour*, **25**: 666–693.

RESUME

La perte de la biodiversité mondiale ne cesse de prendre des proportions importantes en affectant certaines aires protégées et réserves naturelles qui demeurent le meilleur espoir de conservation de ce qui reste de certains écosystèmes. La présente étude a été menée au Parc National de la Marahoué (PNM), afin de connaître l'état actuel des communautés d'amphibiens qui y sont présentes, de sorte à fournir des données qui contribueront à leur connaissance et à l'élaboration d'une stratégie pour leur conservation durable. Les principaux résultats obtenus montrent que cette aire protégée est caractérisée par trois types d'habitats : les habitats ouverts, les habitats clairsemés et les habitats fermés. Les résultats de l'inventaire ont permis d'identifier 29 espèces d'amphibiens réparties en 10 familles, 13 genres et un ordre. Sur la base des résultats des travaux antérieurs aux amphibiens de cette aire protégée, la présente étude a permis d'identifier quatre espèces observées pour la première fois au PNM. Cependant, l'absence de six espèces a été enregistrée. Dans ce milieu, certaines espèces sont inféodées à des habitats particuliers, ce qui n'est pas le cas pour d'autres espèces, qui ont une large distribution. L'analyse des données a montré que cette distribution est fortement influencée par les saisons climatiques et les variables environnementales. Au regard de cette richesse spécifique, nous constatons qu'un nombre important d'espèces d'amphibiens sont capables de survivre dans cette aire protégée impactée par des pressions anthropiques continues. Par ailleurs, ce n'est pas le cas pour d'autres espèces, en particulier les espèces forestières. Pour ces dernières, la protection des îlots de forêts du PNM est importante afin d'assurer leur survie.

Mots clés : Amphibiens, distribution, Parc National de la Marahoué, Centre – Ouest- Côte d'Ivoire

ABSTRACT

The loss of global biodiversity continues to take on significant proportions, affecting some protected areas and nature reserves which retain the best hope of conserving what remains of some ecosystems. This study was conducted in the Marahoué National Park (MNP), in order to know the current state of the amphibian communities present there, so as to provide data that contributes to their knowledge and to the development of a strategy for their long-term conservation. The main results obtained show that this protected area is characterized by three types of habitats: open habitats, sparse habitats and closed habitats. The results of the inventory made it possible to identify 29 amphibian species divided into 10 families, 13 genera and one order. Based on the results of work on amphibians in this protected area, this study has identified four occurrences for the first time in MNP. However, the absence of six species has been recorded. In this environment, some species are dependent on particular habitats, which is not the case for other species, which have a wide distribution. Data analysis showed that this distribution is strongly influenced by precipitation and environmental variables. It also emerges from this study that a large number of amphibian species are able to survive in this protected area impacted by continuous anthropogenic pressures. Moreover, this is not the case for other species, in particular forest species. For the latter, the protection of the forest islands of the MNP is important in order to ensure their survival.

Keywords : Amphibians, distribution, Marahoué National Park, Central – West Ivory Coast