



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 : 2022-2023

N° D'ORDRE :

086 / 2023

CANDIDAT

Nom : Goly

Prénoms : N'Guessan Simplicie

THÈSE DE DOCTORAT

Mention : Écologie, Biodiversité et Évolution

Spécialité : Écologie animale

Évaluation de la qualité écologique des zones humides des forêts urbaines et périurbaines de Daloa (Côte d'Ivoire) par l'étude du peuplement d'amphibiens anoures et des helminthes parasites associés.

JURY

Président : M. BONY Kotchi Yves, Professeur Titulaire,
Hydrobiologie, Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Professeur
Titulaire, Herpétologie, Université Jean Lorougnon Guédé

Rapporteur : M. CAMARA Adama Idrissa, Maître de Conférences,
Hydrobiologie, Université Nangui Abrogoua

Examineurs : M. KPANGUI Kouassi Bruno, Maître de Conférences,
Écologie végétale, Université Jean Lorougnon Guédé

M. TOHE Blayda, Professeur Titulaire, Herpétologie,
Université Nangui Abrogoua

Soutenue publiquement
le : 29 Novembre 2023

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	vi
REMERCIEMENTS.....	vii
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS.....	5
1.1. MILIEU D'ÉTUDE	6
1.1.1. Situation géographique et caractéristiques de la zone d'étude	6
1.1.2. Aspects socio-économiques.....	6
1.1.3. Climat et Hydrographie	7
1.1.4. Relief et Sols.....	8
1.1.5. Végétation.....	9
1.1.6. Occupation du sol.....	9
1.2. GÉNÉRALITÉS SUR LES AMPHIBIENS.....	10
1.2.1. Classification des amphibiens.....	10
1.2.1.1. Ordre des Anoures	10
1.2.1.2. Ordre des Urodèles	11
1.2.1.3. Ordre des Gymnophiones.....	13
1.2.2. Intérêts des amphibiens.....	14
1.2.2.1. Intérêt écologique.....	14
1.2.2.2. Intérêt socio-économique	15
1.3. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES PARASITES.....	16
1.3.1. Classification des helminthes parasites	17
1.3.1.1. Embranchement des Plathelminthes	17
1.3.1.1.1. Classe des Monogènes	17
1.3.1.1.2. Classe des Trématodes	18
1.3.1.1.3. Classe des Cestodes	19
1.3.1.2. Embranchement des Nématelminthes	21
1.3.1.2.1. Classe des Nématodes	21
1.3.1.2.2. Classe des Acanthocéphales.....	22
1.3.2. Hôtes des parasites.....	24
1.3.3. Reproduction des parasites	24

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	25
2.1. MATÉRIEL	26
2.1.1. Matériel biologique.....	26
2.1.2. Matériel technique	26
2.1.2.1. Matériel de collecte des données abiotiques et géographiques.....	26
2.1.2.2. Matériel de collecte des données biotiques.....	26
2.2. MÉTHODES.....	27
2.2.1. Choix des sites d'échantillonnage	27
2.2.2. Description des transects d'échantillonnage.....	28
2.2.3. Répartition des sites d'échantillonnage	29
2.2.4. Mesures des paramètres environnementaux et physico-chimiques	30
2.2.4.1. Évaluation des paramètres environnementaux.....	30
2.2.4.2. Mesures des paramètres climatiques et physico-chimiques.....	31
2.2.5. Échantillonnage, identification et conservation des amphibiens.....	31
2.2.6. Récolte et identification des parasites.....	32
2.2.7. Analyse du peuplement d'amphibiens.....	33
2.2.7.1. Richesse spécifique	33
2.2.7.2. Indice de similarité de Jaccard	34
2.2.7.3. Fréquence d'occurrence	34
2.2.7.4. Abondance relative des espèces	34
2.2.7.5. Indice de diversité spécifique.....	35
2.2.7.5.1. Indice de diversité de Shannon (H')	35
2.2.7.7.2. Indice d'équitabilité (E) de Piélou	35
2.2.7.6. Occupation naïve et amplitude d'habitat	36
2.2.8. Indices parasitaires	36
2.2.8.1. Taux de prévalence	37
2.2.8.2. Intensité parasitaire moyenne (IM)	37
2.2.9. Traitement statistique des données.....	38
2.2.9.1. Analyses univariées.....	38
2.2.9.1.1. Tests de comparaison.....	38
2.2.9.1.2. Test de corrélation.....	38
2.2.9.2. Analyses multivariées	38
2.2.9.2.1. Analyse en composante principale (ACP)	39
2.2.9.2.2. Carte auto-organisatrice de Kohonen.....	39

2.2.9.2.3. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)	41
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION	42
3.1. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES HABITATS DES BAS-FONDS ET DES FORETS PERIURBAINES DE DALOA	43
3.1.1. Répartition des paramètres physiques dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa	43
3.1.1.1. Canopée.....	43
3.1.1.2. Nombre de végétaux ligneux	43
3.1.1.3. Pression humaine	44
3.1.1.4. Couverture du sol par les herbacées.....	45
3.1.1.5. Couverture du sol par la litière.....	46
3.1.1.6. Epaisseur de la litière	47
3.1.1.7. Température de l'air.....	48
3.1.1.8. Humidité relative de l'air	48
3.1.2. Variations journalières de la température et de l'humidité relative de l'air dans les bas- fonds et des forêts périurbaines de Daloa	50
3.1.2.1. Température de l'air.....	50
3.1.2.2. Humidité relative de l'air	51
3.1.3. Variations saisonnières de la température et de l'humidité relative de l'air dans les bas- fonds et des forêts périurbaines de Daloa	52
3.1.3.1. Température de l'air.....	52
3.1.3.2. Humidité relative de l'air	52
3.1.4. Typologie des transects en fonction des paramètres physiques des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa.....	54
3.1.2. Discussion.....	56
3.1.3. Conclusion partielle	57
3.2. COMPOSITION ET DYNAMIQUE SPATIO -TEMPORELLE DU PEUPEMENT D'AMPHIBIENS DES BAS-FONDS ET DES FORETS PERIUBAINES DE DALOA.	58
3.2.1. Analyse qualitative du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines	58
3.2.1.1. Estimation de la richesse spécifique des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa	58
3.2.1.2. Composition spécifique et fréquence d'occurrences des amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines	59

3.2.1.3. Similarité spécifique entre les sites d'échantillonnage.....	62
3.2.1.4. Occupation naïve et amplitude d'habitat des espèces d'amphibiens en fonction des transects.....	62
3.2.1.5. Variations de la richesse spécifique dans les bas-fonds et les forêts périurbaines.....	63
3.2.1.6. Variations saisonnières de la richesse spécifique	64
3.2.1.7. Variations journalières de la richesse spécifique	65
3.2.1.8. Profil de distribution des amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines.....	66
3.2.1.9. Facteurs environnementaux conditionnant la distribution des amphibiens	72
3.2.2. Analyse quantitative des peuplements d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines	74
3.2.2.1. Analyse globale des familles d'amphibiens.....	74
3.2.2.2. Variations des abondances relatives des familles d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines	74
3.2.2.3. Variations des abondances relatives des espèces d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines	75
3.2.2.4. Variations journalières des abondances relatives des familles d'amphibiens.....	77
3.2.2.5. Variations saisonnières des abondances relatives des familles d'amphibiens.....	77
3.2.2.6. Variations journalières des abondances relatives des espèces d'amphibiens	78
3.2.2.7. Variations saisonnières des abondances relatives des espèces d'amphibiens.....	79
3.2.2.8. Variations de la diversité spécifique du peuplement d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines	81
3.2.2.9. Variations saisonnières de la diversité spécifique du peuplement d'amphibiens ...	82
3.2.3. Discussion.....	84
3.2.3. Conclusion partielle	89
3.3. DIVERSITÉ DES HELMINTHES DE <i>PTYCHADENA MASCARENIENSIS</i> ET LES FACTEURS INFLUENÇANT LEUR PRÉVALENCE DANS LA ZONE D'ÉTUDE.	90
3.3.1. Diversité des helminthes parasites de l'espèce <i>Ptychadena mascareniensis</i>	90
3.3.2. Diversité des organes hébergeant les helminthes parasites	91
3.3.3. Prévalence des différentes classes d'helminthes infestant l'espèce <i>Ptychadena mascareniensis</i> dans la zone d'étude	91
3.3.4. Dynamique de l'infestation parasitaire des spécimens de <i>Ptychadena mascareniensis</i>	92

3.3.4.1. Variations de l'infestation parasitaire dans les bas-fonds et les forêts périurbaines	92
3.3.4.2. Variations saisonnières de l'infestation parasitaire.....	93
3.3.4.3. Variations de l'infestation parasitaire en fonction du sexe de l'hôte	95
3.3.5. Influence des paramètres du milieu sur l'infestation parasitaire	96
3.3.6. Discussion.....	99
3.3.7. Conclusion partielle	101
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....	102
RÉFÉRENCES.....	105

DÉDICACE

À mon père,

Feu Goly Kra pour m'avoir inculqué les valeurs sociales et humaines telles que l'honnêteté, la persévérance et surtout l'amour du travail bien fait.

et

À ma mère

Konan Ahou qui n'a cessé de consacrer régulièrement du temps dans la prière pour moi et de m'encourager à aller de l'avant.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions rendre grâce à Dieu pour son soutien tout au long de ces travaux : la nuit comme le jour, dans les forêts ou dans les bas-fonds, il a été pour nous une protection sûre. Que la gloire lui soit rendue.

Les travaux de cette thèse ont pu se réaliser grâce au concours de plusieurs personnes physiques ou morales qu'il nous plait de remercier à travers les lignes ci-dessous :

Nous exprimons notre vive reconnaissance à la Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé, le Professeur ADOHI Krou Viviane pour avoir autorisé notre inscription dans ladite Université.

Il nous est aussi agréable de remercier le Professeur SORO Dogniméton, Vice-Président chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, de la Recherche et de l'Innovation Technologique de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour sa disponibilité et ses encouragements au travail bien fait.

Aussi voudrions-nous remercier le Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'UFR Environnement, pour avoir accepté mon intégration au sein de cette Unité de Formation et de Recherche.

Au Professeur BARIMA Yao Sadaïou Sabas, Président du conseil scientifique de l'UFR Environnement, nous lui manifestons notre reconnaissance pour ses critiques constructives.

Nous demeurons reconnaissants au Professeur KOFFI Béné Jean-Claude, Directeur du laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale, pour son encadrement, ses conseils et suggestions à l'endroit des étudiants de son laboratoire.

Nous nous devons d'adresser un sincère remerciement au Professeur ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, pour l'encadrement reçu durant de nombreuses années à ses côtés et surtout pour nous avoir fait confiance afin de nous guider dans le milieu de la recherche.

Nous affirmons une profonde gratitude au Professeur BONY Kotchi Yves pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Notre reconnaissance est aussi manifestée à l'endroit du Professeur TOHE Blyda pour avoir accepté de participer au jury de cette thèse.

Nous adressons nos sincères remerciements au Docteur CAMARA Adama Idrissa pour sa précieuse contribution à l'amélioration de ce document et aussi pour avoir accepté d'être membre du jury de cette thèse.

Nous remercions aussi infiniment le Docteur KPANGUI Kouassi Bruno pour sa participation au jury de cette thèse.

En outre, nous exprimons une profonde reconnaissance aux Docteurs ALIKO N'Guessan Gustave et Boussou Charles pour leurs encouragements et conseils.

Nous adressons un grand merci aux chefferies villageoises et aux propriétaires terriens de Sapia, Tapéguhé, Bribouo et de Zakoua pour nous avoir permis d'accéder aux différents sites forestiers ayant servi pour les échantillonnages.

Nous adressons un infini remerciement aux Docteurs KOUADIO Atta Léonard, KEITA Gaoussou, OUSSOU Konan Hervé et ZEAN Maxime pour la franche collaboration dont ils ont fait preuve durant les travaux de cette thèse. Nous manifestons aussi de la reconnaissance à l'endroit de tous les doctorants de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour leur collaboration.

Nos remerciements vont également à l'endroit de Messieurs KOUADIO Bédié Aimé et KONAN David nos guides et nos compagnons de terrain, pour le soutien et l'assistance durant les phases de prospection et de monitoring.

Nous exprimons toute notre sympathie et nos remerciements aux membres de l'Équipe de Travail en Écologie Tropicale Animale (ETETA) de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour leur collaboration.

Aussi, affichons-nous une profonde reconnaissance aux membres du laboratoire BioEcoTrop, particulièrement à l'Équipe d'Hydrobiologie de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour la disponibilité et la collaboration.

Nous exprimons notre reconnaissance à notre épouse, Madame GOLY Née Kouassi Rosalie pour son soutien et ses prières en faveur d'un aboutissement heureux de ce travail de recherche.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

SIGLES

- ACEMAV** : Association pour la Connaissance et l'Etude du Monde Animal et Végétal
- ACP** : Analyse en Composantes Principales
- ACH** : Classification Hiérarchique Ascendante (Hierarchical Ascending Classification)
- AFD** : Analyse Factorielle Discriminante
- AH** : Amplitude d'Habitat
- CO₂** : Dioxyde de Carbone
- ETETA** : Équipe de Travail en Écologie Tropicale Animale
- FAO** : Food and agriculture organization
- GPS** : Global Positioning System
- IM** : Intensité parasitaire Moyenne
- INS** : Institut National de la Statistique
- KW** : Kruskal –Wallis
- MW** : Mann –Whitney
- PH** : Pression Humaine
- pH** : potentiel d'Hydrogène
- RGPH** : Recensement général de la population et de l'habitat
- SODEXAM** : Société D'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique
et Météorologique
- SOM** : Self Organizing Maps
- SP** : Saison pluvieuse
- SS** : Saison sèche
- UFR** : Unité de Formation et de Recherche
- UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
- UJLoG** : Université Jean Lorougnon Guédé

ABRÉVIATIONS

- CSoHe** : Couverture du sol par les Herbacées
- CSoLi** : Couverture du Sol par la Litière
- ELi** : Épaisseur de la litière
- Hum** : Humidité relative de l'air

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition spécifique et fréquences d'occurrences des espèces d'amphibiens anoures inventoriés dans les transects de bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	60
Tableau II : Proportions (%) des catégories des espèces d'amphibiens en fonction de leurs occurrences dans les habitats des forêts et des bas-fonds des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	61
Tableau III : Proportions (%) des espèces constantes observées dans les forêts et les bas-fonds des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	61
Tableau IV : Résultat du test de similarité de Jaccard exprimé en pourcentage des espèces d'amphibiens communes aux trois sites d'échantillonnage.....	62
Tableau V : Valeurs de l'amplitude d'habitat et de l'occupation naïve des espèces d'amphibiens recensés dans les bas-fonds et forêts des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	63
Tableau VI : Différentes tailles de la carte de Kohonen et les erreurs de quantification et topographique correspondantes	66
Tableau VII : Synthèse de l'analyse discriminante réalisée sur les principaux paramètres physiques des bas-fonds et forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	73
Tableau VIII : Résultats de la classification obtenue par l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et le test "leave-one-out" de validation croisée.....	73
Tableau IX : Abondances relatives des familles d'amphibiens anoures recensés dans les bas-fonds et les forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	75
Tableau X : Abondances relatives des espèces d'amphibiens anoures recensés dans les bas-fonds et les forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	76
Tableau XI : Abondances relatives des familles d'amphibiens anoures recensés les matins et les nuits dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	77
Tableau XII : Abondances relatives des familles d'amphibiens anoures collectés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa au cours des deux saisons climatiques de Juillet 2019 à Juin 2020	78

Tableau XIII : Abondances relatives des espèces d'amphibiens anoures recensés les matins et les nuits dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	79
Tableau XIV : Abondances relatives des espèces d'amphibiens anoures collectés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa au cours des deux saisons climatiques de Juillet 2019 à Juin 2020.....	80
Tableau XV : Répartition des taxons d'helminthes de <i>Ptychadena mascareniensis</i> issu des bas-fonds urbains, des bas-fonds périurbains et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	90
Tableau XVI : Diversité spécifique des helminthes et leur localisation dans les spécimens de <i>Ptychadena mascareniensis</i> issus des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.....	91
Tableau XVII : Prévalence des classes d'helminthes parasites de <i>Ptychadena mascareniensis</i> des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020..	92
Tableau XVIII : Prévalence et intensité parasitaire moyenne des helminthes parasites de <i>Ptychadena mascareniensis</i> des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.....	93
Tableau XIX : Prévalence et intensité parasitaire moyenne (IM) des helminthes parasites de <i>Ptychadena mascareniensis</i> des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa en fonction des saisons climatiques de juillet 2019 à juin 2020	94
Tableau XX : Prévalence et intensité parasitaire moyenne des helminthes parasites de <i>Ptychadena mascareniensis</i> des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa (de juillet 2019 à juin 2020) en fonction du sexe de l'hôte.....	95

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique des zones urbaines et périurbaines de Daloa	6
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région de Daloa réalisé à partir des moyennes des données climatiques de la SODEXAM de 2010 à 2020.....	8
Figure 3 : Spécimen d'un amphibien de l'ordre des Anoures : <i>Sclerophrys regularis</i>	10
Figure 4 : Spécimen d'un amphibien de l'ordre des Urodèles : <i>Ambystoma californiense</i> (Oussou, 2022).....	12
Figure 5 : Spécimen d'un amphibien de l'ordre des Gymnophiones : <i>Ichthyophis moustakius</i> Kamei <i>et al.</i> (2009).....	14
Figure 6 : Cycle parasitaire direct (A) et cycle parasitaire indirect (B) ; a : cycle parasitaire indirect à un hôte intermédiaire ; b : cycle parasitaire indirect à plusieurs hôtes intermédiaires (Bouree, 2008)	17
Figure 7 : Morphologie générale de deux sous-classes de Monogène (A : monopisthocotylea, B : polyopisthocotylea) (Ayadi <i>et al.</i> , 2017).....	18
Figure 8 : Quelques genres des Trématodes parasites des anoures (Imasuen & Aisien, 2012).....	19
Figure 9 : Morphologie générale d'un cestode (Benmarce, 2018)	21
Figure 10 : Morphologie de deux nématodes mâle et femelle (Moravec, 1994).....	22
Figure 11 : Morphologie générale d'un acanthocéphale (Hassani, 2010).....	23
Figure 12 : Matériel de collecte des paramètres physiques, des amphibiens et des helminthes parasites des zones urbaines et périurbaines de Daloa	27
Figure 13 : Localisation des points d'échantillonnage des amphibiens dans les zones urbaines et périurbaines de Daloa de juillet 2019 à juin 2020	28
Figure 14 : Représentation schématique d'un transect (100 m /16 m) établi dans la zone d'étude.	29
Figure 15 : Aperçu des sites d'échantillonnage : (A) = bas-fond urbain de Lobia ; (B) = bas-fond périurbain de Toroguhe et (C) = forêt périurbaine de Sapia.....	30
Figure 16 : Schéma simplifié de la carte auto-organisatrice de Kohonen (Aguilar, 2004).	41
Figure 17 : Variations du taux de couverture de la canopée dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	43
Figure 18 : Variations du nombre de végétaux ligneux dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	44
Figure 19 : Variations de la pression humaine dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	45

Figure 20 : Variations du taux de couverture du sol par les herbacées dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	46
Figure 21 : Variations du taux de couverture du sol par la litière dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	47
Figure 22 : Variations de l'épaisseur de la litière dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	48
Figure 23 : Variations de la température de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	49
Figure 24 : Variations de l'humidité relative de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	49
Figure 25 : Variations journalières de la température de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	50
Figure 26 : Variations journalières de l'humidité relative de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	51
Figure 27 : Variations saisonnières de la température de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	53
Figure 28 : Variations saisonnières de l'humidité relative de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	53
Figure 29 : Analyse en Composantes Principales réalisée sur la base des variables physiques mesurées au niveau des transects d'échantillonnage dans les habitats des bas-fonds et forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	55
Figure 30 : Courbe d'accumulation de la richesse spécifique observée (Sobs) et des richesses spécifiques estimées (Jack-nife 1 et Chao 2) dans les bas-fonds et les forêts des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Novembre 2018 à Juin 2019.	58
Figure 31 : Variations de la richesse spécifique des amphibiens issus des bas-fonds et des forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	64
Figure 32 : Variations saisonnières de la richesse spécifique des amphibiens issus des bas-fonds et des forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	65
Figure 33 : Variations journalières de la richesse spécifique des amphibiens issus des bas-fonds et des forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	66

Figure 34 : Classification hiérarchique des cellules de la SOM sur la base de la matrice de présence/absence des espèces d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	67
Figure 35 : Distribution des échantillons dans la SOM à partir des données de présence/absence des espèces d'amphibiens prélevées dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	68
Figure 36 : Profil de distribution des espèces d'amphibiens sur la carte de Kohonen	69
Figure 37 : Distribution des espèces d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa dans chaque groupe défini par la SOM.....	70
Figure 38 : Variations de la richesse spécifique des amphibiens des trois groupes (GI, GII, GIII) définis par la carte SOM.....	71
Figure 39 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) présentant les variations de la température de l'air (Tair (°C), de l'hygrométrie, de la couverture du sol par les herbacées (CSoHe), de l'épaisseur de la litière (Eli), de la couverture du sol par la litière (CSoLi), de la canopée, de la pression humaine (PH) et du nombre de végétaux ligneux (NVL) dans les groupes I, II et III.....	72
Figure 40 : Proportions des abondances des familles d'amphibiens récoltés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.	74
Figure 41 : Variations de l'indice de diversité de Shannon du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.....	81
Figure 42 : Variations de l'indice d'Équitabilité du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.	82
Figure 43 : Variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.....	83
Figure 44 : Variations saisonnières de l'indice d'Équitabilité du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.. ..	83
Figure 45 : Représentation de la regression entre la prévalence parasitaire et les paramètres du milieu.....	97

INTRODUCTION

La biodiversité subit une perte drastique en Afrique et dans le monde. A titre d'exemple, selon l'UICN (2022), sur 147.517 espèces étudiées, 41.459 sont menacées d'extinction au niveau mondial. La dégradation des écosystèmes forestiers représente une des plus importantes causes de réduction de la biodiversité (FAO, 2022). Il y a quatre siècles, 66 % des terres étaient recouvertes de forêt, aujourd'hui, il ne reste seulement qu'un tiers. Alors qu'en 1990 les forêts avaient une superficie d'environ 4,128 milliards d'hectares soit 31,6 % de la superficie mondiale des terres, en 2015 elles ne s'étendaient que sur 3,999 milliards d'hectares soit 30,6 % des terres (FAO, 2015).

En Côte d'Ivoire, au lendemain de l'indépendance, le choix d'un développement basé sur l'agriculture a eu pour conséquence la perte de l'essentiel de ses ressources forestières en l'espace de trois décennies. En effet, les surfaces forestières de ce pays sont passées de 7,85 millions d'hectares en 1986 à 5,09 millions d'hectares en 2000, puis à 3,6 millions d'hectares en 2015 (SER-REDD+ & FAO, 2017).

Quant à la zone de Daloa, en plus des activités agricoles, subit une extension des milieux urbains avec pour conséquence la disparition des espèces végétales et animales (Gbocho & Ourega, 2021). Cette zone, en plus des reliques de forêts, contient des bas-fonds qui hébergent un peuplement d'amphibiens (Barbault, 1972). A l'instar des forêts, ces bas-fonds abritent des insectes (Ilboudo-Tapsoba *et al.*, 2011) qui sont de potentiels proies pour les amphibiens (Tohé *et al.*, 2015a).

Par ailleurs, les amphibiens forment une composante essentielle pour de nombreux écosystèmes. Ils interviennent dans une grande variété de relations de type prédateur-proie et conditionnent donc par leur existence, la survie de beaucoup d'autres espèces (Andreas & Christel, 2003). Aussi, les amphibiens constituent-ils la biomasse principale de vertébrés dans beaucoup de zones humides et ils ont un rôle clé dans la chaîne trophique de l'écosystème : les adultes sont prédateurs d'invertébrés et représentent une bonne source de nourriture pour des prédateurs de rang plus élevé comme les hérons, certains poissons (Blaustein *et al.*, 1994) et des reptiles (Barbault, 1970). En plus, les amphibiens sont importants dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles en agriculture et en santé publique (Oungbe *et al.*, 2018 ; Coulibaly & Zigué, 2021).

Dans le domaine des pêches et de l'aquaculture, en dehors des poissons, les grenouilles sont aussi consommées dans plusieurs ménages en Afrique. L'espèce *Hoplobatrachus occipitalis* est la plus consommée en Côte d'Ivoire (Kouamé *et al.*, 2015, Kéita *et al.*, 2022 ; Kéita, 2023).

Malgré leur rôle important dans la chaîne trophique de l'écosystème, les amphibiens représentent l'un des groupes taxonomiques les plus menacés dans le monde : ils subissent un déclin drastique de leurs populations sur l'ensemble de la planète (Collins & Storfer, 2003 ; Stuart *et al.* 2004 ; Beebe & Griffiths, 2005 ; Blaustein *et al.*, 2011). Les populations d'amphibiens ont été fortement impactées par l'intensification de l'agriculture et l'urbanisation croissante entraînant une destruction

ou une dégradation de leurs habitats (Stuart *et al.*, 2004 ; Cushman, 2006 ; Hamer & McDonnell, 2008). En outre, les amphibiens sont vulnérables aux polluants (herbicides, insecticides et engrais azotés), à la dessiccation et aux espèces invasives telles que les poissons exotiques, la grenouille taureau (*Lithobates catesbeianus*) (Matutini, 2021). En milieu urbain, les routes engendrent directement des taux de mortalité élevés pour les amphibiens tentant de se disperser à travers un paysage fragmenté (Dodd & Smith, 2003).

Aussi, avec l'effet négatif des changements climatiques sur les écosystèmes, il y a une réduction de la quantité et de l'humidité de la litière (Whitfield *et al.*, 2007), une amorce plus tardive de la saison de reproduction (Beebee, 1995) et une diminution de la période d'eau stagnante ou assez profonde dans des points d'eau permanents ou non permanents (Pounds, 2001; Daszak *et al.*, 2005). Les amphibiens strictement terrestres voient alors l'abondance de proies diminuer dans la litière appauvrie (Donnelly & Crump, 1998; Crump, 2003), et l'impossibilité pour leurs œufs de se développer dans la litière trop sèche (Burrowes *et al.*, 2004; Whitfield *et al.*, 2007).

Hormis l'impact néfaste des activités anthropiques et des changements climatiques, l'implication des agents pathogènes dans la réduction des populations d'amphibiens a été démontrée (Daszak *et al.*, 2003 ; Matutini, 2021). C'est le cas du champignon *Batrachochytrium dendrobatidis* qui est à l'origine de la chytridiomycose, maladie cutanée mortelle des amphibiens. Cette maladie a provoqué des mortalités catastrophiques d'amphibiens dans le monde entier. (Voyles *et al.*, 2011). En effet, *Batrachochytrium dendrobatidis*, fait des ravages chez les amphibiens en s'attaquant à la kératine de leur peau (Dubois, 2008). Ce champignon parasite peut causer un taux de létalité allant jusqu'à 100 % (Berger *et al.*, 2005).

Quant aux helminthes parasites, une fois installés dans les organes cibles, se reproduisent et pondent des œufs qui sont émis à l'extérieur de l'hôte en même temps que les urines et les selles (Le Bailly & Bouchet, 2006). Les effets pathogènes des helminthes parasites sont nombreux : ils peuvent être à l'origine d'anomalies telles que le ralentissement de la croissance, les déformations squelettiques, la détérioration de la vue et la diminution de la fécondité des hôtes (Oungbe, 2021). En outre, ces parasites se nourrissent-ils du sang de leur hôte (Baud'huin, 2003). Des espèces de cestodes et de trématodes ont été indiquées comme responsables des lésions gastro-intestinales, des déformations des membres et des mortalités élevées dans les populations de grenouilles sauvages (Wright, 2006 ; Johnson *et al.*, 2007).

L'herpétofaune peut être hôte d'une variété d'espèces d'helminthes parasites, c'est le cas de *Rhabdia bufonis*, *Cosmocerca eburnense*, *Proteocephalus* sp. (Oungbe, 2021).

Connaissant la présence de toutes les menaces (activités anthropiques et effets pathogènes des helminthes parasites) contre les amphibiens, il serait intéressant de mener des évaluations régulières

de leurs milieux de vie. Diverses communautés biologiques sont utilisées comme indicateurs de l'état de conservation ou de dégradation d'un milieu. Quant aux amphibiens, leur grande sensibilité aux modifications des conditions du milieu, fait d'eux d'excellents indicateurs de l'intégrité biotique des écosystèmes (Hillers *et al.*, 2008a). Aussi les parasites sont-ils utilisés comme indicateurs biologiques des conditions environnementales de leurs hôtes (Williams *et al.*, 1992). Pour ces raisons, une meilleure connaissance de la diversité d'amphibiens et des helminthes parasites associés s'avère nécessaire.

L'effet des changements climatiques, l'impact des activités anthropiques et l'infestation parasitaire sur les populations d'amphibiens justifient donc l'intérêt scientifique de cette étude.

Ainsi, l'objectif général visé est d'évaluer le niveau de dégradation des habitats des bas-fonds et des forêts de la ville de Daloa par l'étude du peuplement d'amphibiens et des helminthes parasites associés pour des perspectives de conservation durable de ces milieux.

De façon spécifique, il s'agit (i) de caractériser les habitats des bas-fonds et des forêts de la zone d'étude, (ii) de déterminer la dynamique spatio-temporelle du peuplement d'amphibiens et (iii) d'identifier les helminthes parasites des amphibiens et les facteurs du milieu influençant leur prévalence.

Après l'introduction qui prend en compte le contexte et la justification ; le contenu de ce mémoire s'articule autour de trois chapitres : le premier aborde les généralités relatives à la zone d'étude, aux amphibiens et aux parasites. Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la collecte et l'analyse des données. Enfin, le dernier chapitre est relatif à la présentation et à la discussion des résultats. La fin de ce mémoire est marquée par une conclusion, des recommandations et des perspectives de recherche.

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1.1. MILIEU D'ÉTUDE

1.1.1. Situation géographique et caractéristiques de la zone d'étude

La ville de Daloa est située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire entre 6°30' et 8° de latitude Nord et entre 5° et 8° de longitude Ouest (Kouamé *et al.*, 2017). Chef-lieu de la région du Haut-Sassandra, Daloa est située à 383 km d'Abidjan qui est la capitale économique. Elle est limitée au Nord par le département de Vavoua, au Sud par celui d'Issia, à l'Est par les départements de Zuénoula et Bouaflé et à l'Ouest par le département de Duékoué (Figure 1). Le recensement général de la population de 2021 a révélé que Daloa était peuplée de 421.879 habitants (INS, 2021).

La région du Haut-Sassandra dispose d'une population en majorité rurale. En 2010, la population rurale représentait 71,69 % de la population régionale contre 57 % au plan national (INS, 2011).

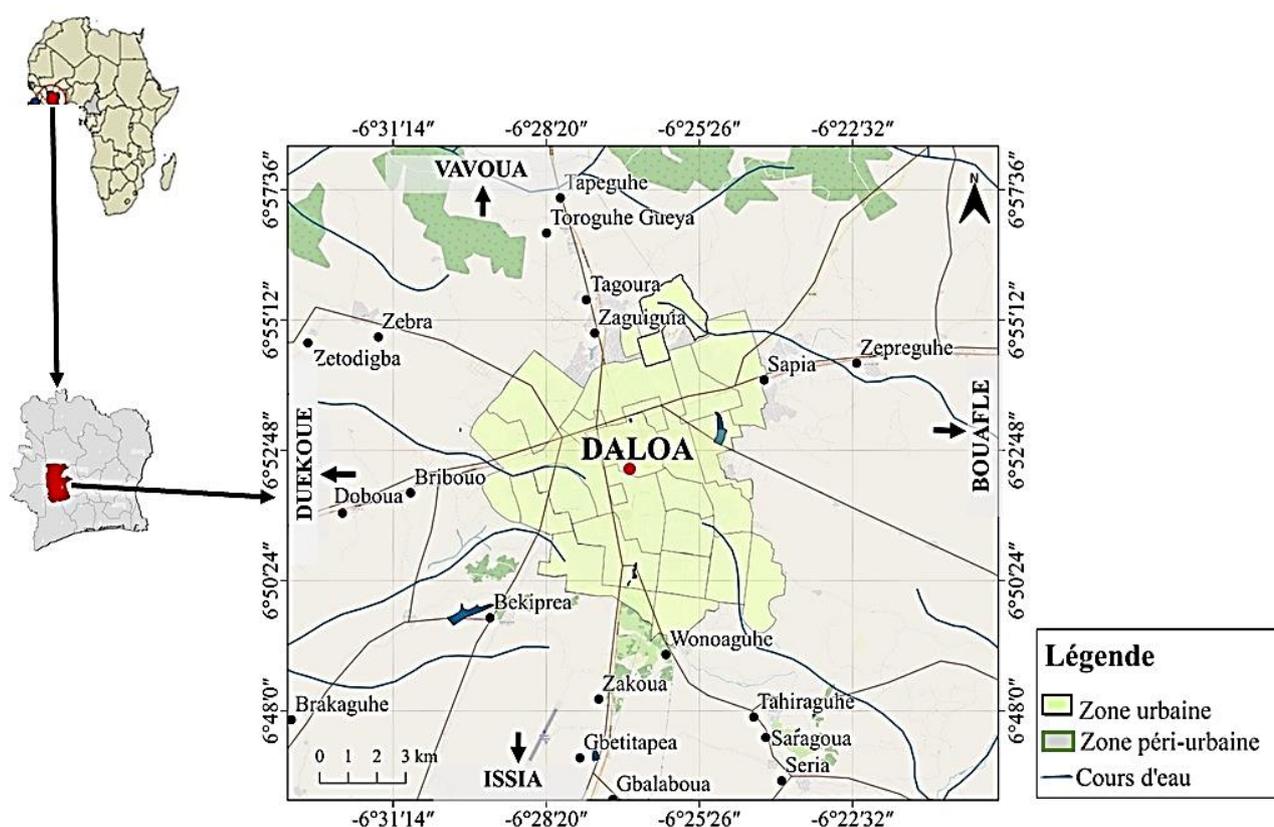


Figure 1 : Situation géographique des zones urbaines et périurbaines de Daloa

1.1.2. Aspects socio-économiques

Les activités principales dans le département de Daloa sont : l'agriculture, l'agro-industrie, l'élevage et le commerce. Les principaux produits agricoles sont l'igname, le cacao, le manioc, le maïs, le riz, le café, le plantain, le coton et les produits maraichers (Sangaré *et al.*, 2009). Cette région bénéficie de nombreux atouts non seulement pour la production des vivriers, mais aussi pour sa commercialisation. De ce fait, elle est appelée à jouer un grand rôle dans la distribution alimentaire

du pays. Cependant, le véritable constat est que ces nombreuses potentialités ne semblent profitées qu'aux cultures d'exportation en particulier le binôme café-cacao. La région du Haut-Sassandra était donc en 2010, la deuxième zone de production du cacao et la première de café du pays (Koffie-Bikpo & Kra, 2013).

1.1.3. Climat et hydrographie

La ville de Daloa tout comme la région du Haut-Sassandra est marquée par un climat tropical humide et caractérisée par deux saisons de durées inégales. Il s'agit d'une saison sèche qui s'étend de novembre à février et une saison des pluies qui s'échelonne de Mars à Octobre (Figure 2), avec un pic des précipitations enregistré en Septembre (168,22 mm de pluie). La température moyenne est de 28,53°C et varie annuellement entre 25,14 et 28,56°C. La durée d'insolation annuelle est d'environ 1800 à 2000 heures.

Le département de Daloa est situé dans le bassin versant du fleuve Sassandra (Djene, 2019). Cette région est influencée par le fleuve Sassandra, ses affluents (Lobo et Davo) et le lac du barrage de Buyo. En outre de nombreux cours d'eaux à écoulement saisonnier tel que le Dé, le Bahoré, le Boty arrosent la région donnant lieu à de nombreux bas-fonds cultivables (Koffie-Bikpo & Kra, 2013). Le réseau hydrographique de la ville de Daloa comprend divers écosystèmes aquatiques tels que les lacs, les étangs, les mares, les rivières naturelles et artificielles et des ruisseaux (Sangaré *et al.*, 2009). La période des crues a lieu en saison pluvieuse, permettant ainsi la reconstitution des réserves hydriques du sol (Yao *et al.*, 2012).

La rivière Lobo, long de 290 km, prend sa source à 340 m d'altitude, à proximité de Séguéla. Ce cours d'eau a une orientation générale Nord-Sud, avec une pente moyenne de 0,65 %. Elle a une superficie de 12745 km² et une longueur de 355 km.

Dans la partie Nord de la ville de Daloa, existe le lac Gbedji qui prend sa source dans une ramification de la Lobo. Ce lac alimente des étangs piscicoles et rizicoles de la ville, notamment ceux du quartier Kennedy. En plus de ces écosystèmes aquatiques, il y a des bas-fonds qui sont issus de la nappe souterraine. Ces eaux hébergent des poissons tels que le tilapia, le silure (Sangaré *et al.*, 2009) ainsi que les macroinvertébrés (Cadot *et al.*, 2000)

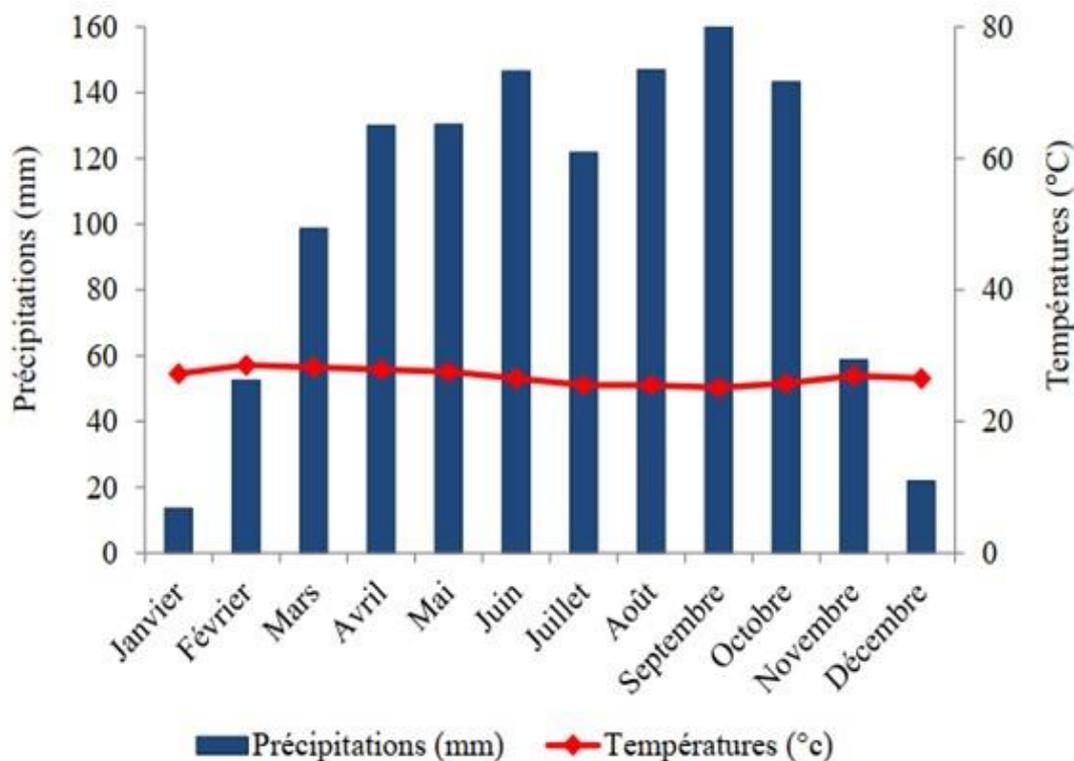


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région de Daloa réalisé à partir des moyennes des données climatiques de la SODEXAM de 2010 à 2020.

1.1.4. Relief et Sols

La région de Daloa est située sur un site de plateau, disloqué et découpé en collines par des vallées et des bas-fonds où l'on rencontre les quartiers périphériques et les cultures maraichères. Pendant la saison pluvieuse, les eaux drainées à travers les dépôts d'ordures se déversent dans les bas-fonds (Ayemou, 2018). Il s'agit d'une pénéplaine monotone légèrement inclinée vers le Sud. Elle regroupe un ensemble de dômes cristallins de faible altitude (300 à 400 m) situé au Nord et les bas plateaux (200 à 300 m) au Sud (Yao *et al.*, 2012).

Le substrat pédologique de Daloa appartient au vieux socle précambrien composé de granites, migmatites et granito-gneiss. La majeure partie du département de Daloa est dominé par les sols ferrallitiques. Ces sols, lessivés et profonds (20 m) sont dus aux précipitations abondantes et à l'altération rapide des roches. Les caractéristiques édaphiques sont similaires à celles décrites par Lauginie (2007) pour le Parc National de la Marahoué. Ces sols sont très favorables au développement des cultures de café, de cacao, d'hévéa, et aux cultures vivrières.

Dans les bas-fonds, des sols gris clair à blancs, très sableux dominant. Vers l'aval, ils se colmatent progressivement et se couvrent de colluvions et d'alluvions argileuses (Dural, 1993).

1.1.5. Végétation

Le département de Daloa est situé dans le secteur forestier mésophile de la forêt guinéenne dont le climax prédominant est la forêt dense humide semi-décidue (N'Guessan *et al.*, 2014). La végétation est en constante régression du fait des activités agricoles telles que la culture du café et du cacao (Ligban *et al.*, 2009).

Aussi, la région du Haut-Sassandra se caractérise-t-elle par une flore très variée et présente deux types de végétations bien distinctes. On peut distinguer :

- La zone forestière qui occupe la majeure partie de la région. Elle se caractérise par une forêt semi décidue à *Celtis* spp et *Triplochiton scleroxylon* (Samba) ;

- La zone des savanes ou savane préforestière (Nord de Vavoua). La composition de ces savanes diffère en fonction de la nature du sol ou de l'action de l'homme. Ainsi on trouve des savanes à rôniers sur les sols hydromorphes, des savanes herbeuses post culturales ou des savanes alluviales sur les bordures du fleuve Sassandra et enfin des savanes arbustives (Koffie-Bikpo & Kra, 2013).

En outre, la partie forestière de cette zone est essentiellement faite de forêt dense et de forêt défrichée (N'go, 2015).

1.1.6. Occupation du sol

Dans les zones forestières du Haut Sassandra, l'on assiste à un recul des classes forestières au profit d'une augmentation des superficies de cultures, de jachères mais aussi des sols nus (Bamba *et al.*, 2018). En outre, les espaces urbains et périurbains sont marqués par une urbanisation accélérée. Celle-ci se traduit par des conquêtes des terrains environnants sous la forme de lotissements ou de création d'habitats spontanés (Yode, 2017).

1.2. GÉNÉRALITÉS SUR LES AMPHIBIENS

1.2.1. Classification des amphibiens

1.2.1.1. Ordre des Anoures

La classe des amphibiens comprend 8611 espèces réparties en 3 ordres (Gymnophiones, Urodèles et Anoures). L'ordre des Anoures est le plus diversifié avec 56 familles réparties en 524 genres et 7585 espèces (Frost, 2023).

Les anoures sont reconnaissables par une large tête avec une large bouche, surmontée par des yeux globuleux. Ils se caractérisent par quatre membres plus ou moins palmés, adaptés à la marche, au saut ou à la nage (Figure 3). Ils ont quatre doigts aux pattes avant et cinq aux pattes arrière. Ils ne possèdent pas de queue au stade adulte. Ce groupe forme un ensemble très homogène représenté par les crapauds et les grenouilles (Rödel, 2000 ; Wells, 2007). Les anoures, à l'instar des autres amphibiens sont des animaux poïkilothermes à peau nue et humide. La température corporelle dépend donc des variations de températures extérieures. Ils possèdent une circulation sanguine double et imparfaite (Duellman & Trueb, 1986).



Figure 3 : Spécimen d'un amphibien de l'ordre des Anoures : *Sclerophrys regularis* (photo de Goly).

La nourriture des anoures est essentiellement constituée d'insectes, de gastéropodes, de petits poissons, de petites grenouilles (Bellakhal *et al.*, 2010).

On observe chez les anoures une indépendance accrue vis-à-vis du milieu aquatique : ils peuplent les biotopes les plus divers, les forêts équatoriales, les déserts, les toundras et les montagnes. Ils sont absents du milieu marin (Lecointre & Guyader, 2001). Généralement, les amphibiens passent d'une vie larvaire aquatique à une vie adulte terrestre suite à une métamorphose. Il y a cependant quelques exceptions : c'est le cas de la grenouille verte (*Rana esculenta*) qui ne quitte jamais l'eau (Guibé,

1952). La plupart des espèces anoures anamniotes se reproduisent une seule fois chaque année (Oussou, 2022). Ils ont plusieurs stratégies de reproduction. Cependant, chez certaines espèces tropicales, des individus peuvent se reproduire à tout moment de l'année quand les conditions sont favorables (Barbault, 2000). Chez les anoures, la vocalisation est une stratégie utilisée dans la reproduction (Heyer *et al.*, 1994). En effet, elle permet aux femelles de repérer les mâles qui émettent des coassements propres à chaque espèce. Aussi, la fécondation chez les anoures est externe (Rödel, 2000 ; Wells, 2007) excepté le crapaud vivipare du Mont Nimba, *Nimbaphrynoides occidentalis* (Lamotte, 1959 ; Hillers *et al.*, 2008b ; Sandberger *et al.*, 2010).

Par ailleurs, certaines grenouilles couvent leurs œufs. Chez ces espèces « couveuses », les œufs ont un développement direct, indépendant de l'eau (Lamotte & Lescure, 1977).

La technique d'accouplement la plus utilisée est l'amplexus. Dans ce cas, le mâle monte sur le dos de la femelle et s'accroche à elle avec ses pattes antérieures présentant des callosités nuptiales qui apparaissent pendant la période de reproduction. L'amplexus peut se dérouler sur des sites terrestres ou des milieux aquatiques (Wells, 1977). Les femelles déposent leurs œufs sur des sols humides, ou dans des sites arboricoles, ou sur des feuilles près des cours d'eau, sur des feuilles au-dessus d'une mare, ou encore sur des feuilles humides. En général, après une période favorable, ces œufs donnent naissance à des têtards qui, dans la majorité des cas, ont un développement larvaire aquatique. Chez d'autres, en revanche, les œufs ou les têtards sont couvés sur les flancs, dans des poches ventrales ou dans des sacs vocaux. Pour la majorité des espèces couveuses, les œufs subissent un développement direct. A l'éclosion, les larves ressemblent à des alevins : elles sont dépourvues de pattes et sont munies de branchies externes. Par la suite, on assiste à l'apparition de branchies internes et des pattes, puis le remplacement des branchies internes par des poumons. Ces différentes modifications conduisent les larves au stade adulte (Soro, 2020).

1.2.1.2. Ordre des Urodèles

L'ordre des Urodèles est moins diversifié que celui des Anoures. Il contient 807 espèces, 17 genres et 9 familles (Frost, 2023). Ils sont aussi appelés amphibiens caudés et ressemblent à de petits lézards (Figure 4). En outre, à la différence des anoures, les urodèles forment un ordre d'amphibiens qui gardent une queue à l'état adulte. Cet ordre d'amphibiens regroupe les salamandres et les tritons (Denoël, 1999). Leur corps est allongé, avec une queue bien développée qui a une longueur de 10 à 30 cm. Ils possèdent quatre membres courts de longueur pratiquement égale. Aussi les larves ressemblent-elles aux adultes (Benito-Espinal, 1997). En outre, certaines salamandres ont totalement perdu leurs poumons et n'utilisent que leur peau pour les échanges respiratoires (Duellman & Trueb, 1986).



Figure 4 : Spécimen d'un amphibien de l'ordre des Urodèles : *Ambystoma californiense* (Oussou, 2022).

En outre, les urodèles sont carnivores (Smith, 2003). C'est le cas des salamandres aquatiques adultes et des larves qui se nourrissent d'une grande variété d'invertébrés aquatiques comme les sangsues, les escargots, les crustacés et les larves d'insectes aquatiques (McGregor & Uzzell, 1964).

Les urodèles sont très répandus dans l'hémisphère boréal, mais on compte quelques espèces sous les tropiques dans les montagnes fraîches et humides (Purves *et al.*, 1994). En Afrique, ils ne sont présents qu'au Maroc, en Algérie et en Tunisie (Lecointre et Le Guyader, 2006).

Les salamandres vivent dans les milieux boisés et accidentés. Elles déposent leurs larves (écloses et partiellement développées) dans les ruisseaux bien oxygénés des fonds de vallon. La salamandre du genre *Hemidactylus* possède des glandes parotoïdes qui sont situées de part et d'autre de la nuque. Ces glandes et les pores situés le long de la colonne vertébrale sécrètent un venin toxique qui est capable de tuer un petit mammifère et en intoxiquer un gros (Souley, 2005).

En ce qui concerne les tritons, ils préfèrent les milieux stagnants comme les mares et étangs. En dehors des périodes de reproduction, les tritons sont plus discrets ; ils ont des couleurs cryptiques pour se dissimuler dans le décor mais dévoilent sous leur ventre des couleurs jaune et orange très vives (ACEMAV *et al.*, 2003).

La reproduction chez les urodèles se déroule différemment de celle des anoures. A titre d'exemples, les mâles des tritons aquatiques (du genre *Triturus*) réalisent devant les femelles, une danse nuptiale spécifique de l'espèce et libèrent des phéromones sexuelles (Andreas & Christel, 2003). Les spermatozoïdes de ces amphibiens sont contenus dans de minces enveloppes isolées nommées

spermatophores. Ceux-ci sont déposés dans l'eau par le mâle et sont saisis par les lèvres cloacales de la femelle. Ces spermatozoïdes serviront à féconder les ovocytes lors de la ponte.

Chez la salamandre, la fécondation se déroule sur la terre : le mâle sort les nuits pluvieuses pour s'accoupler à la femelle. Il dépose un spermatophore sur le sol puis laisse la femelle le placer dans son cloaque (Miaud & Muratet, 2004). Au niveau des urodèles, la fécondation interne est la plus fréquente (Wells, 2007). La reproduction par ovoviviparité est aussi observée notamment chez les salamandres (Assémian, 2009). Certains urodèles ne passent pas par une métamorphose et deviennent sexuellement matures au stade larvaire (Denoël, 2003).

1.2.1.3. Ordre des Gymnophiones

L'ordre des Gymnophiones comprend 219 espèces réparties en 33 genres et 10 familles (Frost, 2023). Ce sont des organismes fouisseurs en forme de ver de terre. Ils ont en général, une taille qui varie entre 20 cm et 50 cm (Taylor, 1968). Ces amphibiens sont dépourvus de membres et de ceinture. Ils possèdent des yeux et oreilles atrophiés. Selon Lecointre & Le Guyader (2006) et Frost (2019), ils auraient perdu secondairement leurs membres et sont communément appelés cécilies et sont très proches des formes fossiles. Ils sont généralement carnivores, leur corps est cylindrique et allongé (Figure 5). Ils sont marqués sur toute leur étendue d'une succession d'anneaux et sillons transversaux. Le tronc est terminé par une courte queue de même diamètre que le reste du corps. Chaque anneau correspond à une vertèbre, dont le nombre peut atteindre 300. Chez certains genres tels que *Typhlonectes*, il n'y a pas d'anneaux mais des plis. Plusieurs familles possèdent une véritable queue correspondant à plusieurs vertèbres situées en arrière de l'orifice cloacal, chez certains, il n'y a pas de queue car pas de vertèbres postérieures au cloaque, chez d'autres enfin, un petit appendice, l'écu est postérieur au cloaque.

Ils vivent dans l'humus humide, dans la boue des marécages, sauf le genre *Typhlonectes* qui est aquatique (Lecointre & Guyader, 2001). On les rencontre exclusivement dans les régions tropicales d'Amérique du Sud, d'Afrique et des Indes (Lecointre & Le Guyader, 2006).

Enfin, certains gymnophiones sont vivipares et possèdent une fécondation interne : c'est le cas de l'espèce *Typhlonectes compressicaudus* (Exbrayat, 1986). Ils sont aussi ovipares comme le genre indien *Ichthyopsis* (Serre, 2021).



Figure 5 : Spécimen d'un amphibien de l'ordre des Gymnophiones : *Ichthyophis moustakius* (Kamei *et al.*, 2009).

1.2.2. Intérêts des amphibiens

1.2.2.1. Intérêt écologique

Les amphibiens sont d'une importance notable, car ils remplissent un rôle crucial dans le réseau trophique. Au niveau des forêts tropicales humides, les amphibiens sont souvent les vertébrés les plus abondants (Blaustein & Wake, 1995), ce qui n'est pas sans impact sur le bon fonctionnement des écosystèmes. Les têtards consomment de grandes quantités d'algues dans les milieux aquatiques, et donc participent activement au transfert des nutriments vers les habitats terrestres (Seale, 1980). En outre, les têtards vivant dans les mares se nourrissent de microorganismes en suspension, de macroinvertébrés, d'algues, de substrats végétaux et d'œufs d'autres amphibiens. Ils participent ainsi au maintien de la qualité des eaux (Petranka & Kennedy, 1999 ; Channing *et al.*, 2004). En consommant des larves d'anophèles, les têtards contribuent aussi à la baisse de la prolifération des moustiques qui sont vecteurs du paludisme (Mohneke *et al.*, 2009). Enfin, les œufs des anoures sont riches en protéine (Duellman & Trueb, 1986) et sont consommés par les crabes du genre *Potamon* (Channing, 2001) et par les singes *Cercocebus atys atys* (Rödel *et al.*, 2002).

Quant aux individus adultes, ils se nourrissent allègrement d'une grande variété de proies allant des moustiques, mouches, coléoptères, fourmis et autres arthropodes aux poissons, oiseaux, reptiles et petits mammifères (Blaustein & Wake, 1995 ; Zug *et al.*, 2001 ; Silva *et al.*, 2007 ; Kouamé, 2009). De plus, à toutes les étapes de leur cycle de vie, les amphibiens servent de proies aux insectes aquatiques, poissons, oiseaux, reptiles et mammifères (Blaustein & Wake, 1995 ; Kopij, 2006 ; Leite *et al.*, 2007). Aussi, les amphibiens prennent-ils part à plusieurs réseaux trophiques en milieu

terrestres comme en milieux aquatiques. Or, un déclin massif et une disparition des populations d'amphibiens peuvent avoir des effets significatifs sur des réseaux trophiques dominants et sur des écosystèmes en entier (Whiles *et al.*, 2006). Il est donc pertinent d'affirmer que la variété d'habitats hébergeant les espèces d'amphibiens est associée aux processus écologiques qui influencent la biodiversité (Groves *et al.*, 2002).

En outre, les amphibiens sont globalement de bons indicateurs des perturbations du milieu et constituent un modèle biologique utilisé pour étudier l'impact du changement climatique sur la biodiversité (Pounds *et al.*, 1999). Ce rôle d'indicateur de changement de la qualité des milieux a été retenu au niveau international pour le suivi des changements globaux comme le réchauffement de la planète, l'augmentation de la température, des rayonnements ultraviolets B, les nouvelles maladies, la dispersion des pesticides et autres polluants (Jolly, 2000).

Chez la plupart des amphibiens, la phase de reproduction se déroule dans l'eau ; cependant ils mènent une vie terrestre au stade adulte (Quesnelle *et al.*, 2015).

1.2.2.2. Intérêt socio-économique

Les anoures sont importants sur le plan économique. Cette importance est vérifiée dans l'importation ou l'exportation de certaines espèces pour la consommation humaine et leurs vertus médicinales. Ce commerce s'effectue à grande échelle dans certaines régions du monde et la quantité d'anoures consommées ou exportées est très élevée (Mohneke *et al.*, 2009).

Apparues dans la gastronomie européenne au cours du XVI^{ème} siècle, seule une cinquantaine d'espèces de grenouilles sont comestibles (Neveu, 2004). La consommation annuelle de cuisses de grenouilles en Europe entre 1988 et 1992 était de l'ordre de 8 000 à 10 000 tonnes. En France, jusque dans les années 1960 ; 40 à 70 tonnes /an (grenouilles entières) étaient prélevées dans la nature (Neveu, 2004). Le commerce des grenouilles et des parties de leur corps est mondial, dynamique et porte sur des volumes extrêmement importants (des milliers de tonnes par an ou des milliards de grenouilles par an). L'Union européenne reste la plus grande importatrice de cuisses de grenouilles, la plupart des grenouilles étant encore capturées dans la nature (Mark *et al.*, 2023).

En Indonésie, 22 compagnies spécialisées dans ce commerce emploient 3596 personnes. Dans ce même pays, 31 à 160 millions de grenouilles ont été exportées par an entre 1989 et 1998 (Kusrini & Alford, 2006). En outre, la culture asiatique accorde une place importante aux amphibiens dans la médecine traditionnelle : certaines espèces sont considérées avoir des vertus curatives ou aphrodisiaques ; les oviductes disséqués de *Rana chensinensis* et la peau de certains crapauds sont utilisés dans l'herbologie chinoise. En plus, de nombreuses espèces de crapauds du genre *Bufo* sont

prélevées dans la nature pour récupérer une toxine appelée bufoténine qui a des propriétés hallucinogènes.

L'ensemble de ces exploitations conduites par l'homme peut contribuer à la raréfaction de certaines espèces d'amphibiens (Jensen & Camp, 2003). Dans certains pays africains tels que le Burundi, le Cameroun, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire, les grenouilles sont consommées (Mohneke *et al.*, 2009 ; Kéita *et al.*, 2022 ; Kéita, 2023). Ces dernières années, la population ivoirienne a commencé à intégrer progressivement la grenouille *Hoplobatrachus occipitalis* dans son alimentation. En effet, l'on constate une forte augmentation de sa consommation dans de nombreuses régions du pays, surtout forestières à cause de sa saveur dite agréable (Asseman *et al.*, 2022).

1.3. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES PARASITES

Le fonctionnement des écosystèmes repose essentiellement sur les interdépendances entre individus vivant dans un même milieu. Il existe plusieurs types d'associations et de cohabitations entre les êtres vivants tels que celle entre hôte et parasite. Les parasites sont omniprésents, au niveau de chaque génération et chaque espèce animale ou végétale peut subir une infestation par un parasite à une période de sa vie, quels que soient son mode de vie et son aire d'extension géographique (Filippi, 2013). En effet, le parasitisme est une association temporaire ou permanente de deux êtres vivants dont un seul, le parasite, tire de son hôte la nourriture indispensable à sa subsistance. Il peut être à l'origine de dommages importants chez l'hôte parasité lorsque la charge parasitaire est massive, et entraîne ainsi l'affection parasitaire (Bencheikh, 2010 ; Morlot, 2011 ; Hordé, 2016). Cette exploitation peut avoir de graves conséquences sur la biologie, la physiologie mais également l'écologie et la biologie évolutive de l'hôte (Hordé, 2016).

Les parasites appartiennent à des groupes zoologiques très variés. C'est ainsi que l'on trouve, parmi ces parasites, des organismes unicellulaires, de quelques micromètres, relativement simples (protozoaires) mais également des organismes multicellulaires (helminthes, arthropodes). Ils sont parfois de très grande taille (plusieurs mètres pour les ténias) (Yera *et al.*, 2015).

Selon la localisation des parasites chez l'hôte, on distingue :

- les ectoparasites quand les parasites vivent à la surface extérieure de l'hôte. Ils sont alors accrochés ou collés aux téguments ou aux phanères (poils, écailles...) de l'hôte. Certains peuvent coloniser des cavités corporelles de l'hôte largement ouvertes au milieu ambiant (par exemple la cavité buccale ou nasale) (Morlot, 2011).
- les endoparasites sont des organismes qui, au cours de leur développement ou au stade adulte vivent dans les organes internes de leurs hôtes (Abdessamed, 2018).

Les parasites subissent des transformations pour passer d'une génération à l'autre (Figure 6). Si le développement du parasite dépend de plusieurs hôtes d'espèces différentes alors son cycle de

développement est dit hétéroxène ou indirect (Candolfi *et al.*, 2008). En revanche, si le cycle vital du parasite s'effectue au sein d'un seul hôte, alors il est dit monoxène ou direct (Masade, 2010).

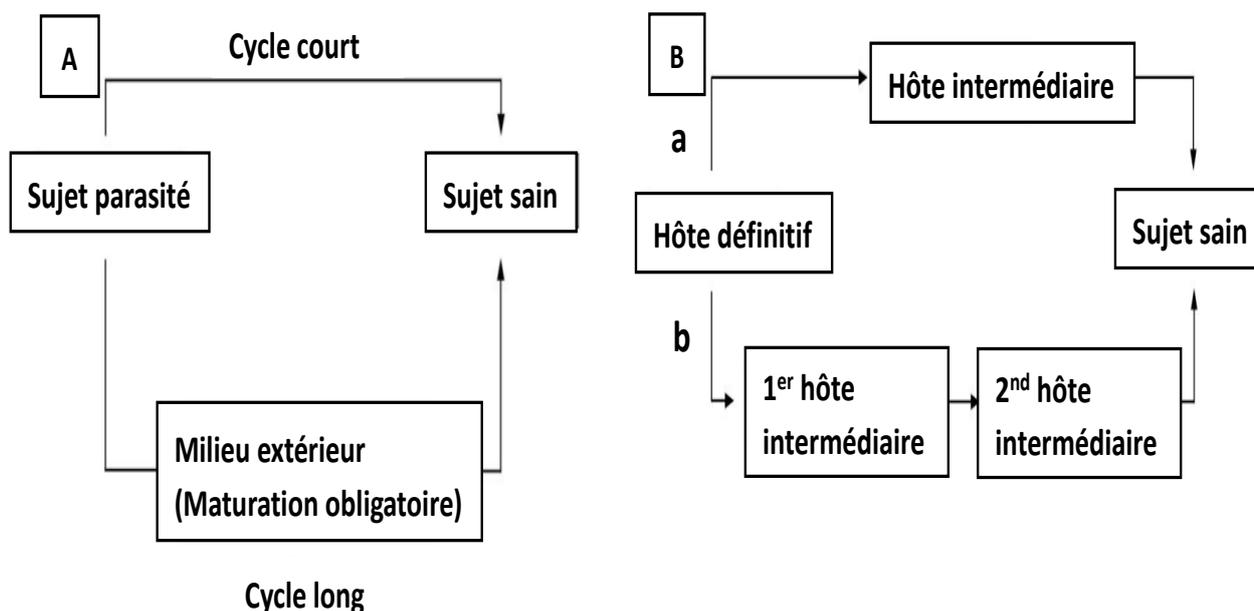


Figure 6 : Cycle parasitaire direct (A) et Cycle parasitaire indirect (B) ; a : cycle parasitaire indirect à un hôte intermédiaire ; b : cycle parasitaire indirect à plusieurs hôtes intermédiaires (Bouree, 2008).

1.3.1. Classification des helminthes parasites

1.3.1.1. Embranchement des Plathelminthes

1.3.1.1.1. Classe des Monogènes

Les monogènes sont des organismes dont la taille est comprise entre 1 et 10 mm. Ces vers constituent l'un des plus grands groupes de Plathelminthes qui parasitent essentiellement les poissons mais aussi une grande diversité d'animaux aquatiques (Ozturk & Ozer, 2014). Ils infectent différents organes notamment les branchies, les nageoires, la peau, les narines et le rectum (Bilong-Bilong & Njiné, 1998). Ces organismes ont leur tube digestif qui est dépourvu d'anus et comprend une bouche, un pharynx musculueux et deux coecums digestifs réunis ou non postérieurement. Ces parasites sont caractérisés par la présence dans leur extrémité postérieure d'un organe de fixation, le hapter (Ayadi *et al.*, 2017). Ce dernier est muni de crochets ou de pinces qui permettent la fixation du monogène à son hôte. Les monogènes sont des espèces hermaphrodites généralement ovipares (Ayadi, 2017). Selon l'organisation et l'armature du hapter et de l'appareil copulateur mâle ainsi que d'autres caractères biologiques (morphologie de la larve et mode de nutrition), la classe des monogènes est subdivisée en deux sous-classes (Ayadi, 2017) (Figure 7).

- Les monopisthocotylea : les monogènes de cette sous-classe possèdent un haptor muni d'une seule pièce armée d'une à deux paires de crochets qui maintiennent le parasite fixé à son hôte. Ces monogènes possèdent aussi un nombre variable de griffes selon les espèces.
- Les polyopisthocotylea : les monogènes représentant cette sous-classe sont caractérisés par un haptor développé pourvu de pinces ou de ventouses avec ou sans crochets.

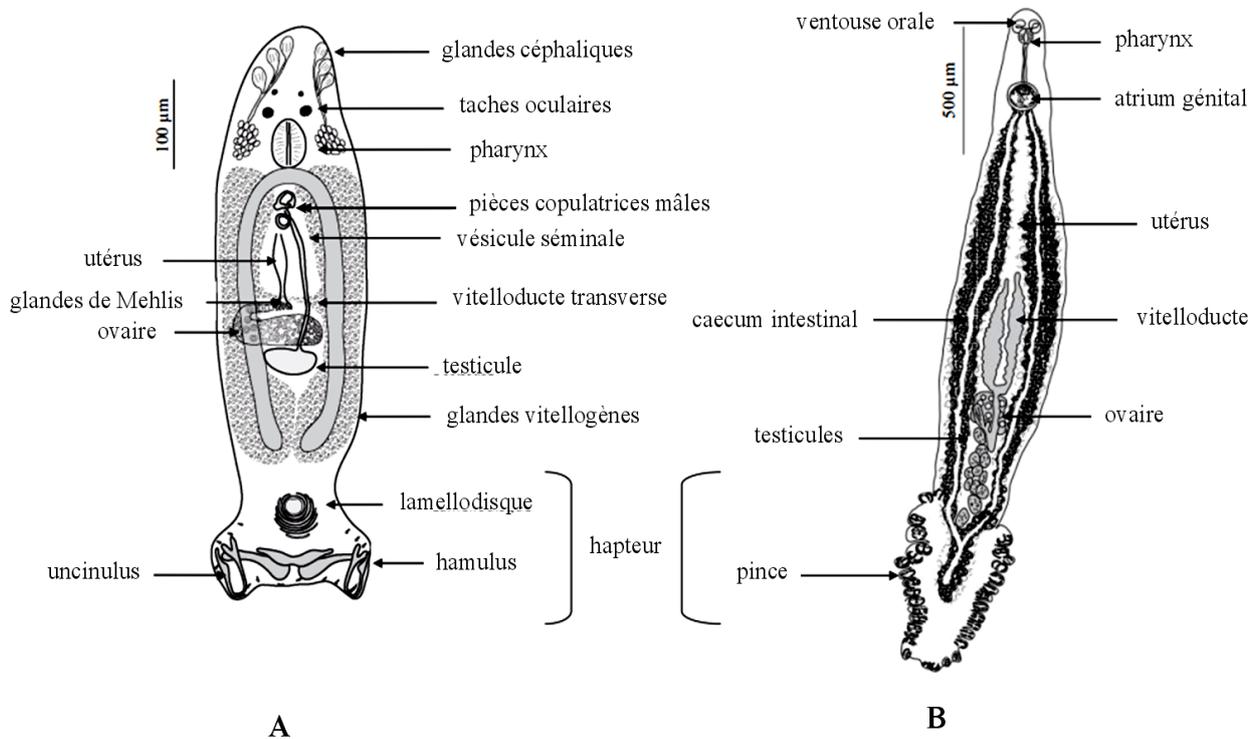


Figure 7 : Morphologie générale de deux sous-classes de Monogène (A : monopisthocotylea, B : polyopisthocotylea) (Ayadi *et al.*, 2017)

1.3.1.1.2. Classe des Trématodes

La classe des Trématodes appartient à l'embranchement des Plathelminthes et se caractérise morphologiquement par une cuticule non ciliée au stade adulte et un tube digestif incomplet (absence d'anus), pourvu de cæcums. En général les trématodes possèdent un cycle dixène (Tahani, 2019). Leur corps aplatis dorso-ventralement est muni de deux ventouses (Figure 8) : une ventouse buccale et une ventouse ventrale située dans la partie médiane antérieure (Euzéby, 2008). Bon nombre d'adultes trématodes vivent à l'intérieur des poumons, de l'estomac, de l'intestin grêle et du gros intestin des espèces de grenouilles. En Afrique de l'Ouest, les trématodes les plus répandus au niveau des anoues sont les genres *Diplodiscus*, *Halipegus*, *Haplometroides*, *Haematoloechus*, *Mesocolium* et *Ostiolooides* (Maeder, 1973 ; Bourgat *et al.*, 1996 ; Imasuen & Aisien, 2012).

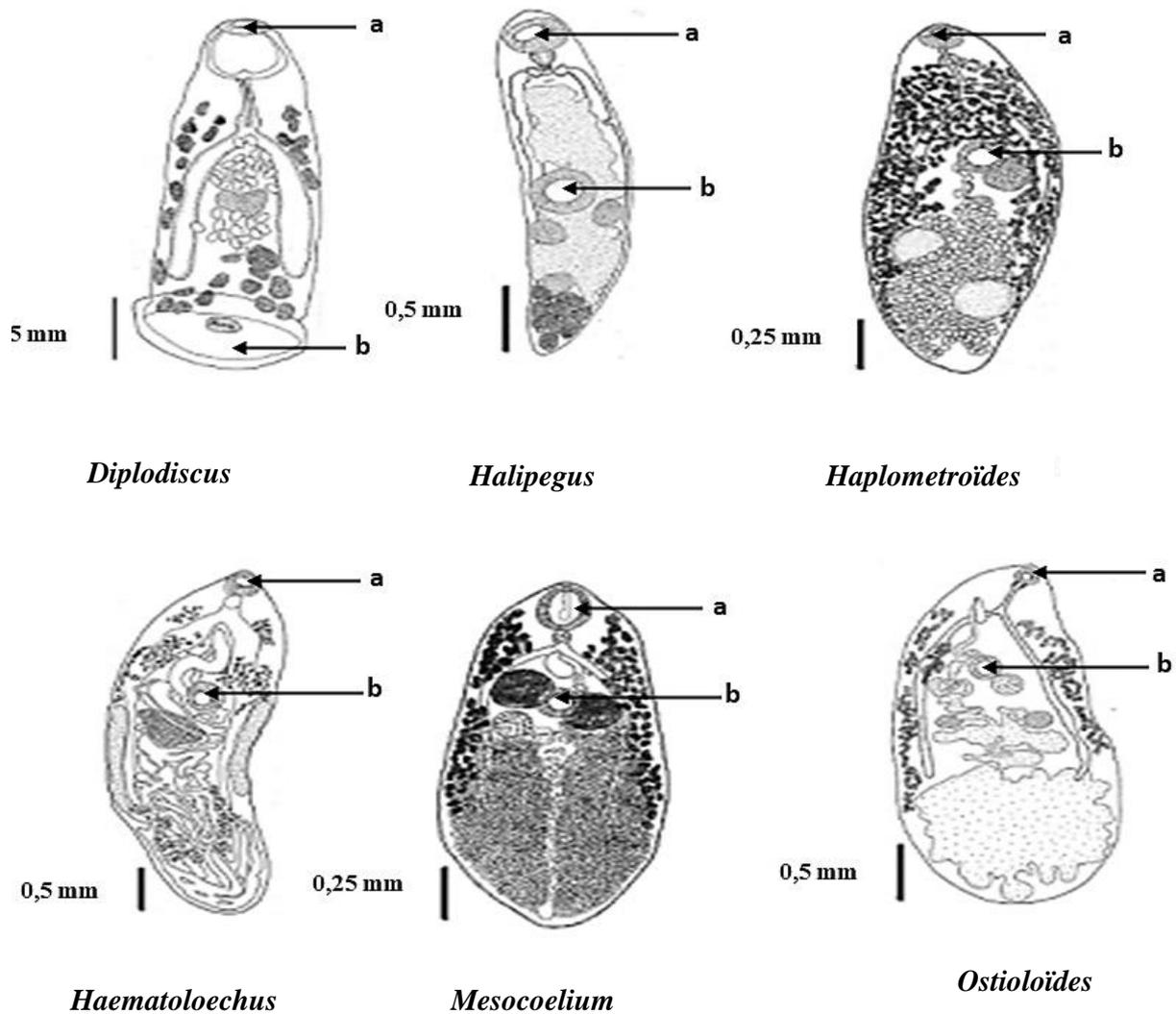


Figure 8 : Quelques genres des Trématodes parasites des anoures (Imasuen & Aisien, 2012), a : Ventouse buccale, b : Ventouse ventrale.

1.3.1.1.3. Classe des Cestodes

Les cestodes sont des vers plats (Plathelminthes), de forme rubanée, toujours segmentés (à l'état adulte) et comportant un grand nombre d'anneaux formant une chaîne ou strobile qui mesure de quelques centimètres à plusieurs mètres de longueur. L'extrémité antérieure est munie d'un organe de fixation (le scolex) qui porte les organes adhésifs que sont les ventouses, le rostellum et les crochets (Figure 9A).

Derrière le scolex se trouve une zone de croissance constituée du cou et un strobile terminé par des proglottis (immatures, matures, gravides). Chaque proglottis possède son jeu d'organes reproducteurs (Euzet, 1959). Les cestodes sont dépourvus d'appareil digestif ; leur nutrition qualifiée d'osmotrophe se fait à travers un mince tégument. Chez les amphibiens ces vers se trouvent

seulement dans l'intestin grêle (Oungbe, 2021). L'appareil génital est dans la région moyenne du strobile où l'on trouve les segments mûrs.

L'appareil génital mâle est composé de testicules en nombre variable. Chaque testicule est prolongé par un petit canal qui le met en communication avec le canal déférent ou spermiducte. Dans sa partie terminale, il est renflé en une vésicule séminale qui se poursuit par un canal éjaculateur aboutissant à l'organe copulateur, le cirre. Le canal éjaculateur et le cirre sont contenus dans une poche à paroi musculieuse. L'appareil génital femelle est constitué de :

- Un ovaire généralement bilobé prolongé par un oviducte qui est entouré dès son origine par un sphincter : l'ooapte.
- Les glandes vitellogènes qui peuvent être uniques, simples, bilobées ou dispersées sous forme de follicules. Les glandes vitellogènes sont munies d'un canal excréteur, le vitelloducte. Ce dernier et l'oviducte se rassemblent pour donner un organe plus ou moins ovoïde, l'ootype. Au niveau de l'ootype naît un vagin qui se dilate dans sa partie proximale pour donner un réceptacle séminal (Benmarce, 2018).

Chez certains nombres de cestodes, il y a dédoublement des organes génitaux femelles. Les conduits génitaux mâles et femelles débouchent dans un atrium génital. Les derniers segments renferment les œufs : ce sont les segments gravides ou ovigères (Figure 9B). Les cestodes des anoues appartiennent aux genres *Proteocephalus*, *Bothriocephalus* et *Cylindrotaenia* (McAlpine, 1997 ; McAlpine & Burt, 1998).

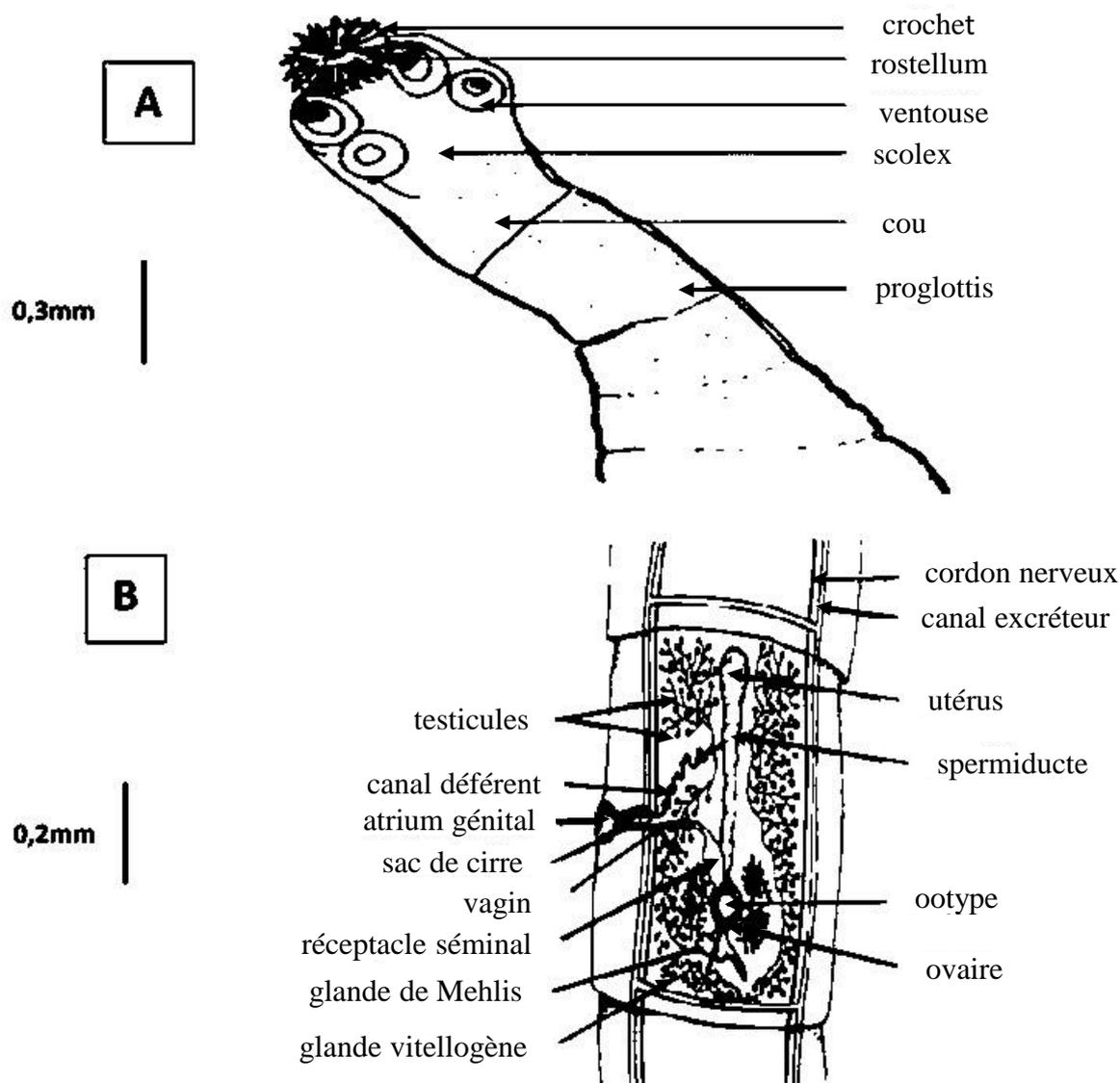


Figure 9 : Morphologie générale d'un cestode (Benmarce, 2018) ; **A** : Extrémité antérieure ; **B** : Schéma d'un proglottis gravide.

1.3.1.2. Embranchement des Némathelminthes

1.3.1.2.1. Classe des Nématodes

Ce sont des némathelminthes ayant le corps allongé, vermiforme ou cylindrique. Ils sont sans cils et recouverts de cuticule rigide (Figure 10). Les nématodes sont dépourvus de protonéphridies, d'appareil circulatoire et d'appareil respiratoire. La plupart des nématodes possède une corde hypodermique, un pharynx à trois parties (appelé œsophage), un anneau nerveux, des spicules copulateurs et une ou deux ouvertures gonadiques séparées chez la femelle et situées dans l'anus chez le mâle (Chabaud *et al.*, 1961, 1965).

Au stade adulte, les nématodes à l'image des trématodes sont capables de vivre dans plusieurs tissus à l'intérieur de l'hôte définitif. L'intestin grêle est le milieu préférentiel des nématodes. Ils parasitent les anoues. Les nématodes fréquemment rencontrés sont les genres *Rhabdias*, *Amplicoecum*, *Oswaldocruzia*, *Cosmocerca* et *Oxysomatium*.

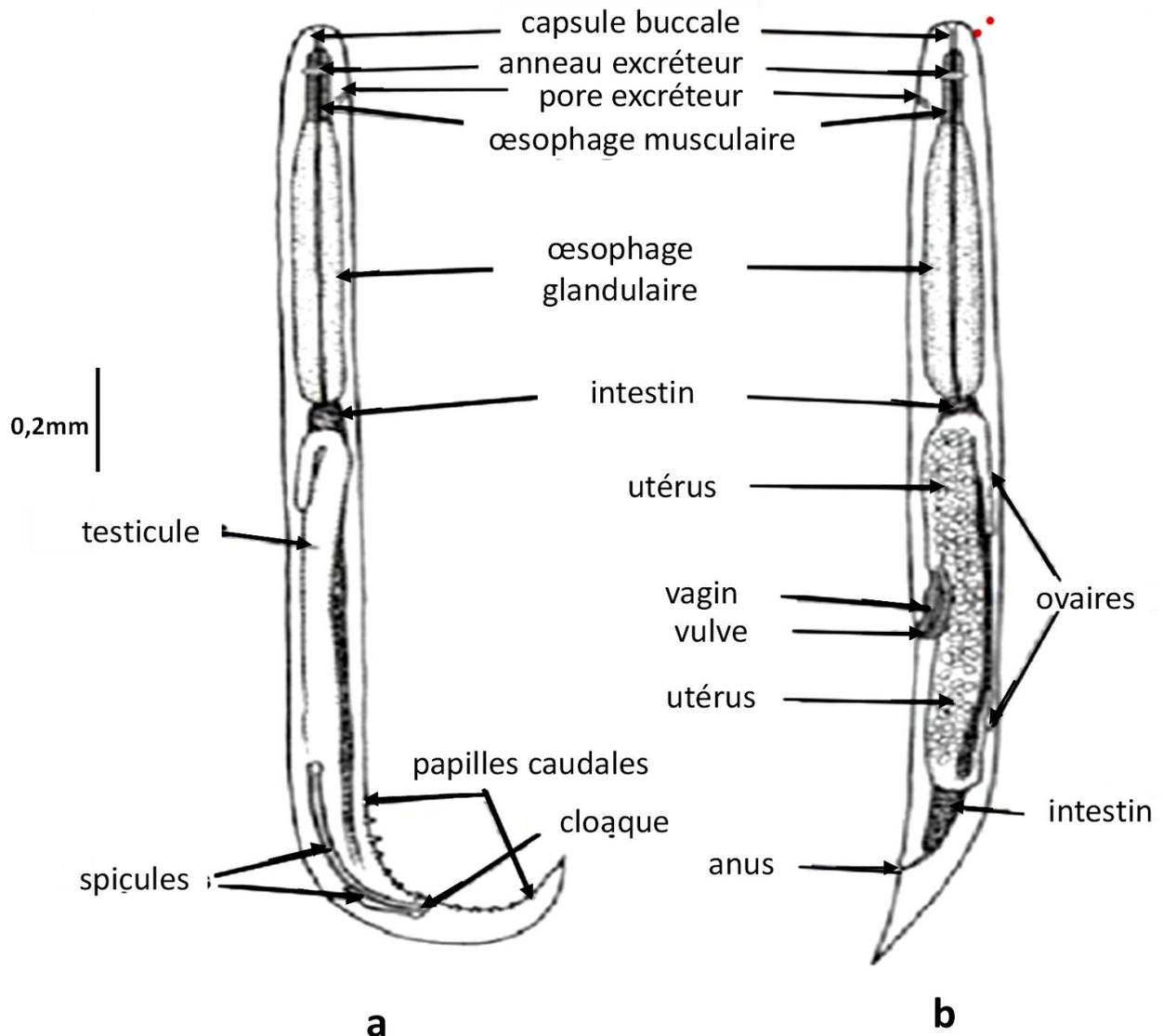


Figure 10 : Morphologie de deux nématodes (mâle (a) et femelle (b)) (Moravec, 1994).

1.3.1.2.2. Classe des Acanthocéphales

Les vers parasites dans le phylum des Acanthocéphales (des vers acéломates à trompe protractile hérissée de crochets) se servent également des espèces des amphibiens comme hôtes intermédiaires ou définitifs (McAlpine, 1996). Semblables aux cestodes, les adultes acanthocéphales sont des parasites exclusifs de l'intestin grêle et ils se servent des voies prédateur-proie dans les réseaux

trophiques pour leur transmission (McAlpine, 1996 ; Barton & Pichelin, 1999). Cependant, Aisien *et al.* (2011), Imasuen *et al.* (2012) et Assemian *et al.* (2016) ont trouvé ces parasites dans la cavité générale des grenouilles. Plusieurs espèces d'acanthocéphales se servent également des amphibiens comme hôtes paraténiques (hôtes accidentels). Ces helminthes sont caractérisés par une forte uniformité de structure. Ils sont tous dépourvus de système digestif et sont surtout caractérisés par un fort dimorphisme sexuel (Figure 11). Ils se servent de leurs crochets pour s'implanter dans la paroi intestinale de l'hôte définitif. Leur identification systématique est basée sur des différences morphologiques (Monks, 2001). Ils infestent les anoues dans l'intestin grêle, la vessie et la cavité abdominale. Les genres *Centrorhynchus* et *Acantocephalus* (Chanseau, 1954 ; Imasuen *et al.*, 2012 ; Assemian *et al.*, 2016 ; Aisien *et al.*, 2017) sont les plus répandus en Afrique.

Chez les acanthocéphales, à des stades de développement plus avancés, les changements de température affecteraient l'établissement du parasite dans leurs hôtes, le développement, la fécondité, l'infection, la reproduction, la durée de vie ou encore la transmission (Gillooly *et al.*, 2001 ; Barber *et al.*, 2016 ; Labaude *et al.*, 2017).

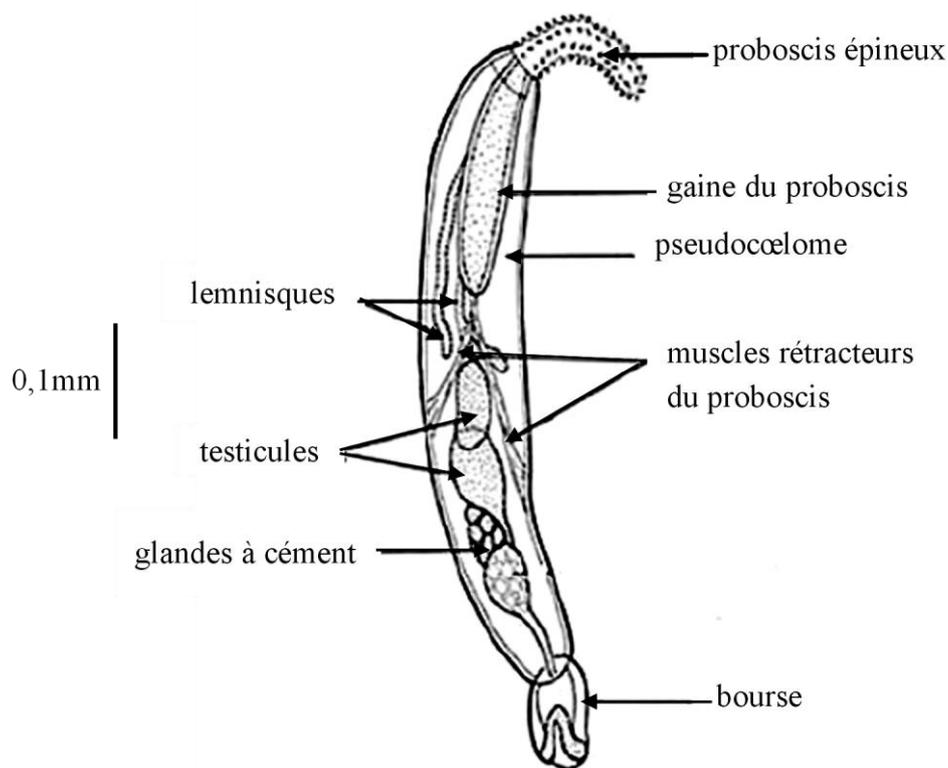


Figure 11 : Morphologie générale d'un acanthocéphale (Hassani, 2010).

1.3.2. Hôtes des parasites

On distingue plusieurs types d'hôtes :

- hôte définitif : quand l'hôte héberge les formes adultes ou les stades propres à la reproduction sexuée du parasite (Candolfi *et al.*, 2008).
- hôte intermédiaire : le cas où il héberge les formes larvaires. Ceux-ci peuvent être actifs (le parasite s'y multiplie ou y devient mature) ou passifs (simple moyen, vivant ou non, de transport). Il peut y avoir jusqu'à trois hôtes intermédiaires pour un même cycle (Candolfi *et al.*, 2008).
- hôte paraténique ou d'attente : contrairement aux deux hôtes précédents, cet hôte est facultatif et ne présente aucune nécessité dans le cycle évolutif d'un parasite. Il arrive qu'une forme d'un parasite s'égaré chez un hôte et ne trouve pas chez celui-ci les conditions favorables pour se développer. Cette forme a alors la capacité de s'encapsuler dans ses tissus et d'attendre de passer chez un autre hôte où elle terminera son cycle biologique (Morlot, 2011).

1.3.3. Reproduction des parasites

Selon Bastien (2011), il y a différentes sortes de reproduction asexuée et de reproduction sexuée chez les parasites. La reproduction asexuée procède par des mitoses. Il s'agit de :

- La scissiparité qui est une division binaire. Le parasite est coupé en deux pour donner deux nouveaux parasites ;
- La schizogonie qui est une division multiple d'un parasite pour aboutir à plusieurs parasites ;
- Le bourgeonnement qui correspond à la formation d'un nouvel individu à partir d'une ébauche.

Quant à la reproduction sexuée, elle se réalise au moyen des gamètes. On distingue donc :

- L'allogamie ou fécondation croisée entre deux individus distincts ;
- L'autogamie ou union de deux gamètes issus du même individu ;
- L'isogamie ou union de deux gamètes de morphologie semblable.

CHAPITRE II :

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. MATÉRIEL

2.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique de cette étude est constitué du peuplement des amphibiens anoures des milieux urbains et périurbains de Daloa.

2.1.2. Matériel technique

2.1.2.1. Matériel de collecte des données abiotiques et géographiques.

Le matériel de collecte des données abiotiques est composé de :

- un décimètre pour délimiter les transects et mesurer la circonférence des troncs d'arbres et l'épaisseur de la couche végétale (Figure 12A) ;
- un ruban fluorescent pour la délimitation et le repérage des transects ;
- un thermo-hygromètre portatif à affichage digital de model *TL-300* pour les mesures de la température et de l'humidité relative de l'air (Figure 12B) ;
- un multi-paramètre pour relever le pH et la température de l'eau (Figure 12C) ;
- un GPS (Garmin GPSMAP 66sr) pour le relevé des coordonnées géographiques (Figure 12D) ;
- un appareil photo-numérique (Sony RX 100) pour photographier les spécimens et leurs habitats (Figure 12E).
- un dictaphone Olympus VN-711PC pour l'enregistrement des coassements des amphibiens (Figure 12F).

2.1.2.2. Matériel de collecte des données biotiques.

Pour l'échantillonnage des amphibiens et le prélèvement des parasites, un certain nombre de matériels a été utilisé. Il s'agit de :

- un filet troubleau d'ouverture 40 cm de diamètre, de hauteur de chute 50 cm et de maille 4 mm pour la capture des spécimens aquatiques et des têtards (Figure 12G) ;
- une lampe-torche pour les échantillonnages nocturnes ;
- des piluliers pour la conservation des parasites ;
- de l'alcool éthylique à 70 % pour la conservation des spécimens d'amphibiens et des parasites ;
- du bleu de lactophénol pour l'éclaircissement et le montage des parasites entre lame et lamelle ;
- une trousse à dissection ;
- une loupe binoculaire de marque *LEICA EZ* (Figure 12H) ;
- un microscope optique à caméra (Figure 12I) ;
- des aquariums plastiques portables pour le transport des spécimens capturés (Figure 12J) ;
- des boîtes de capture des spécimens terrestres (Figure 12K).



Figure 12 : Matériel de collecte des paramètres physiques, des amphibiens et des helminthes parasites. A : Décamètre ; B : Thermo-hygromètre ; C : Multi-paramètre ; D : Appareil GPS ; E : Appareil photo-numérique ; F : Dictaphone ; G : Filet troubleau ; H : Loupe binoculaire ; I : Microscope optique à caméra ; J : aquarium plastique ; K : boîte de capture.

2.2. MÉTHODES

2.2.1. Choix des sites d'échantillonnage

Le choix des sites d'échantillonnage s'est fait selon les recommandations de Heyer *et al.* (1994) et Rödel & Ernst (2004). Celles - ci indiquent qu'il faut tenir compte des différents types d'habitats en vue d'obtenir un échantillonnage représentatif de la diversité du milieu. Dans le cas de notre étude, le choix des sites s'est fait dans trois types de milieux : les bas-fonds urbains ; les bas-fonds périurbains et les forêts périurbaines (Figure 13). La phase de prospection nous a permis de choisir des sites pour l'installation des transects. Les critères pour le choix des sites sont : la diversité des habitats, l'accessibilité des sites et le réseau hydrographique. Il s'agit des habitats ouverts ; des

habitats fermés et des habitats clairsemés ; des zones avec la présence ou l'absence de ruisseaux ; des zones à forte pression humaine et des zones à faible pression humaine.

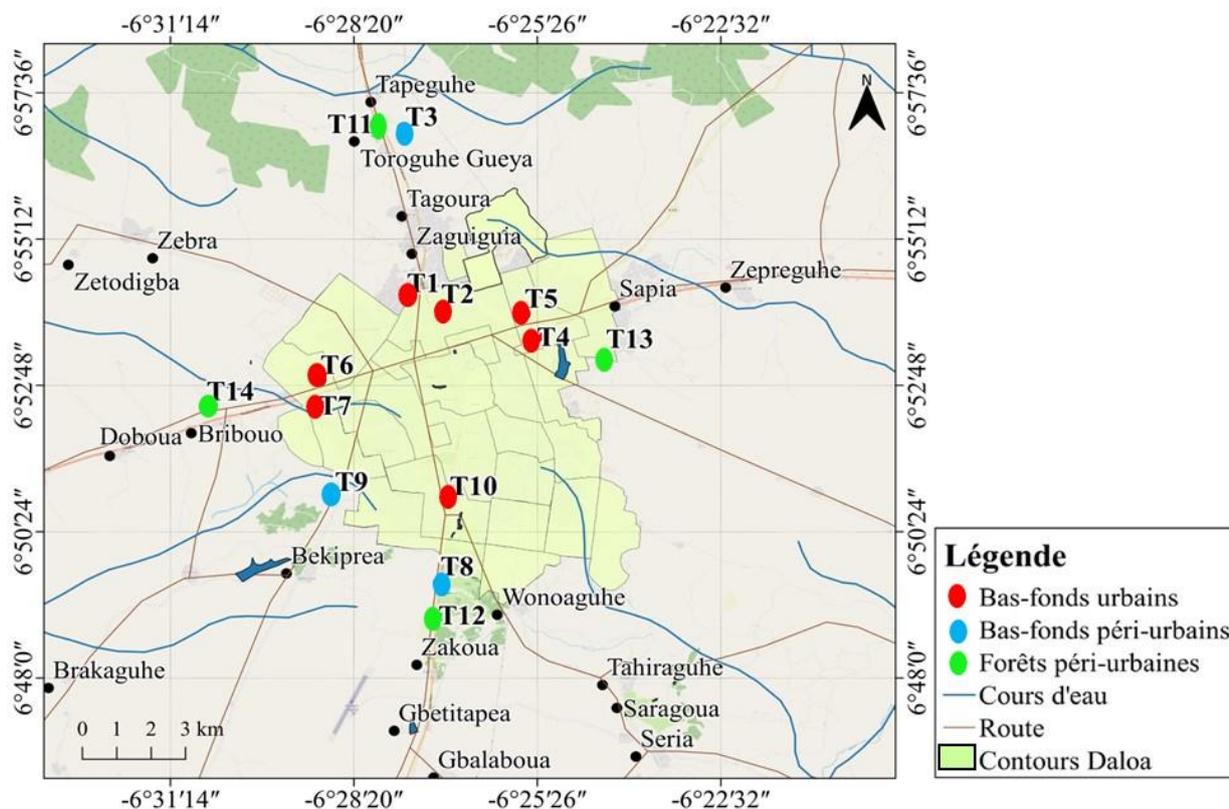


Figure 13 : Localisation des points d'échantillonnage des amphibiens dans les zones urbaines et périurbaines de Daloa de juillet 2019 à juin 2020, T1 à T14 = transect 1 à 14.

2.2.2. Description des transects d'échantillonnage

Les transects ont été mis en place pendant la phase de prospection qui a duré huit mois (début Novembre 2018 à fin Juin 2019). Ils ont été établis dans les directions Nord-Sud et Est-Ouest. Chaque transect a une longueur de 100 m et une largeur de 16 m. Aussi, a-t-il été subdivisé en quatre quadrats à raison de 25 m la longueur du quadrat (Figure 14).

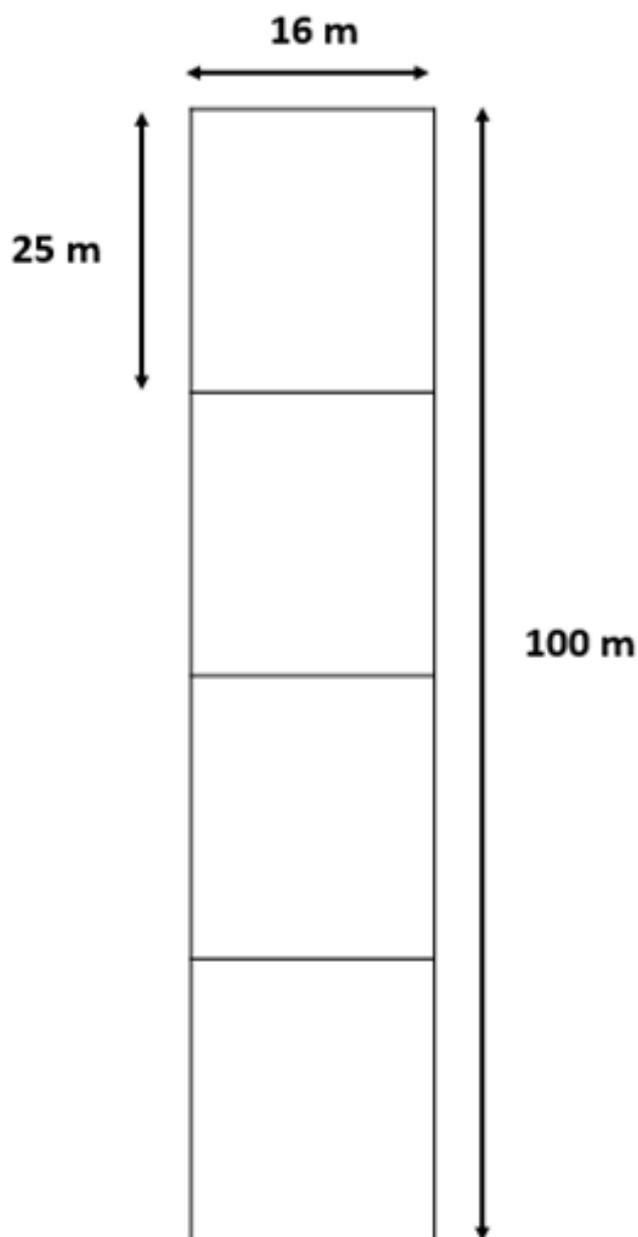


Figure 14 : Représentation schématique d'un transect (100 m /16 m) établi dans la zone d'étude.

2.2.3. Répartition des sites d'échantillonnage

La Figure 15 présente un aperçu des différents sites d'échantillonnage. Des transects ont été installés dans trois types de milieu. Ainsi, concernant les bas-fonds périurbains nous avons choisi des sites d'échantillonnage à l'entrée Nord de la ville dans le bas-fond de Toroguhé (transect T3) ; à l'entrée Sud dans le bas-fond proche de Zakoua (transect T8) et à la sortie de la ville vers le Sud-Ouest ; le bas-fond d'Orly 3 (transect T9).

En zone urbaine proprement dite ; nous avons pris pour sites d'échantillonnage les bas-fonds du corridor route d'Issia (transect T10) dans la direction Sud ; vers la sortie Ouest, les deux bas-fonds

sur la route de Man (séparés par la voie bitumée allant vers Man : transects T6 et T7) ; vers l'entrée Est, les deux bas-fonds de l'état-major (séparés par la route d'Abidjan : transects T4 et T5) et à l'intérieur de la ville, les bas-fonds de Kalhil (transect T1) et de Lobia extension (transect T2).

Chaque bas-fond visité était traversé par un ruisseau. Quant aux forêts, quatre sites d'échantillonnage ont été repérés dans les zones périurbaines de Daloa. Ainsi, sur la voie du Sud il a été repéré une forêt située à 1,5 km du village de Zakoua (transect T12) ; vers le Nord, à 3 km de la ville, se situe la forêt de Toroguhé (transect T11) ; vers l'Est, la forêt de Sapia (transect T13), située à 1 km derrière ledit village et dans la direction Ouest la forêt de Bribouo (transect T14), localisée à 4 km de la ville. En somme nous avons échantillonné sur 14 transects.

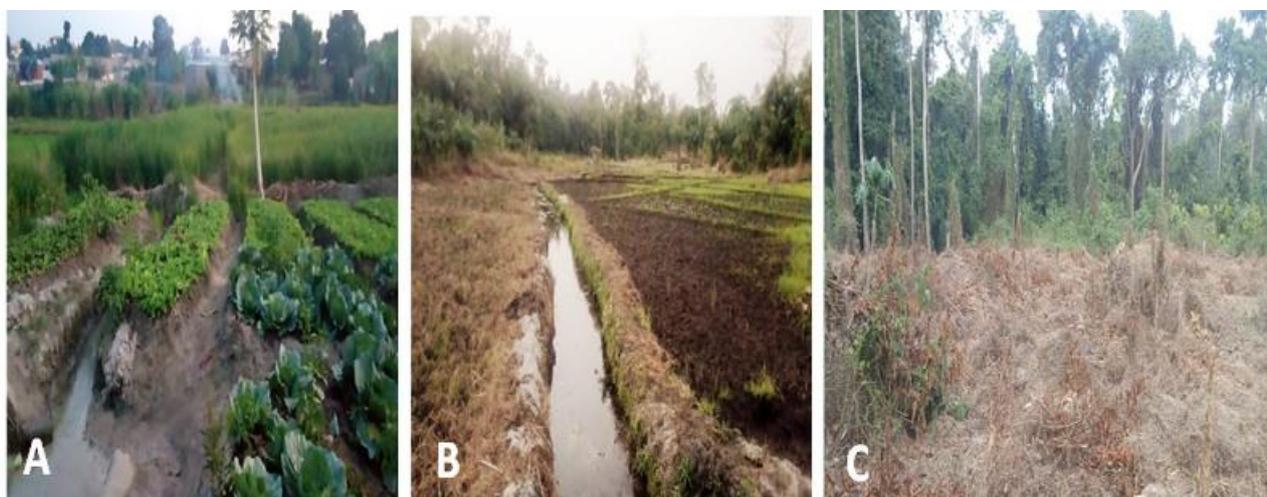


Figure 15 : Aperçu des sites d'échantillonnage : A = bas-fond urbain de Lobia ; B = bas-fond périurbain de Toroguhe et C = forêt périurbaine de Sapia.

2.2.4. Mesures des paramètres environnementaux et physico-chimiques

2.2.4.1. Évaluation des paramètres environnementaux

Nous avons estimé la canopée, le nombre de végétaux ligneux (arbres et arbustes) et l'épaisseur de la litière selon la méthode proposée par Rödel & Ernst (2004) et Assemian (2009).

- La canopée est estimée par le même observateur selon l'échelle suivante : 0 % pour les sites ouverts, 25 et 50 % pour les sites clairsemés, 75 et 100 % pour les sites dits fermés.
- Quant à la mesure de l'épaisseur de la litière, elle consiste à prendre la mesure depuis la couche supérieure jusqu'à la couche au contact du sol. Au niveau de chaque quadrat, la mesure de l'épaisseur de la litière se fait tous les 5m et on retient la moyenne des mesures faites.

- Concernant le nombre des végétaux ligneux, nous avons utilisé les méthodes de Châtelain *et al.* (1996), Pearman (1997) et Rödel & Ernst (2004). Ainsi, les plantes ont été regroupées selon la catégorie des circonférences de leur tronc à la hauteur de poitrine. Les végétaux dont la circonférence du tronc est comprise entre 5 et 20 cm ont été appelés "arbustes" et ceux dont la circonférence du tronc excède 20 cm ont été nommés "arbres".

D'autres paramètres complémentaires ont été pris en compte. Ce sont : la proportion de la couverture du sol par la litière, la proportion de la couverture du sol par les herbacées (ces deux derniers paramètres ont été évalués par estimation), la présence de cours d'eau et la pression humaine. On a évalué ce dernier paramètre selon un gradient. On a donc :

- une forte pression humaine pour la présence de plantations ; la proximité d'habitations et de route. Elle est comprise entre 75 % et 100 % ;
- une pression humaine moyenne pour la présence de piège, de piste, et de trace humaine récente. Elle est comprise entre 50 % et 74 % ;
- la présence de piste délaissée et d'anciennes traces humaines correspond à une faible pression humaine comprise entre 0 et 49 %.

2.2.4.2. Mesures des paramètres climatiques et physico-chimiques

Les mesures de la température et de l'humidité relative de l'air ont été effectuées de jour comme de nuit, au milieu de chaque quadrat, à chaque campagne.

Aussi les mesures du pH et de la température de l'eau ont-elles été prises de nuit comme de jour à chaque campagne.

2.2.5. Échantillonnage, identification et conservation des amphibiens

La collecte des données biotiques s'est faite en deux phases : la phase de prospection et la phase de suivi écologique (monitoring).

La phase de prospection a permis le choix des sites d'échantillonnage, l'établissement des transects et l'évaluation de la richesse spécifique du milieu d'étude. Cette phase qui a duré huit mois, a couvert les deux saisons climatiques : la saison sèche (de novembre 2018 à février 2019) et la saison des pluies (de mars 2019 à juin 2019). Ainsi, les sites d'échantillonnage retenus sont des bas-fonds et des fragments de forêts situés à l'intérieur et à la périphérie de la ville de Daloa.

La phase de monitoring s'est effectuée une fois par mois dans chaque site sur un an. Cette phase a donc couvert la période de juillet 2019 à juin 2020. La collecte des données sur le peuplement d'amphibiens s'est effectuée de jour et de nuit selon les techniques standards de Heyer *et al.* (1994) et de Rödel & Ernst (2004). Les échantillonnages diurnes et nocturnes se sont faits respectivement de 7 H à 12 H et de 18 H 30 min à 21 H. Elle a consisté en l'écoute des coassements et à la capture

des spécimens rencontrés lors de la fouille des habitats. La fouille des habitats de chaque point d'échantillonnage a duré 30 minutes.

Les spécimens aperçus dans les ruisseaux ont été capturés par un filet troubleau. En dehors de l'eau la capture a été faite à la main ou à l'aide d'une boîte. Pour les échantillonnages nocturnes, une lampe-torche a été utilisée : la lumière de la torche éblouissant la grenouille, cela facilite la capture manuellement. Ensuite, le transport des spécimens vivants capturés a été fait à l'aide d'aquariums plastiques portables. En outre, arrivée sur le site de dépouillement des échantillons ; les individus capturés ont été identifiés à l'aide des clés de détermination de Rödel (2000), Frétey *et al.* (2011) et classés selon Frost (2016).

Les spécimens choisis pour l'étude parasitologique ont été conservés dans de l'alcool éthylique à 70 %, les autres ont été relâchés dans leur site de capture. Par ailleurs, tous les chants des grenouilles ont été identifiés et considérés comme une présence de l'espèce dans l'habitat.

2.2.6. Récolte et identification des parasites

Parmi les spécimens d'amphibiens capturés, l'espèce ayant la plus forte occurrence et abondance a été retenue pour l'étude parasitologique. Etant de probables hôtes des parasites, les spécimens de cette espèce ont été d'abord mesurés et pesés. En somme, 189 spécimens de l'espèce retenue ont été sacrifiés pour l'investigation parasitologique des sites d'échantillonnage.

A l'aide d'une paire de ciseaux, une incision suivant la ligne médio-ventrale (de l'anus au museau) a permis de retirer le tube digestif et ses annexes. Chaque organe, placé dans une boîte de pétri, a été ouvert longitudinalement. La cavité interne a été rincée à l'aide d'une pissette à eau. L'eau recueillie a été examinée à la loupe binoculaire.

Après observation, les parasites ont été prélevés successivement à l'aide d'un pinceau fin. Ils sont ensuite montés entre lames et lamelles dans une goutte de bleu de lactophénol. Les parasites sont ensuite photographiés à l'aide d'un microscope à camera. L'image capturée a servi à l'identification du parasite. L'identification des trématodes et des cestodes a été réalisée à l'aide des clés de détermination de Maeder (1973), Gassmann (1975), Baker (1981), Durette-Desset (1983), Aisien *et al.* (2009), Imasuen & Aisien (2012), Assemian *et al.* (2016) et de Oungbe (2021). Quant aux nématodes, leur identification a été réalisée à l'aide des clés de détermination de Chanseau (1954), de Golvan (1969), de Gagno (2006), de Iyaji *et al.* (2015) de Kuzmin *et al.* (2015) et de Oungbe (2021). Sur chaque pilulier sont notés le numéro et le site de capture de l'hôte, la date de prélèvement du parasite ainsi que le nom de l'organe l'ayant hébergé. Par ailleurs, les parasites récoltés ont été fixés et conservés dans des piluliers contenant de l'alcool éthylique à 70 %.

2.2.7. Analyse du peuplement d'amphibiens

2.2.7.1. Richesse spécifique

La richesse spécifique se présente sous deux formes :

La richesse spécifique observée qui est le nombre d'espèces rencontrées au moins une seule fois au terme d'un nombre N de relevés effectués (Blondel, 1975).

Quant à la richesse spécifique estimée, elle permet d'évaluer l'efficacité des techniques d'échantillonnage utilisées. Dans ce cas, deux méthodes statistiques non paramétriques d'estimation de la richesse spécifique ont été utilisées. En supposant que l'effort de récolte est le même dans chaque transect, le nombre théorique d'espèces d'amphibiens a été calculé selon les formules de Jack-knife-1 (Burnham & Overton, 1979 ; Heltshe & Forrester, 1983) et de Chao-2 (Chao, 1987). Ces formules sont basées sur l'incidence (occurrence), c'est-à-dire le nombre de fois qu'une espèce est rencontrée dans chaque échantillon (présence/absence).

$$S_{Jack1} = S_{obs} + Q_i \left(\frac{m-1}{m} \right)$$

$$S_{Chao2} = S_{obs} + \frac{Q_1^2}{2Q_i}$$

S_{obs} = nombre total des espèces observées dans l'ensemble des échantillons ;

Q_i = nombre d'espèces recensées dans i échantillons ;

m = nombre total d'échantillons.

Ces estimations sont dépendantes de la taille de l'échantillon, du nombre d'espèces recensées, de l'effort d'échantillonnage et de l'équitabilité des différentes communautés (Colwell & Coddington, 1994 ; O'Hara, 2005). L'estimation de la richesse spécifique a été réalisée par le logiciel EstimateS version 7 (Colwell *et al.*, 2004).

Les courbes d'accumulation des richesses spécifiques observées et des richesses spécifiques estimées ont été conçues à l'aide du logiciel PAST version 2.17C.

2.2.7.2. Indice de similarité de Jaccard

La similarité taxonomique entre les transects d'échantillonnage est mise en évidence par l'indice de similarité de Jaccard (J). Cet indice a été utilisé pour évaluer la similarité des taxons entre les transects ou les habitats. Il se calcule de la façon suivante :

$$J = \frac{S_{a-b}}{S_a + S_b - S_{a-b}} \times 100$$

(S_a est le nombre total d'espèces dans le site a, S_b le nombre total d'espèces dans le site b et S_{a-b} le nombre d'espèces communes à a et b)

2.2.7.3. Fréquence d'occurrence

Elle permet de déterminer les préférences de milieu (habitat) d'une espèce donnée. Elle consiste à compter le nombre de fois que l'espèce i apparaît dans les échantillons (Dajoz, 2000). Ce nombre renseigne sur les espèces fréquemment rencontrées dans un habitat. La Fréquence d'occurrence s'exprime par la formule suivante :

$$F (\%) = (F_i / F_t) \times 100$$

F_i : nombre de relevés comprenant l'espèce i ;

F_t : nombre total de relevés effectués.

On distingue trois groupes d'espèces en fonction de leur constance d'occurrence :

- espèces constantes ($F \geq 50 \%$) ; espèces présentes dans plus de 50 % des échantillons ;
- espèces accessoires ($25 \% \leq F < 50 \%$) ; espèces présentes dans 25 à 50 % des échantillons ;
- espèces accidentelles ($F < 25 \%$) ; espèces présentes dans moins de 25 % des échantillons.

2.2.7.4. Abondance relative des espèces

L'abondance relative représente le rapport du nombre d'individus du taxon (i) présent par le nombre total d'individus (Ramade, 2003). Elle varie dans l'espace et dans le temps. L'expression de l'abondance relative est la suivante :

$$P_i = \frac{n_i}{N} \times 100$$

où P_i = l'abondance relative de l'espèce i (%), n_i = nombre d'individus de l'espèce (i) et N = nombre total d'individus.

2.2.7.5. Indice de diversité spécifique

2.2.7.5.1. Indice de diversité de Shannon (H')

Selon Legendre & Legendre (1998), la diversité spécifique est une mesure de la composition en espèces d'un écosystème, en termes de nombre d'espèces et de leurs abondances relatives. Cet indice mesure le degré d'organisation du peuplement (Amanieu & Lasserre, 1982). Les valeurs élevées de l'indice de Shannon correspondent à une grande diversité du peuplement étudié. Cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon mais il néglige les espèces rares (Magurran, 1988). Sa formule est :

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

H' : indice de diversité de Shannon ;

i : une espèce du milieu d'étude ;

P_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude ;

n_i : nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total des individus de toutes les espèces du milieu.

2.2.7.5.2. Indice d'équitabilité (E) de Pielou

L'équitabilité constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (Ramade, 1984). Elle est le rapport entre l'indice de diversité de Shannon et la diversité maximale (H_{max}), elle s'exprime comme suit :

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

($H_{max} = \log_2(S)$ et S est le nombre d'espèces formant le peuplement).

L'indice d'équitabilité permet d'étudier la régularité de la distribution des espèces et de comparer la diversité de deux peuplements ayant des richesses spécifiques (R_s) différentes (Barbault, 1992 ; Dajoz, 2000). L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs

est concentrée sur une espèce ; elle indique 1 lorsque toutes les espèces tendent à avoir la même abondance dans un milieu naturel non perturbé.

2.2.7.6. Occupation naïve et amplitude d'habitat

Le calcul de l'occupation naïve (Ψ naïve) de chaque espèce a été fait en supposant que la probabilité de détection est égale à 1 selon la formule suivante (Bara, 1986) :

$$\Psi \text{ naïve} = \frac{n_i}{n}$$

où n_i est le nombre d'habitat occupé par l'espèce d'amphibien et n le nombre total d'habitat de la zone d'étude. Il s'agit de la proportion d'habitat où l'espèce est présente sur l'ensemble de la zone d'étude. Ainsi :

- Ψ naïve = 1, l'espèce est ubiquiste ;
- Ψ naïve < 1, l'espèce est dite inféodée.

L'amplitude d'habitat (AH) mesure l'hétérogénéité de la distribution des individus dans un gradient végétal (Bara, 1986). Selon Rouag & Benyacoub (2006) la répartition taxonomique est examinée par le calcul de l'amplitude d'habitat (AH) de chaque espèce. Ce paramètre traduit l'amplitude de la niche spatiale. Il est défini par la formule :

$$AH = e^{H'}$$

- e = base des logarithmes népériens
- $H' = -\sum P_i \text{Log}_2 P_i$
- P_i : est la proportion des individus de l'espèce dans le milieu i .

Ce paramètre varie de 1 à n (pour n milieux étudiés). AH vaut 1 quand l'espèce n'est présente que dans un milieu et n quand l'espèce est répandue de manière égale dans les n milieux (Dajoz, 2003).

2.2.8. Indices parasitaires

Deux indices parasitaires ont été pris en compte dans la présente étude : le taux de prévalence (P) et l'intensité parasitaire moyenne (IM) proposées par Anderson (1993) et par Blahoua *et al.* (2015).

2.2.8.1. Taux de prévalence

Le taux de prévalence (P) d'un parasite est défini comme le pourcentage des individus infectés (ni) par rapport au nombre total des individus examinés (N) :

$$P = \frac{ni}{N} \times 100$$

Valtonen *et al.* (1997) ont établi le mode de classification suivante ; elle est relative aux hôtes infestés par les espèces de parasites :

- prévalence > 50 % : espèce dominante ;
- 10 % ≤ prévalence ≤ 50 % : espèce satellite ou intermédiaire ;
- prévalence < 10 % : espèce rare.

2.2.8.2. Intensité parasitaire moyenne (IM)

L'intensité parasitaire moyenne (IM) est le rapport entre le nombre d'individus (Np) d'une espèce parasite donnée dans un échantillon et le nombre d'individus hôtes infestés (n) dans le même échantillon. Il représente donc le nombre moyen d'individus d'une espèce parasite par hôte parasité dans l'échantillon. Elle a pour formule :

$$IM = \frac{Np}{n}$$

La classification de l'IM en vigueur est celle de Bilong Bilong & Njiné (1998) :

- $IM \leq 10$: Espèce à intensité parasitaire moyenne très faible ;
- $10 < IM \leq 50$: Espèce à intensité parasitaire moyenne faible ;
- $50 < IM \leq 100$: Espèce à intensité parasitaire moyenne ;
- $IM > 100$: Espèce à intensité parasitaire moyenne élevée

2.2.9. Traitement statistique des données

2.2.9.1. Analyses univariées

2.2.9.1.1. Tests de comparaison

L'utilisation des tests de comparaison impose deux conditions : la vérification de la normalité de distribution des observations et de l'homogénéité des variances. La vérification de la normalité des données biotiques et abiotiques a consisté à réaliser le test de Shapiro-Wilk ($n < 50$) (Shapiro *et al.*, 1968) ou du test de Kolmogorov ($n \geq 50$) (Shapiro *et al.*, 1968) en tenant compte de la taille des échantillons.

Ensuite, pour vérifier l'homogénéité de la variance, la valeur de « P-value » a été prise en compte pour l'analyse les résultats. Lorsque la « P-value » est inférieure à 0,05, les tests non paramétriques sont utilisés. Par contre, pour une « P-value » supérieure à 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 utilisés pour les comparaisons inter et intra sujets. En effet, le test de Kruskal-Wallis a été employé pour comparer les différents paramètres mesurés entre différents sites d'échantillonnage. Quant au test de Mann-Whitney, il a été utilisé pour identifier les différences entre les groupes pris deux à deux. La valeur de la « signification asymptotique » indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les variables quand elle est supérieure à 0,05, et inversement lorsque celle-ci est inférieure à 0,05. Le test des rangs de Kruskal-Wallis est une alternative non-paramétrique de l'analyse de variance interclasses à un facteur (ANOVA 1). Quant au test U de Mann-Whitney, il est une alternative non-paramétrique du test t de Student pour des échantillons indépendants. 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). Les valeurs médianes donnant plus de précision sur les caractéristiques d'un milieu ont été utilisées dans les différentes analyses (Statsoft, 2005). Les tests de comparaison ont été réalisés à l'aide du logiciel Statistica *version 7.1*.

2.2.9.1.2. Test de corrélation

Le test de corrélation de Spearman a été employé pour caractériser le lien qui existe entre les paramètres du milieu et la prévalence parasitaire. Pour se faire, les droites de regression ont été obtenues à l'aide du logiciel Statistica *version 7.1*.

2.2.9.2. Analyses multivariées

Les analyses multivariées permettent d'obtenir des représentations graphiques résumant l'information contenue dans un tableau de données, de définir la relation existante entre des variables ou encore à regrouper les individus étudiés. Ces méthodes d'analyses s'intéressent à

l'ensemble des observations. Quel que soit le domaine d'application, les techniques d'analyses multidimensionnelles ont un objectif commun qui consiste à extraire les tendances les plus marquantes d'une base de données et à éliminer les effets marginaux ou ponctuels qui perturbent la perception globale des faits (Trouilhé, 2006). Ces méthodes d'analyses multidimensionnelles concernent les méthodes d'analyses factorielles et les méthodes de regroupement (Ouro -Boya, 2004).

2.2.9.2.1. Analyse en composante principale (ACP)

Elle permet de mettre en exergue les liaisons qui existent entre les variables. C'est une technique qui permet de récapituler en deux ou quelques variables synthétiques, la majorité de l'information contenue dans des variables initiales (Dufrêne, 1992). C'est une méthode statistique factorielle descriptive dont l'objectif est de présenter sous forme graphique le maximum de l'information contenue dans un tableau de données de taille importante (Philippeau, 1992).

L'analyse en composantes principales place chaque variable sur un axe de sorte que sa position géométrique reflète sa similarité avec les autres variables. Le but de l'ACP est donc d'expliquer les possibles relations entre les variables et les observations. L'ACP a été utilisée pour l'ordination des paramètres environnementaux des différents sites d'étude. Elle a permis d'identifier les facteurs déterminant la répartition spatiale des amphibiens. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel *Statistica version 7.1*.

2.2.9.2.2. Carte auto-organisatrice de Kohonen

Dans le but d'ordonner les habitats étudiés en fonction des variables environnementales et des assemblages d'espèces, nous avons utilisé l'algorithme de la carte auto-organisatrice de Kohonen "Self Organizing Maps (SOM)" (Kohonen, 1982 ; 1995 ; 2001). Cette méthode de classification non linéaire a déjà prouvé son efficacité dans l'analyse écologique (Lek *et al.*, 2000). L'avantage de cette méthode est de représenter visuellement les profils simplifiés à partir des bases de données complexes en identifiant des groupes semblables (Lek *et al.*, 2000 ; Kohonen, 2001 ; Park *et al.*, 2003). Cependant, à la différence des méthodes classiques, la SOM traite avec beaucoup d'aisance les données extrêmes (espèces rares par exemple), souvent rencontrées au niveau des bases de données écologiques (Lek *et al.*, 1996, 2000 ; Brosse *et al.*, 1999, 2001 ; Giraudel & Lek, 2001). La SOM est constituée de deux couches de neurones. La couche d'entrée constituée de la matrice de données, est reliée à la couche bidimensionnelle de sortie appelée carte de Kohonen. Cette dernière est composée de neurones artificiels de sortie ou noeuds (Figure 16). Le nombre de noeuds est choisi à la suite d'un calcul de l'erreur topographique qui est un indicateur de la façon dont la carte est préservée (Kohonen, 2001).

Cette erreur topographique doit être inférieure à 1 (Park *et al.*, 2003). La SOM estime les intensités de connexion (les poids) entre les couches d'entrée et de sortie en utilisant un procédé concurrentiel dit non supervisé décrit par Kohonen (2001). Cette particularité est liée au fait qu'aucune indication sur les classes résultantes susceptibles d'être obtenues n'est fournie au système. Ce procédé recherche itérativement des similarités entre les données observées et les représente dans la carte de sortie en préservant les voisinages. A la fin de l'apprentissage (processus de mixage des données), 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. Enfin, la SOM produit une matrice de sortie avec les valeurs finales des poids, où les neurones de sortie se trouvent en lignes et les espèces en colonnes. L'interface SOM Toolbox (version 6.1) pour Matlab utilisée dans cette étude a été développée par l'Université de Technologie d'Helsinki et disponible sur le site : <http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox>.

Le choix de la taille de la carte est un paramètre déterminant pour détecter au mieux l'écart entre les données. Par exemple, si la carte est trop grande, c'est à dire si le nombre d'unités de la carte est largement supérieur à l'effectif des échantillons, les données seront trop dispersées par le modèle. La taille optimale de la carte est choisie en minimisant les erreurs dites de quantification et de topographie (Kohonen, 2001). Une fois la carte de Kohonen obtenue, un algorithme d'analyse de classification hiérarchique basée sur la méthode Ward et la distance euclidienne a permis ensuite de mettre en évidence des assemblages des objets réels sur la carte (Park *et al.*, 2003). Ces regroupements se sont faits sur la base des affinités en termes de peuplement d'Amphibiens des échantillons projetées dans les cellules de couche de sortie. Les cartes auto-organisatrices de Kohonen ont été réalisées en utilisant le logiciel SOM Toolbox (version 6.1) pour Matlab.

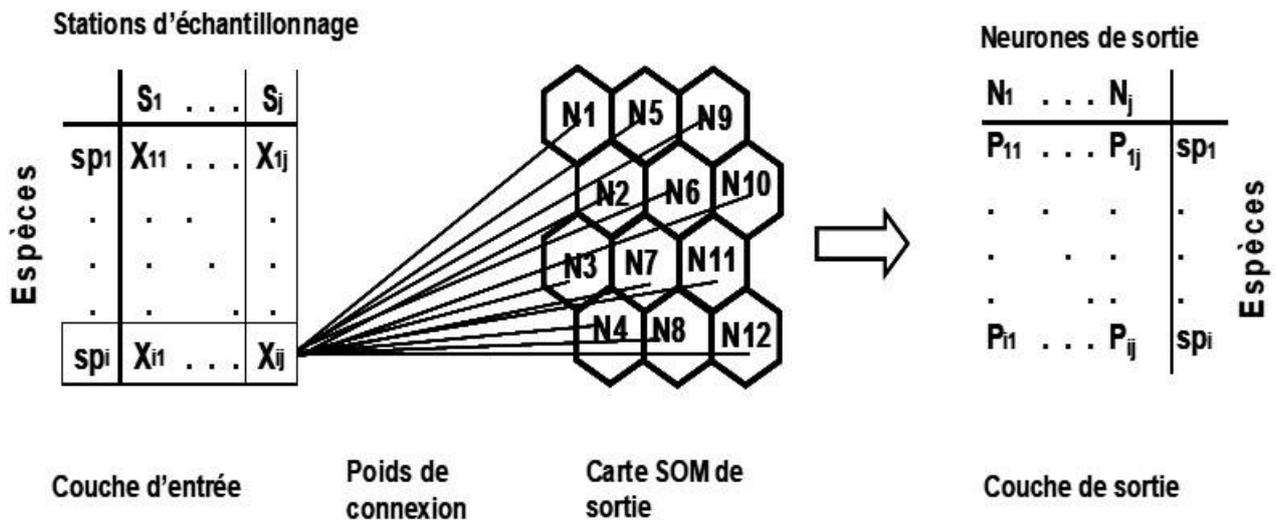


Figure 16 : Schéma simplifié de la carte auto-organisatrice de Kohonen (Aguilar, 2004).

La matrice ou couche d'entrée contient les données d'abondances par espèces (X_{ij}) pour chaque observation (site d'échantillonnage, S_j).

2.2.9.2.3. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L'analyse factorielle discriminante (AFD) est utilisée pour déterminer les variables qui permettent de discriminer deux ou plusieurs groupes connus (Tomassone *et al.*, 1993). Elle a servi à tester le degré de discrimination des paramètres à différencier les groupes d'habitats déterminés par la carte SOM. Cette analyse a permis d'identifier les variables environnementales qui déterminent les regroupements des espèces définies par la SOM à partir de la matrice présence / absence (Wunderlin *et al.*, 2001 ; Konan, 2008). Des coefficients normalisés pour chaque variable environnementale sont calculés pour déterminer leur contribution dans la discrimination des groupes (Manly, 1994). Ensuite, la significativité de l'AFD est testée par le test de permutation de Monte Carlo sur 999 permutations aléatoires (Edia, 2008). Enfin, le "leave-one-out" est exécuté pour évaluer la capacité du modèle à prédire pour chaque groupe prédéfini l'appartenance de chacun des sites (Wendelin *et al.*, 2001). L'AFD a été réalisée avec le logiciel Statistica *version 7.1*.

CHAPITRE III : **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

3.1. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES HABITATS DES BAS-FONDS ET DES FORETS PERIURBAINES DE DALOA

3.1.1. Répartition des paramètres physiques dans les bas-fonds et les forêts périurbaines

3.1.1.1. Canopée

La variation du taux de couverture de la canopée dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa montre que les plus fortes valeurs de la canopée sont enregistrées dans les forêts périurbaines (médiane = 43 %). Le taux de couverture de la canopée dans les habitats de forêts varie de 25 % à 75 %. Cependant, la canopée est inexistante dans les bas-fonds qui sont des sites ouverts (Figure 17). Le taux de couverture de la canopée dans les bas-fonds est significativement différent de celui enregistré dans les forêts (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0$).

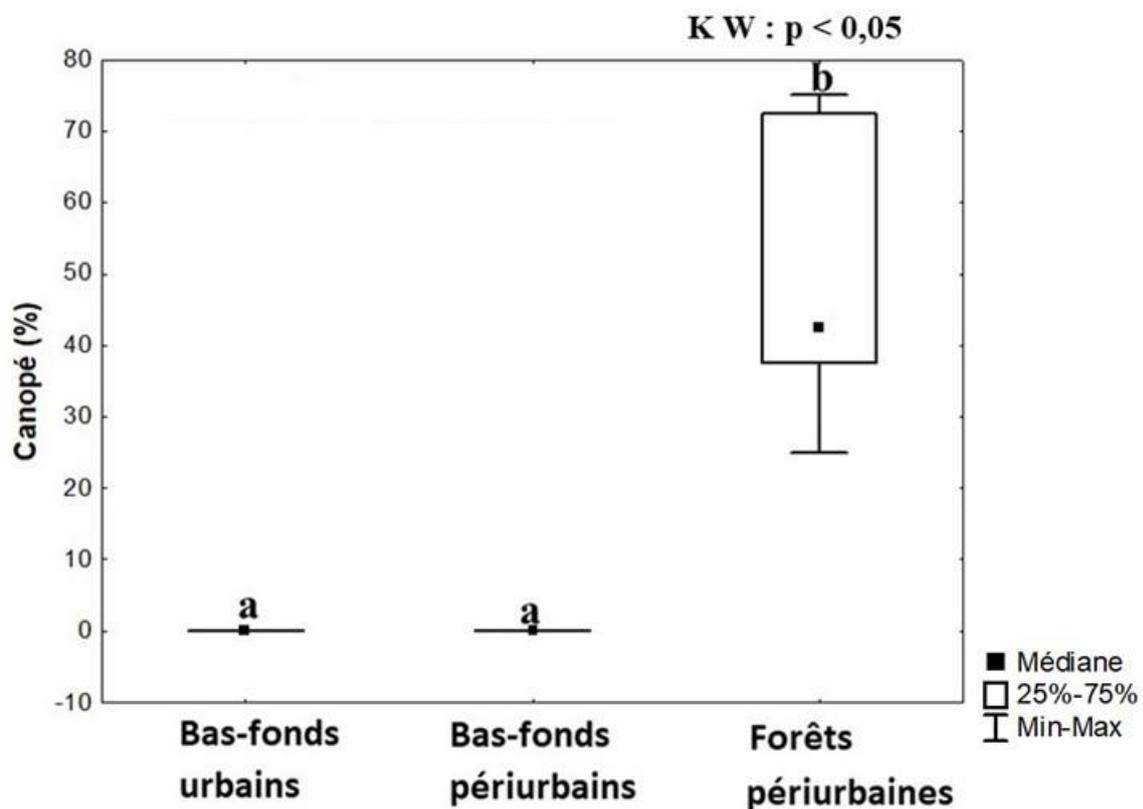


Figure 17 : Variations du taux de couverture de la canopée dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.1.2. Nombre de végétaux ligneux

L'analyse de la variation du nombre de végétaux ligneux dans les différents transects établis dans la zone d'étude révèle qu'il y a plus de végétaux ligneux dans les habitats de forêts (médiane = 3) que dans les habitats des bas-fonds urbains (médiane = 0) et des bas-fonds périurbains (médiane = 1). Le nombre de végétaux ligneux dans les habitats de forêts évolue de 0 à 16. Dans les habitats de bas-fonds, ce nombre varie de 0 à 4 (Figure 18). Les nombres de végétaux ligneux des bas-fonds et des forêts périurbaines diffèrent significativement (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00004$).

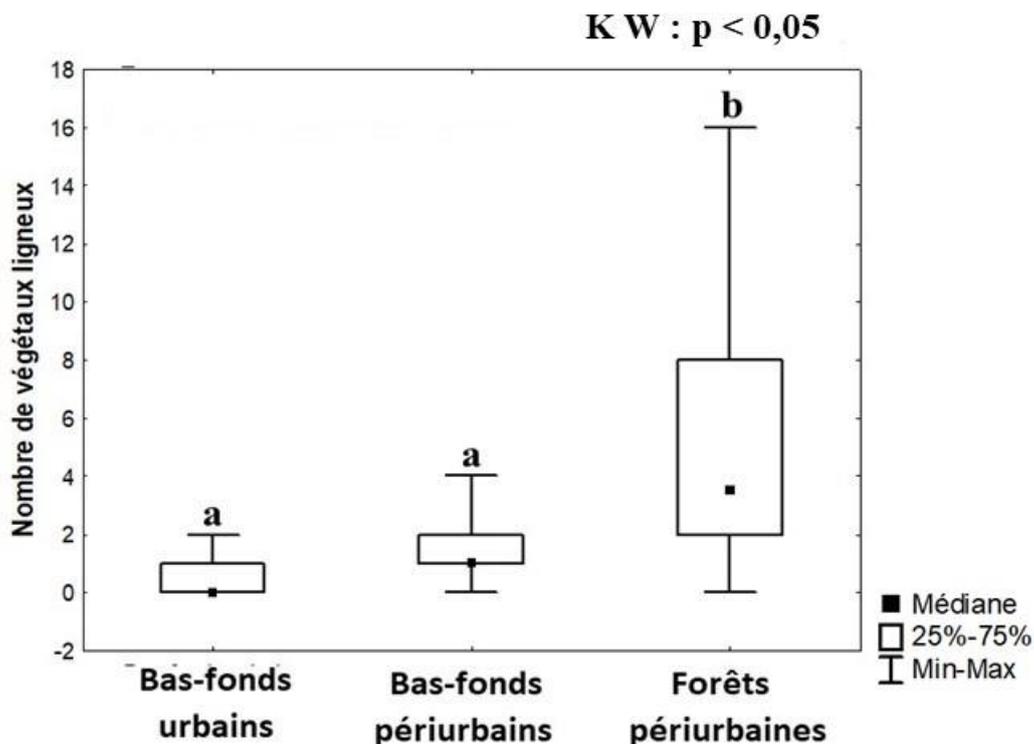


Figure 18 : Variations du nombre de végétaux ligneux dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.1.3. Pression humaine

Le pourcentage de la pression humaine enregistrée dans les habitats des bas-fonds et forêts périurbaines de Daloa sont présentées sur la figure 19. Il indique que les bas-fonds urbains et périurbains sont très marquées par une forte pression humaine (médiane = 60 %). Cette pression est relativement faible au niveau des forêts périurbaines (médiane = 39 %). la pression humaine varie de 50 % à 81 % dans les bas-fonds urbains, de 46 % à 75 % dans les bas-fonds périurbains et de 25

à 60 % au niveau des forêts périurbaines. Les valeurs de la pression humaine enregistrées dans les bas-fonds et celles des forêts sont significativement différentes (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00002$).

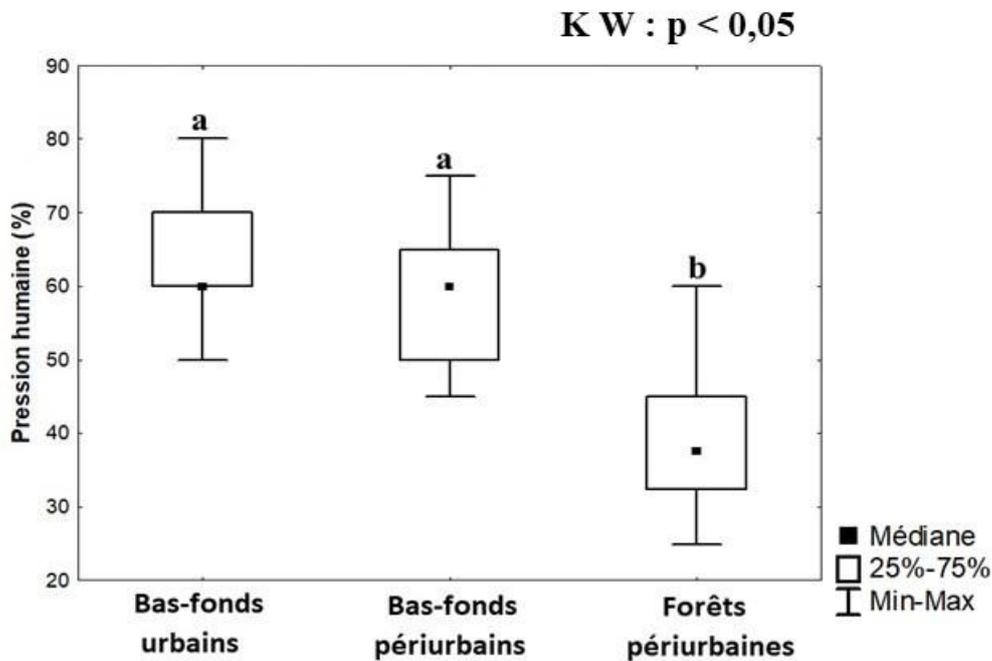


Figure 19 : Variations de la pression humaine dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.1.4. Couverture du sol par les herbacées

Les variations du taux de couverture du sol par les herbacées dans les différents habitats des bas-fonds et forêts périurbaines de Daloa sont présentées sur la figure 20. Elles indiquent que les herbacées couvrent majoritairement les sols des bas-fonds (médiane = 75 %) mais faiblement les sols des forêts périurbaines (médiane = 40 %). Dans les habitats des bas-fonds urbains et périurbains, la couverture du sol par les herbacées varie de 25 % à 80 % tandis que dans les forêts périurbaines, cette valeur évolue de 25 % à 50 % dans les forêts périurbaines. Le taux de couverture du sol des bas-fonds par les herbacées est significativement différent de celui des forêts périurbaines (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00008$).

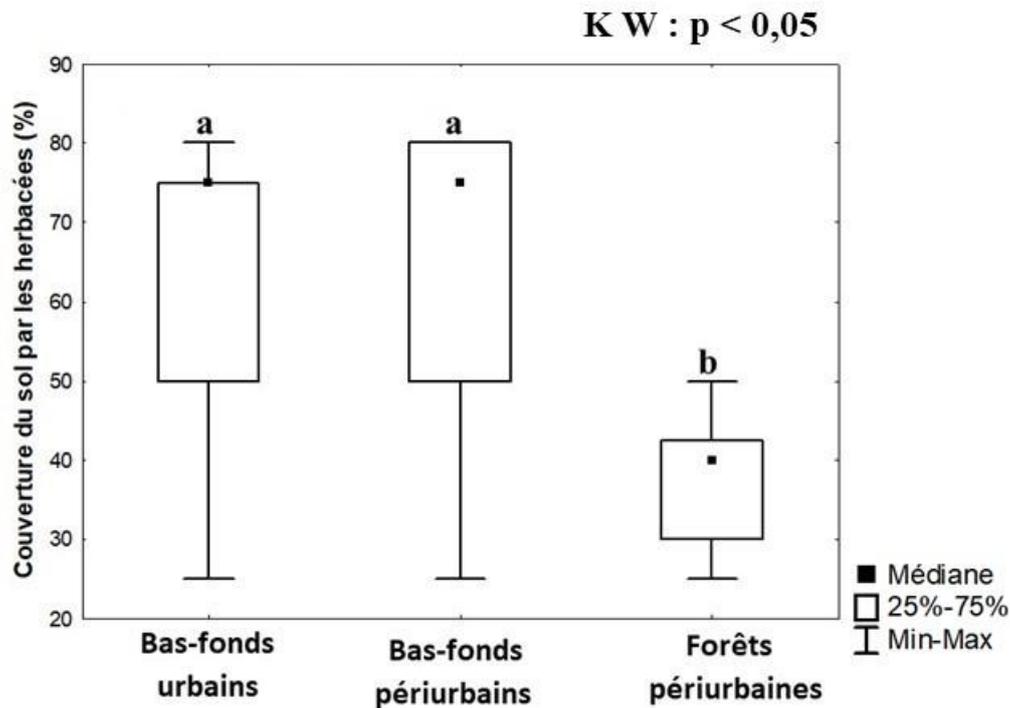


Figure 20 : Variations du taux de couverture du sol par les herbacées dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.1.5. Couverture du sol par la litière

La figure 21 illustre les variations du taux de couverture du sol par la litière dans les habitats des bas-fonds et forêts périurbaines de Daloa. La couverture du sol par la litière est moyenne dans les forêts périurbaines (médiane = 50 %), faible dans les bas-fonds périurbains (médiane = 20 %) et très faible dans les bas-fonds urbains (médiane = 5 %). Dans les forêts périurbaines, la couverture du sol par la litière oscille entre 30 % et 60 % ; elle varie de 10 % à 24 % au niveau des bas-fonds périurbains. Cette couverture du sol évolue de 0 à 24 % dans les bas-fonds urbains. Le taux de couverture du sol par la litière diffère significativement d'un habitat à l'autre (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00000004$).

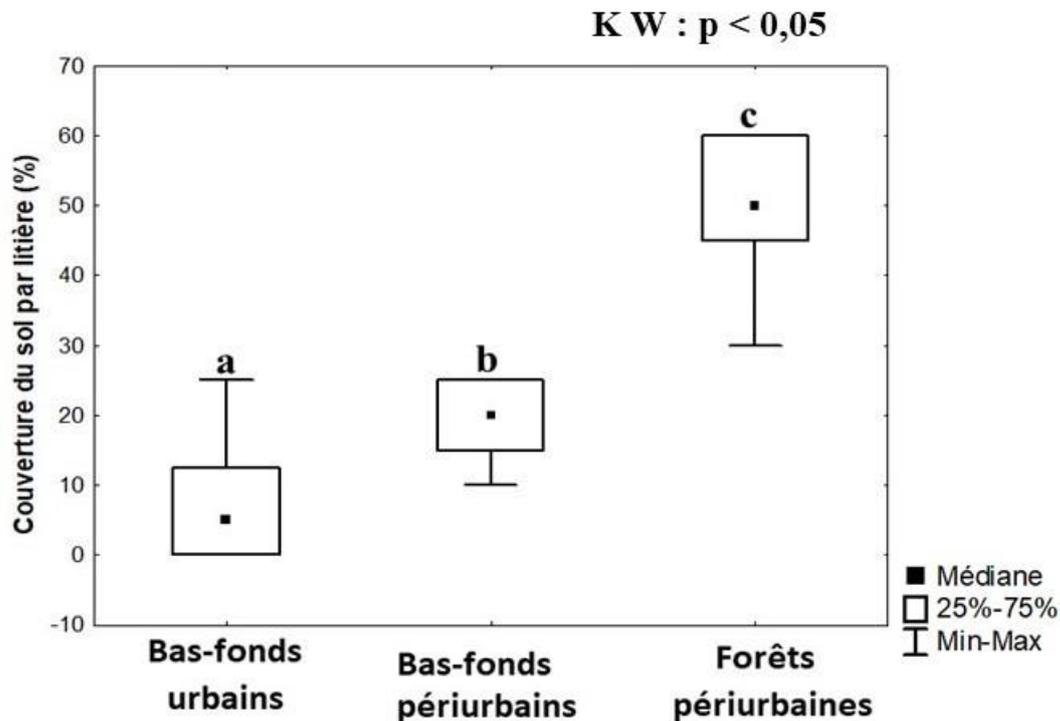


Figure 21 : Variations du taux de couverture du sol par la litière dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a, b ou c) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.1.6. Epaisseur de la litière

L'analyse des variations de l'épaisseur de la litière dans les différents habitats montre que la valeur de l'épaisseur de la litière est faible dans les habitats des bas-fonds urbains (médiane = 1 cm) et périurbains (médiane = 2 cm). Au niveau des habitats des forêts périurbaines la valeur de la médiane est 3,5 cm. En outre, dans les bas-fonds urbains et périurbains, l'épaisseur de la litière varie respectivement de 0 à 2cm et de 0 à 3 cm (Figure 22). Au niveau des forêts périurbaines, cette épaisseur varie de 2 à 7 cm. Ces différences constatées au niveau des habitats sont significatives (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00002$).

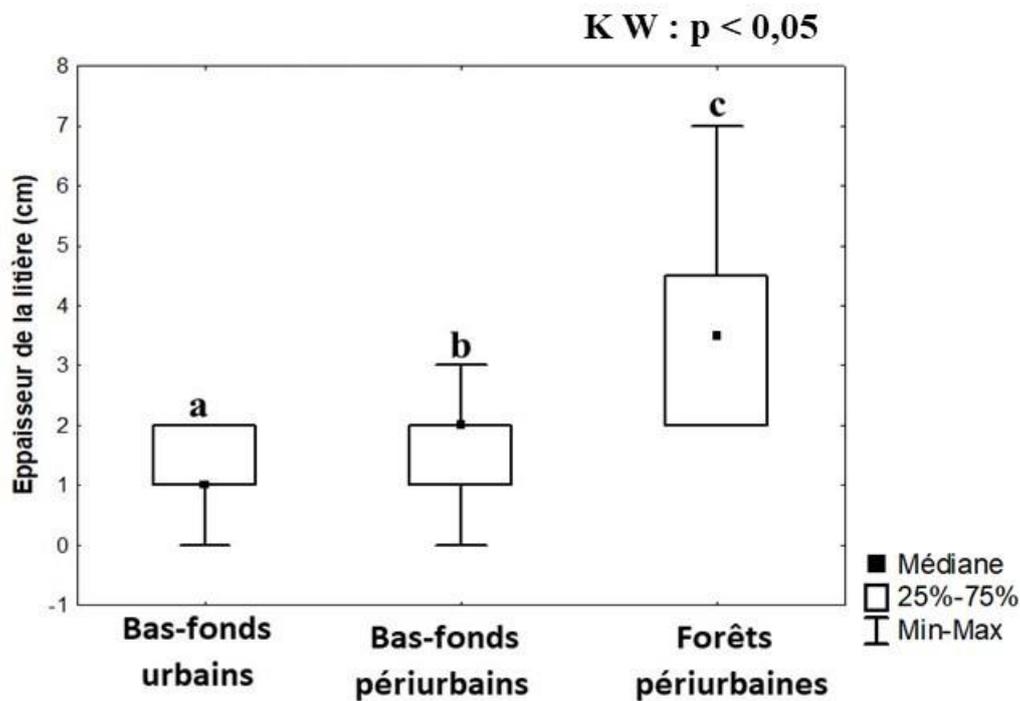


Figure 22 : Variations de l'épaisseur de la litière dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a, b ou c) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.1.7. Température de l'air

L'analyse des variations de la température de l'air dans les différents habitats révèle que les températures des habitats des bas-fonds et des forêts de Daloa ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,1162$). La valeur médiane de la température dans ces habitats est d'environ 30°C . Par ailleurs, cette température évolue de $25,8^{\circ}\text{C}$ à $33,8^{\circ}\text{C}$ dans les habitats de bas-fonds urbains et de forêts périurbaines. Dans les bas-fonds périurbains, cette température varie de 26°C à 35°C (Figure 23).

3.1.1.8. Humidité relative de l'air

Les variations de l'humidité relative de l'air dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa sont présentées dans la figure 24. Elles présentent une différence significative entre l'humidité relative de l'air dans les habitats de forêts et celle des habitats de bas-fonds (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0298$). Les valeurs médianes de l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds est d'environ 71 % tandis que dans les forêts périurbaines, cette valeur est de 73 %.

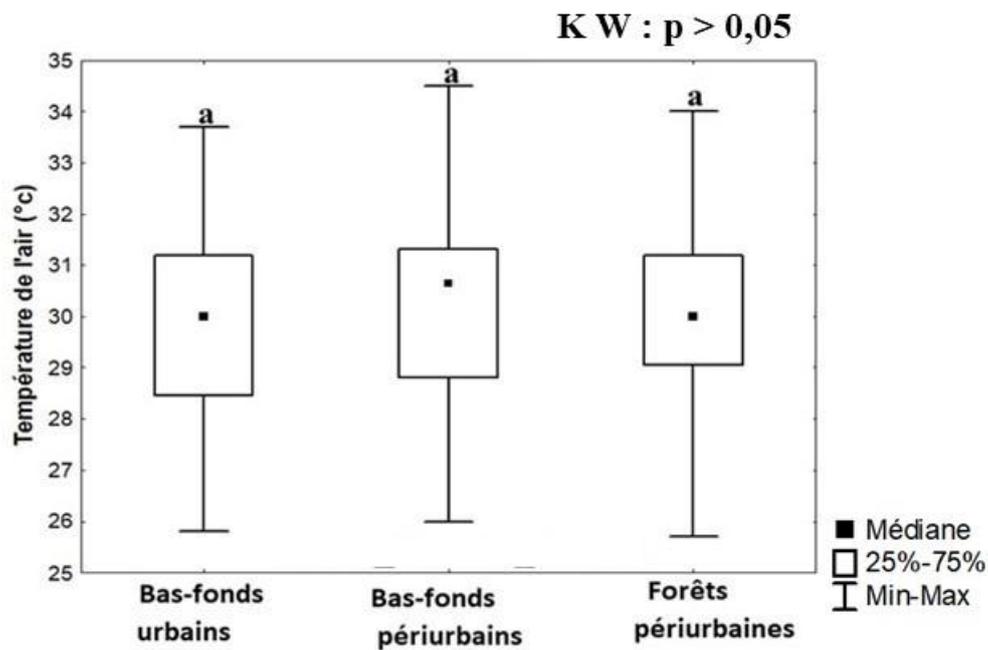


Figure 23 : Variations de la température dans les différents habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

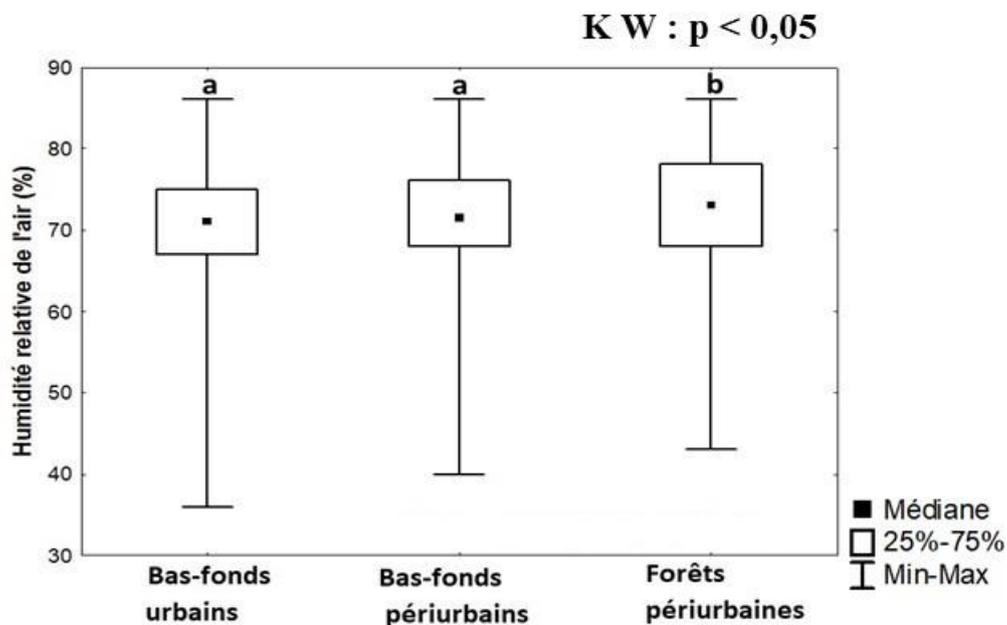


Figure 24 : Variations de l'humidité relative de l'air dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.2. Variations journalières de la température et de l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa

3.1.2.1. Température de l'air

La figure 25 illustre les variations journalières de la température de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa. Dans l'ensemble, les variations journalières de la température de l'air présentent une différence significative (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00002$), excepté les bas-fonds périurbains où les températures matinales sont sensiblement similaires aux températures nocturnes (médianes $\approx 30,5$). Au niveau des bas-fonds urbains et des forêts périurbaines, les valeurs médianes des températures matinales sont plus élevées que celles des températures nocturnes. Par ailleurs, les valeurs maximales des températures matinales ($33,8^{\circ}\text{C}$ - $34,5^{\circ}\text{C}$) sont plus élevées que celles des températures nocturnes (32°C - $33,5^{\circ}\text{C}$).

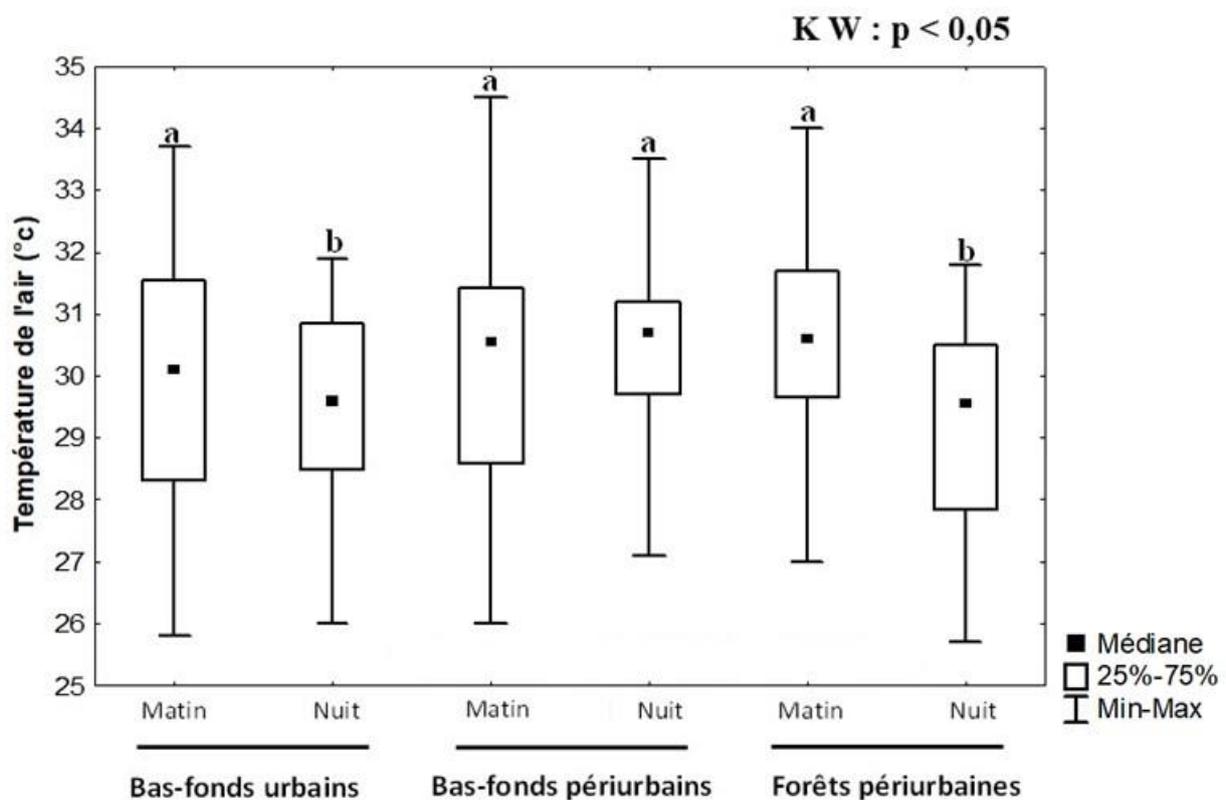


Figure 25 : Variations journalières de la température de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.2.2. Humidité relative de l'air

La figure 26 présente les variations journalières de l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa. En effet, dans les bas-fonds, la valeur médiane de l'humidité relative de l'air varie de 72 % (les matins) à 70 % (les nuits). Au niveau des forêts périurbaines, ces valeurs oscillent entre 72 % (les matins) et 75 % (les nuits). Les valeurs maximales de l'humidité relative de l'air enregistrées les matins sont plus élevées que celles enregistrées les nuits. Ces variations journalières de l'humidité relatives de l'air sont significativement différentes au niveau des différents sites (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,00004$).

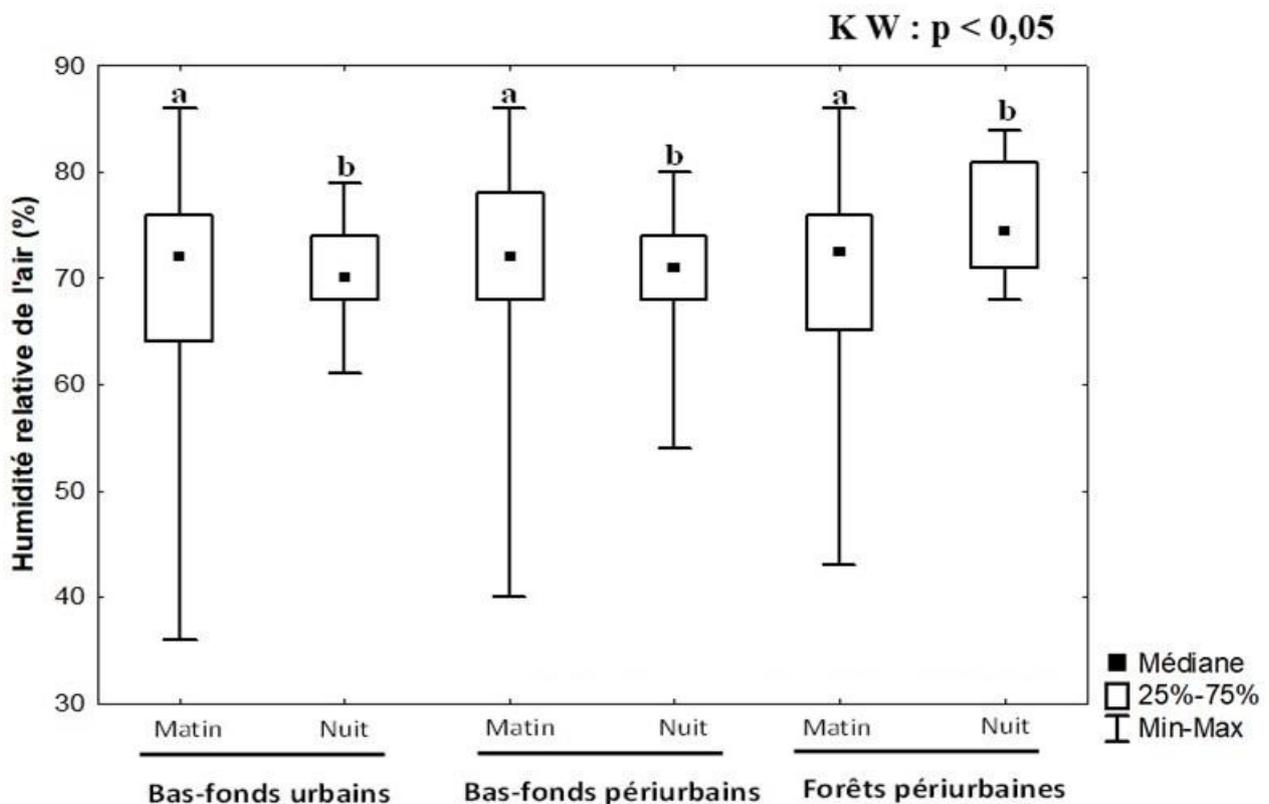


Figure 26 : Variations journalières de l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.1.3. Variations saisonnières de la température et de l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa

3.1.3.1. Température de l'air

Les variations saisonnières de la température de l'air ont été étudiées dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa (Figure 27). Dans les bas-fonds urbains et les forêts périurbaines, les valeurs médianes de la température matinale sont sensiblement égales au cours des différentes saisons (valeurs médianes $\approx 30^{\circ}\text{C}$). Dans les bas-fonds périurbains, la valeur médiane ($30,5^{\circ}\text{C}$) des températures matinales enregistrées en saison sèche est plus élevée que celle enregistrées en saison pluvieuse ($29,7^{\circ}\text{C}$). La valeur maximale de la température matinale (39°C) a été enregistrée en saison pluvieuse dans les forêts périurbaines, alors que la valeur minimale (25°C) a été révélée dans les bas-fonds périurbains en saison pluvieuse.

En outre, les valeurs médianes des températures nocturnes sont-elles sensiblement égales pendant les différentes saisons dans les bas-fonds urbains (valeur médiane $\approx 29,8^{\circ}\text{C}$) et les forêts périurbaines (valeur médiane $\approx 30^{\circ}\text{C}$). Dans les bas-fonds périurbains, les températures nocturnes sont plus élevées en saison sèche (valeur médiane $\approx 30,9^{\circ}\text{C}$) qu'en saison pluvieuse (valeur médiane $\approx 28,8^{\circ}\text{C}$). La valeur maximale de la température nocturne (34°C) a été enregistrée en saison pluvieuse dans les bas-fonds urbains. Quant à la température minimale ($25,8^{\circ}\text{C}$), elle a été notée en saison pluvieuse dans les forêts périurbaines. En somme, les températures de l'air en saisons sèche et pluvieuse varient significativement les matins et les nuits dans les bas-fonds périurbains (Test de Mann-Whitney, $p < 0,05$) contrairement aux bas-fonds urbains et forêts périurbaines où les variations de la température de l'air ne sont pas significatives (Test de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

3.1.3.2. Humidité relative de l'air

Les variations saisonnières de l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa sont présentées par la figure 28. Elles indiquent que les plus fortes valeurs de l'humidité relative de l'air ont été enregistrées durant la saison pluvieuse (médiane $\approx 76\%$) et les plus faibles enregistrées en saison sèche (médiane $\approx 68\%$). Dans les trois types d'habitats, la valeur maximale de l'humidité relative de l'air est relevée en saison pluvieuse. Quant à la valeur minimale, elle est enregistrée en saison sèche. L'humidité relative de l'air varie significativement d'une saison à l'autre (Test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0000$).

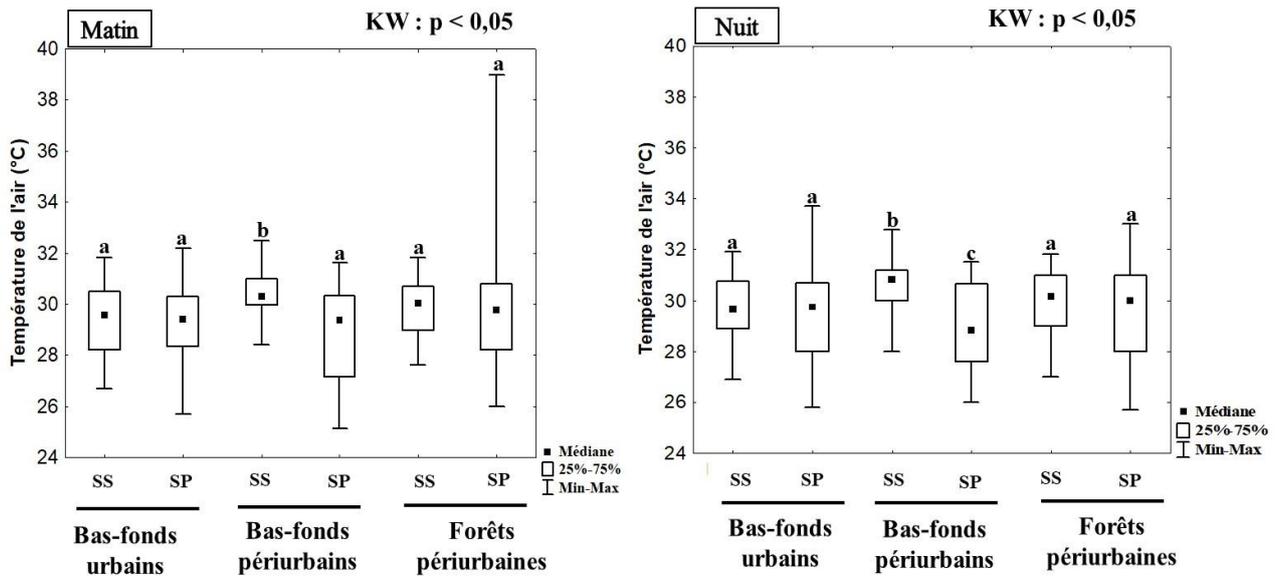


Figure 27 : Variations saisonnières de la température de l’air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05). **SS** = Saison sèche, **SP** = Saison pluvieuse.

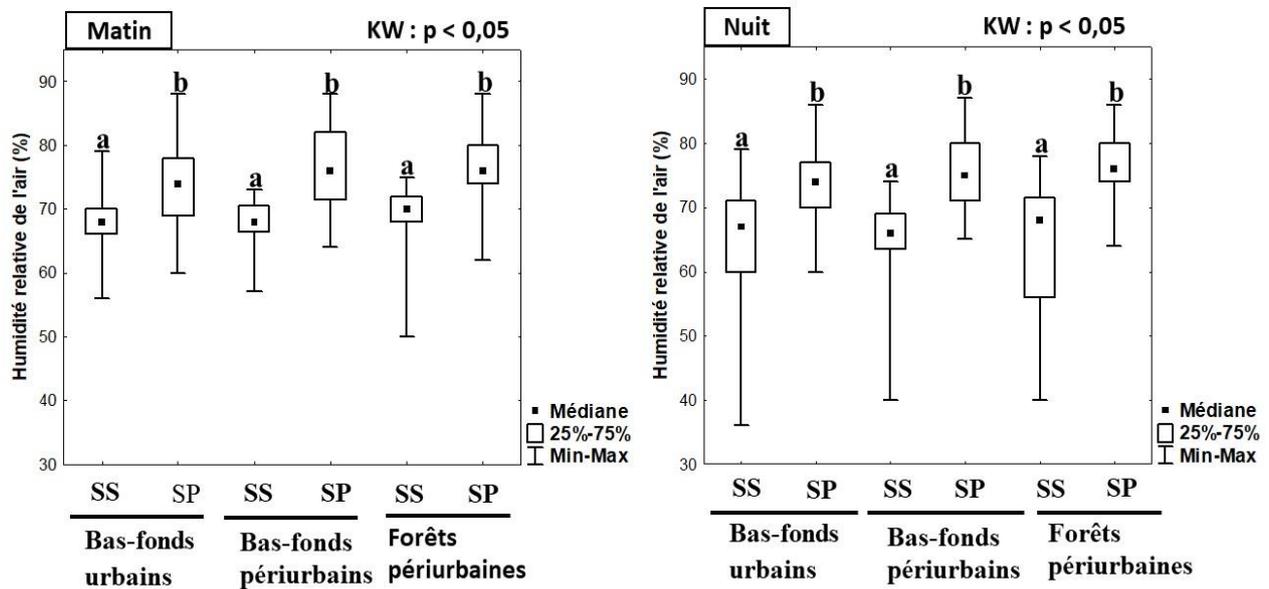


Figure 28 : Variations saisonnières de l’humidité relative de l’air dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05). **SS** = Saison sèche, **SP** = Saison pluvieuse.

3.1.4. Typologie des transects en fonction des paramètres physiques des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à partir des paramètres physiques. Elle a permis de regrouper les transects d'échantillonnage en tenant compte de leurs similarités physiques. En outre, cette classification est effectuée sur la base des valeurs médianes de chaque variable environnementale. Les axes F1 (60,09 %) et F2 (19,11 %) ont été retenus pour l'ordination des variables et des transects car ils expriment 79,20 % de l'information contenue dans la matrice des données (Figure 29).

Le cercle de corrélation (Figure 29A) révèle que la pression humaine et la couverture du sol par les herbacées sont positivement corrélées à l'axe F1 alors que la canopée, l'épaisseur de la litière, le nombre de végétaux ligneux et la couverture du sol par la litière sont corrélés négativement à cet axe. Aussi, l'axe F2 présente-t-il une corrélation positive avec l'humidité relative de l'air et une corrélation négative avec la température de l'air.

La carte factorielle (Figure 29B) présente une distribution des quatorze transects d'échantillonnage en fonction de leurs caractéristiques physiques. Sur l'axe F1, les transects du groupe III (T1, T2, T3, T5, T6, T7 et T10) présentent une corrélation positive avec des valeurs élevées de la pression humaine et de la couverture du sol par les herbacées. Cependant, ils sont négativement corrélés aux valeurs de l'épaisseur de la litière, du nombre de végétaux ligneux, de la couverture du sol par la litière et de la canopée. Sur l'axe F2, les transects du groupe I (T11 et T14) sont positivement corrélés aux valeurs élevées de l'humidité relative de l'air. Par ailleurs, les transects de ce groupe sont négativement corrélés aux valeurs de la température de l'air.

En ce qui concerne le groupe II (T4, T8, T9, T12 et T13) il est caractérisé par les valeurs élevées de la température de l'air et opposé aux valeurs élevées de l'humidité relative de l'air.

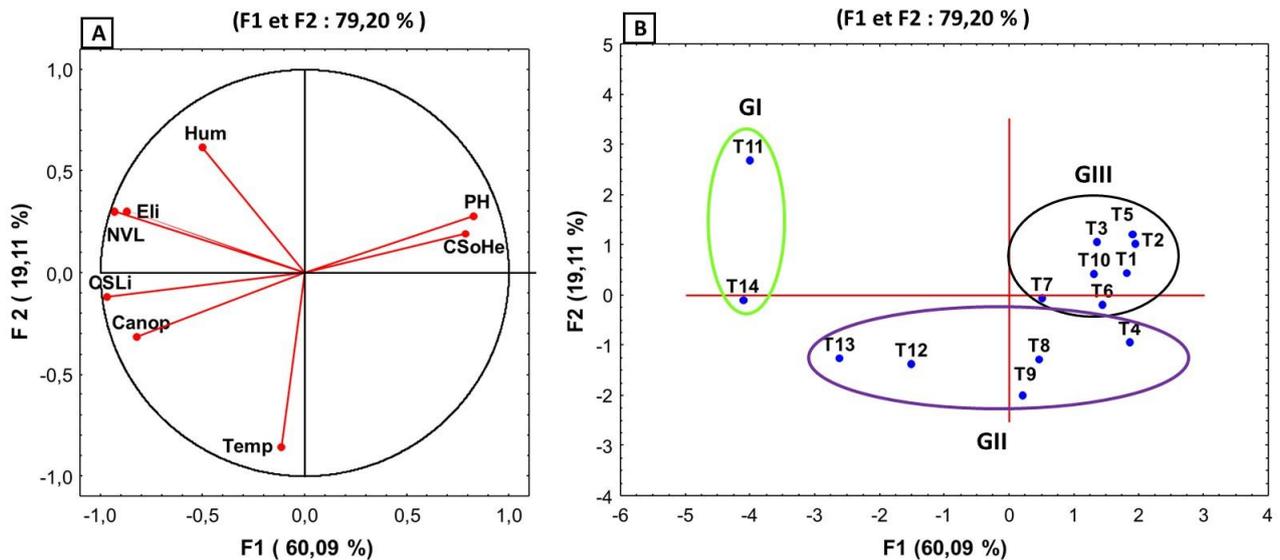


Figure 29 : Analyse en Composantes Principales réalisée sur la base des variables physiques mesurées au niveau des transects d'échantillonnage dans les habitats des bas-fonds et forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. A = Cercle de corrélation des paramètres physiques sur les axes factoriels, B = Carte factorielle présentant la distribution des 14 transects d'échantillonnage selon les caractéristiques physiques, Hum : humidité relative de l'air, canop : canopée, CSLi : couverture du sol par la litière, Eli : épaisseur de la litière, CSoHe : couverture du sol par les herbes, NVL : nombre de végétaux ligneux, PH : pression humaine, Temp : température de l'air, GI, GII et GIII : groupes observés.

3.1.5. Discussion

Les paramètres biophysiques utilisés pour caractériser les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa sont : la canopée, le nombre de végétaux ligneux, la pression humaine, la couverture du sol par les herbacées, la couverture du sol par la litière, l'épaisseur de la litière, la température et l'humidité relative de l'air.

Ainsi ; le pourcentage de la canopée (médiane = 42 %), le faible nombre de végétaux ligneux et la valeur médiane de la couverture du sol par la litière (≈ 48 %) sont révélateurs du niveau de dégradation des forêts périurbaines. En effet, ces résultats sont caractéristiques des forêts secondaires dégradées. Cet avis est partagé par Pascal (2002) et Louette *et al.* (2004). Pour ces auteurs, les forêts naturelles présentent une canopée fermée (85 % à 100 %) et un sol couvert de litière à 100 %. Notre analyse est consolidée par le nombre réduit de végétaux ligneux (médiane ≈ 4) sur les sites de forêts. En effet, selon Châtelain *et al.* (1996) et Pearman (1997), une forte densité de gros arbres est caractéristique de forêt primaire et une densité élevée d'arbustes reflète une forêt secondaire.

La couverture du sol par les herbacées est élevée dans les bas-fonds (zones ouvertes) et faibles sur les sites de forêts car l'absence de canopée permet une occupation du sol par les herbacées.

Dans l'ensemble, les variations de température des sites de forêts sont égales à celles des bas-fonds urbains et des bas-fonds périurbains. Cette observation est en contradiction avec celle de Da (1992) : cet auteur a montré que le massif forestier du Banco induit une baisse de la température depuis le sommet des arbres jusqu'au sol. En outre, Assemian (2009), contrairement à nos résultats a aussi montré que les habitats ouverts sont exposés à l'ensoleillement ; ce qui favorise l'évaporation et entraîne ainsi une élévation de la température de l'air et une réduction de l'humidité de l'air.

Quant à l'humidité relative de l'air dans les transects de forêts, les valeurs enregistrées les nuits sont plus élevées que celles des matins. En effet, une faible canopée et une litière moins épaisse seraient insuffisantes pour réduire l'effet des rayonnements solaires et générer un climat humide dans les forêts au cours de la matinée. Nos résultats sont contraires à celle de Lamotte (1967) qui a mené des travaux dans les réserves de Lamto. En effet, pour cet auteur, dans les galeries forestières, les rayons du soleil ne pénètrent que très tamisé jusqu'au sol et l'humidité de l'air reste toujours élevée, ce qui offre un microclimat presque humide.

Dans les bas-fonds urbains et les forêts périurbaines, il n'existe pas de différence significative de la variation de température au cours des deux saisons (saisons sèche et pluvieuse). Cette situation est le fait de la déforestation galopante dans la zone d'étude. En effet, les forêts étant dégradées sont donc incapables de générer un climat moins chaud, différent de celui des bas-fonds. Notre observation est soutenue par Guillaumet (1967). En effet, dans le cadre de la recherche sur la

végétation et la flore du bas-cavally, cet auteur a observé que les végétations secondaires ont une température élevée. Cependant, les bas-fonds périurbains contrairement aux bas-fonds urbains, présentent des variations de température plus importantes en saison sèche qu'en saison pluvieuse. En effet, ces milieux humides sont entourés de forêt. Ces sites bénéficient donc d'un environnement physique non homogène ; ce qui favoriserait les variations saisonnières de la température.

En ce qui concerne l'humidité relative de l'air dans les bas-fonds et dans les forêts périurbaines, elle est plus élevée en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Ce résultat s'explique aussi par le fait qu'en saison pluvieuse, l'air contient plus de gouttelettes d'eau qu'en saison sèche.

3.1.6. Conclusion partielle

Les caractéristiques physiques des bas-fonds et des forêts de la zone d'étude ont révélé dans l'ensemble deux types de milieux : les sites de bas-fonds (bas-fonds urbains et bas-fonds périurbains réunis par la ressemblance de leurs caractères physiques) et les sites de forêts.

Les caractéristiques des forêts périurbaines sont celles des forêts secondaires dégradées, c'est-à-dire : une canopée moyenne ($\approx 47\%$), une faible densité de végétaux ligneux, un sol moyennement couvert par la litière, une pression humaine moyenne et une présence d'herbacées en dessous de la moyenne ($\approx 40\%$).

En ce concerne les sites de bas-fonds, ils possèdent tous un point d'eau (ruisseau) et enregistre une forte présence d'herbacées ($\approx 75\%$). Dans ces bas-fonds, la densité de végétaux ligneux est très faible et la température est élevée (valeur maximale = 35°C). Enfin, sur toute la zone d'étude, l'humidité relative de l'air est très élevée (valeur maximale $\approx 87\%$).

3.2. COMPOSITION ET DYNAMIQUE SPATIO -TEMPORELLE DU PEUPLEMENT D'AMPHIBIENS DES BAS-FONDS ET DES FORETS PERIUBAINES DE DALOA.

3.2.1. Analyse qualitative du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines

3.2.1.1. Estimation de la richesse spécifique des bas-fonds et des forêts périurbaines

A chaque campagne d'échantillonnage pendant la phase de prospection, une liste d'espèces d'amphibiens dans les différents habitats a été établie. L'accumulation de la richesse spécifique observée et les richesses spécifiques estimées des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa sont illustrées par la Figure 30. La formule de Jack-knife 1 a estimé à 20,78 (sd : $\pm 1,69$) espèces d'amphibiens présentes dans la zone d'étude alors que celle de Chao 2 a évalué cette communauté à 20,05 (sd : $\pm 2,69$) espèces. Cela correspond respectivement à 91,43 % et 94,76 % de la richesse spécifique observée (égale à 20 espèces). Ces taux traduisent l'efficacité des méthodes d'échantillonnage utilisées pour la récolte des amphibiens dans la zone d'étude de Novembre 2018 à Juin 2019.

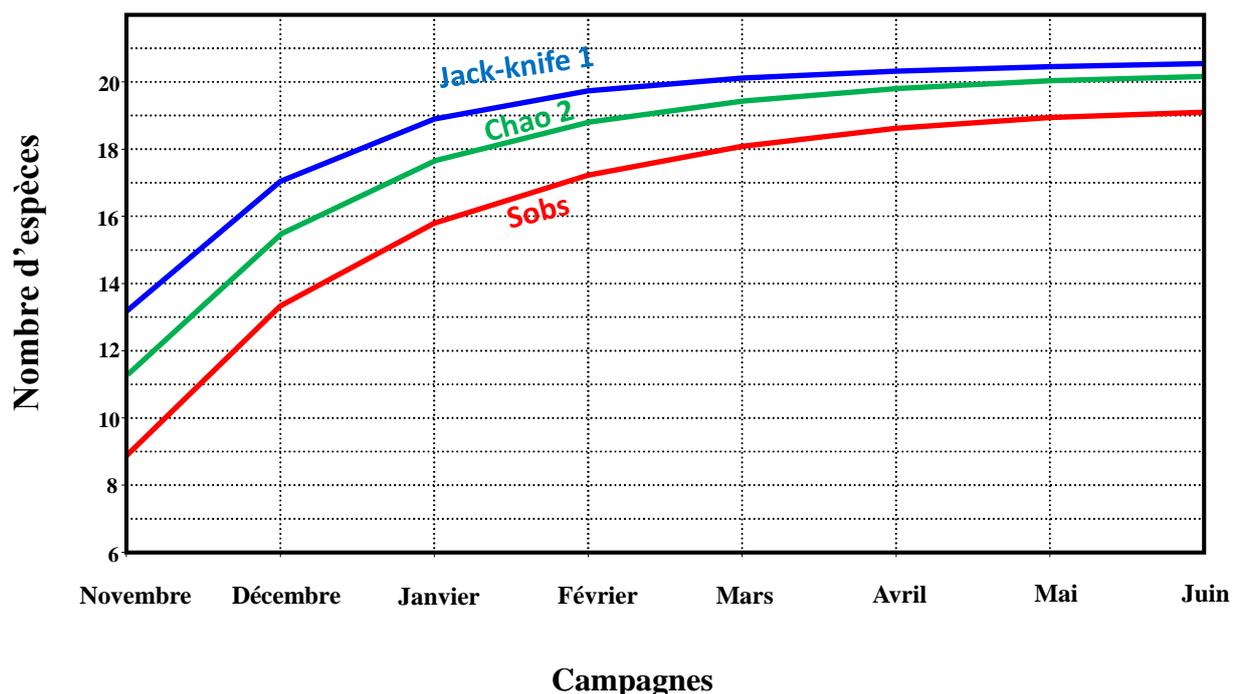


Figure 30 : Courbe d'accumulation de la richesse spécifique observée (Sobs) et des richesses spécifiques estimées (Jack-knife1 et Chao2) dans les bas-fonds et les forêts des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Novembre 2018 à Juin 2019.

3.2.1.2. Composition spécifique et fréquence d'occurrences des amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines

La composition spécifique et les fréquences d'occurrences des amphibiens échantillonnés dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa sont présentées dans le tableau I.

Au total, 20 espèces d'amphibiens anoures réparties en 9 familles, 11 genres ont été recensées dans la zone d'étude. Le suivi des amphibiens a révélé une richesse spécifique variant de 11 à 18 espèces dans les transects des habitats de forêts. Dans les transects de bas-fonds périurbains, la richesse spécifique varie entre 11 et 12 espèces. Enfin, au niveau des bas-fonds urbains, la richesse spécifique évolue de 5 à 13 espèces. Les espèces *Ptychadena mascareniensis*, *Sclerophrys regularis* et *Hoplobatrachus occipitalis* ont été observées sur les 14 transects d'échantillonnage. Quant à *Phrynobatrachus latifrons*, elle a été observée sur 13 transects.

Des 9 familles échantillonnées, celle des Hyperoliidae est la plus diversifiée avec cinq espèces (*Afrixalus dorsalis*, *Hyperolius concolor*, *Hyperolius fusciventris*, *Hyperolius guttulatus*, *Hyperolius nitidulus*). Ensuite, viennent les familles des Ptychadenidae avec quatre espèces (*Ptychadena bibroni*, *Ptychadena longirostris*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena oxyrhynchus*) et les Phrynobatrachidae constitués de trois espèces (*Phrynobatrachus latifrons*, *Phrynobatrachus* sp. et *Phrynobatrachus tokba*). Les familles les moins diversifiées avec deux espèces sont constituées des Arthroleptidae (*Arthroleptis poecilnotus* et *Leptopelis viridis*), les Bufonidae (*Sclerophrys regularis* et *Sclerophrys maculata*). Enfin, les familles monospécifiques sont : les Dicroglossidae (*Hoplobatrachus occipitalis*), les Microhylidae (*Phrynomantis microps*), les Hemisotidae (*Hemisus marmoratus*) et les Ranidae (*Amnirana galamensis*).

Les fréquences d'occurrences révèlent que l'espèce *Ptychadena mascareniensis* est présente dans tous les transects de la zone d'étude. Quant à l'espèce *Sclerophrys regularis*, elle est constante sur trois transects des bas-fonds urbains (transects T1, T2 et T10), dans deux transects des bas-fonds périurbains (transects T8 et T9) et dans un transect des forêts périurbaines (transect T12).

En outre, l'espèce *Phrynobatrachus latifrons* est échantillonnée dans quatre transects des bas-fonds urbains (T1, T4, T5 et T10) et dans deux transects des bas-fonds périurbains (T3 et T9).

Enfin, l'espèce *Hoplobatrachus occipitalis* a été enregistré comme espèce constante au niveau de deux transects : T2 (bas -fond urbain) et T3 (bas-fond périurbain).

Tableau I : Composition spécifique et fréquences d'occurrences des espèces d'amphibiens anoures inventoriés dans les transects de bas-fonds et de forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. *** = espèces constantes ($C > 50\%$) ; ** = espèces accessoires ($25\% \leq C \leq 50\%$) ; * = espèces accidentelles ($C < 25\%$) ; - = espèces absentes ; T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13 et T14 = transects.

Familles / Espèces	Habitats et transects													
	Bas - fonds urbains							Bas -fonds périurbains			forêts périurbaines			
	T1	T2	T4	T5	T6	T7	T10	T3	T8	T9	T11	T12	T13	T14
Arthroleptidae														
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	-	-	*	-	-	*	-	*	-	*	*	*	*	**
<i>Leptopelis viridis</i>	*	*	-	-	-	-	-	*	*	-	*	*	*	**
Bufonidae														
<i>Sclerophrys regularis</i>	***	***	**	*	**	**	***	**	***	***	*	***	**	**
<i>Sclerophrys maculata</i>	*	**	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	-	*
Dicroglossidae														
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	**	***	**	**	*	**	*	***	**	*	*	*	*	*
Hemisotidae														
<i>Hemisis marmoratus</i>	-	*	*	-	-	-	-	*	*	*	-	*	*	-
Hyperoliidae														
<i>Afrixalus dorsalis</i>	*	-	*	*	*	*	-	-	-	*	-	*	*	*
<i>Hyperolius concolor</i>	-	*	*	*	-	*	-	*	-	-	-	*	*	*
<i>Hyperolius fusciventris</i>	-	-	-	*	*	*	-	-	-	*	-	-	*	-
<i>Hyperolius guttulatus</i>	-	*	-	*	-	-	-	-	*	-	*	-	*	-
<i>Hyperolius nitidulus</i>	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
Phrynobatrachidae														
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	***	**	***	***	**	**	***	***	**	***	**	*	*	-
<i>Phrynobatrachus sp.</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
Ptychadenidae														
<i>Ptychadena bibroni</i>	-	-	**	-	-	-	-	*	**	*	*	*	*	-
<i>Ptychadena longirostris</i>	-	*	*	-	-	-	-	*	**	-	*	*	**	*
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	-	*	*	-	*	*	-	-	*	*	*	-	*	*
Microhylidae														
<i>Phrynomantis microps</i>	*	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-
Ranidae														
<i>Amnirana galamensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	*	*
Total	10	13	13	9	8	10	5	11	11	12	11	13	18	13

Les proportions des catégories des espèces d'amphibiens en fonction de leurs occurrences dans les habitats d'échantillonnage des forêts et des bas-fonds de Daloa sont présentées par le tableau II. Les habitats de bas-fonds urbains et de forêts périurbaines enregistrent les plus fortes proportions d'espèces accidentelles (68,42 %). En outre, dans les forêts périurbaines les espèces accessoires sont mieux représentées (21,05 %) que les espèces constantes (10,53 %). Dans les bas-fonds périurbains, les espèces accidentelles sont bien représentées (64,70 %) cependant, les espèces constantes (23,54 %) et accessoires (11,76 %) sont moins présentes. Enfin, dans les bas-fonds urbains, les espèces constantes (21,06 %) et accessoires (10,52 %) sont faiblement représentées.

Tableau II : Proportions (%) des catégories des espèces d'amphibiens en fonction de leurs occurrences dans les habitats des forêts et des bas-fonds des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Sites d'étude	Proportions des catégories spécifiques (%)		
	Espèces constantes	Espèces accessoires	Espèces accidentelles
Bas-fonds urbains	21,06 %	10,52 %	68,42 %
Bas-fonds périurbains	23,54 %	11,76 %	64,70 %
Forêts périurbaines	10,53 %	21,05 %	68,42 %

Les proportions des espèces constantes observées dans les bas-fonds et forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa sont consignées dans le tableau III. Parmi les 20 espèces échantillonnées, 4 sont constantes. Il s'agit de *Phrynobatrachus latifrons*, *Sclerophrys regularis*, *Ptychadena mascareniensis* et *Hoplobatrachus occipitalis*. Ces espèces sont constantes à la proportion de 100 % dans les bas-fonds. Cependant, les espèces de *Sclerophrys regularis*, *Ptychadena mascareniensis* sont constantes à la proportion de 50 % dans les forêts périurbaines.

Tableau III : Proportions (%) des espèces constantes observées dans les forêts et les bas-fonds des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Sites	Espèces constantes	Proportions (%)
Bas-fonds urbains	<i>Phrynobatrachus latifrons</i> , <i>Sclerophrys regularis</i> , <i>Ptychadena mascareniensis</i> et <i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	100 %
Bas-fonds Périurbains	<i>Phrynobatrachus latifrons</i> , <i>Sclerophrys regularis</i> , <i>Ptychadena mascareniensis</i> et <i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	100 %
Forêts périurbaines	<i>Sclerophrys regularis</i> et <i>Ptychadena mascareniensis</i>	50 %

3.2.1.3. Similarité spécifique entre les sites d'échantillonnage

Les similarités spécifiques entre les trois sites d'échantillonnage sont mises en évidence par les valeurs de l'indice de similarités de Jaccard dans le tableau IV. Il existe une forte similarité spécifique entre les 3 milieux d'étude (80 à 95 %). Les bas-fonds urbains présentent une similarité de 85 % avec les bas-fonds périurbains et de 95 % avec les forêts périurbaines. Par ailleurs, les forêts périurbaines ont une composition spécifique très proche (80 %) de ceux des bas-fonds périurbains. Trois (3) espèces n'ont pas été rencontrées que dans les transects de Bas-fonds périurbains. Ce sont : *Hyperolius nitidulus*, *Phrynobatrachus* sp. et *Phrynobatrachus tokba*. En outre, l'espèce *Phrynomantis microps* n'a pas été rencontrée que dans les transects de forêts périurbaines.

Tableau IV : Résultat du test de similarité de Jaccard exprimé en pourcentage des espèces d'amphibiens communes aux trois sites d'échantillonnage.

	Bas-fonds urbains	Bas-fonds périurbains
Bas-fonds urbains	-	
Bas-fonds périurbains	85	-
Forêts périurbaines	95	80

3.2.1.4. Occupation naïve et amplitude d'habitat des espèces d'amphibiens en fonction des transects

Le tableau V présente les valeurs de l'indice d'occupation naïve et de l'amplitude d'habitat des espèces d'amphibiens recensées dans les sites d'étude.

Les valeurs de l'indice d'occupation naïve des espèces varient de 0,66 à 1 pendant que celles de l'amplitude d'habitat se situe entre 1,13 et 2,93. Cette classification a permis de constater que 14 espèces échantillonnées sont ubiquistes (Ψ naïve = 1) et les 6 autres sont inféodées (Ψ naïve < 1). Cependant, les espèces d'amphibiens sont réparties en deux groupes. Le premier comprend les espèces dont l'amplitude d'habitat (AH) varie de 2,37 à 2,93. Elles sont au nombre de 13 et ont une répartition plus hétérogène que les autres, ce sont : *Sclerophrys regularis* (AH = 2,7), *Sclerophrys maculata* (AH = 2,46), *Hoplobatrachus occipitalis* (AH = 2,4), *Phrynobatrachus latifrons* (AH = 2,42), *Hemisus marmoratus* (AH = 2,37), *Ptychadena longirostris* (AH = 2,58), *Hyperolius concolor* (AH = 2,5), *Hyperolius fusciventris* (AH = 2,59), *Afrixalus dorsalis* (AH = 2,85), *Hyperolius guttulatus* (AH = 2,87), *Ptychadena oxyrhynchus* (AH = 2,89), *Ptychadena mascareniensis* (AH = 2,91) et *Ptychadena bibroni* (AH = 2,93). Quant au second groupe, il est formé par les espèces dont l'amplitude d'habitat se situe entre 1,13 et 1,96. Elles sont au nombre de 7 : *Arthroleptis poecilnotus* (AH = 1,64) ; *Amnirana galamensis* (AH = 1,92) ; *Hyperolius nitidulus* (AH = 1,89) ;

Phrynobatrachus sp. (AH =1,65) ; *Phrynobatrachus tokba* (AH = 1,89) ; *Phrynomantis microps* (AH =1,96) et *Leptopelis viridis* (AH =1,13).

Tableau V : Valeurs de l'amplitude d'habitat et de l'occupation naïve des espèces d'amphibiens recensées dans les bas-fonds et forêts des milieux urbains et périurbains de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Espèces	Ψ naïve	Amplitude d'habitat (AH)
<i>Afrivalus dorsalis</i>	3/3	2,85
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	3/3	1,64
<i>Ptychadena longirostris</i>	3/3	2,58
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	3/3	2,4
<i>Hyperolius concolor</i>	3/3	2,5
<i>Hyperolius fusciventris</i>	3/3	2,59
<i>Hyperolius guttulatus</i>	3/3	2,87
<i>Leptopelis viridis</i>	3/3	1,13
<i>Ptychadena bibroni</i>	3/3	2,93
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	3/3	2,91
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	3/3	2,42
<i>Sclerophrys regularis</i>	3/3	2,7
<i>Sclerophrys maculata</i>	3/3	2,46
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	3/3	2,89
<i>Hemisis marmoratus</i>	3/3	2,37
<i>Phrynobatrachus</i> sp.	2/3	1,65
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	2/3	1,89
<i>Hyperolius nitidulus</i>	2/3	1,89
<i>Phrynomantis microps</i>	2/3	1,96
<i>Amnirana galamensis</i>	2/3	1,92

3.2.1.5. Variations de la richesse spécifique dans les bas-fonds et les forêts périurbaines

Les variations de la richesse spécifique du peuplement d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa (figure 31) révèlent que la richesse spécifique ne varie pas significativement d'un site d'échantillonnage à l'autre (Test de Kruskal Wallis ; $p = 0,2332$). En outre, la valeur médiane de la richesse spécifique au niveau des différents sites est d'environ 4 espèces. Cette

richesse spécifique varie de 0 à 9 dans les bas-fonds urbains, de 1 à 9 dans les bas-fonds périurbains et de 0 à 11 dans les forêts périurbaines.

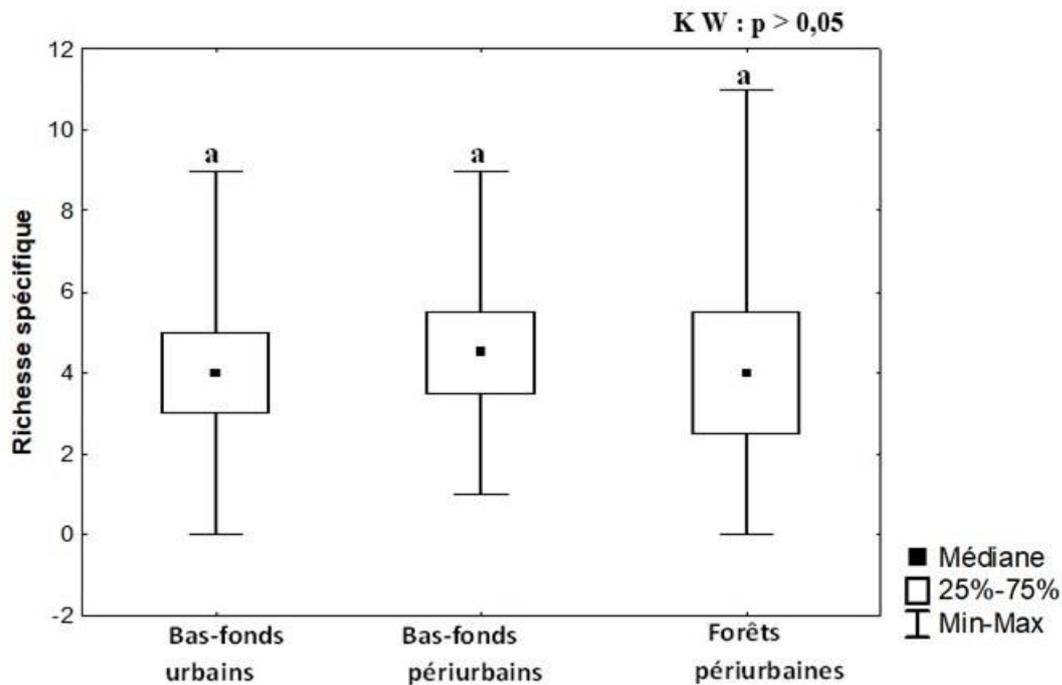


Figure 31 : Variations de la richesse spécifique des amphibiens dans les habitats des bas-fonds et des forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.2.1.6. Variations saisonnières de la richesse spécifique

La figure 32 illustre les variations saisonnières de la richesse spécifique des amphibiens dans les habitats des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa. En effet, Les valeurs de la richesse spécifique sont plus élevées en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Cependant, au niveau des habitats des bas-fonds périurbains, la richesse spécifique recensée pendant la saison sèche ne diffère pas significativement de celle de la saison pluvieuse (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$). La plus forte valeur de richesse spécifique (valeur maximale = 11) est notée en saison pluvieuse au niveau des forêts périurbaines. Quant à la plus faible valeur (valeur minimale = 0), elle est enregistrée en saison sèche au niveau des forêts périurbaines. Dans l'ensemble, la richesse spécifique varie de manière significative d'une saison à l'autre (test de Kruskal Wallis, $p = 0,0035$).

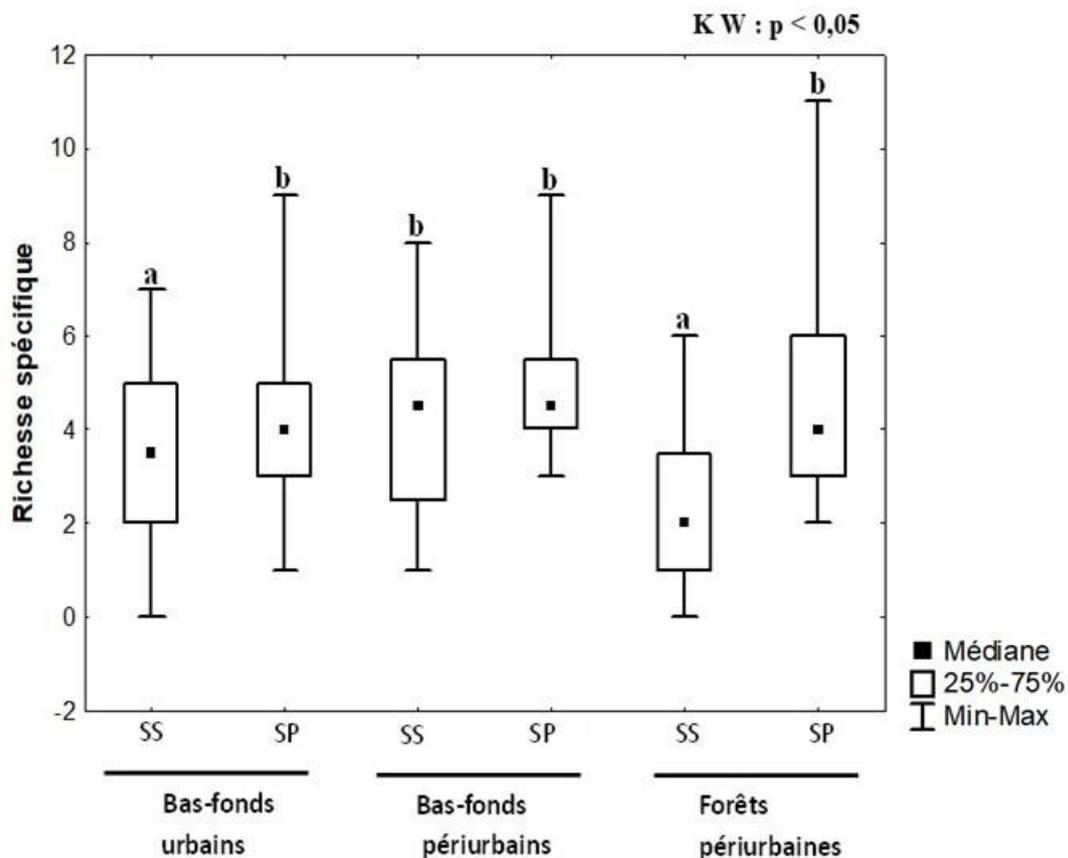


Figure 32 : Variations saisonnières de la richesse spécifique des amphibiens issus des bas-fonds et des forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a, ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05) ; SS = Saison sèche, SP = Saison pluvieuse.

3.2.1.7. Variations journalières de la richesse spécifique

La figure 33 présente les variations journalières de la richesse spécifique des amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa. Les valeurs de la richesse spécifique des amphibiens sont plus élevées les nuits que les matins. En effet, les valeurs médianes de la richesse spécifique des matins varient de 5 à 7 tandis que les nuits, elles oscillent entre 10 et 11. Les nuits comme les matins, la valeur maximale de la richesse spécifique (nuits = 16 ; matin=10) est enregistrée dans les forêts périurbaines tandis que la plus faible richesse spécifique est rencontrée les matins, dans les bas-fonds urbains (richesse spécifique = 4). En somme, la richesse spécifique des amphibiens varie de manière significative d'un moment de la journée à l'autre dans les différents habitats (test de Kruskal Wallis, $p = 0,0056$).

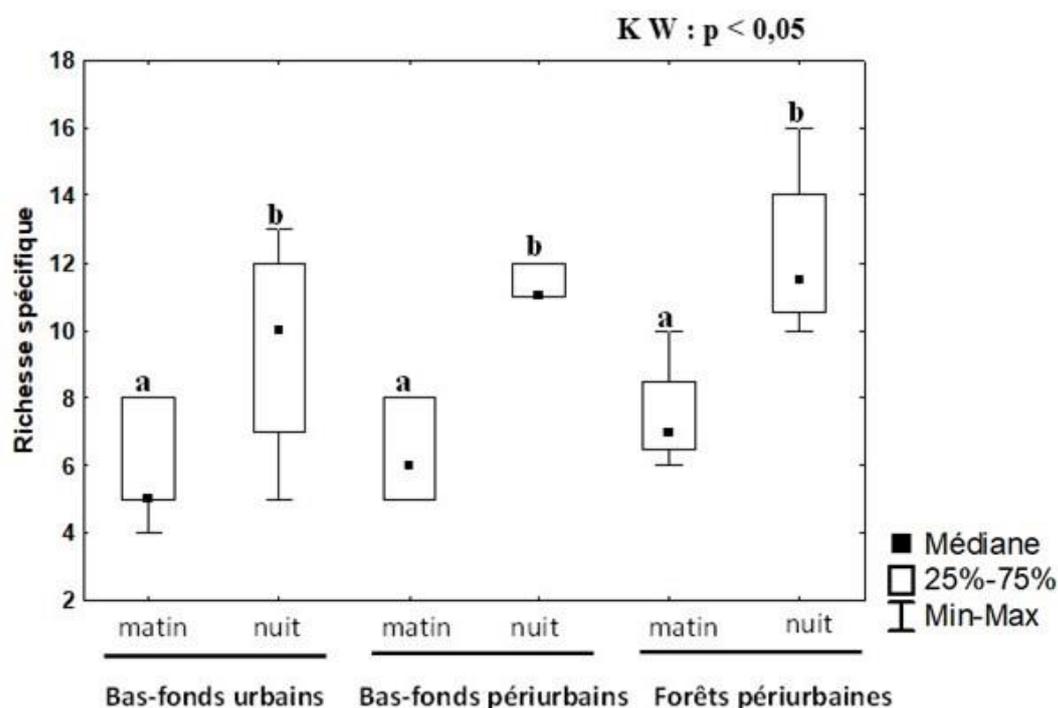


Figure 33 : Variations journalières de la richesse spécifique des amphibiens issus des bas-fonds et des forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a, ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.2.1.8. Profil de distribution des amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines

La distribution du peuplement d'amphibiens de la zone d'étude a été analysée à l'aide de la SOM (Self Organizing Maps) conçue à partir de la matrice présence/absence des espèces d'amphibiens. Elle a permis de classer les 168 échantillons (12 campagnes x 14 transects). La carte auto-organisatrice de Kohonen (ou SOM) a permis de classer les 20 espèces d'amphibiens en fonction de leurs probabilités d'occurrence saisonnière et spatiale. La taille de la carte retenue est 64 cellules (8 lignes x 8 colonnes). Elle minimise à la fois les erreurs de quantification (0,760) et de topographie (0,000) (Tableau VI).

Tableau VI : Différentes tailles de la carte de Kohonen et les erreurs de quantification et topographique correspondantes (la taille retenue est en gras).

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
8x8 (64)	0,760	0,000
16x4 (64)	0,759	0,006
9x7 (63)	0,761	0,012
11x6 (66)	0,745	0,012
13x5 (65)	0,752	0,012

Les 64 cellules de la carte auto-organisatrice sont réparties en trois groupes (I à III) à partir d'une analyse de classification hiérarchique (Figure 34A). Les groupes sont illustrés par différents motifs sur la carte de Kohonen (Figure 34B). Chaque groupe de la carte SOM renferme des échantillons ayant des compositions spécifiques similaires. Le groupe I (polygone de couleur blanche) regroupe les échantillons d'amphibiens provenant majoritairement des transects (T8 et T9) issus des bas-fonds périurbains (66,67 %) et des transects (T6 et T10) des bas-fonds urbains (28,57 %). Quant au groupe II (polygone de couleur bleu), il comprend les échantillons provenant principalement des transects (T1, T2, T4, T5 et T7) issus des bas-fonds urbains (71,43 %) et du transect (T3) des bas-fonds périurbains (33,33 %). Le groupe III (polygone de couleur grise) comprend les espèces issues exclusivement des transects (T11, T12, T13 et T14) des forêts périurbaines (100 %) (Figure 35).

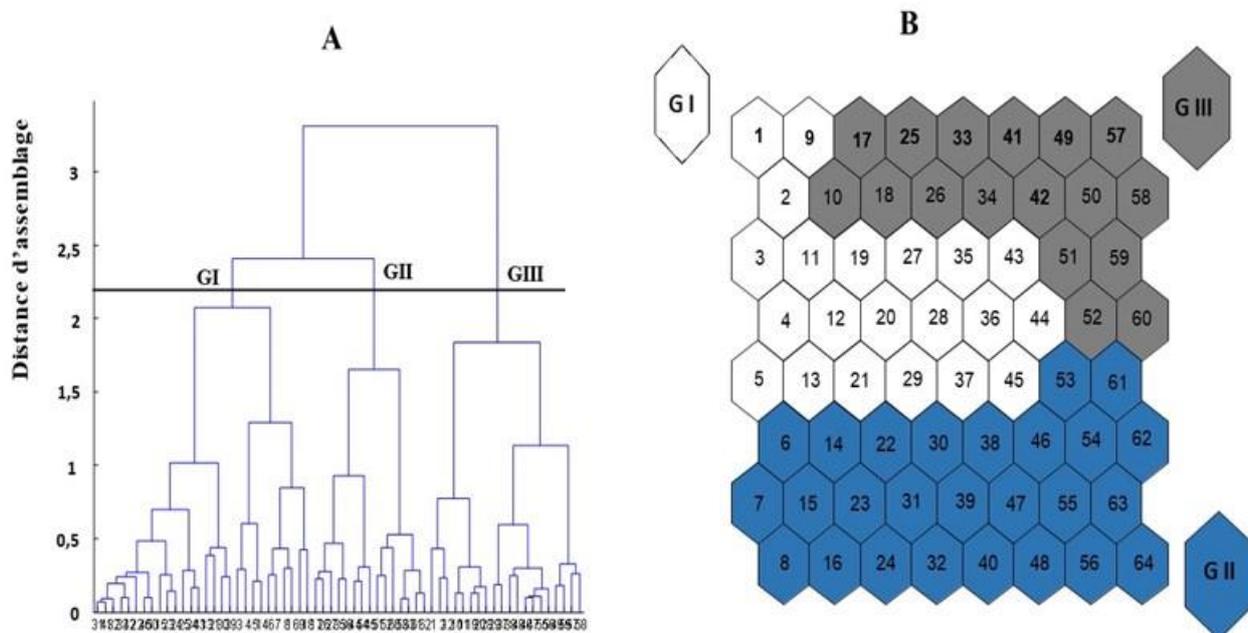


Figure 34 : Classification hiérarchique des cellules de la SOM sur la base de la matrice de présence/absence des espèces d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. A = classification hiérarchique des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d'assemblage (les nombres [1 à 64] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; GI, GII et GIII = groupes définis ; B = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 64.

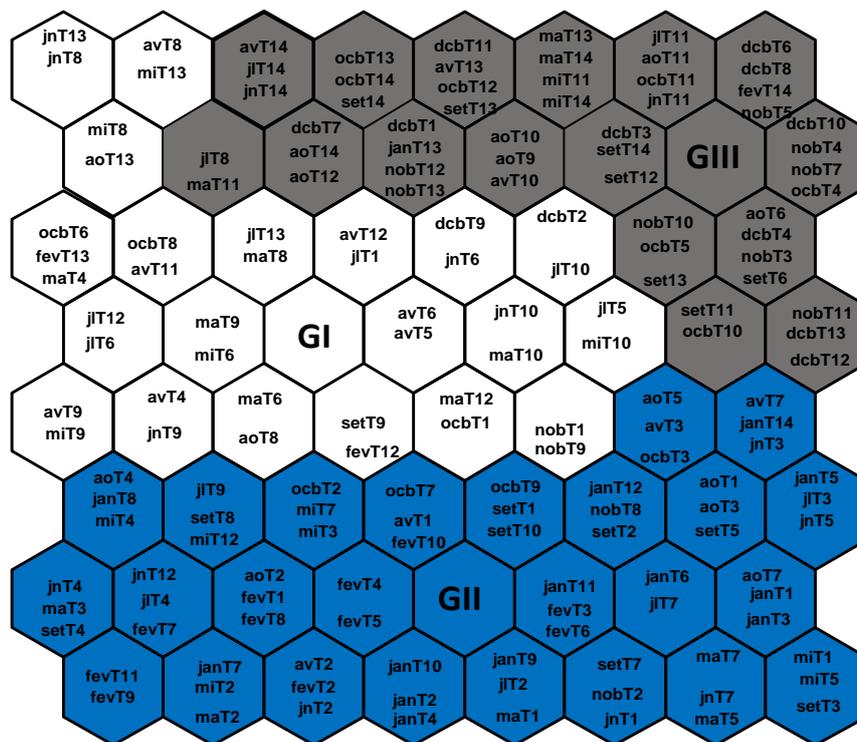


Figure 35 : Distribution des échantillons dans la SOM à partir des données de présence/absence des espèces d'amphibiens prélevées dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les abréviations à l'intérieur des cellules représentent les transects (T1 à T14) et les périodes (mois) des campagnes (jan = janvier, fev= février, ma = mars, av = avril, mi = mai, jn = juin, jlt = juillet, ao = août, set = septembre, ocb = octobre, nob = novembre, dcb = décembre).

Les Figures 36 et 37 présentent le profil de distribution des 20 espèces d'amphibiens et la variation de la richesse spécifique des amphibiens dans les trois groupes définis par la SOM. Sur la base de la composition spécifique, le groupe I regroupant majoritairement des transects de bas-fonds périurbains (66,67 %), renferme onze espèces d'amphibiens. Ce sont : *Hemisus marmoratus* (Mar), *Amnirana galamensis* (Gal), *Hyperolius guttulatus* (Gut), *Phrynobatrachus latifrons* (Lat), *Phrynobatrachus* sp (Phr), *Phrynobatrachus tokba* (Tok), *Ptychadena bibroni* (Bib), *Ptychadena longirostris* (Lon), *Ptychadena mascareniensis* (Mas), *Ptychadena oxyrhynchus* (Oxy) et *Sclerophrys regularis* (Reg). Quant au groupe II, il est constitué majoritairement de transects des bas-fonds urbains (71,43 %), il regroupe sept espèces d'amphibiens. Ce sont : *Afrivalus dorsalis* (Dor), *Hoplobatrachus occipitalis* (Occ), *Hyperolius fusciventris* (Fus), *Hyperolius nitidulus* (Nit), *Hyperolius concolor* (con), *Phrynomantis microps* (Mic) et *Sclerophrys maculata* (Mac). Enfin, le groupe III est constitué exclusivement des transects de forêts périurbaines (100 %). Ce groupe renferme les espèces d'*Arthroleptis poecilonotus* (Poe) et de *Leptopelis viridis* (Vir). Les espèces de *Phrynobatrachus latifrons* (Lat), *Ptychadena mascareniensis* (Mas) et *Sclerophrys regularis*

(Reg) ont une très forte présence à la fois dans les groupes I et II et une faible présence dans le groupe III. L'espèce *Hyperolius concolor* (Con) manifeste aussi une présence moyenne dans ces trois groupes.

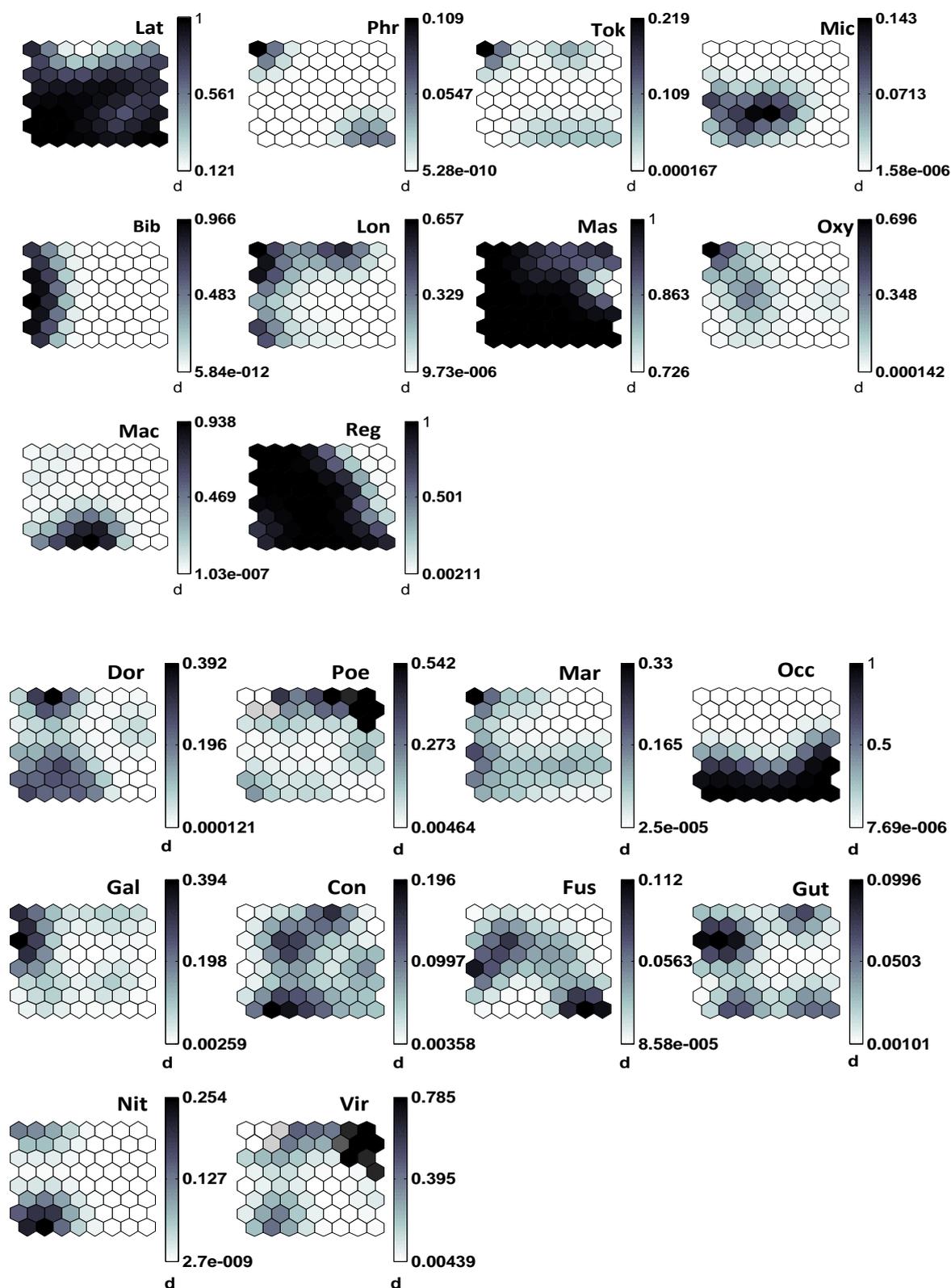
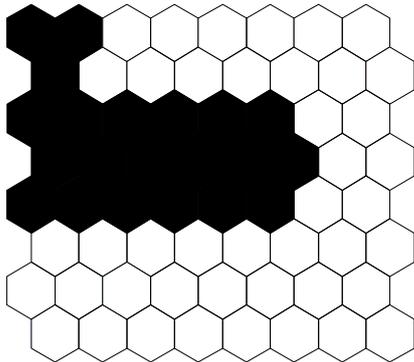


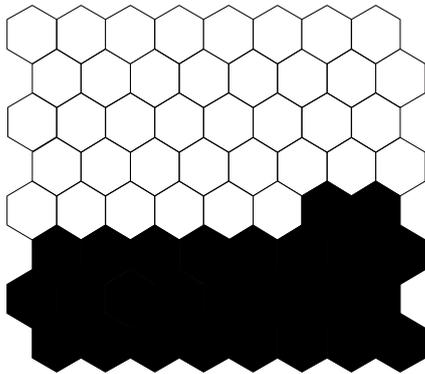
Figure 36 : Profil de distribution des espèces d'amphibiens sur la carte de Kohonen : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence. d = échelle.

Groupe I



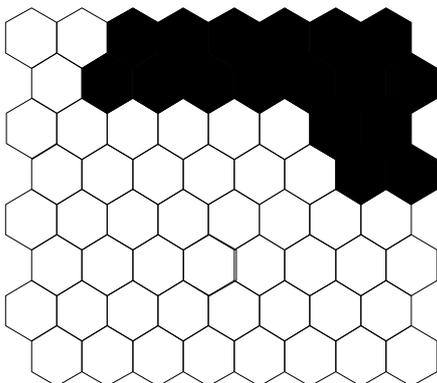
Hemisus marmoratus (Mar), *Amnirana galamensis* (Gal), *Hyperolius guttulatus* (Gut), *Phrynobatrachus latifrons* (Lat), *Phrynobatrachus* sp (Phr), *Phrynobatrachus tokba* (Tok), *Ptychadena bibroni* (Bib), *Ptychadena longirostris* (Lon), *Ptychadena mascareniensis* (Mas), *Ptychadena oxyrhynchus* (Oxy) et *Sclerophrys regularis* (Reg).

Groupe II



Afrixalus dorsalis (Dor), *Hoplobatrachus occipitalis* (Occ), *Hyperolius fusciventris* (Fus), *Hyperolius nitidulus* (Nit), *Hyperolius concolor* (con) *Phrynonantis microps* (Mic) et *Sclerophrys maculata* (Mac)

Groupe III



Arthroleptis poecilonotus (Poe) et *Leptopelis viridis* (Vir)

Figure 37 : Distribution des espèces d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa dans chaque groupe défini par la SOM.

La Figure 38 présente les variations de la richesse spécifique des amphibiens des trois groupes définis par la SOM. La richesse spécifique diffère significativement d'un groupe à l'autre (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,002$). Dans le groupe I, elle varie de 2 à 11 espèces, ensuite elle oscille respectivement entre 2 et 9 espèces dans le groupe II et entre 1 et 6 espèces dans le groupe III.

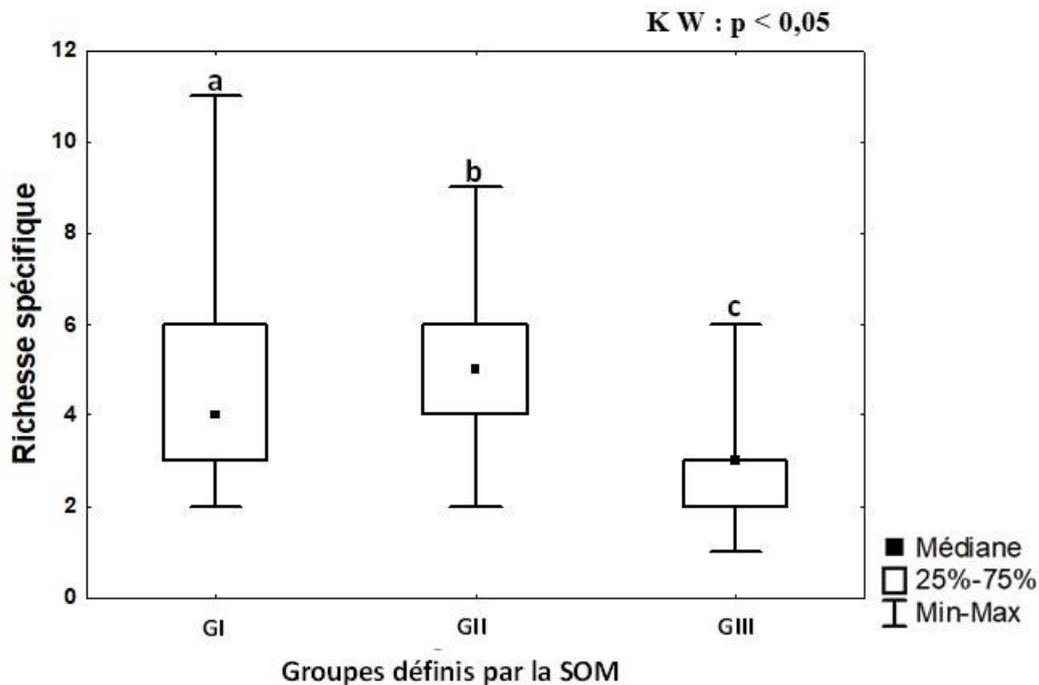


Figure 38 : Variations de la richesse spécifique des amphibiens des trois groupes (GI, GII, GIII) définis par la carte SOM. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a, b ou c) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

La Figure 39 présente les paramètres physiques qui influencent la répartition des amphibiens dans les groupes définis par la SOM. La distribution des espèces d'amphibiens est influencée par plusieurs paramètres à des degrés divers.

Les espèces des groupes I et II sont influencées par des valeurs élevées de la couverture du sol par les herbacées et par une forte anthropisation (forte pression humaine).

Quant aux espèces du groupe III, elles sont conditionnées par des milieux fortement boisés, à canopée plus ou moins dense, puis par une litière abondante et épaisse.

Cependant, la température et l'humidité relative de l'air n'influencent pas la répartition des espèces d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa.

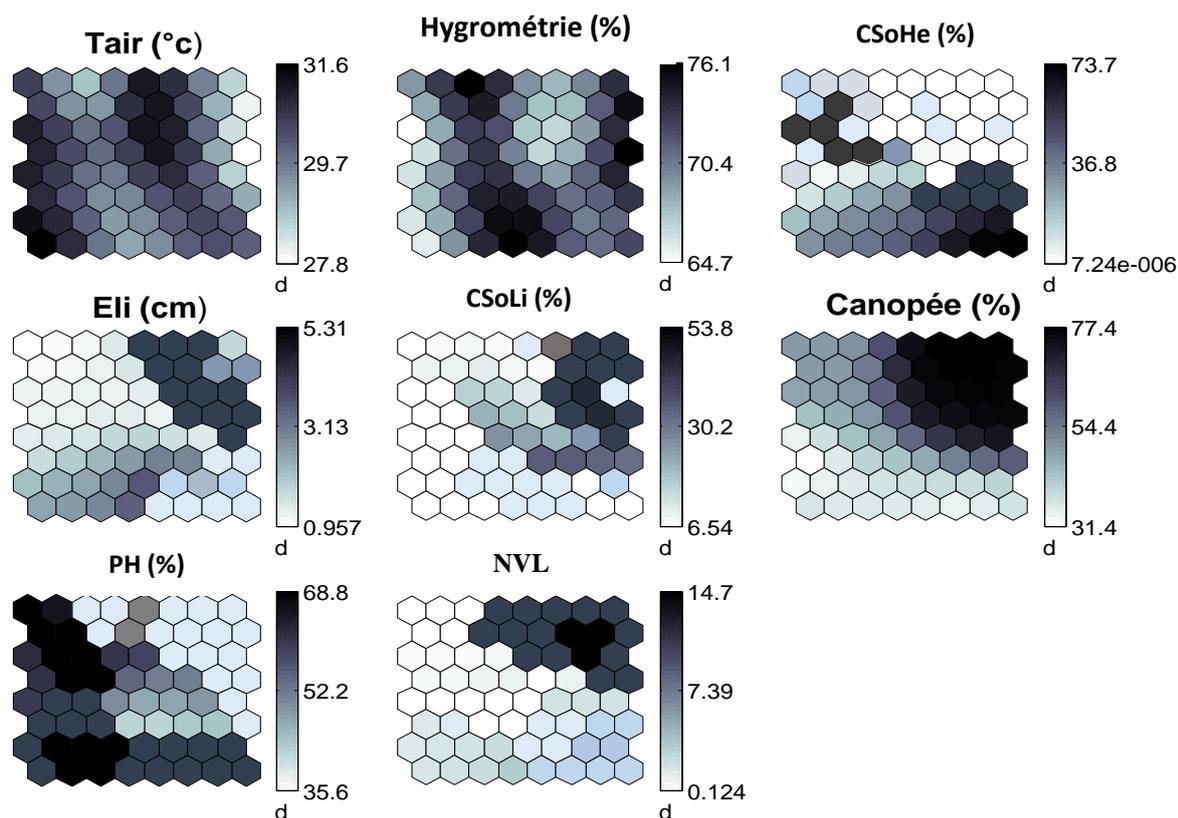


Figure 39 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) présentant les variations de la température de l'air (Tair (°C)), de l'hygrométrie, de la couverture du sol par les herbacées (CSoHe), de l'épaisseur de la litière (Eli), de la couverture du sol par la litière (CSoLi), de la canopée, de la pression humaine (PH) et du nombre de végétaux ligneux (NVL) dans les groupes I, II et III. Les polygones plus sombres correspondent aux paramètres environnementaux de gradient très élevés.

3.2.1.9. Facteurs environnementaux conditionnant la distribution des amphibiens

Une analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée sur les trois groupes établis par la SOM et les variables environnementales. Cette analyse a permis d'identifier les facteurs déterminant les profils de distribution de la diversité. Le tableau VII présente les résultats de l'analyse factorielle discriminante des variables considérées. Il révèle que les valeurs de température de l'air, canopée, épaisseur de la litière, couverture du sol par la litière, couverture du sol par les herbacées et pression humaine contribuent de façon significative ($p < 0,05$) à la discrimination des habitats des différents groupes. Cependant, dans cette discrimination des groupes, l'hygrométrie et le nombre de végétaux ligneux ne contribuent pas à distinguer les habitats du groupes III des groupes I et II ($p > 0,05$).

Selon les valeurs du Lambda partiel, la pression humaine contribue le plus à la distinction entre les habitats (Lambda partiel de Wilk = 0,831974).

Tableau VII : Synthèse de l'analyse discriminante réalisée sur les principaux paramètres physiques des bas-fonds et forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Variables	Lambda Partiel deWilk	Niveau de p
Température de l'air (°C) ¹	0,981275	0,001918
Hygrométrie (%) ¹	0,993433	0,112929
Nombre de végétaux ligneux ²	0,992764	0,090382
Canopée (%) ²	0,944665	0,000000
Epaisseur de la litière ²	0,942725	0,000000
Couverture du sol par la litière (%) ²	0,924142	0,000000
Couverture du sol par les herbacées (%) ²	0,872897	0,000000
Pression humaine (%) ²	0,831974	0,000000

1 = variables dans le modèle ; 2 = variables absentes du modèle

Le Tableau VIII présente les résultats de la classification obtenue par l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et le test "leave-one-out" de validation croisée. Il révèle que les groupes I, II et III sont correctement prédits ($p < 0,05$). Ces trois groupes ont des taux de prédiction respectifs de 65,97 %, 89,23 % et 55 %. Dans l'ensemble, 72,02 % des échantillons sont correctement classés dans les groupes définis par la SOM.

Tableau VIII : Résultats de la classification obtenue par l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et le test "leave-one-out" de validation croisée.

Groupes	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons des groupes prédits			Pourcentage de prédiction
		I (p = 0,21)	II (p = 0,43)	III (p = 0,36)	
Groupe I	144	95	12	37	65,97
Groupe II	288	27	257	4	89,23
Groupe III	240	22	86	132	55
Total	672	144	355	173	72,02

P = poids des nuages de points

3.2.2. Analyse quantitative des peuplements d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines

3.2.2.1. Analyse globale des familles d'amphibiens

La Figure 40 présente les différentes proportions des familles d'amphibiens échantillonnées dans la zone d'étude. La famille la plus abondante est celle des Ptychadenidae avec une proportion de 47,64 %. Les familles les moins représentées sont celles des Hemisotidae (0,68 %), des Ranidae (0,64 %) et des Microhylidae (0,23 %).

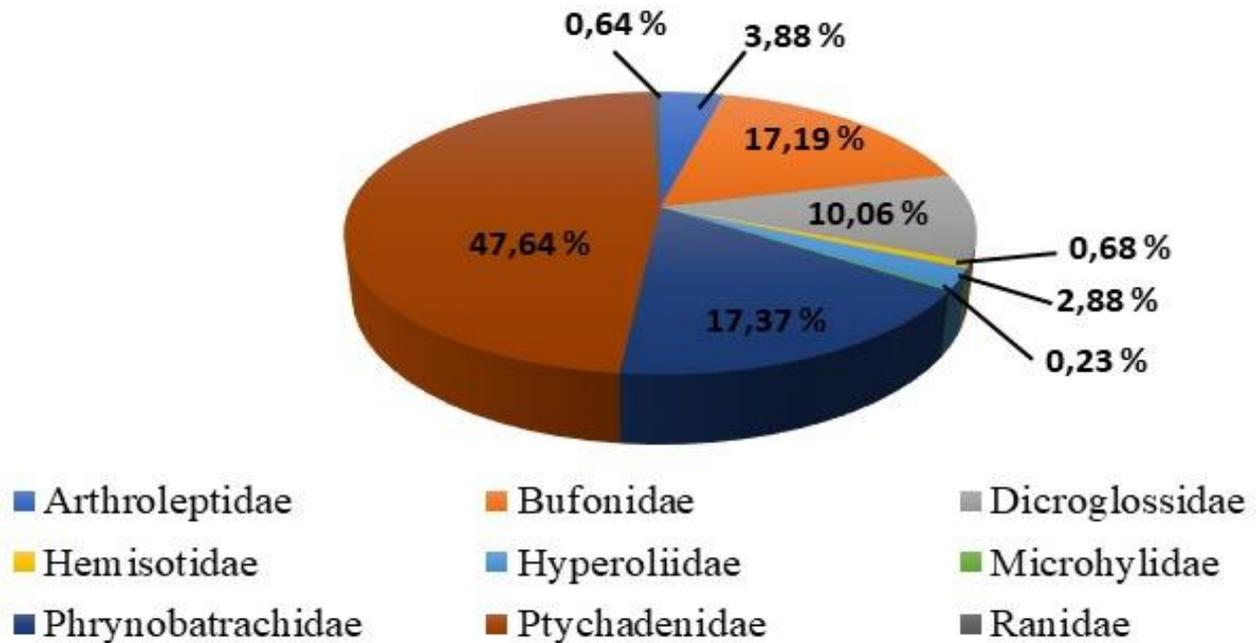


Figure 40 : Proportions des abondances des familles d'amphibiens récoltés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

3.2.2.2. Variations des abondances relatives des familles d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines

Les variations des abondances relatives des familles d'amphibiens issus des bas-fonds et des forêts périurbaines sont présentées dans le Tableau IX. Pour l'ensemble des transects, 9 familles d'amphibiens ont été identifiées. Ce sont :

les Arthroleptidae, les Bufonidae, les Dicoglossidae, les Hemisotidae, les Hyperoliidae, les Ranidae les Phrynobatrachidae, les Ptychadenidae et les Microhylidae.

Dans les bas-fonds urbains, la famille des Ptychadenidae est la plus abondante. Elle abonde dans les transects T10 (52,21 %) ; T5 (54,32 %) et T6 (61,36 %). Elle est suivie par la famille les Phrynobatrachidae qui domine le peuplement d'amphibiens dans le transect T1 avec une abondance relative de 46,2 %. Dans les bas-fonds périurbains, les Ptychadenidae sont abondants dans les

transects T8 (55,7 %) et T9 (49,68 %). Elles sont suivies par les Phrynobatrachidae qui sont bien représentées dans le transect T3 (47,09 %). Enfin, les Ptychadenidae dominent dans les transects T12 (68,53 %) et T11 (62,38 %) des forêts périurbaines.

Tableau IX : Abondances relatives des familles d'amphibiens anoures recensés dans les bas-fonds et les forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Familles	Habitats et transects													
	Bas-fonds urbains							Bas-fonds périurbains		Forêts périurbaines				
	T1	T2	T4	T5	T6	T7	T10	T3	T8	T9	T11	T12	T13	T14
Arthroleptidae	1,2	2,94	0,8	0	0	0,71	0	2,32	2,83	0,31	12	5,62	12,7	36,2
Bufo	15	37,1	18	9,87	7,01	18,4	28	6,97	12,3	19,4	7,3	16,9	17,8	11,6
Dicroglossidae	5,9	12,4	7	12,3	13,2	23,4	6,9	14,53	15,6	11,6	6,4	1,12	0,85	4,35
Hemisotidae	0	0,58	0,8	0	0	0	0	0,58	1,88	1,56	0	1,12	0,85	4,35
Hyperoliidae	1,2	4,1	4,5	4,92	2,62	2,84	0	0,58	0,47	1,56	0,9	1,12	6,77	8,69
Phrynobatrachidae	46	11,8	22	18,5	15,8	9,22	13	47,09	8,96	15	11	3,37	11	2,89
Ptychadenidae	30	30,6	47	54,3	61,4	45,4	52	27,9	55,7	49,7	62	68,5	48,3	31,9
Microhylidae	0,6	0,58	0	0	0	0	0	0	0	0,94	0	0	0	0
Ranidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2,36	0	0	2,25	1,69	4,35

3.2.2.3. Variations des abondances relatives des espèces d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines

Le Tableau X présente les variations des abondances relatives des espèces d'amphibiens dans les bas-fonds et les forêts périurbaines. Deux espèces dominent le peuplement d'amphibiens au niveau de la zone d'étude : il s'agit de *Ptychadena mascareniensis* et de *Phrynobatrachus latifrons*.

Au niveau des sites de bas-fonds urbains, les abondances relatives les plus élevées sont celles de *Ptychadena mascareniensis* aux transects T5 (54,3 %), T6 (57 %) et T10 (52 %). Quant à *Phrynobatrachus latifrons*, elle abonde dans le transect T1 avec une abondance relative de 44,44 %. Les bas-fonds périurbains sont aussi dominés par *Ptychadena mascareniensis* qui présente une abondance relative de 47,8 % dans le transect T9 et *Phrynobatrachus latifrons* ayant une abondance relative de 47,1 % au transect T3. Les forêts périurbaines sont dominées par *Ptychadena mascareniensis* avec des abondances relatives de 53,2 % et 65,2 % respectivement dans les transects T11 et T12.

Tableau X : Abondances relatives des espèces d'amphibiens anoures recensés dans les bas-fonds et les forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Espèces	Habitats et Transects													
	Bas - fonds urbains						Bas -fonds périurbains				Forêts périurbaines			
	T1	T2	T4	T5	T6	T7	T10	T3	T8	T9	T11	T12	T13	T14
<i>Afrivalus dorsalis</i>	1,17	0	1,55	1,23	1,75	1,4	0	0	0	1,25	0	0,56	1,69	5,79
<i>Amnirana galamensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2,36	0	0	2,25	1,69	4,35
<i>Arthroleptis poecilnotus</i>	0	0	0,77	0	0	0,7	0	1,74	0	0,31	8,25	2,81	5,93	23,2
<i>Hemisis marmoratus</i>	0	0,58	0,77	0	0	0	0	0,58	1,88	1,56	0	1,12	0,85	0
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	5,85	12,4	6,97	12,3	13,2	23	6,9	14,5	15,6	11,6	6,42	1,12	0,85	4,35
<i>Hyperolius concolor</i>	0	1,76	0,77	1,23	0	0,7	0	0,58	0	0	0	0,56	1,69	1,45
<i>Hyperolius fusciventris</i>	0	0	0	1,23	0,87	0,7	0	0	0	0,31	0	0	0,85	0
<i>Hyperolius guttulatus</i>	0	0,58	0	1,23	0	0	0	0	0,47	0	0,92	0	0,85	0
<i>Hyperolius nitidulus</i>	0	1,76	2,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,69	1,45
<i>Leptopelis viridis</i>	1,17	2,94	0	0	0	0	0	0,58	2,83	0	3,67	2,81	6,77	13
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	44,44	11,8	21,7	18,5	15,8	9,2	13	47,1	8,96	15	11	3,37	5,93	0
<i>Phrynobatrachus sp.</i>	0,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,38	0
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	1,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,69	2,89
<i>Phrynomantis microps</i>	0,58	0,58	0	0	0	0	0	0	0	0,94	0	0	0	0
<i>Ptychadena bibroni</i>	0	0	8,52	0	0	0	0	0,58	5,66	1,25	3,67	1,68	3,39	0
<i>Ptychadena longirostris</i>	0	1,17	3,1	0	0	0	0	0,58	3,3	0	4,58	1,68	9,32	2,89
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	29,82	28 ,23	34,9	54,3	57	44	52	26,7	43,9	47,8	53,2	65,2	33,05	27,5
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	0	1,17	0,77	0	4,38	1,4	0	0	2,83	0,62	0,92	0	2,54	1,45
<i>Sclerophrys maculata</i>	1,17	5,29	4,65	3,7	0,87	3,5	1,5	1,16	0	2,81	3,67	0,56	0	1,45
<i>Sclerophrys regularis</i>	14,03	31,8	13,2	6,17	6,14	15	27	5,81	12,3	16,6	3,67	16,3	17,79	10,1

3.2.2.4. Variations journalières des abondances relatives des familles d'amphibiens

Le tableau XI révèle les variations journalières des abondances relatives des familles d'amphibiens issus des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa. Ces variations indiquent que la famille des Ptychadenidae enregistre (les matins et les nuits) les plus fortes abondances relatives dans les différents sites d'étude (42,96 % et 59,37 % respectivement). Cette famille d'amphibiens présente les abondances les plus élevées au niveau des forêts périurbaines (matins = 59,37 % ; nuits = 55,59 %). Dans les bas-fonds urbains, les abondances nocturnes et matinales des Ptychadenidae sont sensiblement égales (≈ 44 %). Les Ptychadenidae dominent le peuplement d'amphibiens au niveau des bas-fonds périurbains avec des abondances relatives de 48,04 % (nuits) et 42,96 % (matins). Dans les forêts périurbaines, les Ptychadenidae sont suivis par les Arthroleptidae les nuits (16,29 %) et les Bufonidae les matins (16,25 %). Dans les bas-fonds périurbains, les Phrynobatrachidae secondent les Ptychadenidae les nuits (15,4 %) et les matins (30,37%). Enfin, dans les bas-fonds urbains, les abondances des Bufonidae (21,97 %) et des Phrynobatrachidae (21,54 %) suivent respectivement celle des Ptychadenidae les nuits et les matins.

Tableau XI : Abondances relatives des familles d'amphibiens anoures recensés les matins et les nuits dans les bas-fonds et les forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Familles	Habitats et moments journaliers					
	Bas-fonds urbains		Bas-fonds périurbains		Forêts périurbaines	
	matin	nuit	matin	nuit	matin	nuit
Arthroleptidae	0,256	1,29	0,74	2,07	7,5	16,29
Bufonidae	19,23	21,97	12,96	14,94	16,25	13,09
Dicroglossidae	14,36	9,05	12,96	13,79	2,5	2,875
Hemisotidae	0	0,323	0	2,3	0	0,958
Hyperoliidae	0,256	4,04	0	1,609	0	5,431
Phrynobatrachidae	21,54	18,58	30,37	15,4	14,37	2,875
Ptychadenidae	44,36	44,43	42,96	48,04	59,37	55,59
Microhylidae	0	0,323	0	0,689	0	0
Ranidae	0	0	0	1,149	0	2,875

3.2.2.5. Variations saisonnières des abondances relatives des familles d'amphibiens

Les variations saisonnières des abondances relatives des familles d'amphibiens ont été étudiées dans les sites de forêts périurbaines, de bas-fonds urbains et périurbains (Tableau XII). Dans ces trois sites d'échantillonnage, la famille des Ptychadenidae est relativement la plus abondante en saison

sèche comme en saison des pluies. L'abondance la plus élevée (71,69 %) est enregistrée pendant la saison sèche dans les forêts périurbaines. Cette famille d'amphibiens est aussi bien représentée en saison sèche dans les bas-fonds urbains (47,13 %) et les bas-fonds périurbains (46,61 %). Quant à la famille des Phrynobatrachidae, elle domine le peuplement d'amphibiens en saison des pluies dans les bas-fonds urbains (23,2 %) et les bas-fonds périurbains (24,51 %).

Tableau XII : Abondances relatives des familles d'amphibiens anoures collectés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa au cours des deux saisons climatiques de Juillet 2019 à Juin 2020. SP = saison des pluies ; SS = saison sèche.

Familles	Habitats et saisons					
	Bas-fonds urbains		Bas-fonds périurbains		Forêts périurbaines	
	SP	SS	SP	SS	SP	SS
Arthroleptidae	0,96	0,78	1,96	1,01	20,45	0
Bufoidea	21,76	19,53	17,15	10,13	12,98	16,26
Dicroglossidae	7,36	17,18	5,39	24,66	0	7,83
Hemisotidae	0,32	0	3,18	0,34	0,97	0
Hyperoliidae	3,38	1,3	1,45	0,34	5,51	0
Phrynobatrachidae	23,2	14,06	24,51	16,21	9,42	2,41
Ptychadenidae	42,72	47,13	45,82	46,61	48,69	71,69
Microhylidae	0,32	0	0,73	0	0	0
Ranidae	0	0	0,73	0,67	1,95	1,81

3.2.2.6. Variations journalières des abondances relatives des espèces d'amphibiens

Le tableau XIII révèle les variations journalières des abondances relatives des espèces d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa. Ces variations indiquent que l'espèce *Ptychadena mascareniensis* est la plus abondante (les matins et les nuits) dans les différents sites d'échantillonnage. Cette espèce est suivie dans les bas-fonds urbains par *Phrynobatrachus latifrons* (21,28 %) et *Sclerophrys regularis* (18,74 %) respectivement les matins et les nuits.

Au niveau des bas-fonds périurbains, *Phrynobatrachus latifrons* est bien représenté les matins (30,37 %) tandis que les nuits, *Hoplobatrachus occipitalis* (13,79 %) est la deuxième espèce abondante. Enfin, dans les forêts périurbaines, *Ptychadena mascareniensis* est secondée par *Arthroleptis poecilonotus* (25 %) et *Hoplobatrachus occipitalis* (25 %) les matins tandis que, *Sclerophrys regularis* (11,18 %) seconde *Ptychadena mascareniensis* les nuits.

Tableau XIII : Abondances relatives des espèces d'amphibiens anoures recensés les matins et les nuits dans les bas-fonds et les forêts des zones urbaines et périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020.

Espèces	Habitats et moments de la journée					
	Bas-fonds urbains		Bas-fonds périurbains		Forêts périurbaines	
	matin	nuît	matin	nuît	matin	nuît
<i>Afrixalus dorsalis</i>	0,256	1,292	0	0,919	0	2,24
<i>Amnirana galamensis</i>	0	0	0	1,149	0	2,87
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	0	0,323	0,37	0,689	25	10,54
<i>Hemisis marmoratus</i>	0	0,323	0	2,3	0	0,96
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	14,36	9,047	12,96	13,79	25	2,87
<i>Hyperolius concolor</i>	0	0,969	0	0,23	0	1,28
<i>Hyperolius fusciventris</i>	0	0,484	0	0,23	0	0,319
<i>Hyperolius guttulatus</i>	0	0,323	0	0,23	0	0,638
<i>Hyperolius nitidulus</i>	0	0,969	0	0	0	0,96
<i>Leptopelis viridis</i>	0,256	0,969	0,37	1,38	50	5,75
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	21,28	18,25	30,37	5,4	12,5	1,28
Phrynobatrachus sp.	0	0,161	0	0	1,25	0,638
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	0,256	0,161	0	0	0,625	0,96
<i>Phrynomantis microps</i>	0	0,323	0	0,69	0	0
<i>Ptychadena bibroni</i>	0,256	1,615	14,81	3	1,25	2,87
<i>Ptychadena longirostris</i>	1,25	0,323	14,81	0,92	7,5	2,87
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	42,05	41,52	39,25	42,76	48,12	49,52
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	1,025	0,969	0,74	1,38	25	0,319
<i>Sclerophrys maculata</i>	2,307	3,23	0,74	2,07	0	1,92
<i>Sclerophrys regularis</i>	16,92	18,74	12,22	12,87	16,25	11,18

3.2.2.7. Variations saisonnières des abondances relatives des espèces d'amphibiens

Les variations saisonnières des abondances relatives des espèces d'amphibiens des bas-fonds urbains, des bas-fonds périurbains et des forêts périurbaines de Daloa sont illustrées dans le tableau XIV. L'espèce *Ptychadena mascareniensis* détient les plus fortes abondances relatives en saisons sèche et pluvieuse dans les trois sites d'échantillonnage. Au cours des deux saisons, *Ptychadena mascareniensis* enregistre les abondances respectives de 66,87 % et 39,28 % dans les forêts périurbaines. Au niveau des bas-fonds périurbains, elle domine aussi le peuplement d'amphibiens en saisons sèche et pluvieuse avec les abondances respectives de 45,94 % et 38,23 %. Elle est

secondée par *Hoplobatrachus occipitalis* (24,66 %) en saison sèche et par *Phrynobatrachus latifrons* (24,51 %) en saison pluvieuse.

Dans les bas-fonds urbains, *Ptychadena mascareniensis* domine le peuplement d'amphibiens en saisons sèche et pluvieuse avec les abondances respectives de 47,13 % et 38,4 %. Elle est suivie par *Phrynobatrachus latifrons* (saison pluvieuse) et *Sclerophrys regularis* (saison sèche) avec les abondances respectives de 22,88 % et 14,32 %.

Tableau XIV : Abondances relatives des espèces d'amphibiens anoures collectés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de la ville de Daloa au cours des deux saisons climatiques de Juillet 2019 à Juin 2020. SP = saison des pluies ; SS = saison sèche.

Espèces	Habitats et saisons					
	Bas-fonds urbains		Bas-fonds périurbains		Forêts périurbaines	
	SP	SS	SP	SS	SP	SS
<i>Afrixalus dorsalis</i>	0,8	1,04	0,73	0,34	2,27	0
<i>Amnirana galamensis</i>	0	0	0,73	0,67	1,95	1,81
<i>Arthroleptis poecilnotus</i>	0,16	0,26	0,49	0,67	12,01	0
<i>Hemisis marmoratus</i>	0,32	0	3,18	0,34	0,97	0
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	7,36	17,18	5,39	24,66	0	7,83
<i>Hyperolius concolor</i>	0,82	0,26	0,24	0	1,3	0
<i>Hyperolius fusciventris</i>	0,48	0	0,24	0	0,32	0
<i>Hyperolius guttulatus</i>	0,32	0	0,24	0	0,65	0
<i>Hyperolius nitidulus</i>	0,96	0	0	0	0,97	0
<i>Leptopelis viridis</i>	0,8	0,52	1,47	0,34	8,44	0
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	22,88	13,8	24,51	16,21	6,82	2,41
<i>Phrynobatrachus sp.</i>	0	0,26	0	0	1,3	0
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	0,32	0	0	0	1,3	0
<i>Phrynomantis microps</i>	0,32	0	0,73	0	0	0
<i>Ptychadena bibroni</i>	1,76	0	3,67	0,67	1,95	3,01
<i>Ptychadena longirostris</i>	0,96	0	1,96	0	5,84	1,81
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	38,4	47,13	38,23	45,94	39,28	66,87
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	1,6	0	1,96	0	1,62	0
<i>Sclerophrys maculata</i>	1,44	5,21	0,98	2,36	0,32	3,01
<i>Sclerophrys regularis</i>	20,32	14,32	16,17	7,77	12,66	13,25

3.2.2.8. Variations de la diversité spécifique du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines

L'analyse des variations de l'indice de Shannon du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et forêts périurbaines de Daloa (Figure 41) indique que la valeur médiane de l'indice de Shannon est de 1,55 dans les trois types d'habitats. Dans ces milieux, l'indice de Shannon varie de 0,65 à environ 2,4. En outre, les valeurs de l'indice de Shannon ne diffèrent pas significativement d'un habitat à l'autre (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,3571$).

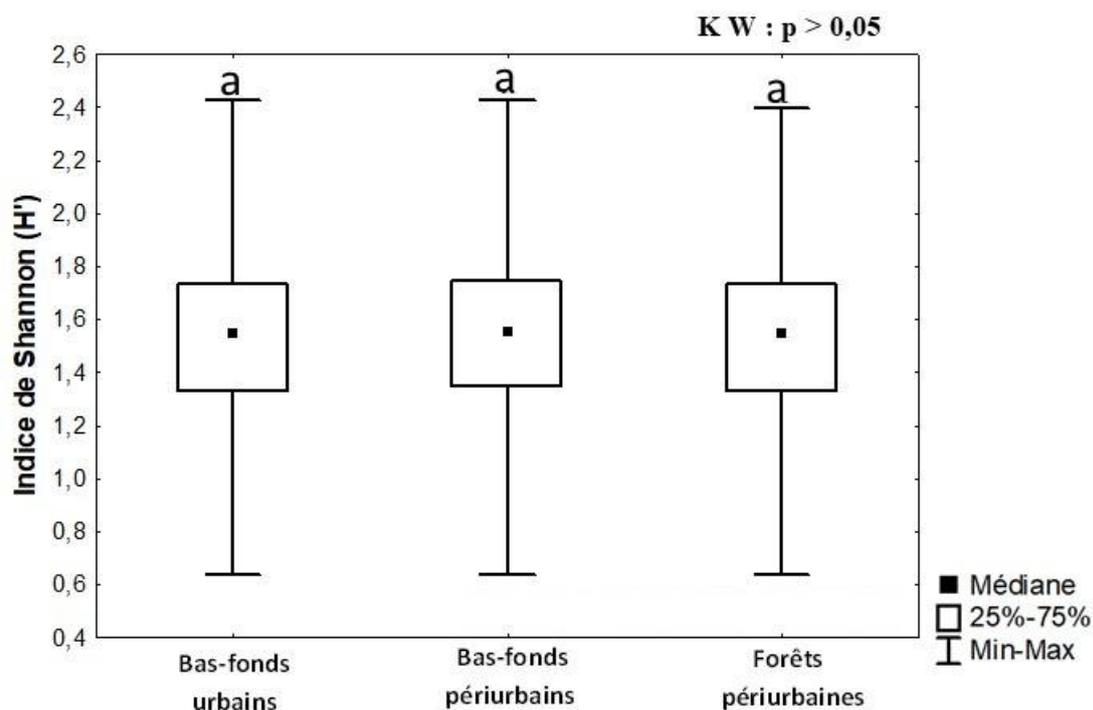


Figure 41 : Variations de l'indice de diversité de Shannon du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

La figure 42 illustre les variations de l'indice d'équitabilité du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de Daloa. Cette Figure révèle que les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité varient de 0,962 (dans les forêts périurbaines) à 0,967 (dans les bas-fonds). Les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité ne varient pas significativement entre les différents habitats (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,4477$). Dans les trois milieux, l'indice d'équitabilité varie de 0,92 à 1.

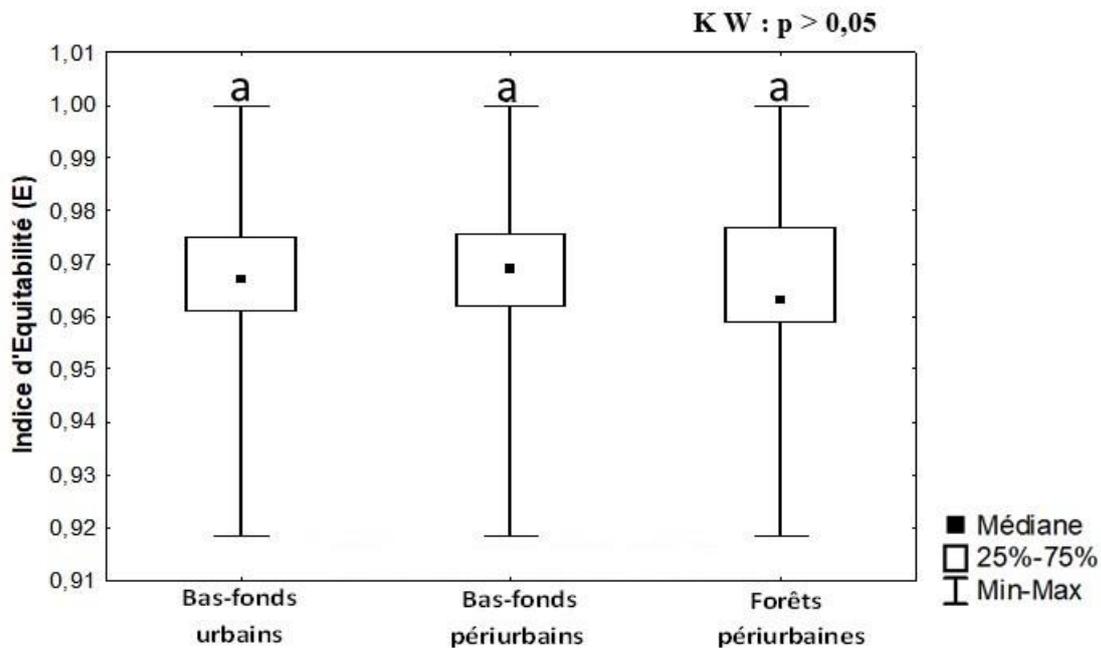


Figure 42 : Variations de l'indice d'Équitabilité du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05).

3.2.2.9. Variations saisonnières de la diversité spécifique du peuplement d'amphibiens

La Figure 43 présente les variations saisonnières de l'indice de Shannon dans les sites de bas-fonds urbains, de bas-fonds périurbains et de forêts périurbaines. Dans l'ensemble, les plus fortes valeurs de l'indice de Shannon sont notées en saisons pluvieuses ($\approx 2,42$). Les valeurs médianes de l'indice de Shannon diffèrent significativement d'une saison à l'autre dans les habitats de forêts (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,045$). En effet dans les forêts, pendant la saison sèche, la valeur médiane de l'indice de Shannon est de 0,62. En saison pluvieuse, la médiane atteint la valeur de 1,57.

Dans les habitats de bas-fonds, il n'y a pas de différence entre les valeurs médianes de l'indice de Shannon ($\approx 1,57$).

En outre, les variations saisonnières de l'indice d'équitabilité du peuplement d'amphibiens (Figure 44) indiquent que dans les trois types d'habitats, la valeur de cet indice évolue de 0,92 à 1 ; sauf que dans les bas-fonds périurbains, l'indice d'équitabilité présente une valeur minimale de 0,96. Quant aux valeurs médianes, elles ne diffèrent pas significativement d'une saison à l'autre (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,6024$) dans les habitats de bas-fonds et de forêts périurbaines.

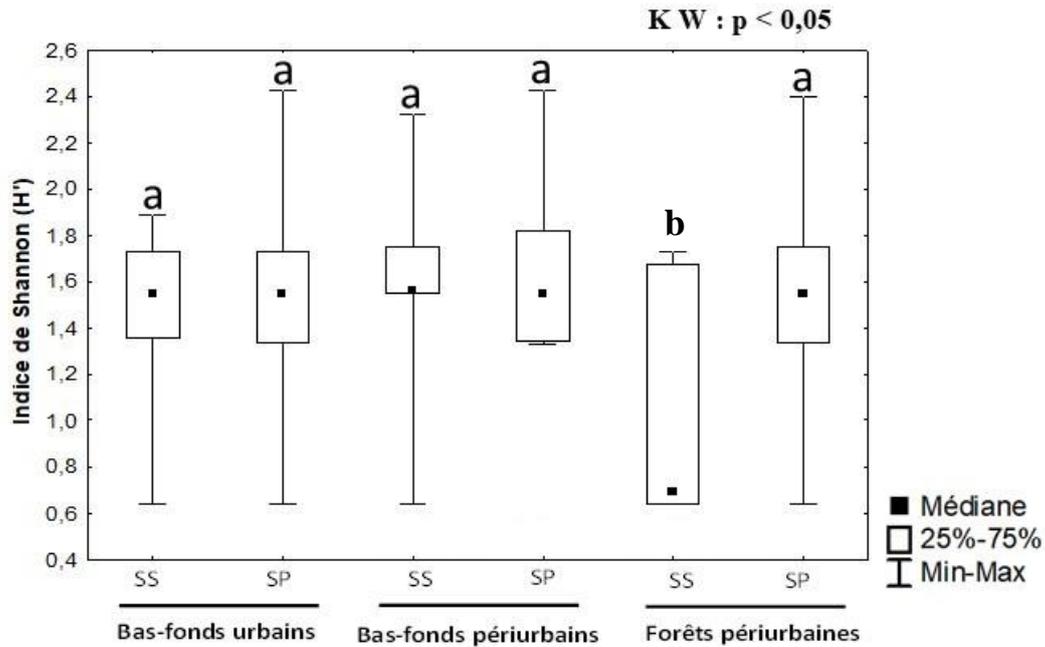


Figure 43 : Variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a ou b) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05) ; SS = saison sèche ; SP = saison pluvieuse.

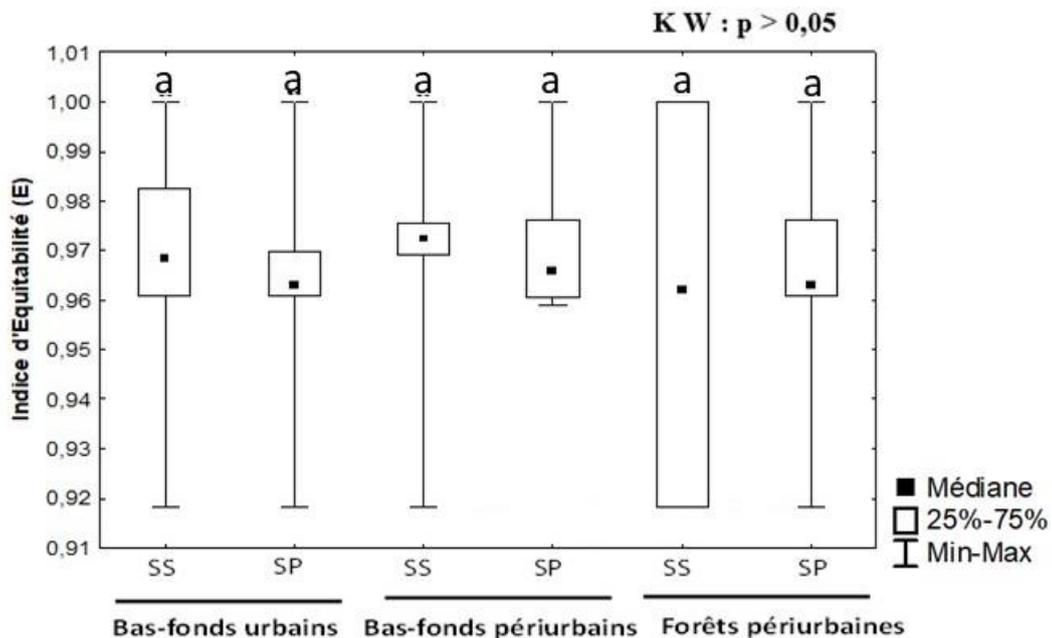


Figure 44 : Variations saisonnières de l'indice d'Équitabilité du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de Juillet 2019 à Juin 2020. Les valeurs médianes affectées de la même lettre (a) ne diffèrent pas significativement (Test de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW) au seuil de significativité de 0,05) ; SS = saison sèche ; SP = saison pluvieuse.

3.2.3. Discussion

L'évaluation de l'efficacité d'échantillonnage effectué dans les forêts et les bas-fonds de la zone d'étude a révélé des taux supérieurs à 50 %. Ce résultat traduit donc un effort d'échantillonnage suffisant (Travis *et al.*, 2002). Aussi, Cette efficacité de l'échantillonnage est-elle due au fait que la majorité des sites (bas-fonds) soit accessible, facilitant ainsi le déplacement et la fouille des habitats par les collecteurs.

La richesse spécifique obtenue au cours de cette étude est de 20 espèces d'amphibiens réparties en 9 familles. Cette richesse taxonomique est inférieure à celle enregistrée par Kouamé *et al.* (2015) lors de leurs travaux réalisés dans les milieux urbains et périurbains du district de Daloa, dans le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont inventorié 30 espèces d'amphibiens regroupées en 10 familles. Cette différence du nombre d'espèces pourrait être liée à l'effet de l'urbanisation de la ville de Daloa entre 2014 et 2018. L'urbanisation a probablement entraîné la perte d'habitats et de la diversité des amphibiens.

En outre, les richesses spécifiques les plus élevées sont rencontrées dans les transects de forêts (varie entre 11 et 18 espèces) au détriment des transects des sites de bas-fonds urbains (5 à 13 espèces) et périurbains (11 à 12 espèces). Cette inégale répartition des anoures s'expliquerait par le fait que dans les milieux anthropisés (bas-fonds), les activités humaines ont détruit considérablement les habitats, modifiant ainsi leur écologie. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Becker *et al.* (2007). Ces auteurs ayant travaillé sur le fractionnement des habitats dans la forêt atlantique brésilienne, ont constaté que la division de l'habitat affecte négativement la richesse des espèces à larves aquatiques. En effet, les amphibiens associés à la forêt et possédant des larves aquatiques étaient obligés d'effectuer des migrations de reproduction risquées entre les habitats aquatiques et terrestres appropriés. Dans la recherche de points de refuge, d'alimentation et de reproduction, les amphibiens pourraient se retrouver dans les forêts périurbaines où la litière et la canopée leur sont favorables. Notre constat est soutenu par Fauth *et al.* (1989) et Menin *et al.* (2007) qui affirment que la litière du sous-bois est favorable à une présence accrue de proies pour les amphibiens. Aussi, ces observations sont-elles en accord avec celles de Werner & Glennemeir (1999) qui soutiennent que la couverture de la canopée influence le choix du site de reproduction chez les amphibiens et conditionne ainsi leurs mouvements. En outre, notre constat est soutenu par Rödel & Branch (2002), Rödel & Ernst (2003) et Ernst & Rödel (2005) qui ont montré que la composition spécifique et les assemblages des espèces reflètent le degré de perturbation ou d'altération de l'habitat.

En outre, l'analyse des variations journalières de la richesse spécifique des amphibiens montre que dans les trois types d'habitats, la richesse spécifique enregistrée les nuits est plus importante que celle des matins. En effet, certains amphibiens pourraient éviter l'exposition au soleil. L'absence de

rayons solaires crée un climat plus favorable aux amphibiens. Cette observation est soutenue par Flamarique *et al.* (2000). Ces auteurs ont montré que les rayons solaires infligent des sévices corporels à certains amphibiens. Ces sévices ont pour conséquences l'opacité du cristallin, des cataractes avancées et des brûlures cutanées chez les têtards.

L'occupation naïve des anoues recensés révèle que 14 espèces des sites d'échantillonnage sont ubiquistes, elles tolèrent donc les variations des facteurs du milieu. Il s'agit de *Sclerophrys regularis*, *Afrixalus dorsalis*, *Ptychadena oxyrhynchus*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena bibroni*, *Ptychadena longirostris*, *Sclerophrys maculata*, *Hoplobatrachus occipitalis*, *Hyperolius guttulatus*, *Hyperolius concolor*, *Hyperolius fusciventris*, *Phrynobatrachus latifrons*, *Arthroleptis poecilonotus* et *Leptopelis viridis*. Ce résultat est le fait de la grande plasticité écologique de ces espèces dans les sites d'études comme cela a déjà été rapporté par Schleich *et al.* (1996) ; Brou *et al.* (2005) et Mullin & Seigel (2009). Par ailleurs, cette plasticité s'expliquerait par le fait que ces espèces sont caractéristiques des habitats anthropisés (Rödel, 2000, Assemian *et al.* 2015).

Les constances d'occurrences montrent que les espèces *Ptychadena mascareniensis* et *Sclerophrys regularis* sont les espèces constantes dans les 3 sites d'échantillonnage. Ce résultat se justifierait par le fait que *Ptychadena mascareniensis* et *Sclerophrys regularis*, contrairement aux 18 autres espèces ont la capacité de s'adapter aux variations des facteurs écologiques de l'ensemble de la zone d'étude qui est marquée par une forte anthropisation. Ces deux espèces sont peu exigeantes. Cet avis est aussi partagé par Soro (2020). Cet auteur, ayant mené une étude comparée sur les anoues du Parc national d'Azagny et de la forêt des marais de la Tanoé-Ehy, affirme que des espèces *Hyperolius fusciventris*, *Hyperolius picturatus* et *Arthroleptis* sp. ont une croissance démographique similaire dans les différents espaces occupés du fait de leur tolérance aux facteurs écologiques. Aussi, les fréquences d'occurrences révèlent-elles que les espèces les plus représentées sont les espèces accidentelles (leurs proportions varient de 40 % à 84,62 %) : cette observation s'explique par le fait que les habitats étant constamment perturbés, des populations d'amphibiens seraient toujours en mouvement cherchant des milieux plus favorables à leur existence.

Par ailleurs, la composition spécifique globale des amphibiens de la zone d'étude indique l'existence de 9 familles dont la plus diversifiée est celle des Hyperoliidae avec 5 espèces. En effet, ces 5 espèces (*Hyperolius concolor*, *Hyperolius fusciventris*, *Hyperolius guttulatus*, *Hyperolius nitidulus* et *Afrixalus dorsalis*) sont toutes accidentelles dans les habitats ouverts (bas-fonds) et les habitats clairsemés (forêts). Ces espèces arboricoles (Tohé *et al.*, 2008) sont accidentelles parce que les forêts, étant dégradées ne leur offrent pas des habitats adéquats. Ces résultats sont en accord avec la position de Werner & Glennemeir (1999). Ces auteurs rapportent que la couverture de la canopée influence le choix du site de reproduction chez les amphibiens et conditionne ainsi leurs

mouvements. Cependant, le caractère accidentel des Hyperoliidae dans la zone d'étude serait dû à des menaces telles que les pesticides et d'intenses activités agricoles (cultures maraichères et riziculture) qui détruisent activement les habitats et provoqueraient de sérieuses nuisances à la survie à long terme de ces animaux.

Ainsi, les forêts périurbaines hébergent plus d'espèces accidentelles (78,36 %) que les bas-fonds périurbains (61,36 %) et les bas-fonds urbains (58,89 %). Cette inégale répartition au niveau du peuplement d'amphibiens est le résultat de leurs mouvements : ceux-ci, fuyant les menaces causées par l'urbanisation et les pratiques agricoles se réfugient dans les fragments de forêts en zone périurbaine.

En outre, dans les bas-fonds et les forêts périurbaines, la richesse spécifique du peuplement d'amphibiens ne varie pas significativement (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,2332$). En effet, la zone d'étude étant fortement anthropisée, les amphibiens subiraient pratiquement les mêmes pressions dans les trois sites, les espèces collectées auraient donc les mêmes exigences ; d'où l'absence de variation de la richesse spécifique d'un site à l'autre. Par ailleurs, dans les bas-fonds urbains et les forêts périurbaines, la richesse spécifique est plus élevée en saison pluvieuse qu'en saison sèche (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0035$). Ce résultat confirme l'importance de l'humidité pour le développement et la reproduction des amphibiens. Ces observations sont en accord avec celles de Barbault (1972), Scott (1976) et Gardner *et al.* (2007) qui rapportent que l'abondance d'eau pendant la saison pluvieuse conditionne la distribution des amphibiens. Notre analyse est aussi soutenue par Beshkov & Jameson (1980), Sinsch (1991) et Vallan (2000) qui affirment que la présence permanente de points d'eau dans un milieu est indispensable à la reproduction des amphibiens et conditionne leur distribution spatiale. La distribution des échantillons à partir de la carte auto-organisatrice a permis de classer les 20 espèces d'amphibiens en trois groupes plus ou moins distincts. Cette classification évoque une dynamique spatio-temporelle en rapport avec les caractéristiques des habitats. La classification est faite en fonction de la dominance d'une espèce dans chaque groupe. Ainsi, le groupe I renferme 11 espèces, le groupe II est constitué de sept espèces et le groupe III a deux espèces. Le groupe I (constitué majoritairement de transects issus des bas-fonds périurbains) renferme plus d'espèces que les groupes II (constitué majoritairement de transects de bas-fonds urbains) et III (formé exclusivement de transects de forêts périurbaines). Cette situation s'explique par le fait que les bas-fonds périurbains, disposant des points d'eau, offriraient plus de conditions favorables aux anoues sortant des forêts périurbaines surtout en saison sèche. Aussi, cette explication justifie-t-elle l'abondance de 18 espèces dans les bas-fonds urbains et périurbains.

Pour ce qui est de l'influence des facteurs physiques sur la distribution des espèces d'amphibiens,

les paramètres tels que les végétaux ligneux, la canopée, l'épaisseur de la litière et la couverture du sol par la litière ont des valeurs plus élevées dans le groupe III que dans les groupes I et II. Ces paramètres influencent donc les deux espèces observées dans le groupe III : il s'agit d'*Arthroleptis poecilonotus* et de *Leptopelis viridis*. En effet, ces espèces ne sont attirées que par les milieux boisés à canopée et litière plus ou moins denses parce que le sous-bois et la litière créent un climat favorable et une présence de nourriture pour les amphibiens. Ces données sont en accord avec celles de Fauth *et al.* (1999) et Menin *et al.* (2007) qui ont rapporté que la litière du sous-bois est favorable à une présence accrue de proies.

Quant à la couverture du sol par les herbacées et la pression humaine ; elles ont des valeurs plus élevées dans les bas-fonds urbains (groupe II) que dans les bas-fonds et forêts des milieux périurbains (respectivement groupes I et III). Sept espèces semblent être influencées par ces deux paramètres. Ce sont : *Afrixalus dorsalis*, *Hoplobatrachus occipitalis*, *Hyperolius fusciventris*, *Hyperolius concolor*, *Hyperolius nitidulus*, *Phrynonantis microps* et *Sclerophrys maculata*.

Ces espèces ont une attraction pour les herbacées qui sont abondantes dans les bas-fonds. En effet, ces bas-fonds sont beaucoup utilisés pour la riziculture.

En outre, la pratique de la riziculture et des cultures maraîchères intensifie la pression humaine dans les bas-fonds ; soit par les pesticides ou par les désherbages réguliers pour les semis de riz. Ces pratiques sont des facteurs déstabilisant les colonies animales en général et les amphibiens en particulier. Des auteurs tels que Petranka *et al.* (1993), Hecnar & M'Closkey (1996) partagent les mêmes observations. Ils affirment que la seule perte d'habitats a un effet dévastateur, du moins localement et régionalement sur l'abondance et la diversité d'amphibiens.

Les espèces appartenant au groupe I sont influencées par la pression humaine et les herbacées mais à un degré moindre. Ce sont : *Hemius marmoratus*, *Amnirana galamensis*, *Hyperolius guttulatus*, *Phrynobatrachus latifrons*, *Phrynobatrachus* sp, *Phrynobatrachus tokba*, *Ptychadena bibroni*, *Ptychadena longirostris*, *Ptychadena mascareniensis*, *Ptychadena oxyrhynchus* et *Sclerophrys regularis*. Les conditions auxquelles ces espèces se maintiennent dans ces bas-fonds montrent qu'elles sont peu exigeantes.

L'analyse quantitative du peuplement d'amphibiens désigne la famille des Ptychadenidae comme étant la plus abondante de notre zone d'étude. Cette abondance s'observe au plan spatial, saisonnier et journalier. Elle occupe une proportion de 47,64 % du peuplement. Cette abondance est le fait de la forte présence de l'espèce *Ptychadena mascareniensis* dans la zone d'étude. Elle détient à elle seule une abondance relative de 26,7 % à 57 % dans les sites de bas-fonds et de 27,5 % à 65,2 % en forêts périurbaines. Nos résultats se justifient par le fait qu'une alimentation adéquate (insectes) pour cette espèce existerait dans le milieu d'étude. Cette analyse est en conformité avec les résultats

des travaux de Tohé *et al.* (2015a, b) sur *Phrynobatrachus latifrons* et *Ptychadena mascareniensis* dans les zones dégradées du Parc National de Banco. En effet, ces auteurs ont montré que dans les zones anthropisées de cette aire protégée, ces deux espèces de grenouilles se nourrissent essentiellement d'insectes.

Par ailleurs, la diversité du peuplement d'amphibiens dans les trois types d'habitats (bas-fonds urbains, bas-fonds périurbains et forêts périurbaines) est faible (médiane $\approx 1,5$). Ce résultat s'explique par l'existence de menaces de tout genre (forte urbanisation, pratiques agricoles dévastatrices des habitats) qui détruiraient les habitats des amphibiens. Cet avis est soutenu par Saunders *et al.* (1991) et Hillers *et al.* (2008b) qui rapportent que la fragmentation des forêts entraîne la réduction ou la perte de certains micro-habitats, indispensables à la survie et au maintien de certains animaux qui n'ont pas un large spectre de distribution.

En outre, l'analyse des variations saisonnières du peuplement d'amphibiens montre que l'indice de Shannon (H') varie significativement dans la zone d'étude au cours des deux saisons sèche et pluvieuse (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,045$). Cependant, l'indice de Shannon (H') ne connaît pas de variation saisonnière au niveau des bas-fonds (valeur médiane $\approx 1,5$). Dans les sites de forêts, la différence est remarquable : en saison sèche, l'indice de Shannon a une valeur médiane de 0,62 tandis qu'elle atteint 1,5 en saison pluvieuse. Ces observations sont le résultat de la présence ou l'absence d'eau dans les habitats. Au niveau des bas-fonds, la diversité de peuplement d'amphibiens reste stable malgré les variations de saisons parce que les habitats sont constamment humides du fait de la présence de points d'eau. En effet, les bas-fonds de notre zone d'étude sont tous traversés par des ruisseaux. Quant au niveau des forêts périurbaines, l'absence d'eau réduit la diversité d'amphibiens tandis qu'en saison pluvieuse, cette diversité s'accroît. Toutes ces analyses sont en concordance avec les résultats des travaux de Barbault (1972), Beshkov & Jameson (1980), Sinsch (1991) et Vallan (2000) qui soutiennent que la présence permanente de points d'eau dans un milieu est indispensable à la reproduction des amphibiens et conditionne leur distribution spatiale.

Aussi, la diversité du peuplement révèle-t-elle l'équitabilité de la répartition des amphibiens. Dans les trois types d'habitats, la valeur médiane de l'indice d'équitabilité (E) est de 0,965. Les variations de l'indice d'équitabilité sont aussi quasi identiques (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,4477$) dans ces mêmes milieux ; elles oscillent entre 0,92 et 1. Par ailleurs, l'indice d'équitabilité (E) ne varie pas de façon significative malgré les contraintes saisonnières (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,6024$). En outre, au niveau des sites de bas-fonds et des forêts, la valeur médiane de l'indice d'équitabilité oscille entre 0,96 et 0,97 durant les deux saisons. Ces résultats montrent que les amphibiens connaissent une répartition uniforme (l'indice d'équitabilité (E) tend vers 1) malgré les variations saisonnières ; ce sont donc des espèces ayant moins d'exigences écologiques. Cette observation est

partagée par Soro (2020). Cet auteur ayant travaillé dans les habitats ouverts et les forêts dégradées du Parc National d'Azagny a indiqué que l'équitabilité élevée pourrait s'expliquer par la capacité des amphibiens à s'adapter aux variations des conditions environnementales. Aussi, nos résultats sont-ils approuvés par Rabah (2010) qui rapporte que les espèces exigeantes sont vulnérables aux changements des facteurs écologiques dus aux modifications de leurs habitats.

3.2.4. Conclusion partielle

L'étude du peuplement d'amphibiens des bas-fonds et des forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa révèle la présence de vingt espèces réparties en neuf familles. Les milieux abritant la plus forte richesse spécifique sont les forêts périurbaines, particulièrement la forêt de Sapia (Transect T13) avec dix huit espèces d'amphibiens. Cependant, la plus faible richesse spécifique a été rencontrée au niveau des bas-fonds urbains précisément au transect T10 (Bas-fond du corridor route d'Issia) avec cinq espèces. *Sclerophrys regularis* et *Ptychadena mascareniensis* sont les deux espèces constantes rencontrées sur toute la zone d'étude. Cependant, *Ptychadena mascareniensis* est la plus abondante. Dans l'ensemble, le peuplement d'amphibiens de la zone d'étude est fait majoritairement d'espèces accidentelles (64,7 % à 68,42 %). En outre, la richesse spécifique du peuplement d'amphibiens ne varie pas significativement d'un site à l'autre. Sur l'ensemble de la zone d'étude, la variation de la richesse spécifique est influencée par les variations saisonnières.

Par ailleurs, la majeure partie des espèces d'amphibiens échantillonnés est ubiquiste. Aussi, La diversité de peuplement d'amphibiens dans la zone d'étude est faible. Enfin, la répartition des espèces est uniforme. Elle ne subit pas de variations sous des contraintes saisonnières.

3.3. DIVERSITÉ DES HELMINTHES DE *PTYCHADENA MASCARENIENSIS* ET LES FACTEURS INFLUENÇANT LEUR PRÉVALENCE DANS LA ZONE D'ÉTUDE.

3.3.1. Diversité des helminthes parasites de l'espèce *Ptychadena mascareniensis*

Pour l'investigation parasitologique des sites des bas-fonds urbains, des bas-fonds périurbains et des forêts périurbaines de Daloa, l'espèce *Ptychadena mascareniensis* a été utilisée comme outil biologique, vu qu'elle a été constante et la plus abondante dans le milieu. Ainsi, 189 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* adultes ont été disséqués. Cinq espèces d'helminthes ont été extraites de ces spécimens. Ce sont : *Rhabdias bufonis* (Schrank, 1788), *Haplometroides eburnense* (Maeder, 1969), *Proteocephalus* sp. (Weinland, 1858), *Capillaria* sp. (Railliet, 1915) et *Cosmocerca ornata* (Dujardin, 1845) (Tableau XV).

Ces espèces d'helminthes sont réparties en trois classes de parasites :

- les Nématodes : *Rhabdias bufonis*, *Capillaria* sp. et *Cosmocerca ornata*
- les Trématodes : *Haplometroides eburnense*
- les Cestodes : *Proteocephalus* sp.

Cinq espèces d'helminthes ont été prélevées dans les bas-fonds urbains alors qu'au niveau des bas-fonds périurbains et des forêts périurbaines respectivement quatre et deux espèces d'helminthes ont été extraites des spécimens de *Ptychadena mascareniensis*.

Tableau XV : Répartition des taxons d'helminthes de *Ptychadena mascareniensis* issu des bas-fonds urbains, des bas-fonds périurbains et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.

Familles	Genres	Espèces	Bas-fonds urbains	Bas-fonds périurbains	Forêts périurbaines
Rhabdiasidae	<i>Rhabdias</i>	<i>Rhabdias bufonis</i>	x	x	x
Cosmocercidae	<i>Cosmocerca</i>	<i>Cosmocerca ornata</i>	x	x	
Capillariidae	<i>Capillaria</i>	<i>Capillaria</i> sp.	x		
Haplometridae	<i>Haplometroides</i>	<i>Haplometroides eburnense</i>	x	x	x
Proteocephalidae	<i>Proteocephalus</i>	<i>Proteocephalus</i> sp.	x	x	
Total	5	5	5	4	2

3.3.2. Diversité des organes hébergeant les helminthes parasites

Le tableau XVI présente la diversité spécifique des helminthes parasites et leur localisation dans les spécimens de *Ptychadena mascareniensis* issus des bas-fonds et des forêts de la zone d'étude.

Les cinq helminthes récoltés sont localisés dans cinq organes différents ; ce sont : le gros intestin, l'intestin grêle, les poumons, l'estomac et le foie.

L'espèce *Rhabdias bufonis* est localisée dans les cinq organes ; *Cosmocerca ornata* est situé dans deux organes ; *Capillaria* sp. dans un organe, *Haplometroides eburnense* est présent dans trois organes et enfin *Proteocephalus* sp. est découvert dans deux organes.

En dehors de *Capillaria* sp., toutes les espèces de parasites rencontrés ont plusieurs milieux de localisation.

Tableau XVI : Diversité spécifique des helminthes et leur localisation dans les spécimens de *Ptychadena mascareniensis* issus des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.

Helminthes	Localisation
Nématodes	
<i>Rhabdias bufonis</i>	gros intestin / intestin grêle / poumons / estomac / foie
<i>Cosmocerca ornata</i>	intestin grêle / gros intestin
<i>Capillaria</i> sp.	gros intestin
Trématodes	
<i>Haplometroides eburnense</i>	intestin grêle / gros intestin / estomac
Cestodes	
<i>Proteocephalus</i> sp.	gros intestin / intestin grêle

3.3.3. Prévalence des différentes classes d'helminthes infestant l'espèce *Ptychadena mascareniensis* dans la zone d'étude

Le tableau XVII indique les prévalences des différentes classes d'helminthes infestant l'espèce *Ptychadena mascareniensis* dans le milieu d'étude. Pour un total de 189 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* disséqués ; 56 sont parasités par des helminthes. Parmi ces spécimens parasités, 48 ont hébergé des nématodes (Prévalence = 25,39 %) ; 6 ont été parasités par des trématodes (Prévalence = 3,17) et 2 ont été les hôtes des cestodes (Prévalence = 1,06 %).

Tableau XVII : Prévalence des classes d'helminthes parasites de *Ptychadena mascareniensis* des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.

Nombre de spécimens de <i>Ptychadena mascareniensis</i> disséqués	189
Nombre de spécimens parasités par les Nématodes	48
Nombre de spécimens parasités par les Trématodes	6
Nombre de spécimens parasités par les Cestodes	2
Prévalence des nématodes	25,39
Prévalence des trématodes	3,17
Prévalence des cestodes	1,06

3.3.4. Dynamique de l'infestation parasitaire des spécimens de *Ptychadena mascareniensis*

3.3.4.1. Variations de l'infestation parasitaire dans les bas-fonds et les forêts périurbaines

Le Tableau XVIII indique que pour la recherche des endoparasites, il a été prélevé 63 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* sur chaque site de bas-fonds urbains, périurbains et des forêts périurbaines. Au total 189 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* ont été disséqués. Cette configuration a permis d'obtenir une prévalence parasitaire de 36,5 % au niveau des bas-fonds urbains, 34,92 % dans les bas-fonds périurbains et 17,46 % au niveau des forêts périurbaines. La prévalence parasitaire ne varie pas significativement d'un type d'habitat à l'autre (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,2838$). Cependant, les bas-fonds présentent une prévalence plus élevée que celles des forêts périurbaines. Les deux types de bas-fonds ont des prévalences sensiblement égales. En somme les spécimens des bas-fonds sont plus infestés par les helminthes que ceux des sites de forêts périurbaines. L'espèce *Rhabdias bufonis* est l'helminthe qui parasite majoritairement les spécimens de *Ptychadena mascareniensis* dans les sites échantillonnés. C'est une espèce intermédiaire ($10 \leq$ prévalence ≤ 50 %). Les autres espèces d'endoparasites sont des espèces rares (prévalence < 10 %) dans les sites d'étude.

En ce qui concerne l'intensité parasitaire moyenne (IM), elle ne varie pas significativement d'un type d'habitat à l'autre (Test de Kruskal-Wallis ; $p = 0,6429$). *Rhabdias bufonis* présente les valeurs les plus élevées au niveau des trois sites. Sa plus forte valeur d'IM est rencontrée en zone de forêts périurbaines (0,91). Les espèces d'helminthes prélevés sont des espèces à intensité parasitaire moyenne très faible ($IM \leq 10$).

Tableau XVIII : Prévalence et intensité parasitaire moyenne des helminthes parasites de *Ptychadena mascareniensis* des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa de juillet 2019 à juin 2020.

	Bas-fonds urbains	Bas-fonds périurbains	Forêts périurbaines	Total
Nombre de spécimens de <i>Ptychadena mascareniensis</i> disséqués	63	63	63	189
Nombre total de spécimens parasités	23	22	11	56
Nombre de spécimens parasités par <i>Rhabdias bufonis</i>	17	17	10	44
Nombre de spécimens parasités par <i>Cosmocerca ornata</i>	1	2	0	3
Nombre de spécimens parasités par <i>Capillaria</i> sp.	1	0	0	1
Nombre de spécimens parasités par <i>Haplometroides</i>	3	2	1	6
Nombre de spécimens parasités par <i>Proteocephalus</i> sp.	1	1	0	2
Prévalence globale des parasites (%)	36,5	34,92	17,46	29,63
Prévalence de <i>Rhabdias bufonis</i> (%)	26,98	26,98	15,87	23,28
Prévalence de <i>Cosmocerca ornata</i> (%)	1,58	3,17	0	0,016
Prévalence de <i>Capillaria</i> sp. (%)	1,58	0	0	0,005
Prévalence de <i>Haplometroides eburnense</i> (%)	4,76	3,17	1,58	0,031
Prévalence de <i>Proteocephalus</i> sp. (%)	1,58	1,58	0	0,01
Intensité parasitaire moyenne (IM) de <i>Rhabdias bufonis</i>	0,74	0,77	0,91	0,78
Intensité parasitaire moyenne (IM) de <i>Cosmocerca ornata</i>	0,043	0,09	0	0,015
Intensité parasitaire moyenne (IM) de <i>Capillaria</i> sp.	0,043	0	0	0,0053
Intensité parasitaire moyenne (IM) de <i>Haplometroides eburnense</i>	0,13	0,09	0,09	0,032
Intensité parasitaire moyenne (IM) de <i>Proteocephalus</i> sp.	0,043	0,045	0	0,01

3.3.4.2. Variations saisonnières de l'infestation parasitaire

Le Tableau XIX relate l'évolution de l'infestation parasitaire de la zone d'étude durant les différentes saisons. Au total, 126 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* ont été disséqués durant la saison pluvieuse, contre 63 en saison sèche.

En saison pluvieuse, 38 spécimens sont parasités, contre 25 en saison sèche. Ainsi, en saison pluvieuse et en saison sèche, les sites d'étude sont soumis à des prévalences respectives de 30,15 % et 39,68 %.

La prévalence parasitaire ne varie pas significativement au cours des deux saisons climatiques (Test de Mann-Whitney ; $p = 0,3398$). Par ailleurs, en saison sèche comme en saison pluvieuse, *Rhabdias bufonis* est l'espèce qui parasite le plus *Ptychadena mascareniensis* (prévalences : 24,60 % en saison pluvieuse et 26,98 % en saison sèche). Dans le cas des variations saisonnières, *Rhabdias bufonis* est une espèce de parasite intermédiaire alors que les autres espèces sont des espèces rares.

Quant à l'intensité parasitaire moyenne (IM), les valeurs les plus élevées sont enregistrées chez *Rhabdias bufonis*. En saison pluvieuse, elle est de 0,815 tandis qu'en saison sèche, elle vaut 0,667. Il n'existe pas de différence significative (Test de Mann-Whitney ; $P = 0,7511$) entre les valeurs d'intensité parasitaire moyenne (IM) des deux saisons. Dans le contexte des variations saisonnières, toutes les espèces de parasites sont à intensité parasitaire moyenne très faible ($IM \leq 10$).

Tableau XIX : Prévalence et intensité parasitaire moyenne (IM) des helminthes parasites de *Ptychadena mascareniensis* des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa en fonction des saisons climatiques de juillet 2019 à juin 2020.

	Espèces de parasites	Saison pluvieuse	Saison sèche
Spécimens de <i>Ptychadena mascareniensis</i> disséqués		126	63
Nombre total de spécimens parasités		38	25
Spécimens hôtes de l'espèce	<i>Rhabdias bufonis</i>	31	17
	<i>Cosmocerca ornata</i>	1	4
	<i>Capillaria</i> sp.	1	0
	<i>Haplometroides eburnense</i>	4	2
	<i>Proteocephalus</i> sp.	1	2
Prévalence globale (%)		30,15	39,68
Prévalence des espèces (%)	<i>Rhabdias bufonis</i>	24,60	26,98
	<i>Cosmocerca ornata</i>	0,008	6,35
	<i>Capillaria</i> sp.	0,008	0
	<i>Haplometroides eburnense</i>	0,032	3,17
	<i>Proteocephalus</i> sp.	0,008	3,17
Intensité parasitaire moyenne (IM)	<i>Rhabdias bufonis</i>	0,815	0,667
	<i>Cosmocerca ornata</i>	0,026	0,102
	<i>Capillaria</i> sp.	0,026	0
	<i>Haplometroides eburnense</i>	0,105	0,179
	<i>Proteocephalus</i> sp.	0,026	0,052

3.3.4.3. Variations de l'infestation parasitaire en fonction du sexe de l'hôte

La prévalence et l'intensité parasitaire moyenne des helminthes parasites de *Ptychadena mascareniensis* en fonction du sexe de l'hôte sont consignées dans le Tableau XX. Les hôtes femelles ont une prévalence plus élevée (34,28 %) que les hôtes mâles (29,76%). *Rhabdias bufonis* est l'espèce qui parasite plus les spécimens mâles et femelles. Cette espèce a l'intensité parasitaire moyenne la plus élevée tant chez les hôtes femelles que les hôtes mâles. La prévalence parasitaire ne varie pas significativement d'un sexe à l'autre (Test de Mann-Whitney ; $p = 0,7526$). Aussi, les variations de l'intensité parasitaire moyenne ne diffèrent pas significativement d'un sexe à l'autre (Test de Mann-Whitney ; $p = 0,91$).

Tableau XX : Prévalence et intensité parasitaire moyenne des helminthes parasites de *Ptychadena mascareniensis* des bas-fonds et des forêts périurbaines de la ville de Daloa (de juillet 2019 à juin 2020) en fonction du sexe de l'hôte.

	Espèces d'helminthes parasites	Hôte femelle	Hôte mâle
Nombre total de spécimens parasités		36	25
	<i>Rhabdias bufonis</i>	28	20
	<i>Cosmocerca ornata</i>	2	1
Nombre de spécimens parasités par	<i>Capillaria</i> sp.	1	0
	<i>Haplometroides eburnense</i>	4	3
	<i>Proteocephalus</i> sp.	1	1
Prévalence globale (%)		34,28	29,76
	<i>Rhabdias bufonis</i>	26,67	23,80
	<i>Cosmocerca ornata</i>	1,9	1,2
Prévalence (%) des espèces	<i>Capillaria</i> sp.	0,95	0
	<i>Haplometroides eburnense</i>	3,8	3,57
	<i>Proteocephalus</i> sp.	0,95	1,2
	<i>Rhabdias bufonis</i>	0,77	0,8
	<i>Cosmocerca ornata</i>	0,055	0,04
Intensité parasitaire moyenne (IM)	<i>Capillaria</i> sp.	0,027	0
	<i>Haplometroides eburnense</i>	0,11	0,12
	<i>Proteocephalus</i> sp.	0,027	0,04

3.3.5. Influence des paramètres du milieu sur l'infestation parasitaire

Les représentations de régression et les coefficients de corrélation de Spearman entre la prévalence parasitaire et les paramètres du milieu sont présentés par la figure 45. Ils permettent de classer les paramètres du milieu en deux groupes. Il s'agit des paramètres à corrélation positive et les paramètres à corrélation négative avec prévalence parasitaire.

Les paramètres ayant une corrélation positive avec la prévalence parasitaire concernent la pression humaine (Figure 45A) ; la couverture du sol par les herbacées (Figure 45B) ; la température de l'eau (Figure 45C) et le pH de l'eau (Figure 45D). Dans ce cas, les coefficients de corrélation de Spearman sont des valeurs positives et les droites de régression sont croissantes : les paramètres concernés croissent avec la prévalence parasitaire.

Quant aux paramètres ayant une corrélation négative avec la prévalence, Ils concernent l'humidité relative de l'air (Figure 45E), les végétaux ligneux (Figure 45F), la couverture du sol par la litière (Figure 45G), la canopée (Figure 45H) et la température de l'air (Figure 45I). Ici, les coefficients de corrélation sont négatifs et les droites de régression sont décroissantes : les paramètres concernés croissent lorsque la prévalence parasitaire diminue et inversement.

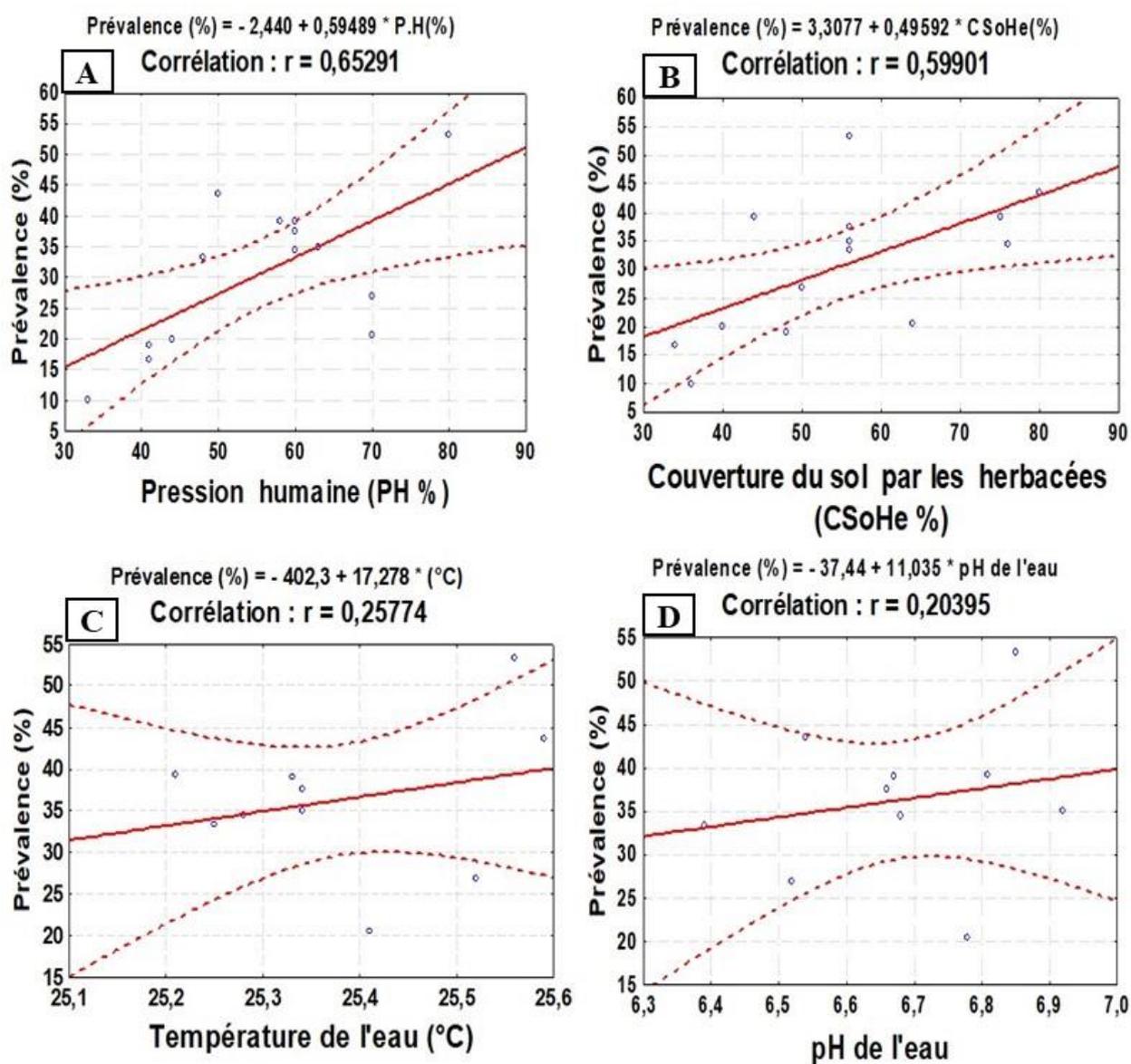


Figure 45 : Représentation de la régression entre la prévalence parasitaire et les paramètres du milieu. A : pression humaine, B : couverture du sol par les herbacées, C : température de l'eau, D : pH de l'eau.

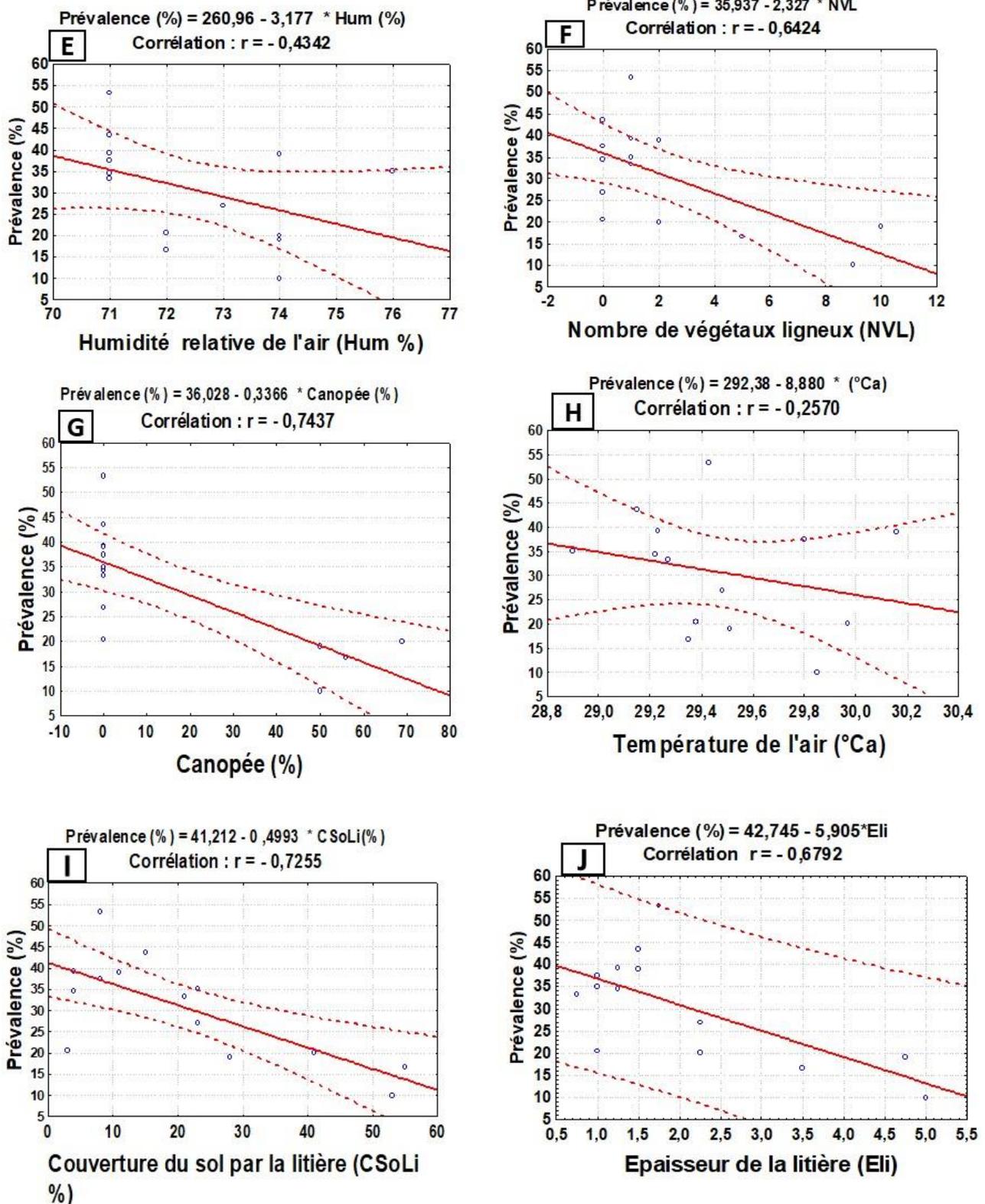


Figure 45 suite et fin : Représentation de la régression entre la prévalence parasitaire et les paramètres du milieu. E : l'humidité relative de l'air, F : nombre de végétaux ligneux, G : Canopée, H : température de l'air, I : Couverture du sol par la litière et J : épaisseur de la litière.

3.3.6. Discussion

L'inventaire des helminthes parasites des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* des bas-fonds et des forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa a permis de recenser cinq espèces d'helminthes réparties en trois classes : les nématodes, les trématodes et les cestodes. Les bas-fonds urbains de Daloa seraient constamment infestés de nématodes et de trématodes. Ce constat concorde avec une étude menée par Asseman et al. (2016). En effet, ces auteurs ayant mené des travaux similaires, ont prélevés dans ces mêmes lieux des trématodes, des nématodes et des acanthocéphales. Cet inventaire a aussi révélé une prévalence parasitaire globale de 29,63 % au niveau de la zone d'étude. Comparativement aux travaux de Oungbe (2021), les résultats de nos travaux (focalisés sur une seule espèce d'anoures) montrent une faible prévalence parasitaire dans la zone d'étude. En effet, l'auteur a enregistré une prévalence parasitaire de 92,06 % sur des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* des zones agro-industrielles du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Cette forte prévalence serait le fait d'une forte pression anthropique exercée (produits chimiques agricoles, perte et dégradation des habitats (Rohr et al., 2008 ; Paull et al., 2012 ; Greer & Collins., 2008) dans ce milieu. Aussi, le taux d'infestation des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* est plus élevé au niveau des bas-fonds (bas-fonds urbains : 36,50 % ; bas-fonds périurbains : 34,92 %) que dans les sites de forêts (17,46%). Ces résultats ont été confirmés par les travaux de Fournet et al. (2002). Ces derniers ont travaillé sur les schistosomes urinaires à Daloa (Côte d'Ivoire). Ils ont révélé une prévalence parasitaire plus importante au niveau des riziculteurs travaillant dans les bas-fonds.

Parmi les parasites observés ; les nématodes ont présenté la plus forte prévalence (25,39 %). Ils sont suivis des trématodes avec une prévalence de 3,17 %. Certainement que parmi les parasites présents, les nématodes auraient plus d'affinité pour les amphibiens. Notre analyse concorde avec les résultats des travaux de Aisien et al. (2009). En effet, ces auteurs ont mené des travaux relatifs aux helminthes parasites des amphibiens issus d'une réserve de forêt tropicale au Nigeria. Les nématodes ont représenté 42,10 % des quatre classes d'helminthes parasites prélevés. Nos résultats sont aussi soutenus par Fontenot & Font (1996), Aisien et al. (2011, 2017) et Imasuen et al. (2012). Pour ces auteurs, l'infestation des anoures par les trématodes et les nématodes sont élevées car ces vers parasitent parfois un ou plusieurs espèces hôtes, d'où la forte prévalence des nématodes.

La prévalence dans les bas-fonds est plus élevée que celle des forêts. Cela serait le fait des pressions anthropiques liées aux activités agricoles. Cette observation est partagée par Gray et al. (2007) qui affirment que les cultures agricoles réalisées dans les zones humides entraînent une forte prévalence des parasites et un taux élevé des infections. Ce résultat s'explique par le fait que les bas-fonds hébergeraient un grand nombre de gastéropodes qui seraient les premiers hôtes intermédiaires des helminthes. Cette observation est en accord avec une étude menée par Johnson et al. (2007).

Pour ces auteurs, la prévalence élevée des helminthes dans un milieu augmenterait principalement le taux d'infestation des premiers hôtes intermédiaires, c'est-à-dire des gastéropodes, avant d'atteindre les vertébrés tels que les amphibiens. En outre, nos observations sont aussi soutenues par Camara *et al.* (2012). En effet, lors d'une évaluation des communautés de macroinvertébrés dans le Parc national du Banco, ces auteurs ont trouvé plusieurs gastéropodes dans la ferme piscicole alors qu'elle hébergeait aussi la moitié de toutes les espèces d'amphibiens du parc.

Nos travaux révèlent que la prévalence parasitaire des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* ne présente pas de différence significative d'une saison à l'autre (Test de Mann-Whitney ; $p = 0,3398$). Ce résultat est en concordance avec les travaux réalisés par Oungbe (2021) dans les plantations de cocoteraies, de bananeraies et de palmeraies des zones agro-industrielles du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. En effet, cet auteur a rapporté qu'il n'y avait aucune différence significative entre les prévalences parasitaires d'une plantation à l'autre en fonction des saisons.

En outre, la prévalence parasitaire des helminthes parasites des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* en fonction du sexe révèle que les hôtes femelles présentent une prévalence plus élevée (34,88%) que les hôtes mâles (29,51%). La faible infestation parasitaire des mâles par rapport aux femelles serait le fait du système immunitaire des mâles qui résiste mieux aux parasites que chez les femelles. En effet, selon Hamilton & Zuk (1982), les mâles présentent en général un bon état de santé que les femelles à cause de la présence élevée d'un pigment (caroténoïde) chez les mâles. Le caroténoïde a un rôle crucial dans l'efficacité de la réponse immunitaire ; il assure une forme de défense non enzymatique dans l'organisme (Desprat, 2015). Ainsi, les mâles avec une bonne immunité sont donc moins parasités que les femelles.

Par ailleurs, la prévalence parasitaire dans le milieu d'étude a été favorisée par deux types de facteurs environnementaux que sont les paramètres à corrélation positive et les paramètres à corrélation négative avec la prévalence. Les paramètres à corrélation positive avec la prévalence concernent la couverture du sol par les herbacées, la pression humaine, la température et le pH de l'eau. En outre, les paramètres à corrélation négative avec la prévalence parasitaire sont la température de l'air, la canopée, la couverture du sol par la litière, l'épaisseur de la litière, la densité des végétaux ligneux et l'humidité relative de l'air. Ces observations corroborent la déclaration de l'OMS (1982).

En effet, parlant de la prévalence des parasites chez l'homme ; l'OMS a affirmé que la prévalence mondiale et l'intensité des infections intestinales humaines à protozoaires et à helminthes présentaient des variations considérables de distribution et de survenues saisonnières dues à des facteurs géographiques, climatiques et aux activités humaines (modifications de l'environnement ; amélioration de l'assainissement, etc...). Ce même constat a été fait par Sahibi & Rhalem (2007) qui ont montré que la température du milieu ambiant, le vent, l'humidité relative de l'air et le couvert végétal influençaient la survie et le développement des tiques (ectoparasites). Un autre avis similaire

a été donné par Hulme (2017). Pour ce dernier ; le développement d'un parasite à transmission directe dépend des caractéristiques du milieu à savoir la température, l'humidité relative de l'air, le pH, la qualité du microbiote (biofilms intestinaux) et la pollution (assainissement).

En outre, le pH des différents ruisseaux existant dans les bas-fonds échantillonnés est proche de la neutralité (oscillait entre 6,39 et 6,85). Ce résultat est en accord avec ceux de El Guamri *et al.* (2007) qui ont révélé que les eaux usées ayant un pH sensiblement neutre ont favorisé une forte concentration d'œufs d'helminthes dans le périmètre du lac de Fouarat (Maroc).

3.3.7. Conclusion partielle

Pour mener l'investigation parasitologique de notre zone d'étude, 189 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* ont été disséqués. Cette dissection a permis d'extraire cinq espèces d'helminthes. Ce sont : *Rhabdias bufonis*, *Cosmocerca ornata*, *Capillaria* sp, *Haplometroides eburnense* et *Proteocephalus* sp.

Ces helminthes appartiennent à 3 classes de parasites : les nématodes, les trématodes et les cestodes. Le taux d'infestation des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* dans la zone d'étude est de 29,63 %. Les nématodes, précisément *Rhabdias bufonis* parasitent le plus grand nombre de *Ptychadena mascareniensis* avec une prévalence de 23,28 %. Le site le plus infesté est celui des bas-fonds urbains avec un taux d'infestation parasitaire de 36,5 % ; ensuite le site de bas-fonds périurbains (34,92 %). Enfin le moins infecté est le site des forêts périurbaines avec un taux d'infestation parasitaire de 17,46%.

Au cours de cette étude, deux types de facteurs ont influencé la prévalence parasitaire de la zone d'étude. Il s'agit des facteurs qui croissent avec la prévalence parasitaire (les herbacées, la pression humaine, le pH et la température de l'eau) et les facteurs qui croissent quant la prévalence parasitaire diminue et inversement. C'est le cas de la litière, la canopée, le nombre de végétaux ligneux, la température et l'humidité relative de l'air.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Ce travail a permis d'évaluer le niveau de perturbation des bas-fonds et des forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa par l'étude du peuplement d'amphibiens anoures et des endoparasites associés. Il s'est agi spécifiquement de caractériser le milieu de vie des amphibiens, de déterminer la dynamique spatio-temporelle du peuplement d'amphibiens de la zone d'étude et d'identifier les helminthes parasites d'une espèce d'amphibien fréquent et abondant ainsi que les facteurs du milieu influençant leur prévalence. Au niveau des sites d'échantillonnage des amphibiens, deux systèmes d'habitats se distinguent : il s'agit des systèmes ouverts qui sont des bas-fonds (urbains et périurbains) et un système plus ou moins fermé constitué de forêts périurbaines. Au niveau des bas-fonds urbains et périurbains, la canopée, la couverture du sol par la litière, l'épaisseur de la litière et le nombre de végétaux ligneux ont des valeurs quasi nulles. Cependant, les valeurs de la pression humaine et de la couverture du sol par les herbacées y sont élevées. Quant au niveau des habitats de forêts, les valeurs de la canopée, de la couverture du sol par la litière et de l'épaisseur de la litière sont élevées. Dans l'ensemble, les valeurs de l'humidité relative de l'air sont plus élevées en saison pluvieuse qu'en saison sèche. En général, les températures matinales diffèrent significativement des températures nocturnes, sauf que dans les bas-fonds périurbains, les températures matinales et nocturnes ne présentent pas de différence majeure. Aussi, sur toute la zone d'étude, la température de l'air varie significativement d'une saison à l'autre. Cependant, au niveau des bas-fonds urbains et les forêts périurbaines ; les températures matinales de l'air sont sensiblement égales au cours des différentes saisons.

Le peuplement amphibien de la zone d'étude se compose de 20 espèces d'anoures réparties en 9 familles. Parmi ces familles, les plus diversifiées sont les Ptychadenidae et les Hyperoliidae. Ces deux familles d'amphibiens ont présenté respectivement quatre et cinq espèces.

L'espèce *Ptychadena mascareniensis* est constante et la plus abondante dans tous les transects d'échantillonnage et durant les deux saisons climatiques. Par ailleurs, les espèces accidentelles sont les plus représentées sur toute la zone d'étude. En outre, La diversité de peuplement d'amphibiens dans la zone d'étude s'est révélée faible ($H' \approx 1,5$). Les forêts périurbaines regorgent d'une richesse spécifique plus élevée que celle des bas-fonds. Aussi, la répartition des espèces est uniforme ($E \approx 0,96$). Elle ne subit pas de variations sous des contraintes saisonnières.

Enfin, la dissection de 189 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* a permis de d'identifier cinq espèces d'helminthes parasites répartis en trois classes : les nématodes, les trématodes et les cestodes. L'inventaire des helminthes parasites a révélé une prévalence parasitaire globale de 29,63. Les nématodes parasitent le plus grand nombre de spécimens avec une prévalence de 25,39 %. La zone la plus infestée est celle des bas-fonds urbains avec un taux d'infestation de 36,5 %, elle est suivie par les bas-fonds périurbains avec un taux d'infestation de 34,92 %. Les forêts périurbaines

détiennent un faible taux d'infestation parasitaire qui est de 17,48 %. L'espèce qui parasite le plus de spécimens est *Rhabdias bufonis*. Les helminthes identifiés ont été prélevés dans le gros intestin, l'intestin grêle, les poumons, le foie et l'estomac. Les résultats obtenus révèlent aussi que les variations saisonnières n'affectent pas significativement l'infestation parasitaire des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* des sites d'étude. En outre, les hôtes femelles présentent une prévalence plus élevée (34,28 %) que les hôtes mâles (29,76 %).

L'infestation parasitaire des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* des bas-fonds et des forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa est sous l'influence de deux types de facteurs que sont ; Les facteurs à corrélation positive avec la prévalence parasitaire. Il s'agit des herbacées, la pression humaine, le pH et la température de l'eau. Quant aux facteurs à corrélation négative avec la prévalence, ils concernent la litière, la canopée, le nombre de végétaux ligneux, la température et l'humidité relative de l'air.

Recommandations

Les bas-fonds urbains et périurbains sont beaucoup exploités pour la production de maraîchers et pour la riziculture. Ces pratiques agricoles se font avec usage de pesticides. Aussi, ces milieux reçoivent les eaux de drainage issues de divers horizons. Ainsi, la faune sauvage, surtout les amphibiens sont menacés. Pour la santé écologique de ces milieux, il serait intéressant de :

- assurer une bonne canalisation des eaux usées et même des eaux de drainage afin qu'elles ne se déversent pas dans les bas-fonds ;
- disposer d'une bonne gestion des déchets de tout genre dans les milieux urbains et périurbains ;
- réduire l'usage des pesticides dans les bas-fonds et aussi le rythme d'exploitation (cultures agricoles) de ces milieux afin de favoriser la reconstitution des habitats ;
- Faire respecter la réglementation sur l'installation des habitations à 25 m des bas-fonds.

Perspectives

Les résultats de cette étude laissent entrevoir des travaux de recherche en perspectives. Ainsi, des études supplémentaires pourraient révéler davantage l'ampleur des menaces contre les amphibiens anoures dans les zones urbaines et périurbaines de Daloa.

Il serait donc intéressant de mettre en exergue l'embonpoint (Relation longueur / poids) des spécimens d'anoures issus des bas-fonds et des forêts périurbaines.

Aussi conviendra-t-il d'étudier l'impact de l'infestation parasitaire sur la reproduction des anoures à travers un suivi des femelles (évaluer la densité de leurs œufs pendant les périodes de ponte) dans les bas-fonds urbains et les forêts périurbaines.

RÉFÉRENCES

- Abdessamed A. (2018). Identification des ectoparasites et des endoparasites chez le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) dans la région de l'Est- algérien. Thèse de Doctorat, Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi (Algérie), 163 p.
- ACEMAV, Duguet R. & Melki F. (2003). Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Édition Biotope, Mèze (France), 480 p.
- Aguilar I.A. (2004). Les peuplements de poissons comme outil pour la gestion de la qualité environnementale du réseau hydrographique de la Garonne. Thèse de doctorat, Université de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, (Toulouse, France), 147 p.
- Aisien M.S.O., Ogoannah S.O. & Imasuen A.A. (2009). Helminths parasites of amphibians from a rainforest reserve in South Western Nigeria. *African Zoology*, 44 (1) : 1-7.
- Aisien M.S.O., Nago S.G.A. & Rödel M.O. (2011). Parasitic infections of amphibians in the Pendjari Biosphere Reserve, Benin. *African Zoology*, 46 (2) : 340-349.
- Aisien M.S.O., Ugbomeh A.P. & Awharitoma A.O. (2017). Parasitic infections of anurans from a freshwater creek community in Delta State, Niger Delta of Nigeria. *Helminthologia*, 54 (2) : 132-144.
- Amanieu M. & Lasserre G. (1982). Organisation et évolution des peuplements lagunaires. *Oceanologica Acta*, 7 : 201-213.
- Anderson R.M. (1993). Epidemiology. In : Modern Parasitology, a textbook of parasitology, (ed.) F.E.G. Cox., Blackwell Scientific, London. pp. 75-116.
- Andreas N. & Christel N. (2003). Guide des amphibiens d'Europe : Biologie, Identification, Réparation. Delachaux et Niestlé, 383 p.
- 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 unique, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 214 p.
- Assemian N.E., N'Guessan G.A., Amara D., Awa K., Kotchi Y.B. & Koffi F. (2015). Diet of the frog *Phrynobatrachus latifrons* Ahl 1924 in two types of anthropogenic wetlands in West Africa. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3 (6) : 301-305.
- Assemian N.E., Kouamé N.G., Tohé B. & Gourène G. (2015). Anuran communities as indicators of habitat types of a West African rainforest. *International Journal of Multidisciplinary Academic Research*, 3 (3) : 28-38.
- Assemian N.E., Konan K.F., Aliko N.G. & Oussou H.K. (2016). Helminth infection pattern of *Ptychadena mascareniensis* from Daloa city (Ivory Coast) with respect to frog' age and sex. *International Journal of Information Research and Review*, 3 (1) : 1717-1721.

- Assemian N.E., Tohe B., Keita G. & Agou L.C. (2022). Adaptation de *Hoplobatrachus occipitalis* (Gunther, 1858) aux conditions d'élevage semi contrôlé dans deux régions (Centre-Ouest et Sud-Est) de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 34 (1) : 91-100.
- Ayadi Z.E.M. (2017). Les Monogènes plathelminthes parasites des téléostéens de la côte algéroise : taxonomie, biologie et aspects écologiques. Thèse de Doctorat en Sciences de la Nature, Université de Houari Boumedienne (Algérie), 264p.
- Ayadi Z.E.M., Gey D., Justine J.L. & Tazerouti F. (2017). A new species of *Microcotyle* (Monogenea : Microcotylidae) from *Scorpaena notata* (Teleostei : Scorpaenidae) in the mediterranean sea. *Parasitology international*, 66 : 37-42.
- Ayemou A. (2018). Gestion des déchets ménagers et dégradation de l'environnement urbain à Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat unique, Université Alassane Ouattara, Bouaké, 420p.
- Baker M. (1981). *Africana chabaudi* (Nematoda, Heterakidae) in a Brazilian Iguana. *Bulletin du Musée National Histoire Naturelle*, 2 : 955-998.
- Bamba I., Barima Y.S.S., Sangne Y.C., Andrieu J. & Assi-Kaudjhis J.P. (2018). Partition du territoire et dynamique des végétations pendant la période de conflit en Côte d'Ivoire. *TROPICULTURA*, 36 (2) : 141-154.
- Bara L. (1986). Ecologie des araignées calcicoles de la région de Viroinval (Belgique). *Mémoires de la Société Entomologique de Belgique*, 33 : 15-24.
- Barbault R. (1970). Les traits quantitatifs du peuplement des ophidiens. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 1 : 94-107.
- Barbault R. (1972). Les peuplements d'amphibiens des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). *Annales de l'Université d'Abidjan. Série E. Écologie*, 5 : 61-142.
- Barbault R. (1992). Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Paris, Masson, 200 p.
- Barbault R. (2000). Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. 5e édition, Paris, Dunod: 326 p.
- Barber I., Berkhout B.W. & Ismail Z. (2016). Thermal change and the dynamics of multihost parasite life cycles in aquatic ecosystems. *Integrative and Comparative Biology*, 56 (4) : 561-572.
- Barton D.P. & Pichelin S. (1999). *Acanthocephalus bufonis* (Acanthocephala) from *Bufo marinus* (Bufonidae/amphibia) in Hawaii. *Parasite Journal*, 6 : 269-272.
- Bastien (2011). Généralités sur le parasitisme et les parasites. Biologie médicale/ Parasitologie. Me. - buv.isfad-gn.org

- Baud'huin B. (2003). Les parasites de la caille des blés (*Coturnix coturnix*). Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (France), 118 p.
- Becker C. G., Fonseca C. R., Haddad C. F. B., Batista R. F. & Prado P. I. (2007). Habitat split and the global decline of amphibians. *Science*, 318 : 1775-1777.
- Beebee T.J.C. (1995). Amphibian breeding and climate. *Nature*, 374 : 219-220.
- Beebee T. J. C. & Griffiths R. A. (2005). The amphibian decline crisis : a watershed for conservation biology ? *Biological Conservation*, 125 (3) : 271-281.
- Bellakhal M., Fertouna B.M. & Missaoui H. (2010). Le régime alimentaire de la grenouille verte d'Afrique du nord : *Rana saharica*. *Revista Electronica de Veterinaria*, 11(7) : 1-14
- Bencheikh S. (2010). Cours de généralités sur le parasitisme, 15 p. [https:// www.archive.org](https://www.archive.org) (dernière consultation, 2 Mai 2022).
- Benito-Espinal E. (1997). Faune 2. Flore, Faune, Monde Marin (4). Caraïbes : 151-159.
- Benmarce M. (2018). Contribution à la connaissance des cestodes adultes chez les ovins dans les abattoirs de Guelma, mémoire de Master de l'Université de Guelma (Algérie), 66 p.
- Berger L., Spear R. & Skeratt L.F. (2005). Distribution of *Batrachochytrium dendrobatidis* and pathology in the skin of green tree frogs *Litoria caerulea* with severe chytridiomycosis. *Diseases of Aquatics Organisms*, 68 : 65-70.
- Beshkov V.A. & Jameson D.L. (1980). Movement and abundance of the yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Herpetologica*, 36 : 365-370.
- Bilong Bilong C.F. & Njiné T. (1998). Dynamique de populations de trois Monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* (Peters) dans le lac Municipal de Yaoundé et intérêt possible en pisciculture intensive. *Sciences Naturelles et Vie*, 34 (2) : 295-303.
- Blahoua K.G., Yao S.S., Etilé R.N. & N'Douba V. (2015). Infection dynamics of four gill Monogenean species from *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) in man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (1) : 12-23.
- 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. & Wake D.B. (1995). The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American*, 272 : 52-57.
- Blaustein A.R., Han B.A., Relyea R.A., Johnson P.T.J., Buck J.C., Gervasi S.S. & Kats L.B. (2011). The complexity of amphibian population declines: Understanding the role of cofactors in driving amphibian losses. *Annals of the New York academy of sciences*, 1223 : 108-119.

- Blondel J. (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, élément d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P.). *Revue Ecologique Terre et Vie*, 4 : 533-589.
- Bourée P. (2008). Aide-mémoire de parasitologie et de pathologie tropicale. Editions Flammarion, Paris, 447 p.
- Bourgat R., Roure C. & Kulo S.D. (1996). Nouvelles données sur les trématodes d'amphibiens d'Afrique Occidentale. Description d'*Haematoloechus aubriae* n. sp, *Revue suisse de Zoologie*, 103 (2) : 383-394.
- Brahic E. & Terreaux J. P. (2009). Pourquoi et comment estimer la valeur économique de la biodiversité forestière ? Rendez-vous techniques ONF, (25-26), 63 p.
- Brosse S., Dauba F., Oberdorff T. & Lek S. (1999). Influence of some topographical variables on the spatial distribution of lake fish during summer stratification. *Archiv für Hydrobiologie*, 145: 359 - 371.
- Brosse S., Giraudel J.L. & Lek S. (2001). The temporal dynamic of fish population assemblage and Community structure. *Ecological Modelling*, 146 : 159-166.
- Brou Y.T., Oszwald J., Bigot S. & Servat E. (2005). Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'état en Côte d'Ivoire : quel avenir pour ces derniers massifs forestiers. *Téledétection*, 5 (1-2-3) : 263-275.
- Brown J. H. (1984). On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, 124 : 255-279.
- Burnham K.P. & Overton W.S. (1979). Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology*, 60 : 927-936.
- Burrowes P.A., Joglekar R.L. & Green D.E. (2004). Potential causes for amphibian declines in Puerto Rico. *Herpetologia*, 60 : 141-154.
- Camara I.A., Diomandé D., Bony Y.K., Ouattara A., Franquet E. & Gourène G. (2012). Diversity assessment of macroinvertebrate communities in Banco National Park (Banco Stream, Côte d'Ivoire). *African Journal of Ecology*, 50 : 205-217.
- Candolfi E., Filisetti D., Letscher-bru V., Villard O. & Waller J. (2008). Parasitologie-mycologie. Université Louis Pasteur de Strasbourg, Strasbourg, 91 p.
- Chabaud A.G., Petter A.J. & Golvan Y. (1961). Les nématodes parasites de lémuriens Malgaches III. Collection récoltée par M. et Mme Francis Petter. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 36 (1-2) : 113-126.

- Chabaud A.G., Brygoo E.R. & Petter A.J. (1965). Les nématodes parasites de Lémuriens malgaches-VI. Description de six espèces nouvelles et conclusions générales. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 40 (2) : 181-214.
- Channing A. (2001). Amphibians of Central and Southern Africa. Cornell University Press, Ithaca, New York. 470 p.
- Channing A., Sinclair A.R.E., Mduma D.A.R., Moyer D. & Kreulen D.A. (2004). Serengeti amphibians: Distribution and monitoring baseline. *Journal of Herpetology*, 53 (2) : 163-181.
- Chanseau J. (1954). Contribution à l'étude des helminthes parasites des amphibiens anoures. Thèse pour le Doctorat en médecine et en pharmacie, Université de Bordeaux (France), 102 p.
- Chao A. (1987). Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability, *Biometrics*, 43 : 783-791.
- Châtelain C., Gautier L. & Spichiger R. (1996). A recent history of forest fragmentation in southwestern Ivory Coast. *Biodiversity and Conservation*, 5 : 783-791.
- Collins J.P. & Storfer A. (2003). Global amphibian declines : sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* (9) : 89-98.
- Colwell R.K. & Coddington J.A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London- series B*, 345 : 101-118.
- Colwell R.K., Mao C.X. & Chang J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85 (10) : 2717-2727.
- Coulibaly D. N. & Zigué B. (2021). Exploitation et traits de menaces des grenouilles d'un intérêt socio-économique dans la province du Ganzourgou au Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15 (3) : 1090 -1103.
- Crump M.L. (2003). Conservation of amphibians in the new world tropics. In : Amphibian conservation, Editions Smithsonian Books, Washington : 53-69.
- Cushman S.A. (2006). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians : a review and prospectus. *Biological Conservation*, 128 : 231-240.
- Da K.P. (1992). Contribution à la connaissance du phytoplancton de la mare du complexe piscicole du Banco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3ème Cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire (Abidjan, Côte d'Ivoire).
- Dajoz R. (2000). Précis d'écologie. 7ème Edition. Dunod, Paris (France), 615 p.
- Dajoz R. (2003). Précis d'écologie. Edition Dunod, Paris (France), 615 p.

- Daszak P., Cunningham A.A. & Hyatt A. (2003). Infectious disease and amphibian population Declines. *Diversity and Distributions*, 9 : 141-150.
- Daszak P., Scott D.E., Kilpatrick A.M., Faggioni C., Gibbons J.W. & Porter D. (2005). Amphibian population declines at savannah river site are linked to climate, not chytridiomycosis. *Ecology*, 86 : 3232-3237.
- Delville P. L. & Boucher L. (1996). Les bas-fonds en Afrique tropicale humide : guide de diagnostic et d'intervention, Coll. « Le point sur », Paris, GRET - CTA, 416 p.
- Denoël M. (1999). Le comportement social des urodèles. *Cahiers d'Ethologie*, 19 (2) : 221-258.
- Denoël M. (2003). Avantages sélectifs d'un phénotype hétérochronique. Eco-éthologie des populations pédomorphiques du Triton alpeste, *Triturus alpestris* (Amphibia, Caudata). Cahier d'Ethologie, Liège (Belgique), 327p.
- Desprat J.L. (2015). La testostérone, médiateur de l'honnêteté des signaux sexuels chez le mâle *Hyla arborea* ? Thèse de Doctorat de l'Université de Lyon (France), 153p.
- Djene K.R. (2019). Diversité des macroinvertébrés et leur utilisation dans l'évaluation de la qualité écologique des écosystèmes aquatiques urbains de Daloa (Centre-ouest, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 197 p.
- Donnelly M.A. & Crump M.L. (1998). Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. *Climatic Change*, 39 : 541-561.
- Duellman W. E. & Trueb L. (1986). Biology of Amphibians. McGraw-Hill, New York. 670 p.
- Dufrêne M. (1992). Biogéographie et écologie des communautés de Caradidae en Wallonie. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain (Belgique), 194 p.
- Dural D. (1993). Perspectives de développement piscicole dans les bas-fonds périurbains de la ville de Daloa (Centre-ouest ivoirien), mémoire de Maîtrise de l'Université de Montpellier (France), AFVP/ENSAM/CNEARC, 70 p.
- Durette-Desset M.C. (1983). Keys of genera of Trichostrongylidea. N ° 10. In : Roy C.A., Chabaud G.A., Willmott S. (Eds.), CIH Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates. *Commonwealth Agricultural Bureaux, Farmham Royal, Bucks*, 10 : 27-32.
- Dubois P. J. (2008). Le syndrome de la grenouille. Changement climatique : ce que disent les scientifiques. Delachaux et Niestlé, Paris, 190 p.
- 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, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 171 p.

- El Guamri Y., Belghyti D., Cisse M., El Kharrim K., Sylla I., Raweh S., Barkia H., Hassouni T. & Jamber A. (2007). Etude physico-chimique et parasitologique des eaux usées destinées à l'irrigation du périmètre péri-urbain de Fouarat (Kenitra, Maroc), *African Journal Online*, 19 (3) : 251-261.
- Ernst R. & Rödel M-O. (2002). A new *Atheris* species (Serpentes: Viperidae), from Taï National Park, Ivory Coast. *Herpetological Journal*, 12 (2) : 55-61.
- Ernst R. & Rödel M.O. (2005). Anthropogenically induced changes of predictability in tropical anuran assemblages. *Ecology*, 86 : 3111-3118.
- Euzéby J. (2008). Big illustrated dictionary of medical and veterinary parasitology. Editions Tec & Doc, Paris (France), 818 p.
- Euzet L. (1959). Recherches sur les cestodes tétraphyllides des sélaciens des côtes de France. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier (France), 263 p.
- Exbrayat J.M. (1986). Quelques aspects de la biologie de la reproduction chez *Typhlonectes compressicaudus* (Duméril & Bibron, 1841) Amphibien apode. Thèse de Doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie (France), 308 p.
- FAO (2015). Évaluation des ressources forestières mondiales 2015. Comment les forêts de la planète changent-elles ? deuxième édition, Rome, Italie, 54 p.
- FAO (2022). La situation des forêts du monde. Des solutions forestières pour une relance verte et des économies inclusives, résilientes et durables, Rome, Italie, 180 p.
- Fauth J.E., Crother B.I. & Slowinski J.B. (1989). Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rica leaf-litter herpetofauna. *Biotropica*, 21 : 178-185.
- Filippi J. (2013). Etude parasitologique de *Anguilla anguilla* dans deux lagunes de Corse et étude ultrastructurale du tégument de trois digènes parasites de cette anguille. Thèse de Doctorat, Université Pascal Paoli (France), 156 p.
- Flamarique I.N., Ovaska K., & Davis T.M. (2000). UV-B induced damage to the skin and ocular system of amphibians. *Biological Bulletin*, (199) : 187-188.
- Fontenot L.W & Font W.F (1996). Helminth parasites of four species of aquatic snakes from two habitats in southeastern Louisiana. *Journal-helminthological Society Washington*, 63 : 66-75.
- Fournet F., N'Guessan N.A., & Cadot E. (2002). Gestion de l'espace et schistosomose urinaire à Daloa (Côte d'Ivoire). *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 97 (1) : 33-36.

- Frétey T., Dewynter M. & Blanc C.P. (2011). Amphibiens d’Afrique centrale et d’Angola. Clé de détermination illustrée des Amphibiens du Gabon et du Mbini. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d’Histoire naturelle, Paris, 232 p.
- Frost D.R. (2016). Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0.accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA (last accessed at 13 Janvier 2020).
- Frost D.R. (2023). Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0. accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA (last accessed at 16 Avril 2023).
- Giraudel J. L. & Lek S. (2001). A comparison of self-organizing map algorithm and some conventional statistical methods for ecological community ordination. *Ecological Modelling*, 146 (1-3) : 329-339.
- Gagno S. (2006). Parasitologie des helminthes chéloniens. *Chelonii*, 5 : 1-108.
- Gardner T.A., Fitzherbert E.B., Drewes R.C., Howell K.M. & Caro T. (2007). Spatial and temporal patterns of abundance and diversity of an East African leaf litter amphibian Fauna. *Biotropica*, 39 (1) : 105-113.
- Gassmann M. (1975). Contribution à l’étude des trématodes d’amphibiens du Cameroun. *Annales de Parasitologie*, Paris, 50 : 559-577.
- Gbocho O.D. & Ourega D.D. (2021). Dégradation du patrimoine forestier du département d’Aboisso : Une conséquence de l’intrusion massive des élites urbaines dans le milieu rural, *Espace Géographique et Société Marocaine*, 47 (48) : 129-143.
- Guibé J. (1952). Les Batraciens et les reptiles aquatiques de France du point de vue de la pisciculture, *Revue d’Écologie (La Terre et La Vie)*, 6 (4) : 181-189.
- Guillaumet J.L. (1967). Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally (Côte d’Ivoire). Paris, ORSTOM, 259p.
- Gillooly J.F., Brown J.H., West G.B., Savage V.M. & Charnov E.L. (2001). Effects of size and temperature on metabolic rate. *Science*, 293 (5538) : 2248-2251.
- Golvan Y.J. (1969). Systématique des acanthocéphales (Acanthocephala Rudolphi ,1801). Première partie : l'ordre des Palaeacanthocephala Meyer 1931, premier fascicule : la superfamille des Echinorhynchoidea (Cobbold 1876) Golvan et Mouin 1963. Mémoires Muséum National d'Histoire Naturelle, *Zoologie*, 57 : 1-373.
- Gray M.J., Smith L.M., Miller D.L. & Bursey C.R. (2007). Influences of agricultural land use on *Clinostomum attenuatum* metacercariae prevalence in southern great plains amphibians, U.S.A. *Herpetological Conservation and Biology*, 2 (1) : 23-28.

- Greer A.L & Collins P.J. (2008). Habitat fragmentation as a result of biotic and abiotic factors controls pathogen transmission throughout a host population ; *Journal of Animal Ecology*, 77 (2) : 364-369.
- Groves C.R., Jensen D.B., Valutis L.L., Redford K.H., Shaffer M.L., Scott J.M., Baumgartner J.V., Higgins J.V., Beck M.W. & Anderson M.G. (2002). Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *Bioscience*, 52 : 499-512.
- Hamer A.J. & McDonnell M.J. (2008). Amphibian ecology and conservation in the urbanising world : a review. *Biological Conservation*, 141 : 2432- 2449.
- Hamilton W.D. & Zuk M. (1982). Heritable true fitness and birds : a role for parasites ? *Science*, 218 : 384-387.
- Hassani S.M. (2010). Identification des Nématodes et aspects écologiques des parasites du Rouget de Roche *Mulus surmulitus* (Linné, 1758) de la baie des Kristel (Littoral oranais). Mémoire de Magister en Sciences de l'environnement à Université d'Oran, Algérie, 85 p.
- Hecnar S.J. & M'Closkey R.T. (1996). Regional dynamics and the status of amphibians. *Ecology*, 77 : 2091-2097.
- Heltshe J. & Forrester N.E. (1983). Estimating species richness using the jackknife procedure *Biometrics*, 36 : 1-11.
- Heyer W.R., Donnelly M.A., MacDiarmid 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., Loua N.-S., Rödel M.-O. (2008a). Assessment of the distribution and conservation status of the viviparous toad *Nimbaphrynoides occidentalis* on Monts Nimba, Guinea. *Endangered Species Research*, 5 : 13-19.
- Hillers A., Veith M. & Rödel M.-O. (2008b). Effects of forest fragmentation and habitat degradation on West African leaf-litter frogs. *Conservation Biology*, 22 : 762-772.
- Hordé P. (2016). Parasites-Définition. *Journal des Femmes Santé*, 1 p.
- Hulme P.E. (2017). Climate changes and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biological Revues of the Cambridge Philosophical society*, 92 (3) : 1297-1313.
- Ilboudo -Tapsoba E., Tankoano H., Ouedraogo M., Dicko I.O. & Sanon A. (2011). Diversité des insectes actifs au sol dans quatre écosystèmes de bas-fonds du Burkina Faso : importance pour la détermination de bio-indicateurs caractérisant ces milieux. *International journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (2) : 724 -738.

- Imasuen A.A. & Aisien M.O. (2012). Digenetic trematodes parasitic in anurans from rain forest biotopes in Edo State, Nigeria. *Zoologist*, 10 : 25-33.
- Imasuen A.A., Ozemoka H.J. & Aisien M.S. (2012). Anurans as intermediate and paratenic hosts of helminth infections in the rainforest and derived savanna biotopes of southern Nigeria. *International Journal of Zoology*, 12 : 1-7.
- INS (2011). Recensement général de la population et de l'habitation de 1998. Etat et Structures de la population, Volume IV, Tome I, 118 p.
- INS (2021). Recensement général de la population et de l'habitat, RGFH-2021, Résultats globaux, 37 p.
- Iyaji F. O., Medayedupin I.T., Echi P.C., Falola O.O. & Omowaye O.S., (2015). Gastrointestinal helminth parasites of *Amietophrynus regularis*, Bufonidae (African common toad) in Anyigba, Kogi State, Nigeria. *Animal Research International*, 12(2) : 2231.
- Jean M.E. (1986). Quelques aspects de la biologie de la reproduction chez *Typhlonectes compressicaudus*. Thèse doctorat d'état. Université Pierre et Marie 308 p.
- Jean M. S. (2013). Les Arthropodes : les petites bêtes de nos Jardins. Classification simplifiée, espèces présentes dans la région, utilité et intérêt, Cambrai Sud, Académie Lille, 62 p.
- Jensen J.B. & Camp C.D. (2003). Human exploitation of amphibians, direct and indirect impacts. Pp 199-213. In Semlietch R.D. (ed) – Amphibian Conservation. Smithsonian, London.
- Johnson P.T.J., Chase J.M., Dosh K.L., Hartson R.B., Gross J.A., Larson D.J., Sutherland D.R. & Carpenter S.R. (2007). Aquatic eutrophication promotes, pathogenic infection in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (40) : 15781-15786.
- Joly P. (2000). Invasions biologiques : état de l'art et perspectives. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 7 : 21-35.
- Kamei R.G., Wilkinson M., Gower D.J & Biju S.D. (2009). Three new species of striped Ichthyophis (Amphibia: Gymnophiona: Ichthyophiidae) from the northeast Indian states of Manipur and Nagaland. *Zootaxa*, 2267 (1) : 26 - 42.
- Keita G., Assemian N.E. & Zadou Z.D.A. (2022). Status of harvesting, consumption and wild stocks of the edible frog *Holpobatrachus occipitalis* (Günther, 1858) in the city of Daloa, Côte d'Ivoire, *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 10 (2) : 190-196.
- Keita G. (2023). Paramètres zootechniques de reproduction et de croissance de la grenouille *Holpobatrachus occipitalis* (Günther, 1958) en milieu semi-contrôlé à Daloa (Centre-ouest; Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 147p.

- Kinnear P. & Gray. C. (2005). SPSS facile appliqué à la psychologie et aux sciences sociales maîtriser le traitement de données. De Boeck, 432 p.
- Koffie-Bikpo C.Y. & Kra.K.S. (2013). La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire ; 152 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, Heindelberg, Berlin, 362 p.
- Kohonen T. (2001). Self-Organizing Maps (3rd Edition). Springer-Verlag, Berlin, 501 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 (Abidjan, Côte d'Ivoire), 186 p.
- Kopij G. (2006). Diet of the black-headed heron *Ardea melanocephala* during the breeding season in South African grasslands. *Biologia*, 61 : 241-244.
- Koulibaly A. (2008). Caractérisation de la végétation et dynamique de la régénération, sous l'influence de l'utilisation des terres, dans des mosaïques forêts-savanes, des régions de la réserve de Lamto et du Parc National de la Comoé, en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat unique, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 208 p.
- Kouamé K.A., Ayemou A.P. & N'Guessan K.G. (2017). Impact environnemental et sanitaire de l'exploitation artisanale de dome de granite dans la ville de Daloa (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire), *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, 3 (12) : 182 - 195.
- Kouamé N. G. (2009). Distribution spatio-temporelle et alimentation naturelle de cinq espèces d'amphibiens du genre *Phrynobatrachus* Günther, 1862 (Parc National du Banco ; Abidjan-Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo- Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 124 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 & Reptile Conservation*, 9 (2) : 1-14.
- Kusrini M. D. & Alford R. A. (2006). Indonesia's Exports of frog's legs. *Traffic Bulletin*, 21(1) : 13-24.
- Kuzmin Y., Du Preez L.H. & Junker K. (2015). Some nematodes of the genus *Rhabdias* Stiles & Hassall, 1905 (Nematoda: Rhabdiasidae) parasitising amphibians in French Guiana. *Folia Parasitologica*, 62 : 31-43.
- Labaude S., Cézilly F. & Rigaud T. (2017). Temperature-related intraspecific variability in the behavioral manipulation of acanthocephalan parasites on their gammarid hosts. *Biological Bulletin*, 232 (2) : 82-90.

- Lamotte M. (1959). Observations écologiques sur les populations naturelles de *Nectophrynoides occidentalis* (Fam. Bufonidae). *Bulletin Biologique*, 4 : 355-413.
- Lamotte M. (1967). Les Batraciens de la région de Gpakobo (Côte d'Ivoire). *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, Série A*, 29 : 218-294.
- Lamotte M. & Lescure J. (1977). Tendances adaptatives à l'affranchissement du milieu aquatique chez les amphibiens anoures. *Terre Vie*, 31 : 225-231.
- Lauginie F. (2007). Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. Abidjan, Editions CEDA/NEI et Afrique Nature, 668 p.
- Lafferty K.D., Allesina S., Arim M., Briggs C.J., DeLeo G., Dobson A.P., Dune J.A., Johnson P.T., Kuris A.M., Marcogliese D.J., Martinez N.D., Memmott J., Marquet P.A., McLaughlin J.P., Mordecai E.A., Pascual M., Poulin R. & Thielges D.W. (2008). Parasites in food webs : the ultimate missing links. *Ecology Letters*, 11: 533-546.
- Le Bailly M. & Bouchet F. (2006). La Paléoparasitologie. Les parasites comme marqueurs de la vie des populations anciennes. *Studia de Preistorie*, 3 : 225-232.
- Lecointre G. & Guyader H. (2001). Classification phylogénétique du vivant. Belin, Paris (France), 534p.
- Lecointre G. & Le Guyader H. (2006). Classification phylogénétique du vivant. 3ème édition, Belin, 560 p.
- Legendre P. & Legendre L. (1998). Numerical Ecology. 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam, 853 p.
- Leite P.T., Nunes S.D. & Cechin S.Z. (2007). Diet and habitat use of swamp racer snake, *Mastigodryas bifossatus* Raddi (Serpentes : Colubridae) in subtropical domains of Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24 : 729-734.
- Lek S., Delacoste M., Baran P., Dimopoulos I., Lauga J. & Aulagnier S. (1996). Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecological Modelling*, 90 : 39-52.
- Lek S., Giraudel J.L. & Guégan J.F. (2000). Neuronal networks : algorithms and architectures for ecologists and evolutionary ecologists. Artificial Neuronal Networks : Application to Ecology and Evolution. Springer -Verlag, Berlin : 3-27.
- Ligban R., Gone L. D., Kamagate B., Saley M. B. & Biemi J. (2009). Processus hydrogéochimique et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (1) : 38-47.
- Louette M., Meirte D. & Jocque R. (2004). La faune terrestre de l'archipel des Comores. *Studies in Afrotropical Zoology*, N° 293. Turvuren: MRAC, 23 p.

- Maeder A.M. (1969). Trématodes de batraciens de Côte d'Ivoire. *Revue suisse zoologie*, 76 (4) : 903-918.
- Maeder A.M. (1973). Monogènes et trématodes parasites d'Amphibien en Côte d'Ivoire. *Revue suisse zoologie*, 80 (2) : 267-322.
- Magurran A.E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- Manly B. F. J. (1994). Multivariate Statistical Methods. A primer. Second edition. Chapman & Hall, London, 215 p.
- Mark A., Sandra A., Charlotte N., Alice H. & David B. (2023). Numerous uncertainties in the multifaceted global trade in frogs' legs with the EU as the major consumer. *Nature conservation*, 51 : 71-135.
- Masade S. (2010). Parasitoses transmises par les viscères animaux : incidence chez l'homme. Thèse pour obtention de docteur en pharmacie non publié, Université Henri Poincaré (Nancy I, France), 102 p.
- Matutini F. (2021). Conserver la biodiversité des régions fortement anthropisées : mobiliser différentes sources de données pour définir et compléter les réseaux écologiques. Cas des amphibiens en pays de la Loire. Thèse de Doctorat, Institut National d'Enseignement Supérieur pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (Pays de-la-Loire, France), 238 p.
- McAlpine D.F. (1996). Acanthocephala parasitic in North American amphibians : a review with new records. *Alytes*, 14 :115-121.
- McAlpine D.F. (1997). Helminth communities in bullfrogs (*Rana catesbeiana*), green frogs (*Rana clamitans*), and leopard frogs (*Rana pipiens*) from New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 75 (11) : 1883-1890.
- McAlpine D.F. & Burt M.D. (1998). Helminths of Bullfrogs, *Rana catesbeiana*, Green Frogs, *R. clamitans*, and leopard frogs, *R. pipiens*, in New Brunswick. *Canadian Field Naturalist*, 112 (1) : 50-68.
- McGregor H.C. & Uzzell T.M. J. (1964). Gynogenesis in salamanders related to *Ambystoma jeffersonianum*. *Science*, 143 : 1043-1045.
- Menin M., Lima A.P., Magnusson W.E. & Waldez F. (2007). Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia : mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology*, 23 : 539-547.
- Miaud C. & Muratet J. (2004). Identifier les œufs et les larves des amphibiens de France. Editions INRA, Paris (France), 200 p.

- Mohneke M. & Rödel M.O. (2009). Declining amphibian populations and possible ecological consequences-a review. *Salamandra*, 45 : 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.
- Monks S. (2001). Phylogeny of the Acanthocephala based on morphological characters. *Systematic Parasitology*, 48 (2) : 81-115.
- Moravec F. (1994). Parasitic Nematodes of Freshwater Fishes of Europe. Academia and Kluwer Academic Publishers, Prague and Dordrecht, Boston, London. 473 p.
- Morlot E. (2011). Parasitoses zoonotiques à incidence dermatologique chez l'homme. Thèse de docteur en Pharmacie non publié, Université Henri Poincare (Nancy I, France), 150 p.
- Mullin S.J. & Seigel R.A. (2009). Snakes ecology and conservation. A Comstock Book, Cornell University Press. *Acta Herpetologica*, 4 (2) : 195-216.
- Neveu A. (2004). La raniculture est-elle une alternative à la récolte ? Etat actuel en France. *INRAE Productions Animales*, 17 (3) : 161-175.
- N'go Y.A. (2015). Hydrologie et dynamique de l'état de surface des terres dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire : impacts et moteurs de dégradation. Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 220 p.
- N'Guessan A.H., N'Guessan K.F., Kouassi K.P., Kouamé N.N., & N'Guessan P.W. (2014). Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, 83 : 7606 -7614.
- O'hara R.B. (2005). Species richness estimators : how many species can dance on the head o a pin ? *Journal of Animal Ecology*, 74 : 375-386.
- OMS (1982). Infections intestinales à protozoaires et à helminthes. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS, Genève, 100 p.
- Oungbe K.V., Adeba P.J., Blahoua K.G. & N'Douba V. (2018). Systématique inventory of anuran species (amphibians) in three agro-industrial zones in the Southeast of Côte d'Ivoire, *Journal of Applied Biosciences*, 131 : 13271-13283.
- Oungbe K.V., Kouame K. A., N'Zi K. G., Goore-Bi G. & N'Douba V. (2019). Inventaire et prévalence des cestodes parasites des anoures dans trois zones agro-industrielles au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 153 (2) : 178 -188.
- Oungbe K.V. (2021). Biodiversité des helminthes parasites des anoures (amphibiens) de trois zones agro-industrielles et deux parcs nationaux au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouet-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 212 p.

- Ouro-Boya B.S. (2004). Evaluation de l'état d'une eau de rivière par l'analyse multidimensionnelle utilisant des paramètres caractéristiques de la matière organique dissoute. Thèse de Doctorat, Université de Poitiers (France), 216 p.
- Oussou K.H. (2022). Dynamique spatio-temporelle des amphibiens anoures et stratégie alimentaire de l'espèce *Arthroleptis poecilnotus* (Peters, 1863) dans le Parc National de Taï (Sud-ouest, Côte d'Ivoire) et agrosystèmes environnants. Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 146 p.
- Ozturk T. & Ozer A. (2014). Monogenean fish parasites, their host preferences and seasonal distributions in the lower Kizilirmak Delta (Turkey). *Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*, 14 : 367-378.
- Park Y.S., Chang J., Lek S., Cao W. & Brosse S. (2003). Conservation strategies for endemic fish threatened by the three Gorges Dam. *Conservation Biology*, 17 : 1748 - 1758.
- Pascal O. (2002). Plantes et forêts de Mayotte. Patrimoines Naturels, 53, Paris, SPN / IEGB / MNHN.
- Paull S.H., Song S., McClure K.M., Sackett L.C., Kilpatrick A.M & Johnson P.T.J. (2012), From superspreaders to disease hotspots : linking transmission across hosts and space ; *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10 (2) : 75-82.
- Pearman P.B. (1997). Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology*, 11 (5) : 1211- 1225.
- Petranka J.W., Eldridge M.E. & Haley K.E. (1993). Effects of timber harvesting on southern Appalachian salamanders. *Conservation Biology*, 7 : 363-370.
- Petranka J. A. & Kennedy C. A. (1999). Pond tadpoles with generalized morphology, is it time to reconsider their functional roles in aquatic communities? *Oecologia*, 120 : 621-631.
- Philippeau G. (1992). Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? Service des Etudes Statistiques - ITCF, 63 p.
- Pounds J.A. (2001). Climate and amphibian declines. *Nature*, 410 : 639-640.
- Pounds J.A., Fogden M.P.L. & Campbell J.H. (1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, 398 : 611-615.
- Purves W.K., Orians G.H. & Heller H.C. (1994). Le monde du vivant, Traité de Biologie. Sciences, Flammarion : 594-973.
- Quesnelle P.E., Lindsay K.E. & Fahring L. (2015). Relative effects of landscape-scale wetland amount and landscape matrix quality on wetland vertebrates. *Ecological Applications*, 25 : 812-825.

- 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). En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Ecologie et Biologie des Populations, Département d'Ecologie et environnement Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers (République Algérienne Démocratique et Populaire), 138 p.
- Ramade F. (1984). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 2ème édition Ediscience, Paris, 579 p.
- Ramade F. (2003). Eléments d'écologie fondamentale, DUNOD, Paris 190 p.
- Ravichandran S., Ramanibai R. & Pundarikanthan N.V. (1996). Eco-regions for describing water quality patterns in Tamiraparani basin. *South India Journal of Hydrology*, 178 : 257-276.
- 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 map. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62 : 2294-2302.
- Rocha C.F.D., Van Sluys M. Hatano F.H., Boquimpani-Freitas L., Marra R.V. & Marques R.V. (2004). Relative efficiency of anuran sampling methods in a resting habitat (Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 64 (4) : 879-884.
- 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. (2000). Amphibians of West African savanna. Herpetofauna of West Africa, 1. Edition Chimaira, Frankfurt/Main: 332 p.
- Rödel M.-O. & Branch R. W. (2002). Herpetological survey of the Haute Dodo and Cavally forests, Western Ivory Coast, part I: amphibians. *Salamandra*, 38 : 245-268.
- Rödel M.-O., Range F., Seppänen J.-T. & Noë R. (2002). Caviar in the rain forest: monkeys as frog-spawn predators in Taï National Park, Ivory Coast. *Journal of Tropical Ecology*, 18 : 289-294.
- Rödel M.O. & Ernst R. (2003). The amphibians of Marahoué and Mont Péko National Parks, Ivory Coast. *Herpetozoa*, 16 : 23-39.
- 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.
- Rohr R. J., Raffel T.R., Sessions S.K. & Hudson P. J. (2008). Understanding the net effects of pesticides on amphibian trematode infections, *Ecological society of America*, 18 (7) : 1743-1753.

- Rouag R. & Benyacoub S. (2006). Inventaire et écologie des reptiles du Parc National d'El Kala, *Bulletin Société d'Herpétologie de France*, 117: 25-40.
- Sahibi H. & Rhalem A. (2007). Tiques et maladies transmises par les tiques chez les bovins au Maroc. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, 151, 1-4 : Tiques et maladies transmises par les tiques chez les bovins au Maroc. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, 151 : 1- 4.
- 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.
- Sangaré A., Koffi E., Akamou F. & Fall C.A. (2009). Etat des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Second rapport, 65 p.
- Saunders D.A., Hobbs R.J. & Margules C.R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation. *Conservation Biology*, 5 : 18-32.
- Schleich H. H., Kästle W. & Kabisch K. (1996). Amphibians and reptiles of North Africa. Koletz Scientific Books, Koenigstein. 630 p.
- Scott N.J. (1976). The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter. *Biotropica*, 8 : 41-58.
- Seale D.B. (1980). Influence of amphibian larvae on primary production, nutrient flux, and competition in a pond ecosystem. *Ecology*, 61 : 1531-1550.
- Semlitsch R. D. & Bodie J. R. (1998). Are small, isolated wetlands expendable? *Conservation Biology*. 12 : 1129-1133.
- Serre C.F. (2021). "50 idées fausses sur les amphibiens.", Éditions Quæ, Paris, 152 p.
- Shannon C. E. & Weaver W. (1963). The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Illinois, 127 p.
- Shapiro S. S., Wilk M. B. & Chen H. J. (1968). A comparative study of various tests o normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63 : 1343-1372.
- SER-REDD+ & FAO (2017). Inventaire de la biomasse forestière pour l'estimation des facteurs d'émission, données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire, 76 p
- Shaffer M.L. (1981). Minimum population size for species conservation. *Bioscience*, 31 : 131-134.
- Shmida A. & Wilson M. (1985). Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography*, 12 : 1-20.
- Silva E.T., Costa H.C. & Feio R.N. (2007). *Rana catesbeiana*. Natural History Notes. *Herpetological Review*, 26 : 133 - 134.

- Sinsch U. (1991). The orientation behaviour of amphibians. *Journal of Herpetology*, 1 : 541-544.
- Soro N. (2020). Diversité comparée des amphibiens anoures de deux zones marécageuses du littoral ivoirien (Parc National d'Azagny et Forêt des Marais de la Tanoé -Ehy). Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 187 p.
- Soulé M.E. (1987). Variable population for conservation. Cambridge University Press, New York, 189 p.
- Souley F. (2005). Contribution à l'étude d'ethnotoxicologique d'un gecko communément appelé salamandre : le genre *Hemidactylus*. Légende, mythe ou réalité ? Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako (République du Mali), 146p.
- StatSoft (2005). Cours sur l'utilisation des plans d'expériences dans la recherche, le développement et la production. Statoo consulting, Lausanne, Suisse, 4 p.
- Stuart S.N., Chanson J.S., Cox N.A., Young B.E., Rodrigues A.S.L., Fischman D.L. & Waller R. W. (2004). Status and trends of amphibians declines and extinctions worldwide. *Science*, 306 (5702) : 1783-1786.
- Smith R. (2003). Les vertébrés terrestres de l'Oligocène inférieur de Belgique (Formation de Borgloon, MP 21) : inventaire et interprétation des données actuelles. *Coloquios de Paleontología*, 1 : 647-657.
- Tahani B.A. (2019). Etude de l'efficacité d'un antiparasitaire de type ivermectine (Baymec) sur les parasites digestifs des ovins et des caprins au niveau de la station de l'ITDAS Biskra, mémoire de Master de l'Université de Biskra (Algérie), 74 p.
- Taylor E.H. (1968). The caecilians of the world. A taxonomic review. Univ.Kansas Press, Lawrence, 848 p.
- Ter Braak C.J.F. & Smilauer P. (2002). CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows user's guide : Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York, 351 p.
- 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 & Nature*, 5(1) : 71-79.
- Tohé B., Kouamé N.G., Assemian N.E., Gourène G. (2015a). The Puddle Frog *Phrynobatrachus latifrons* Ahl 1924 diet in the fish farm of the Banco National Park (Ivory Coast). *Asian Journal of Biological and Medical Sciences*, 1(2) : 14-22.
- Tohé B., Kouamé N.G., Assemian N.E., Gourène G. (2015b). Diet of two sympatric rocket frogs (Amphibia, Anura, Ptychadenidae : Ptychadena) in the disturbed parts of a West African

- Rainforest. *International Journal of Innovative Sciences, Engineering & Technology*, 2(10): 444-459.
- Tomassone R., Dervin C. & Masson J.P. (1993). *Biométrie : Modélisation des phénomènes biologiques*. Masson, Paris, 553 p.
- Trape S., Mediannikov O. & Trape J.F. (2012). When colour patterns reflect phylogeography New species of *Dasypeltis* (Serpentes : Colubridae : Boigini) from West Africa. *Comptes Rendus Biologies*, 335 : 488-501.
- Travis J., Ryan T.J., Philippi T., Leiden Y.A., Dorcas M.E., Wigley T.B. & Gibbon J.W. (2002). Monitoring herpetofauna in a managed forest landscape : effects of habitat types and census techniques. *Forest Ecology and Management*, 167 : 83-90.
- Trouilhé M-C. (2006). Etude biotique et abiotique de l'habitat préférentiel de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) dans l'ouest de la France. Implication pour sa gestion et sa conservation. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées, Université de Poitiers (France), 260 p.
- UICN (2022). La liste rouge mondiale des espèces menacées (version 2022.1)
- Ulmer M.J & James H.A. (1976). Studies on the helminth fauna of Iowa II. Cestodes of amphibians. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 43(2) : 191- 200.
- Vallan D. (2000). Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature of Ambohitantely highland Madagascar. *Biological Conservation*, 96 : 31-43.
- Valtonen E.T., Holmes J.C. & Koskivaara M. (1997). Eutrophication, pollution and fragmentation : effects on parasites communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in central Finland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54 : 572-585.
- Vega M., Pardo R., Barrado E. & Debán L. (1998). Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, 32 : 3581-3592.
- Voyles J., Rosenblum E.B. & Berger L. (2011). Interactions between *Batrachochytrium dendrobatidis* and its amphibian hosts : a review of pathogenesis and immunity. *Microbes and infection*, 13 : 25-32.
- Wasson J. B., Chandresris A., Pella H., Blanc L., Villeneuve B. & Mengin N. (2002). Déterminations des valeurs de référence de l'I.B.G.N. et propositions des valeurs limites du « Bon Etat ». Document de travail. CEMAGREF Groupement de Lyon, 82 p.
- Werner E.E. & Glennemeier K.S. (1999). Influence of forest canopy cover on the breeding pond distributions of several amphibians species. *Copeia*, 1 : 1-12.

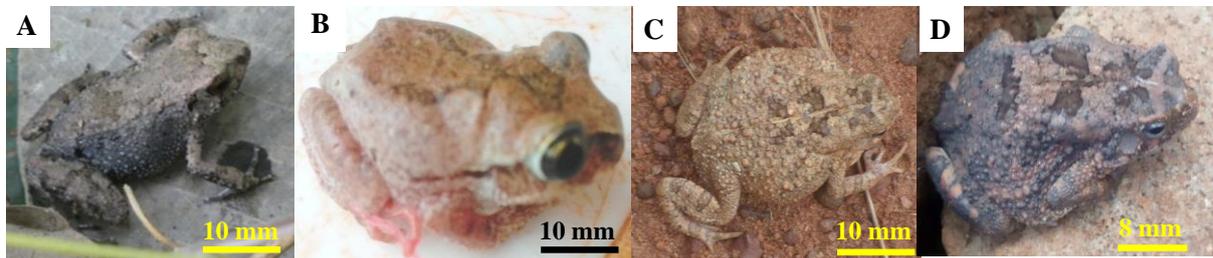
- Wells K.D. (1977). The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour*, 25 : 666-693.
- Wells K.D. (2007). The ecology and behavior of amphibians. The University of Chicago Press, 1148 p.
- Whiles M.R., Lips K.R., Pringle C.M., Kilham S.S., Bixby R.J., Brenes R., Connelly S., Colon Gaud J.C., Hunte-Brown M. & Huryn A.D. (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.
- Whitfield S.M., Bell K.E., Philippi T., Sasa M., Bolanos F., Chaves G., Savage J.M. & Donnelly M.A. (2007). Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 104 : 8352-8356.
- Williamson M. (1981). Island populations. Oxford University Press, Oxford, 286 p.
- Williams H. H., MJeKenzie K. & McCarthy A. M. (1992). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2 : 144-176.
- Wilson E. O. (1988). Biodiversidad. *National Academy Press*, Washington, 14 : 17-28.
- Wright K.M. (2006). Overview of amphibian medicine. *Reptile medicine and surgery*, 2 ; 941-971.
- 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.
- Yao A.B., Goula B.T.A., Kouadio Z.A., Kouakou K.E., Kané A., Sambou S. (2012). Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide : cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologiques*, 19 : 136 -1570.
- Yera H., Poirier P. & Dupouy-Camet J. (2015). Classification et mode de transmission des parasites. *EMC-Maladies infectieuses*, 12(3) : 1-12.
- Yode G.M. (2017). Urbanisation et dégradation de l'environnement : le cas de Daloa, 40 p
- Zady E.Z. (2020). Impacts sanitaires et environnementaux de l'exploitation des bas-fonds dans le District de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 22(4) : 489-501.
- Zar J. H. (1999). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 662 p.
- Zug G.R., Vitt L.J. & Caldwell J.P. (2001). Herpetology : an introductory biology of amphibians and reptiles, 2nd edition, Academic Press, London, 644 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Caractéristiques et position géographique des différents transects établis dans zone d'étude.

Sites	Transects	Localisation du transect	Position géographique		Couvert végétal	Type d'habitat	Plan d'eau	Pression Humaine
Bas-fonds urbains	T1	Bas-fond Kalhil	006°54'13.72''N 006°27'29.87''W	006°54'10.85''N 006°27'31.47''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T2	Bas-fond Lobia Extension	006°54'13.06''N 006°27'18.27''W	006°54'14.21''N 006°27'21.49''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T4	Bas-fond Etat Major gauche	006°53'38.26''N 006°25'32.53''W	006°53'36.35''N 006°25'29.84''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T5	Bas-fond Etat Major droite	006°53'41.84''N 006°25'35.44''W	006°53'41.81''N 006°25'38.68''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T6	Bas-fond corridor route de Man droite	006°52'41.51''N 006°28'54.83''W	006°52'40.27''N 006°28'57.72''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T7	Bas-fond corridor route de Man gauche	006°52'38.51''N 006°28'55.88''W	006°52'37.71''N 006°28'59.10''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T10	Bas-fond corridor route d'Issia	006°50'53.95''N 006°26'49.34''W	006°50'55.21''N 006°26'52.39''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Importante
	T3	Bas-fond Toroguhe	006°51'27.99''N 006°28'12.53''W	006°57'2.91''N 006°57'2.91''N	herbacé	Humide	Ruisseau	Moyenne
	T8	Bas-fond Zakoua	006°49'33.53''N 006°26'59.41''W	006°49'31.13''N 006°26'59.99''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Moyenne
	T9	Bas-fond Orly3	006°51'27.99''N 006°28'12.53''W	006°51'26.84''N 006°28'9.38''W	herbacé	Humide	Ruisseau	Moyenne
Forêts périurbaines	T11	Forêt Toroguhe	006°57'3.78''N 006°27'55.01''W	006°57'2.91''N 006°27'51.67''W	boisé	Sec	Néant	Moyenne
	T12	Forêt Zakoua	006°49'1.84''N 006°27'2.02''W	006°48'53.37''N 006°27'2.40''W	boisé	Sec	Néant	Moyenne
	T13	Forêt Sapia	006°53'17.34''N 006°24'22.62''W	006°53'14.17''N 006°24'21.83''W	boisé	Sec	Néant	Faible
	T14	Forêt Bribouo	006°52'25.85''N 006°30'41.17''W	006°52'27.65''N 006°30'44.40''W	boisé	Sec	Néant	Faible

Annexe 2 : Photographies d'amphibiens anoures capturés dans les bas-fonds et forêts périurbaines de Daloa.



Famille des Arthroleptidae. (A) : *Arthroleptis Poecilonotus*, (B) : *Leptopelis viridis*; famille des Bufonidae. (C) : *Sclerophrys maculata*, (D) : *Sclerophrys regularis*.



Famille des Phrynobatrachitidae. (E) : *Phrynobatrachus tokba* ; (F) : *Phrynobatrachus latifrons* ; (G) : *Phrynobatrachus* sp.

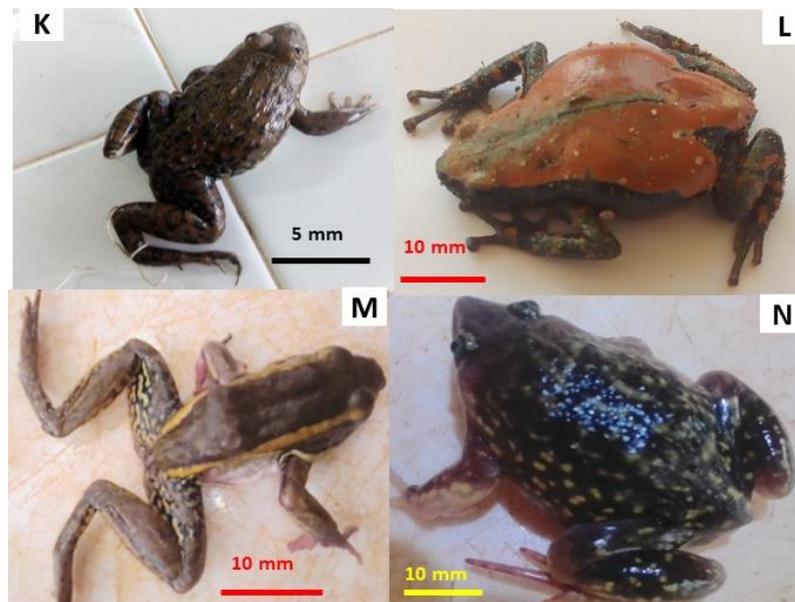


Famille des Ptychadenidae. (H) : *Ptychadena oxyrhynchus* ; (I) : *Ptychadena mascareniensis* ; (J) : *Ptychadena longirostris*

Annexe 2 (Suite) : Photographies d'amphibiens anoures capturés dans les bas-fonds et forêts périurbaines de Daloa.

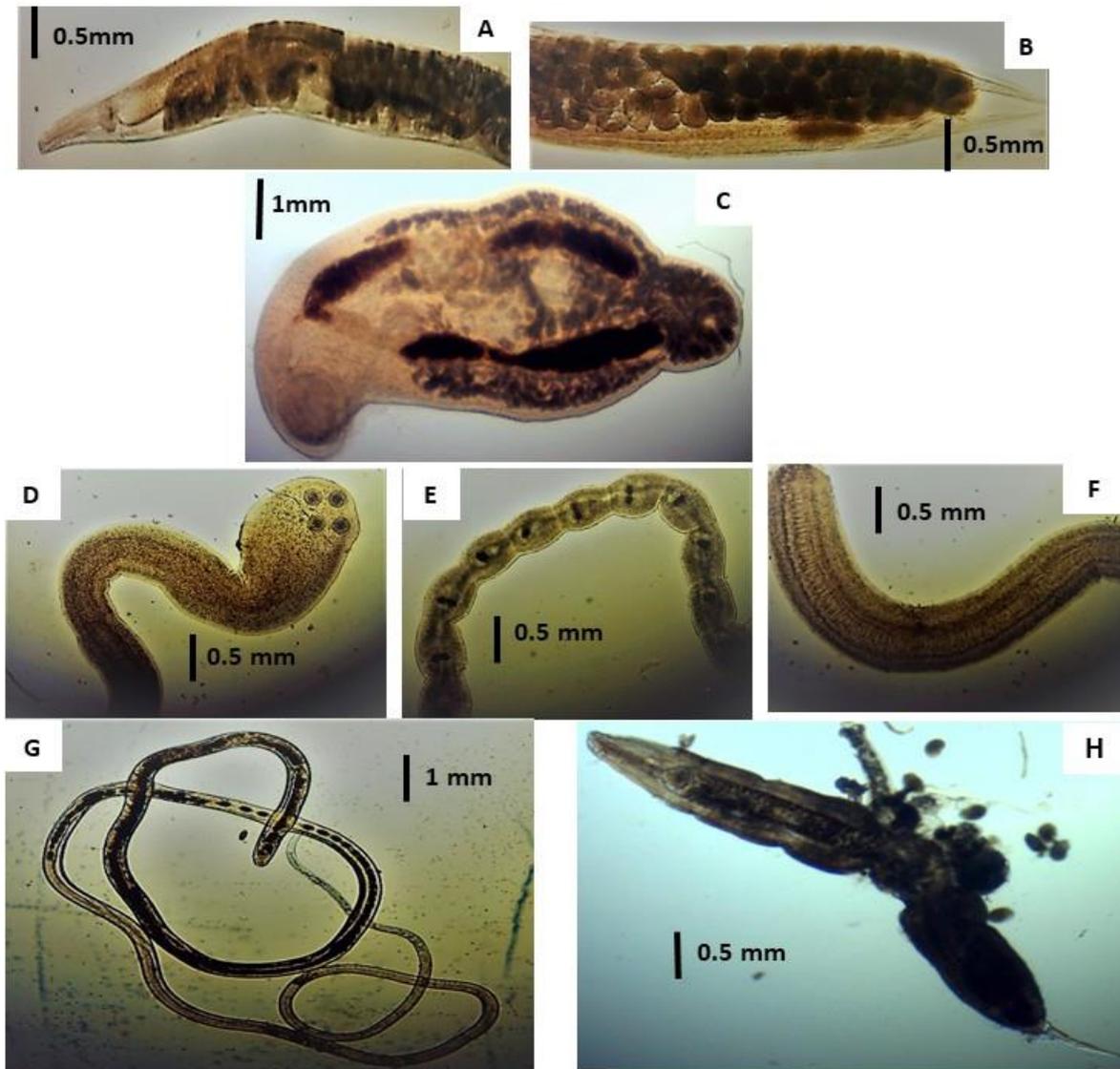


Famille des Hyperoliidae. (L) : *Hyperolius fusciventris* ; (M) : *Hyperolius guttulatus* ; (N) : *Hyperolius concolor*



Famille des Dicroglossidae (K) : *Hoplobatrachus occipitalis* ; Famille des Microhylidae (L) : *Phrynomantis microps* ; Famille des Ranidae (M) : *Amnirana galamensis* ; Famille des Hemisotidae (N) : *Hemisus marmoratus*

Annexe 3 : Photographies d'helminthes parasites extraits du tube digestif et des glandes digestives des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* échantillonnés dans les bas-fonds et les forêts périurbaines de Daloa



Moitiés supérieure (A) et postérieure (B) de *Rhabdias bufonis* ; (C) : *Haplometroides eburnense* ; (D) : Tête, (E) : Tronc et (F) : Queue de *Proteocephalus* sp ; (G) : *Capillaria* sp ; (H) : *Cosmocerca ornata*.

Annexe 4 : Photographies d'activités anthropiques exercées dans la zone d'étude



Bas-fond d'Orly 3 apprêté pour le semis
De riz



Culture maraîchère réalisée au niveau du
bas-fond du corridor route d'Issia



Feu de brousse au niveau de la forêt de Toroguhé



Bas-fond Etat-major rive droite en
période de semis du riz



Exploitation de bois dans la forêt de Toroguhé



Dépôt d'ordures dans le bas-fond urbain
de Lobia

Annexe 5 : Photographies de quelques sites d'échantillonnage



Bas-fond de Lobia en saison pluvieuse



Bas-fond de Zakoua en saison sèche



Bas-fond Etat major rive gauche : étang pour la riziculture irriguée



Bas-fond de Toroguhé contigu à la forêt



Comptage des végétaux ligneux (Forêt de Sapia)

PUBLICATIONS ISSUES DE LA THÈSE

- Goly N'Guessan Simplicie, Assemian N'Guessan Emmanuel and Oungbe Kary Venance, 2022. Factors favouring Helminths parasites prevalence in *Ptychadena mascareniensis* from wetland and forests of urban and peri-urban areas of Daloa department (Ivory Coast, West Africa). *International Journal of Advanced Research (IJAR)*, 10(5) : 37-45.
- N'Guessan Simplicie Goly, N'Guessan Emmanuel Assemian & Atta Léonard Kouadio, 2022. Spatial and seasonal dynamics of amphibians from shallows and forests in urban and Peri-urban areas of Daloa (Ivory Coast, West Africa). *Biological and Pharmaceutical Sciences*, 21(3): 126-133.



Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/xxx

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/xxx>



RESEARCH ARTICLE

FACTORS FAVOURING HELMINTHS PARASITES PREVALENCE IN PTYCHADENA MASCARENIENSIS FROM WETLAND AND FORESTS OF URBAN AND PERI-URBAN AREAS OF DALOA DEPARTMENT (IVORY COAST, WEST AFRICA).

Goly N'Guessan Simplicie¹, Assemian N'Guessan Emmanuel¹ and Oungbe Kary Venance²

1. Laboratory of Biology and Tropical Ecology, UFR-Environment, Jean Lorougnon Guédé University, B.P. 150 Daloa, Ivory Coast.
2. Laboratory of Hydrobiology and Water Ecotoxicology, UFR-Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, 22 BP 582 Abidjan 22, Ivory Coast.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 05 March 2022

Final Accepted: 08 April 2022

Published: May 2022

Key words: -

Helminths Parasites, Prevalence, *Ptychadena Mascareniensis*, Shallows, Forest

Abstract

The period from November 2018 to June 2020 was marked by the sampling of amphibians in wetlands and forests of the urban and peri-urban areas of Daloa department. Three types of habitats were explored: urban shallows; peri-urban shallows and peri-urbanizing forests. *Ptychadena mascareniensis* was the only one amphibian species found to be constant at the 14 sampling sites of the study area. It was therefore used to evaluate parasitic infections of amphibians in the study sites. Thus, 381 specimens of *Ptychadena mascareniensis* were examined and 124 were infected by helminths parasites. A total of 5 helminths species belonging to 3 classes were identified: three nematodes species: *Rhabdias bufonis*; *Cosmocerca ornata* and *Capillaria* sp.; one trematode: *Haplometroides eburnense*; one cestode: *Proteocephalus* sp. Globally, prevalence of helminths parasites in the study area was 32.54%. In urban shallows, peri-urban shallows and peri-urban forests; parasites prevalence was 36.08%, 34.09% and 17.46% respectively. There was a significant difference between the prevalence in shallows and forest area (Kruskal-Wallis and Mann-Whitney test; $p < 0.05$). In addition, parasites prevalence was favoured by two factors. They were firstly parameters with a strong positive correlation with parasites prevalence like soil cover by grasses, human pressure and water pH. Secondly parameters with a strong negative correlation with prevalence: air temperature, canopy, litter cover, number of woody plants and relative air humidity.

Copy Right, IJAR, 2022., All rights reserved.

Introduction: -

Biodiversity is variability of living organisms from all sources (Wilson, 1988). It is undergoing a drastic loss through the world. Concerning amphibians, out of 8337 species, more than 43% are in decline (Amphibia Web, 2021). Forest ecosystems degradation represents an important cause of biodiversity reduction (FAO, 1997). It's not without consequences: emergence of parasitic diseases in humans and wildlife is linked at the alteration of ecosystems and the evolution of relationships between hosts and pathogenic parasites. This phenomenon is accentuated by anthropic pression on lands used to agricultural activities (use of pesticides), climate change and

Corresponding Author: - Goly N'Guessan Simplicie

Address: - Laboratory of Biology and Tropical Ecology, UFR-Environment, Jean Lorougnon Guédé University, B.P. 150 Daloa, Ivory Coast.

pollutions (Blaustein & Kiesecker, 2002; Corn, 2005; McKenzie, 2007; Rohr et al., 2008 a, b; Aisien et al., 2011). According to Bray et al. (2007), agricultural crops carried out in wetlands led to a high prevalence of parasites and a high rate of infections. In Ivory Coast, after independence period, the option of development through agriculture has resulted in the loss of most of its forest resources within three decades. In fact, the forest areas of this country decreased from 7.85 million hectares in 1986 to 5.09 million hectares in 2000, then to 3.6 million hectares in 2015 (SER-REDD + & FAO, 2017). Daloa is a town in the West-central of Ivory Coast. It belongs to the forest block of Upper Guinea. This forest contains an important colony of species of animals and vegetables (Brooks et al., 2001, Wieringga & Poorter, 2004). This forest contains also shallows usage for agriculture in tropical areas. Alongside agricultural activities, urbanization and other human activities is a factor in the degradation of forest ecosystems in large cities, particularly that of Daloa. In sum, we meet two important types of habitats that constitute refuges for amphibians: shallows; very exploited for market gardening and ricefield. There are also; fragments of forests located at the periphery. Therefore, for the sustainable management of terrestrial and aquatic ecosystems, regular evaluations of their ecological health status are necessary. Many biological communities are used as indicators of the level of conservation or an environment degradation. Amphibians, because of their high sensitivity to modifications in environmental conditions, are excellent indicators of the biotic integrity of ecosystems (Hillers et al., 2008). In addition, amphibians are hosts for a diversity of parasites (Prudhoe & Bray, 1982). However; studies relating to the parasitology of amphibians in Ivory Coast are insufficient (Maeder, 1969; Maeder, 1973; Oungbé et al., 2019a; Assemian, et al. 2016; Oungbé et al., 2019b; Oungbé, 2021). The only study carried out on *Ptychadena mascareniensis* in Daloa (Central-west of Ivory Coast) is this of Assemian et al. (2016) in four ricefield shallows of Daloa city. But this study only took into account Daloa city wetland. It did not take into account peri-urban areas. This present study aims to determine the environmental factors favoring the prevalence of helminths parasites in *Ptychadena mascareniensis* from shallows and forests in urban and peri-urban areas of Daloa department.

Materials And Methods: -

Study area

This study has been carried out in the West-central of Ivory Coast; precisely in shallows and forests of urban and peri-urban areas of Daloa. The study area is located between 6°30' and 7°00' North latitude and between 6°00' and 6°30' West longitude (Alla, 1991).

Fourteen sampling sites were prospected. These are shallows that are used for market gardening and rice cultivation. The forests were secondary forests. These sites have been grouped into three types of ecosystems: S1: urban shallows; S2: peri-urban shallows and S3: peri-urban forests (Figure 1).

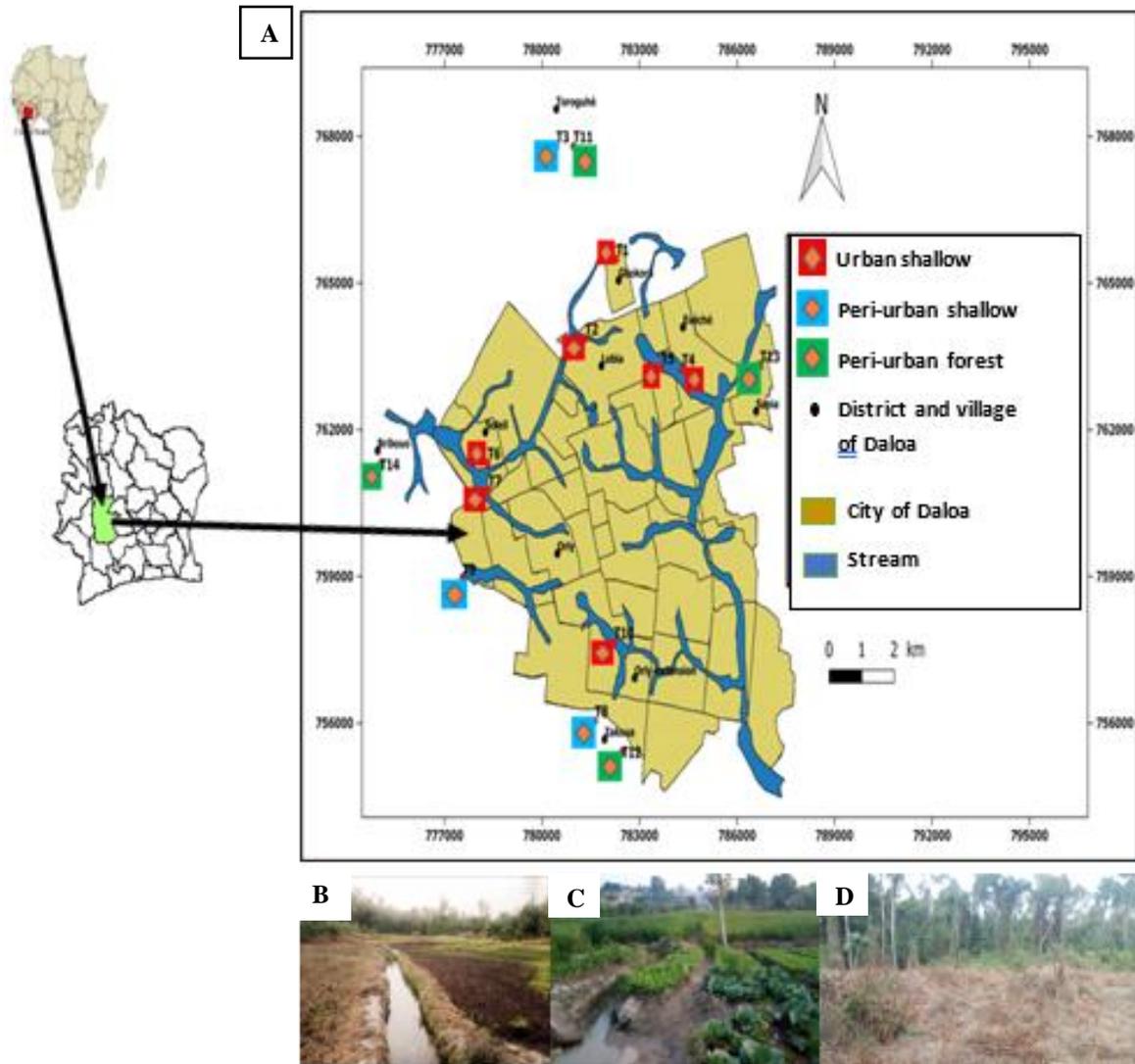


Figure 1: - Study area location (A) and Overview sampling sites: peri-urban shallow of Toroguhe (B) urban shallow of Lobia (C) and peri-urban forest of Sapia (D).

Measure of environment parameters

Measure of temperature and relative humidity of air in our study area was done by a thermo-hygrometer. A multiparameter was used to read pH and water temperature ($T^{\circ}\text{C}_{\text{water}}$). Other environmental parameters like canopy (Canop %), ground cover by herbaceous plants (CoShe %), ground cover by litter (CoSLi %) and human pression (HP %) were estimated according to Rödel et al. (2004) and Asseman (2009) methods. Number of woody plants was obtained by counting the plants.

Amphibians sampling and parasites extraction

Amphibians sampling was realized according to standard techniques of Heyer et al. (1994); Rödel & Ernst (2004). This activity lasted 12 months. It was consisted of applying acoustic and visual surveys. There was also the capture of specimens met during habitats exploration.

Then, captured specimens were identified using the determination keys of Rödel (2000), Frost (2016), Frétey et al. (2011). *Ptychadena mascareniensis* is the only specie sampled over all sites of our study area. His specimens were first measured and weighed. They were then sacrificed for parasitic investigation. The remaining species were stored in 70% ethyl alcohol. Using a pair of scissors, an incision along the medial-ventral line (from muzzle to anus) allowed to remove the digestive tract and its appendages. These are: the esophagus, stomach, lungs, liver, gall

bladder, bladder and small intestine. Each organ was put in a petri dish and was opened longitudinally. The internal cavity was rinsed with water. Water collected was examined with a binocular magnifying glass.

After observation, parasites were photographed using a camera microscope. The captured image was used to identify the parasite. Parasites identified were transferred to boxes then fixed and stored in 70% ethyl alcohol. The references (host number, host capture site, date of harvest, and location of the parasite in the host) were noted on each box.

Parasite index

Parasite index used in this study is the prevalence rate (P) proposed by Anderson (1993) and by Blahoua et al. (2015). Prevalence (P) is the ratio between the number of hosts infested (ni) by a species of parasite and the number of hosts examined (N). It is defined as the percentage :

$$P = (ni / N) \times 100$$

Statistical analysis

Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were used to compare parasite prevalence of sampling sites. The correlation test was also used to characterize the link which exists between two parameters (A) and (B) of environment. The correlation coefficient (r) quantifies the importance and the link that could exist between these two parameters. Indeed when :

$r > 0.5$: high positive correlation between A and B (progress in the same direction);

$r > - 0.5$: high negative correlation between A and B (change in the opposite direction);

$r < 0.5$: low positive correlation between A and B (regression in the same direction);

$r < - 0.5$: low negative correlation between A and B (regression in opposite direction);

$r = 0$: The two parameters A and B are independent;

$r = 1$, the slope of the line is increasing

These tests were realized with Statistica 7.1 software.

Results:-

The amphibian host

In this study, specimen of *Ptychadena mascareniensis* (Ptychadenidae) from Daloa shallows and forests were amphibian host. Males measured reached 43-57 mm SVL and females reached 42-59 mm SVL. Their belly varied from white to yellow with sometimes black speckles at the throat. Males have pair of lateral gray vocal sacs in superior position. Pedious webs are extended: presence of three distinct pairs of dorsal folds; presence of dark task on the shoulder (Figure 2).



Figure 2: - Adult male *Ptychadena mascareniensis* from Daloa area (Photo by Goly,2021).

Analysis of environmental parameters and parasite prevalence at study sites

Table1 shows that parameters such as canopy (canopy %) and number of woody plants (N) are almost inexistent in shallows (S1 and S2). No streams were encountered in the peri-urban forests (S3), so water pH and temperature (T°Cwater) are not considered. In addition, litter cover (CSoLi %) is low in shallows and almost average in forests. Herbaceous cover (CSoHe %) is abundant in the shallows and low in the forests. Human pressure (HP %) is high in urban areas (S1) and lower in peri-urban areas (S2 and S3), temperature of air (T °C air) is around 29 °C and relative humidity of air (Hum %) is high (around 72%) at all the study area. Finally, the mean parasite prevalence is higher in urban areas than in peri-urban areas and higher in shallows than in forests.

Table 1: - Mean values of parasite prevalence and environmental parameters.

Sites	Habitats	T°C air	Canopy (%)	CSoLi (%)	CSoHe (%)	N	Hum (%)	HP (%)	pH of water	T °C water	Prévalence (%)
S1	wet	29.43	0	8	56	1	71	80	6.85	25.56	36.08
		29.38	0	3	64	0	72	70	6.78	25.41	
		29.15	0	15	80	0	71	50	6.54	25.59	
		29.22	0	4	76	0	71	60	6.68	25.28	
		29.23	0	4	75	1	71	60	6.81	25.21	
		29.8	0	8	56	0	71	60	6.66	25.34	
		28.9	0	23	56	1	76	63	6.92	25.34	
S2	wet	29.48	0	23	50	0	73	70	6.52	25.52	34.09
		29.27	0	21	56	1	71	48	6.39	25.25	
		30.16	0	11	44	2	74	58	6.67	25.33	
S3	dry	29.51	50	28	48	10	74	41	-	-	17.46
		29.97	69	41	40	2	74	44	-	-	
		29.35	56	55	34	5	72	41	-	-	
		29.85	50	53	36	9	74	33	-	-	

T°C air: Temperature of air; CSoLi (%): Soil cover by litter; CSoHe (%): Soil cover by herbaceous plants; N: Number of woody plants; Hum (%): Relative humidity of air; HP (%): Human pression; T°C water: Temperature of water.

Spatial distribution of *Ptychadena mascareniensis* specimens collected and their infestation rate at study sites.

During this study, 381 specimens of *Ptychadena mascareniensis* (urban shallows = 230 specimens, peri-urban shallows = 88 specimens, peri-urban forests = 63 specimens) were collected and dissected. 124 were infected with helminth parasites. In urban shallows (S1), 230 specimens were dissected and 83 were parasitized; in peri-urban shallows (S2), 88 specimens were dissected and 30 were parasitized; in peri-urban forest (S3); 63 specimens were dissected and 11 were parasitized. In all the study area; the prevalence of endoparasites in *Ptychadena mascareniensis* specimens was 32.54%. Prevalence of specimens from urban shallows was 36.08%; that from peri-urban shallows was 34.09% and that of peri-urban forests was 17.46%. There was a significant difference between prevalences in shallows and that of forests (Mann-Whitney test; $P < 0.05$).

Inventory and prevalence of helminths parasites collected from specimens of *Ptychadena mascareniensis*.

Dissection of specimens revealed 5 helminths parasites species divided into 3 classes (nematodes, trematodes and cestodes). Three nematodes species were identified: *Rhabdias bufonis*, *Cosmocerca ornata* and *Capillaria* sp. One trematode was found in alimentary canal: *Haplometroides eburnense* and one cestode *Proteocephalus* sp. was identified (Figure 3). In the study area, the prevalence of nematodes was 27.03%; that of trematodes was 4.72% and finally cestodes prevalence was 0.78%. In all the study sites, the prevalence of nematodes is higher (27.03%) than that of trematodes (4.72%). Trematodes had higher prevalence than cestodes (0.78%) (Table 2)

Table 2: - Distribution of *Ptychadena mascareniensis* specimens and prevalence of helminths parasites.

	Urban shallows (S1)	Peri-urban shallows (S2)	Peri-urban forests (S3)	Total
Number of <i>Ptychadena mascareniensis</i> specimens dissected	230	88	63	381
Total Number of parasitized specimens	83	30	11	124
Number of specimens parasitized by <i>Rhabdias bufonis</i>	62	24	10	96
Number of specimens parasitized by <i>Cosmocerca ornata</i>	5	1	0	6
Number of specimens parasitized by <i>Capillaria</i> sp	1	0	0	1

Number of specimens parasitized by <i>Haplometroides eburnense</i>	13	4	1	18
Number of specimens parasitized by <i>Proteocephalus</i> sp	2	1	0	3
Overall parasites prevalence (%)	36,08	34,09	17,46	32,54
Prevalence of <i>Rhabdias bufonis</i> (%)	26,96	27,27	15,87	27,03
Prevalence of <i>Cosmocerca ornata</i> (%)	2,17	1,14	0	
Prevalence of <i>Capillaria</i> sp (%)	0,43	0	0	
Prevalence of <i>Haplometroides eburnense</i> (%)	5,65	4,54	1,59	4,72
Prevalence of <i>Proteocephalus</i> sp (%)	0,87	1,14	0	0,78

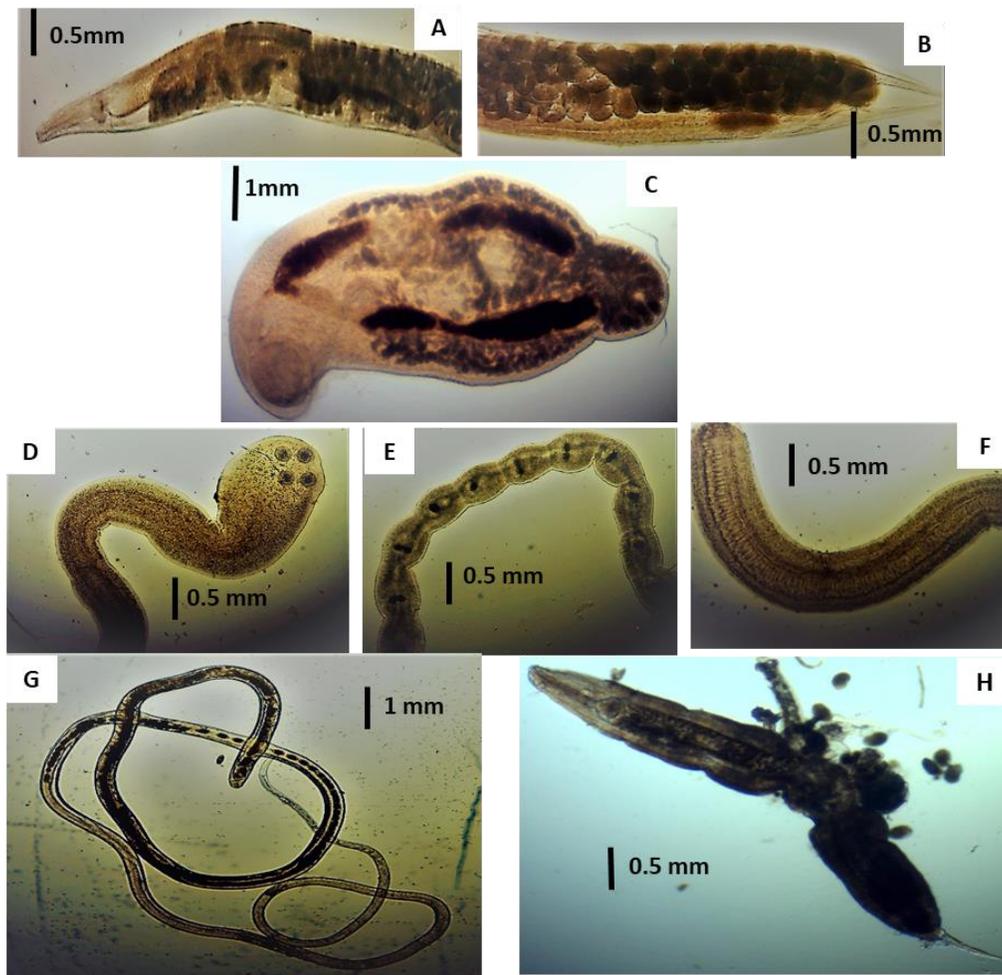


Figure 3: - Helminths parasites from digestive tract and appendages of *Ptychadena mascareniensis* from shallows and forests of Daloa urban and peri-urban areas.

A: Top half and B: back half of *Rhabdias bufonis*; C: *Haplometroides eburnense*; D: head; E: trunk and F: tail of *Proteocephalus* sp; G: *Capillaria* sp; H: *Cosmocerca ornata*.

Correlation between parasite prevalence and parameters of the environment.

In the study environment, there is a high positive correlation between parasite prevalence and parameters such as the ground cover by herbaceous plants (CSoHe%); human pressure (HP%) and water pH. However, water temperature ($T^{\circ}\text{C}_{\text{water}}$) is not high but only positive correlation with prevalence (Table3). In addition, there is high negative

correlation between parasite prevalence and temperature of air ($T^{\circ}\text{Cair}$); canopy (canopy%); Ground cover with litter (CSoLi%); number of woody plants (N) and relative humidity of air (Hum%) (Table3).

Table 3: - Correlation coefficients between parasite prevalence and parameters of study area.

Correlation coefficients between parasite prevalence and parameters of the study area	Parameters of the study area
- 0.66	Air temperature ($T^{\circ}\text{Cair}$)
- 0.99	Canopy (%)
- 0.98	Ground cover with litter (CSoLi%)
0.85	Ground cover by herbaceous plants (CSoHe%)
- 0.99	Number of woody plants (N)
- 0.91	Relative humidity of air (Hum%)
0.99	Human pression (HP%)
0.65	Water pH
0.08	Water temperature ($T^{\circ}\text{Cwater}$)

Discussion:

During this study, we dissected 381 specimens of *Ptychadena mascareniensis*. Among these specimens, 124 were parasitized by helminths i.e. a prevalence of 32.54% in study areas. Prevalence of helminths parasites was 36.08% on the urban shallows. Peri-urban shallows and peri-urban forests were respectively 34.09% e 17.46%. Compared to the results of Oungbe work (2021), our results (focused on a single taxon) show a high parasitic infestation in the study area. Indeed, for the author, the examination of 28 amphibian taxa revealed an overall parasite prevalence of 63.63% in three agro-industrial zones in the southeast of Ivory Coast.

Infestation rate of *Ptychadena mascareniensis* specimens was higher in shallows than in forests sites. Similar results were found by Fournet et al. (2002). These authors having worked on urinary schistosomes of Daloa (Ivory Coast), revealed a prevalence more important among rice farmers working in the shallows. In addition, this study revealed the presence of three classes of parasites in Daloa city wetland. These helminths were nematode, trematode and cestode parasites. Assemian et al (2016) have done similar work in Daloa urban ricefields. They revealed presence of nematode, trematode and acanthocephale classes in *Ptychadena mascareniensis* population. Indeed, contrary to Assemian et al (2016), our results indicate the absence of Acanthocephalans. This would be due to the disappearance of this class of parasite in the study area. This view is in line with the results of the work of Hadrien (2020). According to this author, Acanthocephalans depend on several viable host communities in the ecosystem. They are therefore more sensitive to changes in their environment. Thus, the slightest impact on one of their hosts would compromise their entire life cycle.

Two environmental conditions were favorable to the parasite prevalence in our study area:

-Parameters with a high positive correlation with the prevalence. It was about: ground cover by herbaceous plants; human pression and water pH.

-Parameters with a high negative correlation with the prevalence. These parameters were: temperature of air; canopy; Ground cover with litter; number of woody plants and relative humidity of air.

These declarations corroborate the OMS (1982) point of view. Indeed, speaking of the prevalence of parasites in humans, the OMS asserted that the global prevalence and intensity of human intestinal protozoan and helminth infestations showed considerable variations in distribution and seasonal occurrence due to geographic; climatic factors and human activities (changes in the environment; improvement of sanitation etc...). The same observation was made by Sahibi and Rhalem (2007). These authors have shown that several factors influenced the survival and development of ticks (ectoparasites), in particular the temperature of ambient environment, the wind, the relative humidity of air and the vegetable cover. Another similar opinion was given by Hulme (2017). According to this latter, the development of a direct transmission parasite depends on the characteristics of the environment like temperature, relative humidity of air, pH, quality of microbiota and pollution.

In addition, our work revealed that the pH of the various streams existing in the shallows was close to neutrality (oscillated between 6,39 and 6,85). This result is in agreement with those of EL GUAMRI et al (2007): their results also revealed that wastewater with a substantially neutral pH favored a high concentration of helminth eggs.

Conclusion:

Prevalence of endoparasites from our study area was 32,54%. The collection sites presented these following prevalences: urban shallows: 36,08%; peri-urban shallows: 34,09% and peri-urban forests: 17,46%. Our results revealed the presence of nematode parasites; trematode parasites and cestode parasites in the study area. *Rhabdias bufonis* having parasitized more specimens (26,96%).

Two types of environmental factors favored the prevalence of endoparasites in *Ptychadena mascareniensis*:

- Parameters with a high positive correlation with the prevalence: ground cover by herbaceous plants; human pressure and pH water .
- Parameters with a high negative correlation with the prevalence: temperature of air; canopy; ground cover with litter; number of woody plants and relative humidity of air.

Références:

1. **Aisien M.S.O., Nago S.G.A. & Rödel M.-O. (2011).** Parasitic Infections of Amphibians in the Pendjari Biosphere Reserve, Benin. *African Zoology*, 46(2): 340-349.
2. **Alla D.A. (1991).** Dynamisme de l'espace péri-urbain de Daloa, étude Géographique. Thèse de Doctorat de troisième cycle de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 318 p.
3. **Amphibia Web (2021).** Information on amphibian biology and conservation. Berkeley, California, <http://www.amphibiaweb.org> (last accessed at 8 december 2021)
4. **Anderson R.M. (1993).** Epidemiology. In: *Modern Parasitology, A Textbook of Parasitology*, (ed.) F.E.G. Cox., Blackwell Scientific, London. pp. 75–116.
5. **Assemian N.E., Bony K.Y., Konan K.F., Aliko N.G. & Oussou K.H. (2016).** Helminth infection pattern of *Ptychadena mascareniensis* from Daloa city (Ivory Coast) with respect to frog' age and sex. *International journal of information research and review*, 3 (1): 1717-1721.
6. **Blahoua K.G., Yao S.S., Etilé R.N. & N'Douba V. (2015).** Infection dynamics of four gill Monogenean species from *Tilapia zillii* Gervais, 1848 in man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(1) :12-23.
7. **Blaustein A.R. & Kiesecker J.M. (2002).** Complexity in conservation: lesson from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters*, 5: 597-608.
8. **Brooks T., Balmford A., Burgess N., Fjeldsa J., Hansen L.A., Moore J., Rahbek C. & Williams P. (2001).** Toward a blue print for conservation in Africa. *Bioscience*, 51: 613-624.
9. **Corn P.S. (2005).** Climate change and amphibians. *Animal Biodiversity and Conservation*, 28 (1): 59-67.
10. **El Guamri Y., Belghyti D., Cisse M., El Kharrim K., Sylla I., Raweh S., Barkia H., Hassouni T., & Jamber A. (2007):** Etude physico-chimique et parasitologique des eaux usées destinées à l'irrigation du périmètre péri-urbain de Fouarat (Kenitra, Maroc). *African journal online*, 19 (3): 251-261.
11. **FAO (1997).** L'état des forêts mondiales, Rome, Italie 200p. WWW.rcfa.org/french/f.issues12.html.
12. **Fournet F., N'Guessan N.A., & Cadot E. (2004).** Gestion de l'espace et schistosomose urinaire à Daloa (Côte d'Ivoire). *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 97 (1): 33-36.
13. **Frétey T., Dewynter, M. & Blanc C.P. (2011).** Amphibiens d'Afrique centrale et d'Angola. Clé de détermination illustrée des Amphibiens du Gabon et du Mbini. Biotope, Mèze (Collection Parthénope); Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 232 p.
14. **Frost D.R. (2015).** Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (15/12/2015). Electronic Database accessible at <http://Research.amnh.org/herpetology/amphibia/index/html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
15. **Frost D.R. (2016).** Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0. accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA (last accessed at 29 th january 2019).
16. **Gray M.J., Smith L.M., Miller D.L. & Bursey C.R. (2007).** Influences of agricultural land use on *Clinostomum attenuatum* metacercariae prevalence in southern great plains amphibians, U.S.A. *Herpetological Conservation and Biology*, 2 (1): 23-28.
17. **Hadrien F. (2020).** Environnement et parasites à cycle complexe: influence de facteurs biotiques et abiotiques sur la répartition des acanthocéphales et leur manipulation comportementale. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille (France), 241p.

18. **Heyer W.R., Donnelly M.A., MacDiarmid 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.
19. **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.
20. **Hulme P.E. (2017).** Climate changes and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biol Rev Camb Philos Soc* 2017 ;92 :1297-13.
21. **McKenzie V.J. (2007).** Human land use and patterns of parasitism in tropical amphibian hosts. *Biological Conservation*, 137: 102-116.
22. **OMS (1982).** Infections intestinales à protozoaires et à helminthes. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS, Genève, 100 p.
23. **Oungbe K.V. (2021).** Biodiversité des Helminthes parasites des anoures (Amphibiens) de trois zones agro-industrielles et deux parcs nationaux au Sud -Est de la Côte d'Ivoire. Thèse unique de Doctorat, Université Félix HOUPOUET – BOIGNY (Côte d'Ivoire), 212p.
24. **Prudhoe S., & Bray R. A. (1982).** Platyhelminth parasites of the Amphibia. Oxford University Press, British Museum (Natural History), London. 217 p
25. **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.
26. **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* 620:1-31.
27. **Rohr J.R., Raffel T.R., Sessions S.K. & Hudson P.J. (2008) a.** Understanding the net effects of pesticides on amphibian trematode infections. *Ecological Applications*, 18: 743-753.
28. **Sahibi H., & Rhalem A. (2007).** Tiques et maladies transmises par les tiques chez les bovins au Maroc. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA*, 151, 1-4: Tiques et maladies transmises par les tiques chez les bovins au Maroc. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA*, 151, 1-4.
29. **SER-REDD+ & FAO (2017).** Inventaire de la biomasse forestière pour l'estimation des facteurs d'émission. Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire.76p
30. **Wilson E. O. (1988).** Biodiversidad. National Academy Press, Washington, 14, 17-28.



(RESEARCH ARTICLE)



Spatial and seasonal dynamics of amphibians from shallows and forests in urban and Peri-urban areas of Daloa (Ivory Coast, West Africa)

N'Guessan Simplicie Goly*, N'Guessan Emmanuel Assemian and Atta Léonard Kouadio

Department of Biology and Tropical Ecology, Faculty of Environment, Jean Lorougnon Guédé University, B.P. 150 Daloa, Ivory Coast.

GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2022, 21(03), 126–133

Publication history: Received on 01 November 2022; revised on 10 December 2022; accepted on 13 December 2022

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2022.21.3.0468>

Abstract

The disappearance of forests and biodiversity in Côte d'Ivoire is also due to the expansion of urban areas. This expansion was carried out without any concern for the preservation or restoration of the natural resources. The Daloa area, in addition to the forest relics, contains shallows, important for agriculture. These shallows were mostly landing sites for drainage water from various horizons. To assess the conservation status of these environments, amphibians, due to their high sensitivity to changes in environmental conditions, were used to assess the biotic integrity of the ecosystems. Thus, daytime and night-time sampling were carried out in urban, peri-urban shallows and peri-urban forests. These acoustic, visual and capture samplings lasted 12 months and revealed the presence of 20 amphibian species. Nineteen species were found in urban shallows, peri-urban forests and 17 species in peri-urban shallows respectively. There was no significant difference between the species richness of the different habitats (Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$). Furthermore, in the rainy season, amphibian diversity was higher in peri-urban forests than in shallows. In addition, over the whole study area, Amphibian abundance was higher in the rainy season than in the dry season. Also, the most frequent species in this area was *Ptychadena mascareniensis*. Finally, in the rainy season, the distribution of Amphibians in peri-urban forests was more equitable than that of dry season and in other sites.

Keywords: Amphibians diversity; Shallows; Peri-urban forests; Urban; Seasons

1. Introduction

Biodiversity is being drastically lost in Africa and around the world: for example, of the 6260 species of amphibians listed worldwide, 2030 are classified as threatened with extinction [1]. The major cause of the reduction in biodiversity is the degradation of forest ecosystems [2]. In Côte d'Ivoire, following independence, the choice of development based on agriculture resulted in the loss of most of its forest resources. The disappearance of forests and biodiversity in this country is also due to the expansion of urban areas. This expansion is taking place without any concern for the preservation or restoration of the natural heritage [3]. Disappearance of forests does not spare the Daloa area. In this area, urban and peri-urban environments, in addition to the forest relics, contain important shallows for agriculture [4]. These shallows are mostly landing sites for drainage water from various horizons [5].

However, for sustainable management of the ecosystems, regular assessments of their ecological health are needed. Various biological communities are used as indicators of the state of conservation or degradation of an environment. Amphibians, due to their high sensitivity to environmental disturbances, are excellent indicators of the biotic integrity of ecosystems [6]. For these reasons, a better understanding of the diversity of Amphibians in the area is required. Very few studies on Amphibians has been carried out in the Daloa area. The only information we have concern the

* Corresponding author: N'Guessan Simplicie Goly

Department of Biology and Tropical Ecology, Faculty of Environment, Jean Lorougnon Guédé University, B.P. 150 Daloa, Ivory Coast.

adaptability of anurans in the urban area of Daloa [7]; the study of the diet [8] and endoparasite [9] of *Phrynobatrachus latifrons* and *Ptychadena mascareniensis*. The aim of the present study is to determine spatial and seasonal variations of amphibian population in the shallows and forests of urban and peri-urban areas of Daloa.

2. Material and methods

2.1. Study area

This study has been carried out in the West-central of Ivory Coast; precisely in shallows and forests of urban and peri-urban areas of Daloa. The study area is located between 6°30' and 8° North latitude and between 5° and 8° West longitude [10]. Fourteen sampling sites were prospected. These are shallows that are used for market gardening and rice cultivation. The forests were secondary forests. These sites have been grouped into three types of ecosystems: urban shallows; peri-urban shallows and peri-urban forests (Figure1).

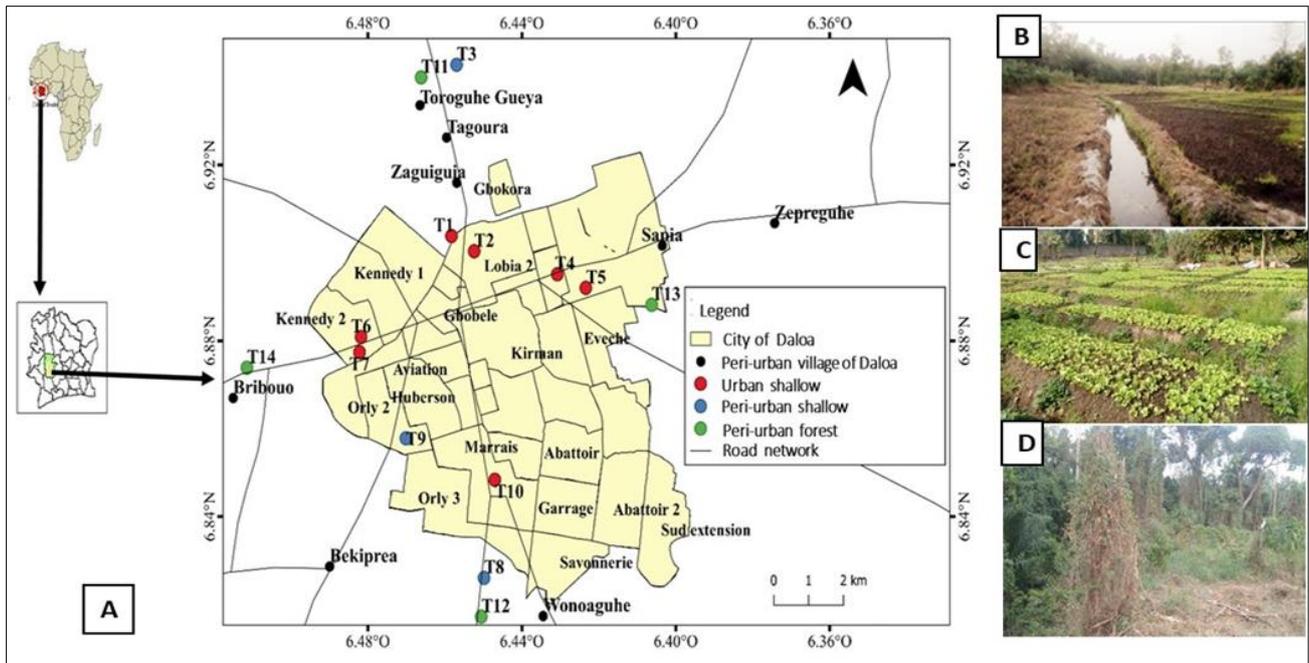


Figure 1 Study area location (A) and Overview sampling sites: peri-urban shallow of Toroguhe (B) urban shallow of Issia road (C) and peri-urban forest of Sapia (D)

2.2. Amphibians sampling

Aquatic species were captured using a dip net or a box. For nocturnal sampling, a head torch was used: the light of the torch dazzling the frog, the capture was done manually. Afterwards, the carrying of the captured live specimens was done with portable plastic aquariums. Furthermore, upon arrival at the sample processing site, the captured individuals were identified using the determination keys [11] and [12].

2.3. Data analysis

Data on the Amphibians sampled were used to compare different Amphibian populations from the sites. These were : species richness (number of species encountered), species abundance (number of individuals encountered), Shannon diversity index (H') : $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$, with $P_i = n_i/N$; i : a species from study area ; P_i : Proportion of a species i in relation to the total number of species (S) in the study environment and n_i : number of specimens for species i and N is the total number of specimens of all species in the environment. This index underlines overall diversity of Amphibians settlement. Concerning Equitability Index (E), it has made possible to study the regularity of species distribution and to compare the diversity of two settlement with different specific richness (R_s) ([13]; [14]); it varies between 0 and 1 and has the formula: $E = H' / H_{max}$ (with $H_{max} = \log_2(S)$ and S is the number of settlement species forming the stand). In addition, these data were also used to calculate the frequency of occurrence of each species. The formula is: $F (\%) = (F_i / F_t) \times 100$ (F_i : number of surveys including species i ; F_t : total number of surveys conducted). It allowed to distinguish: constant species ($F \geq 50\%$); accessory species ($25\% \leq F < 50\%$) and accidental species ($F < 25\%$). For statistical analysis,

the Kruskal-Wallis test was used to compare Amphibian populations in urban shallows, peri-urban shallows and peri-urban forests sites. This analysis was carried out using PAST software version 2.17C.

3. Results

3.1. Taxonomic composition of study area

During this study, 20 species of Anuran Amphibians were sampled in the forest and shallow sites of urban and peri-urban areas of Daloa. These species were divided into 9 families and 11 genera (Table 1).

3.2. Occurrence of Amphibians in study area

The Table 2 presents constants of occurrence (C %) of Amphibian species in the study area. These occurrence values reveal that the species *Ptychadena mascareniensis* (Figure 2A) was constant on each transect of the study area. It was followed by *Sclerophrys regularis* (Figure 2B) and *Phrynobatrachus latifrons* (Figure 2C) which were mostly constant in shallows transects. Accidental species were the most represented in the study area (their proportions vary from 40 to 84.62 %).

Table 1 Distribution of Amphibians taxa inventoried in shallows and forests transects of urban and peri-urban environments

Taxa	Urban shallows							Peri-urban shallows			Peri-urban forests			
	T1	T2	T4	T5	T6	T7	T10	T3	T8	T9	T11	T12	T13	T14
Phrynobatrachidae														
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	
<i>Phrynobatrachus sp</i>	x												X	
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	x												X	x
Bufonidae														
<i>Sclerophrys regularis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x
<i>Sclerophrys Maculata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	X	x
Ptychadenidae														
<i>Ptychadena bibroni</i>			x					x	x	x	x	x		
<i>Ptychadena Longirostris</i>		x	x					x	x		x	x	X	x
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>		x	x		x	x			x	x	x		X	x
Arthroleptidae														
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>			x		x			x		x	x	x	X	x
<i>Leptopelis viridis</i>	x	x						x	x		x	x	X	x
Dicroglossidae														
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x
Hemisotidae														
<i>Hemisis marmoratus</i>		x	x					x	x	x		x	X	

Hyperoliidae														
<i>Afrivalus dorsalis</i>	x		x	x	x	x				x		x	X	x
<i>Hyperolius concolor</i>		x	x	x		x		x				x	X	x
<i>Hyperolius fusciventris</i>				x	x	x				x			X	
<i>Hyperolius guttulatus</i>		x		x					x		x		X	
<i>Hyperolius nitidulus</i>		x	x										x	x
Microhylidae														
<i>Phrynomantis microps</i>	x	x								x				
Ranidae														
<i>Amnirana galamensis</i>									x			x	X	x
Total	10	13	13	9	8	10	5	11	11	12	11	13	18	13

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13 et T14 are transects

Table 2 Occurrence of Amphibian species from forests and shallows in urban and peri-urban areas of Daloa

	Urban shallows							Peri-urban shallows			Peri-urban forests			
	T1	T2	T4	T5	T6	T7	T10	T3	T8	T9	T11	T12	T13	T14
Phrynobatrachidae														
<i>Phrynobatrachus latifrons</i>	***	**	***	***	**	**	***	***	**	***	**	*	**	-
<i>Phrynobatrachus sp</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
<i>Phrynobatrachus tokba</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
Bufonidae														
<i>Sclerophrys regularis</i>	***	***	**	*	**	**	***	**	***	***	*	***	**	**
<i>Sclerophrys Maculata</i>	*	**	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	-	*
Ptychadenidae														
<i>Ptychadena bibroni</i>	-	-	**	-	-	-	-	*	**	*	*	*	*	-
<i>Ptychadena Longirostris</i>	-	*	*	-	-	-	-	*	**	-	*	*	**	*
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	-	*	*	-	*	*	-	-	*	*	*	-	*	*
Arthroleptidae														
<i>Arthroleptis poecilonotus</i>	-	-	*	-	-	*	-	*	-	*	*	*	*	**
<i>Leptopelis viridis</i>	*	*	-	-	-	-	-	*	*	-	*	*	*	**
Dicroglossidae														
<i>Hoplobatrachus occipitalis</i>	**	***	**	**	*	**	*	***	**	*	*	*	*	*
Hemisotidae														
<i>Hemisis marmoratus</i>	-	*	*	-	-	-	-	*	*	*	-	*	*	-
Hyperoliidae														

<i>Afrixalus dorsalis</i>	*	-	*	*	*	*	-	-	-	*	-	*	*	*
<i>Hyperolius concolor</i>	-	*	*	*	-	*	-	*	-	-	-	*	*	*
<i>Hyperolius fusciventris</i>	-	-	-	*	*	*	-	-	-	*	-	-	*	-
<i>Hyperolius guttulatus</i>	-	*	-	*	-	-	-	-	*	-	*	-	*	-
<i>Hyperolius nitidulus</i>	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
Microhylidae														
<i>Phrynomantis microps</i>	*	*	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-
Ranidae														
<i>Amnirana galamensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	*	*

*** = constant species (C > 50 %), ** = accessory species (25 % ≤ C ≤ 50 %), * = accidental species (C < 25 %);

(T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13 et T14 are transects).



Figure 2 Spécimens of *Ptychadena mascareniensis* (A); *Sclerophrys regularis* (B) and *Phrynobatrachus latifrons* (C)

3.2.1. Variations of Amphibians populations

Spatial variations of Amphibian diversity

Table 3 shows that Shannon index (H') is a bit higher in peri-urban forests (H' = 1.86) than in shallows: H' (urban shallows) = 1.65; H' (peri-urban shallows) = 1.68. As for Equitability Index (E), it is 0.64 in the forest sites, while in the urban and peri-urban shallows sites it is 0.57 and 0.62 respectively.

Finally, species richness (Rs) is 19 species in peri-urban forests and urban shallows and 17 in the peri-urban shallows. There is no significant difference between species richness of the different habitats (Kruskal-Wallis test, p > 0.05). Amphibians are more abundant in the shallows than in the peri-urban forests.

Table 3 Amphibian settlement diversity index for urban shallow, peri-urban shallow and peri-urban forest sites

	Species richness (Rs)	Abundance (%)	Shannon index (H')	Equitability Index (E)
Urban shallows	19	46.13	1.65	0.57
Peri-urban shallows	17	32.19	1.68	0.62
Peri-urban forests	19	21.68	1.86	0.64

Seasonal variations of Amphibian diversity

Table 4 reveals that during dry season, the Shannon index is lower in peri-urban forests (H' = 0.98) than in urban and peri-urban shallows with respective Shannon indices of 1.44 and 1.43. However, in rain season, Shannon index is higher in peri-urban forests (H' = 2.01) than in urban and peri-urban shallows (with respective Shannon indices of 1.7 and 1.78). As for Equitability index, it is substantially the same (E ≈ 0.6) in shallow sites and even during the different seasons. Moreover, in peri-urban forests, Equitability index is lower in dry season (E = 0.5) than in rainy season (E = 0.71). There was no significant difference between the specific richness of the different habitats during the dry and rainy seasons

(Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$). Throughout the study area, Amphibians were more abundant in the wet season than in the dry season.

Table 4 Amphibian population diversity index of urban shallow, peri-urban shallow and peri-urban forest sites during dry (DS) and rainy (RS) seasons

Sites	Urban shallows		Peri-urban shallows		Peri-urban forests	
	DS	RS	DS	RS	DS	RS
Species richness (Rs)	10	18	11	17	8	18
Abundance (%)	17.56	28.57	13.53	18.65	7.61	14.08
Shannon index (H')	1.44	1.7	1.43	1.78	0.98	2.01
Equitability Index (E)	0.65	0.6	0.62	0.64	0.5	0.71

DS: dry season; RS: rainy season

4. Discussion

Species richness obtained during this study is 20 Amphibian species divided into 9 families. This taxonomic richness is lower than that recorded by Kouamé *et al.* [7]. During their work carried out in urban and peri-urban environments in the district of Daloa, in the Centre-West of Côte d'Ivoire.

These authors carried out 62 surveys with an equal duration of 4 hours of sampling in the mornings and nights. They inventoried 30 species of Amphibians grouped into 10 families. This difference in number of species would be due to the sampling frequency. Indeed, the work of these authors was carried out over a period of 36 months, unlike our study, which was carried out over 20 months. This low taxonomic richness would also be due to the narrowness of the sampling area, which is 0.16 ha per transect, contrary to that of Kouamé *et al* whose areas varied from 45 to 190 ha [7]. Our observations are consistent with those of Vallan who state that Amphibian species richness increases with habitat size [15]. This species richness is also considered low due to the high anthropisation that has degraded habitats favourable to Amphibians. Our point of view is corroborated by Hillers *et al.* For these authors, Amphibians are characterised by their great sensitivity to changes in environmental conditions [6]. However, the highest species richness was found in the forest transects (11 to 18 species) at the expense of the urban (5 to 13 species) and peri-urban (11 to 12 species) shallows transects.

This unequal distribution of Amphibians could be explained by the fact that in the more anthropised environments (shallows), human activities have considerably destroyed habitats, thus modifying their ecology [16]. In search of refuge, feeding and breeding sites, Amphibians could be found in peri-urban forests where the litter and canopy are favourable. Our observation is supported by Fauth *et al* and Menin *et al* who state that undergrowth litter is conducive to increased prey availability for Amphibians [17; 18]. Thus, these observations are in agreement with those of Werner and Glennemeir who argue that canopy cover influences the choice of breeding site for amphibians and thus conditions their movements [19]. This justifies their increased presence in forest environments. Finally, other authors have also supported our point of view through the results of their work. These have shown that species composition and assemblages reflect the degree of habitat disturbance or alteration [20; 21; 22]. Furthermore, considering species richness of each site, it appears that peri-urban forests and urban shallows supported the same number of amphibian species (species richness = 19). As for the peri-urban shallows, they were home to 17 species of amphibians. This observation can be explained by the fact that shallow in urban areas with permanent water points are the only habitats suitable for amphibians [23]. This unequal distribution of amphibians would be due to the lack of watering holes in forest areas.

Our conclusions are further supported by several authors who affirm that the permanent presence of water points in an environment is essential for the reproduction of amphibians and conditions their spatial distribution [24; 25; 26]. In addition, during dry and rainy seasons, diversity of amphibian settlement had less variation in shallow sites than in forest sites. Indeed, in both dry and wet seasons, urban and peri-urban shallows showed identical settlement stand diversities values ($H' \approx 1.4$ in the dry season and $H' \approx 1.7$ in the wet season). However, in forest area, stand diversity was higher in wet season ($H' = 2.01$) than in dry season ($H' = 0.98$). In addition, distribution of Amphibians was uneven in shallow environments in both dry and rainy seasons ($E \approx 0.6$). In peri-urban forests, distribution of Amphibians was found to be more equitable in rainy season ($E \approx 0.71$) than in dry season ($E \approx 0.5$). These observations are the result of

presence or absence of water in habitats. In shallows, diversity of amphibians settlement and their distribution remained stable despite seasonal variations because of habitats which were constantly wet. Shallows of our study area were all crossed by streams. In peri-urban forests, the lack of water reduced amphibians diversity, where as in the rainy season this diversity increased. In forests, distribution of species was more even in rainy season than in dry season. In shallows, it was less regular in both seasons. This last analysis is not in line with results of the work of [24], [25], [24], [26]. Furthermore, this finding is explained by the fact that ecological conditions would be more favourable in rainy season in peri-urban forests than in urban areas. Our finding is in agreement with Soro. According to this author, during the rainy season, forests provide favourable ecological conditions (presence of water, high humidity and adequate vegetation cover) for the regular distribution of amphibians [27].

5. Conclusion

Sampling in shallows and forests of urban and peri-urban areas of Daloa revealed the presence of 20 species divided into 11 genera and 9 families. Among these species, *Ptychadena mascareniensis* was found to be constant and the most abundant on the 14 transects of the sampling sites. In both dry and wet seasons, distribution of amphibians was irregular in shallows because these environments would have been constantly disturbed by human activities. However, in peri-urban forests, distribution of amphibians was only regular during rainy season: peri-urban forests, although in a degraded state, offered more favourable conditions for amphibians than urban and peri-urban shallows.

Compliance with ethical standards

Acknowledgments

We are grateful to the Department of Biology and Tropical Ecology, Faculty of Environment, Jean Lorougnon Guédé University of Daloa for providing us with all the facilities for conduction of research.

Disclosure of conflict of interest

All the authors have contributed equally to this work., authors have no conflicts of interest to declare.

References

- [1] IUCN (2017). Status of the world's amphibian populations by GB
- [2] FAO (1997). The State of the World's Forests, Rome, Italy 200p. WWW.rcfa.org / english/f.issues 12.html.
- [3] Kouadio O.R. (2012). Urban expansion and natural protection: The difficult experience of Abidjan (Ivory Coast), Vertigo- the electronic journal in environmental sciences, 12(2): 1-24.
- [4] Assi-kaudjhis J. (2008). Agricultural crisis and conversion of shallows to rice cultivation. Journal of Tropical Geography and Environment, EDUCI, 2: 20-36.
- [5] Houndagba C. J. (1998). Data on the characterisation of Benin's lowlands. In: Agli C., Orkan V. O. A. (eds). 1998: Knowledge and sustainable development of shallows in Benin. Proceedings of the national seminar of unc benin 7- 9 October 1998, bohicon, benin: pp 42-47.
- [6] Hillers A., Veith M. & Rödel M.-O. (2008b). Effects of forest fragmentation and habitat degradation on West African leaf-litter frogs. Conservation Biology, 22: 762-772.
- [7] 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(2): 1-14.
- [8] Assemian N.E., N'Guessan G.A., Amara D., Awa K., Kotchi Y.B. & Koffi F. (2015). Diet of the frog *Phrynobatrachus latifrons* Ahl 1924 in two types of anthropogenic wetlands in West Africa 301p.
- [9] Assemian N.E., Konan K.F., Aliko N.G. & Oussou H.K. (2016). Helminth infection pattern of *Ptychadena mascareniensis* from Daloa city (ivory coast) with respect to frog' age and sex. International journal of information Research and Review, 3(1):1717-1721.
- [10] Kouamé K.A., Ayemou A.P. & N.K.G. (2017). Environmental and health impact of artisanal granite dome mining in the city of Daloa (Central-Western, Ivory Coast), Ivorian Journal of Savannah Geography, Issue 3 December 2017, ISSN 2521-2125 182

- [11] Rödel M.-O. (2000). Amphibians of West African savanna. Herpetofauna of West Africa, 1. Edition Chimaira, Frankfurt/Main: 332 p.
- [12] Frost D.R., 2016. Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.0. accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA (last accessed at 13 Janvier 2020).
- [13] Barbault R. (1992). Population and settlement ecology. From theories to facts. Paris, Masson, 200 p.
- [14] Dajoz R. (2000). Précis of Ecology. 7th Edition. Dunod, Paris, 615 p.
- [15] Vallan D. (2000). Influence of forest fragmentation on amphibian diversity in the nature of Ambohitantely highland Madagascar. Biological Conservation, 96: 31-43.
- [16] Ernst R. & Rödel M.-O. (2002). A new *Atheris* species (Serpentes: Viperidae), from Taï National Park, Ivory Coast. Herpetological Journal, 12 (2): 55-61.
- [17] Fauth J.E., Crother B.I. & Slowinski J.B. (1989). Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rica leaf-litter herpetofauna. Biotropica, 21: 178- 185.
- [18] Menin M., Lima A.P., Magnusson W.E. & Waldez F. (2007). Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: mesoscale spatial patterns. Journal of Tropical Ecology, 23: 539-547.
- [19] Werner E.E. & Glennemeier K.S. (1999). Influence of forest canopy cover on the breeding pond distributions of several amphibians species. Copeia, 1: 1-12.
- [20] Rödel M.-O. & Branch R. W. (2002). Herpetological survey of the Haute Dodo and Cavally forests, Western Ivory Coast, part I: amphibians. Salamandra, 38: 245-268.
- [21] Rödel M.O. & Ernst R. (2003). The amphibians of Marahoué and Mont Péko National Parks, Ivory Coast. Herpetozoa, 16: 23-39.
- [22] Ernst R. & Rödel M.O. (2005). Anthropogenically induced changes of predictability in tropical anuran assemblages. Ecology, 86: 3111-3118.
- [23] Assemian N. E. (2009). Systematics, diversity and spatio-temporal dynamics of the amphibian population of a West African protected area (National Park of Banco, Ivory Coast). Single Doctoral thesis, Nangui Abrogoua University (Abidjan, Ivory Coast), 214p
- [24] Barbault R. (1972). Amphibian populations of Lamto savannahs (Ivory Coast). Ann. Univ. Abidjan, Sér. E, 5: 61-142.
- [25] Beshkov V.A. & Jameson D.L. (1980). Movement and abundance of the yellow-bellied toad *Bombina variegata*. Herpetologica, 36: 365-370.
- [26] Sinsch U. (1991). The orientation behaviour of amphibians. Journal of Herpetology, 1: 541-544.
- [27] Soro N. (2020). Comparative diversity of Anuran amphibians in two swampy areas of Ivorian Coast (National Park of Azagny and Forest of Tanoé-Ehy Marshes) 187p.

RÉSUMÉ

De Novembre 2018 à Juin 2020, une étude d'évaluation de la qualité écologique a été menée dans les bas-fonds et forêts des milieux urbains et périurbains de Daloa. Il s'est agi de déterminer la composition et la dynamique spatio-temporelle des amphibiens anoures desdites zones ; mais aussi, d'identifier les helminthes parasites présents dans ces sites et les facteurs du milieu influençant leur prévalence. Le choix des sites, l'établissement des transects et l'évaluation des paramètres du milieu ont été faits durant la phase de prospection. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés à chaque campagne. Enfin, La phase de monitoring s'est faite une fois par mois, durant une année. La collecte des données sur les amphibiens s'est faite par l'écoute des coassements et la capture des spécimens durant la fouille des habitats. *Ptychadena mascareniensis* a été constamment présente sur tous les transects. Des spécimens de cette espèce ont été sacrifiés pour l'étude parasitologique de la zone. Ainsi, le tube digestif et ses annexes ont été isolés ; ouverts et leur contenu observé à la loupe binoculaire. Les parasites prélevés ont été photographiés puis identifiés. Lors du monitoring, 20 espèces d'amphibiens ont été rencontrées. La diversité et la richesse spécifique des forêts ont été plus élevées que celles des bas-fonds. La dissection de 189 spécimens de *Ptychadena mascareniensis* a révélé la présence de 5 espèces de parasites : *Rhabdias bufonis* ayant parasité plus de spécimens. Le site le plus infesté est celui des bas-fonds urbains avec une prévalence de 36,5 % contre 17,48% dans les forêts. L'infestation parasitaire des spécimens de *Ptychadena mascareniensis* de la zone est influencée par deux types de facteurs : Les facteurs à corrélation positive avec la prévalence : les herbacées, la pression humaine, la température et le pH de l'eau. Les facteurs à corrélation négative avec la prévalence : la température de l'air, la canopée, la litière, les végétaux ligneux et l'humidité relative de l'air. Pour la santé du milieu, il faudrait réduire les facteurs à corrélation positive avec la prévalence parasitaire.

Mots clés: amphibiens, bas-fonds, Côte d'Ivoire, forêts, *Ptychadena mascareniensis*, prévalence parasitaire.

ABSTRACT

From November 2018 to June 2020, an ecological quality assessment study was conducted in shallows and forests of the urban and peri-urban areas of Daloa. The aim was to determine the composition and spatio-temporal dynamics of the amphibian anurans in these areas, but also to identify parasitic helminths present at these sites and the environmental factors influencing their prevalence. The choice of sites, the establishment of transects and the evaluation of environmental parameters were carried out during the survey phase. The physico-chemical parameters were measured during each campaign. Finally, the monitoring phase was carried out once a month for one year. Amphibian data were collected by listening to calls and capturing specimens during habitat excavation. *Ptychadena mascareniensis* was constantly present on all transects. Specimens of this species were sacrificed for the parasitological study of the area. Thus, the digestive tract and its appendages were isolated, opened and their contents observed with a binocular magnifying glass. The collected parasites were photographed and identified. During the monitoring, 20 species of amphibians were encountered. The diversity and species richness of the forests were higher than those of the shallows. The dissection of 189 specimens of *Ptychadena mascareniensis* revealed the presence of 5 species of parasites : *Rhabdias bufonis* having parasitized more specimens. The most infested site was the urban shallows with a prevalence of 36.50 % against 17.48% in the forests. The parasitic infestation of *Ptychadena mascareniensis* specimens in the area is influenced by two types of factors. Factors positively correlated with prevalence : herbaceous plants, human pressure, water temperature and pH. Factors negatively correlated with prevalence : air temperature, canopy, litter, woody vegetation and relative air humidity. For environmental health, factors with positive correlation with parasite prevalence should be reduced.

Key words : amphibians, Côte d'Ivoire, shallows, *Ptychadena mascareniensis*, forests, parasite prevalence,