



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 : 2024-2025

N° D'ORDRE :

136 / 2025

CANDIDAT

Nom : KOUAKOU

Prénoms : Gnanmien Frédéric

THESE

**Pour l'obtention du grade de Docteur de
l'Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Mention : Ecologie, Biodiversité et Evolution

Spécialité : Hydrobiologie

**Diversité, dynamique des organismes
aquatiques et implication trophique
dans les lacs urbains de Yamoussoukro
(Centre de la Côte d'Ivoire)**

JURY

Président : M. BAKAYOKO Sidiky, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE, Daloa

Directeur : M. BONY Kotchi Yves, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE, Daloa

Rapporteur : M. KOUADIO Kouakou Norbert, Maître de Conférences,
Université Nangui ABROGOUA, Abidjan

Examineurs : Mme. YOBOUE Ahou Nicole Epouse KOUAME,
Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE, Daloa

M. CAMARA Adama Idrissa, Maître de Conférences,
Université Nangui ABROGOUA, Abidjan

Soutenue publiquement
le : 31/05/2025

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	viii
AVANT-PROPOS.....	ix
REMERCIEMENTS	x
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	xii
LISTE DES TABLEAUX	xiii
LISTE DES FIGURES	xvi
LISTE DES ANNEXES	xxi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES.....	6
1.1. Présentation du milieu d'étude.....	7
1.1.1. Situation géographique et administrative de la ville de Yamoussoukro.....	7
1.1.2. Relief et végétation	8
1.1.3. Climat.....	8
1.1.4. Hydrographie.....	9
1.1.5. Populations et urbanisation.....	10
1.1.6. Milieux lacustres	11
1.1.6.1. Genèse des lacs.....	11
1.1.6.2. Caractéristiques et fonctionnement des lacs.....	11
1.2. Organismes aquatiques	13
1.2.1. Plancton	13
1.2.1.1. Phytoplancton.....	13
1.2.1.1.1. Caractéristiques générales du phytoplancton	13
1.2.1.1.2. Compositions taxonomiques du phytoplancton	14
1.2.1.1.3. Phytoplancton des lacs de Yamoussoukro.....	16
1.2.1.2. Zooplancton.....	16
1.2.1.2.1. Caractéristiques générales du zooplancton.....	16
1.2.1.2.2. Compositions taxonomiques du zooplancton.....	17
1.2.2. Macrophytes	20
1.2.2.1. Caractéristiques générales et classification des macrophytes	20
1.2.2.2. Conditions de croissance et de répartition des macrophytes.....	21
1.2.2.3. Macrophytes des lacs de Yamoussoukro	21
1.2.3. Macroinvertébrés	21

1.2.3.1. Définition.....	21
1.2.3.2. Compositions taxonomiques	21
1.2.3.3. Ecologie alimentaire des macroinvertébrés.....	25
1.2.3.4. Macroinvertébrés des lacs de Yamoussoukro	25
1.2.4. Ichtyofaune.....	26
1.2.4.1. Régimes alimentaires des poissons	26
1.2.4.2. Stratégies alimentaires des poissons	26
1.2.4.3. Compétitions intra et interspécifiques	27
1.2.4.4. Réseaux trophiques et niveaux trophiques	27
1.2.4.4.1. Contrôle « top-down » du réseau trophique	28
1.2.4.4.2. Contrôle « bottom-up » du réseau trophique.....	29
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	30
2.1. Matériel.....	31
2.1.1. Matériel biologique.....	31
2.1.2. Matériel technique.....	31
2.1.2.1. Matériel de collecte des données abiotiques	31
2.1.2.2. Matériel de collecte des données biotiques	31
2.1.2.2.1. Matériel d'échantillonnage et de conservation du plancton	31
2.1.2.2.2. Matériel d'échantillonnage des macrophytes	32
2.1.2.2.3. Matériel d'échantillonnage des macroinvertébrés.....	32
2.1.2.2.4. Matériel d'échantillonnage de l'ichtyofaune	33
2.1.2.3. Matériel pour les analyses au laboratoire	34
2.1.2.3.1. Matériel d'observation, d'identification et de dénombrement du plancton.....	34
2.1.2.3.2. Matériel de tri, d'observation et de conservation des macroinvertébrés	34
2.1.2.3.3. Matériel d'identification, de mensuration, de dissection et de conservation de l'ichtyofaune.....	35
2.2. Méthodes	36
2.2.1. Caractéristiques de l'environnement abiotique des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	36
2.2.1.1. Choix et description des sites retenus	36
2.2.1.1.1. Lac 1.....	37
2.2.1.1.2. Lac 2.....	38
2.2.1.1.3. Lac 3.....	38

2.2.1.1.4. Lac 4.....	39
2.2.1.1.5. Lac 5.....	40
2.2.1.1.6. Lac 6.....	40
2.2.1.2. Mesure des paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	41
2.2.1.3. Traitement des données abiotiques des lacs urbains de Yamoussoukro.....	42
2.2.1.3.1. Analyses univariées.....	42
2.2.1.3.2. Analyses multivariées	42
2.2.2. Détermination de la structure des organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	43
2.2.2.1. Echantillonnage des organismes aquatiques	43
2.2.2.1.1. Echantillonnage du plancton	43
2.2.2.1.2. Echantillonnage des macrophytes	43
2.2.2.1.3. Echantillonnage des macroinvertébrés	44
2.2.2.1.4. Echantillonnage de l'ichtyofaune.....	44
2.2.2.2. Analyse au laboratoire des organismes aquatiques récoltés.....	45
2.2.2.2.1. Analyse du plancton.....	45
2.2.2.2.2. Analyse des macrophytes	46
2.2.2.2.3. Analyse des macroinvertébrés.....	46
2.2.2.2.4. Analyse des poissons	46
2.2.2.3. Traitement des données	47
2.2.2.3.1. Richesses taxonomiques	47
2.2.2.3.2. Pourcentages d'occurrences (F)	48
2.2.2.3.3. Estimation de la densité et de la biomasse du plancton.....	48
2.2.2.3.4. Estimation de la biomasse des macrophytes	49
2.2.2.3.5. Estimation de la densité et de la biomasse des macroinvertébrés	49
2.2.2.3.6. Estimation de la biomasse des poissons	50
2.2.2.3.7. Abondances relatives des espèces de poissons.....	50
2.2.2.3.8. Structures en tailles des principales espèces de poissons	50
2.2.2.3.9. Relations longueur-masse corporelle et facteur de condition des principales espèces de poissons.....	51
2.2.2.3.10. Régression Multiple Linéaire (R.M.L)	52
2.2.2.4. Analyse de la diversité des organismes aquatiques	53

2.2.2.4.1. Détermination de l'indice de diversité spécifique de Shannon (H').....	53
2.2.2.4.2. Détermination de l'indice d'équitabilité de Piélou (J).....	54
2.2.2.5. Traitements statistiques des données biotiques.....	54
2.2.2.5.1. Analyses univariées.....	54
2.2.2.5.2. Analyses multivariées	55
2.2.3. Caractéristiques des relations trophiques entre les organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	56
2.2.3.1. Analyse des contenus stomacaux des poissons	56
2.2.3.1.1. Expression des indices alimentaires des poissons.....	57
2.2.3.1.2. Pourcentage d'occurrence (F) des proies.....	57
2.2.3.1.3. Pourcentage pondéral (P).....	57
2.2.3.1.4. Indice de prépondérance (Ip).....	57
2.2.3.1.5. Indice de chevauchement alimentaire (C _λ).....	58
2.2.3.2. Structure trophique des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	58
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	60
3.1. Caractéristiques physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	61
3.1.1. Résultats.....	61
3.1.1.1. Variation spatiale des paramètres physico-chimiques.....	61
3.1.1.2. Variation saisonnière des paramètres physico-chimiques	63
3.1.1.3. Typologie des lacs en fonction des paramètres abiotiques.....	70
3.1.2. Discussion.....	73
3.1.3. Conclusion partielle	76
3.2. Structure des organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire).....	77
3.2.1. Résultats.....	77
3.2.1.1. Analyses des données du phytoplancton récolté dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	77
3.2.1.1.1. Compositions taxonomiques globales du phytoplancton	77
3.2.1.1.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse taxonomique du phytoplancton	83
3.2.1.1.3. Profil de la répartition du phytoplancton	84
3.2.1.1.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition du phytoplancton	90

3.2.1.1.5. Analyse globale des embranchements du phytoplancton	90
3.2.1.1.6. Variations spatiales et saisonnières de la densité volumique en phytoplancton	91
3.2.1.1.7. Biomasses du phytoplancton	92
3.2.1.1.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité	95
3.2.1.1.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité	97
3.2.1.2. Analyses des données du zooplancton récolté dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	98
3.2.1.2.1. Compositions taxonomiques globales du zooplancton	98
3.2.1.2.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse taxonomique du zooplancton	101
3.2.1.2.3. Profil de répartition du zooplancton	102
3.2.1.2.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition du zooplancton	106
3.2.1.2.5. Analyse globale des groupes du zooplancton	107
3.2.1.2.6. Variations spatiales et saisonnières de la densité volumique du zooplancton	108
3.2.1.2.7. Biomasse du zooplancton	109
3.2.1.2.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité	110
3.2.1.2.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité	112
3.2.1.3. Analyses des données des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	113
3.2.1.3.1. Compositions taxonomiques globales des macrophytes	113
3.2.1.3.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique des macrophytes	115
3.2.1.3.3. Profil de répartition des macrophytes	116
3.2.1.3.4. Facteurs abiotiques déterminant la répartition des macrophytes	120
3.2.1.3.5. Analyse globale des classes de macrophytes	120
3.2.1.3.6. Variations spatiales et saisonnières des abondances de macrophytes	121
3.2.1.3.7. Biomasses des macrophytes	122
3.2.1.3.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macrophytes	123
3.2.1.3.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité des macrophytes	125

3.2.1.4. Analyses des données des macroinvertébrés récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	126
3.2.1.4.1. Compositions taxonomiques globales des macroinvertébrés.....	126
3.2.1.4.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse taxonomique des macroinvertébrés.....	131
3.2.1.4.3. Profil de répartition des macroinvertébrés.....	132
3.2.1.4.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition des macroinvertébrés ..	137
3.2.1.4.5. Analyse globale des classes de macroinvertébrés.....	138
3.2.1.4.6. Variations spatiales et saisonnières des abondances de macroinvertébrés	139
3.2.1.4.7. Biomasses des macroinvertébrés.....	140
3.2.1.4.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés.....	141
3.2.1.4.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés.....	143
3.2.1.5. Analyses des données des poissons récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	144
3.2.1.5.1. Compositions spécifiques globales des poissons	144
3.2.1.5.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique des poissons	146
3.2.1.5.3. Profil de répartition de l'ichtyofaune.....	147
3.2.1.5.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition de l'ichtyofaune	150
3.2.1.5.5. Variations spatiales et saisonnières de l'abondance des poissons.....	151
3.2.1.5.6. Biomasse de l'ichtyofaune.....	152
3.2.1.5.7. Répartitions spatiales des abondances relatives des principales espèces de poissons.....	152
3.2.1.5.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des poissons	153
3.2.1.5.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité des poissons	155
3.2.1.5.10. Structures en tailles des huit principales espèces de poissons.....	156
3.2.1.5.11. Relations longueur-poids des huit espèces prépondérantes.....	158
3.2.2. Discussion.....	162

3.2.3. Conclusion partielle	168
3.3. Caractéristiques des relations trophiques entre les organismes aquatiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire).....	170
3.3.1. Résultats.....	170
3.3.1.1. Chaîne trophique au sein des communautés de macroinvertébrés.....	170
3.3.1.1.1. Structure trophique des macroinvertébrés	170
3.3.1.1.2. Réseau trophique entre plancton, macrophytes et macroinvertébrés	170
3.3.1.2. Régimes alimentaires de l'ichtyofaune.....	171
3.3.1.2.1. Compositions des proies consommées par les poissons	171
3.3.1.2.2. Occurrences des proies des poissons	172
3.3.1.2.3. Prépondérances des proies dans les régimes alimentaires	172
3.3.1.2.4. Chevauchements alimentaires des poissons	173
3.3.1.3. Réseaux trophiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	174
3.3.1.4. Pyramides des biomasses des quatre niveaux trophiques.....	177
3.3.2. Discussion.....	179
3.3.3. Conclusion partielle	181
CONCLUSION	182
BIBLIOGRAPHIE	185

DEDICACES

A mon oncle KONAN Kouakou Jacques et sa femme KANGAH Ahou Monique qui
m'ont adopté, scolarisé et donné une bonne éducation.

A mon épouse TRAORE Zi Aude, pour son soutien et sa patience durant mes travaux
de thèse.

AVANT-PROPOS

Ce travail est le résultat de plusieurs années d'efforts. Il a été fourni par le Laboratoire de Biodiversité et d'Ecologie Tropicale (BioEco-Trop) de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa. Il a été réalisé grâce au soutien financier du projet POLAGRO-AWAERG, dont l'axe d'étude est la production et la valorisation des ressources aquacoles.

Ce projet vise à contribuer d'une part, à la connaissance des organismes aquatiques (plancton, macrophytes, macroinvertébrés aquatiques et ichtyofaune) des lacs urbains de Yamoussoukro et à comprendre le fonctionnement trophique existant dans ces dits lacs d'autre part. Dans cette étude, six lacs urbains de la ville de Yamoussoukro sont présentés dans une synthèse écologique.

Ce travail se propose également d'être un outil pour une meilleure gestion et conservation des lacs urbains de Yamoussoukro confrontés à l'eutrophisation due à l'urbanisation et à la démographie galopante.

REMERCIEMENTS

Cette thèse est l'aboutissement d'un long processus d'efforts et de travail qui n'aurait pas vu le jour sans le soutien, les conseils et la sollicitude de certaines personnes que nous tenons à remercier sincèrement.

Au Professeur ADOHI KROU Viviane, Présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE (UJLoG), à qui nous exprimons notre vive reconnaissance pour ses encouragements à la recherche scientifique et pour avoir accepté notre inscription en thèse de Doctorat Unique.

Au Professeur SORO Dognimeton, Vice-Président chargé de la Pédagogie, de la Vie Universitaire, du Service des Stages et de l'Insertion Professionnelle de UJLoG, pour sa convivialité et ses encouragements au travail bien fait.

Au Professeur KONE Issiaka, Vice-président en charge de la Recherche, de l'Innovation Technologique et des Relations Extérieures de UJLoG, pour son devouement à la recherche.

Au Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) de l'Environnement de l'UJLoG, pour son soutien inestimable à l'avancement de la recherche et avoir accepté notre inscription en thèse de Doctorat Unique dans l'UFR qu'il dirige.

Au Professeur KOFFI Béné Jean-Claude, Directeur du laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale (BioEco-Trop), pour avoir accepté notre admission au sein du laboratoire BioEco-Trop.

Au Professeur BONY Kotchi Yves, Enseignant-Chercheur à l'UFR Environnement à l'UJLoG pour nous avoir fait confiance en acceptant d'être le Directeur de cette thèse, pour nous avoir permis de faire nos premiers pas dans la recherche à ses côtés. Nous tenons aussi à lui témoigner notre infinie gratitude pour son soutien, ainsi que ses sages conseils prodigués en vue du bon déroulement de cette thèse.

Au Professeur BAKAYOKO Sidiky, Enseignant-Chercheur à UJLoG pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'être le président du jury.

Au Docteur KOUADIO Kouakou Norbert, Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à l'Université Nangui Abrogoua (UNA) pour avoir bien voulu être le rapporteur de ce travail.

Au Docteur YOBOUE Ahou Nicole Epouse KOUAME, Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à UJLoG qui a aimablement accepté de juger ce travail.

Au Docteur CAMARA Adama Idrissa, Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à l'Université Nangui Abrogoua (UNA) pour sa contribution à l'amélioration de ce travail.

Nos remerciements vont également à l'endroit des Docteurs KOUAME Djaha et GROGA Noël, Maîtres de Conférences, tous deux Enseignants-Chercheurs à UJLoG, pour les conseils et les encouragements qu'ils nous ont prodigués durant ces années de travaux de recherche.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements au Docteur ALLOUKO Jean-Renaud, Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur à UJLoG, pour nous avoir permis de bénéficier de son expérience, de ses qualités scientifiques et de ses conseils judicieux qui ont été très utiles dans cette thèse.

Aux Docteurs KRESSOU Armand, DJENE Kouakou Roland et KAMAGATE El Hadj Issouf, nous sommes reconnaissants pour toute l'aide apportée depuis la collecte des données jusqu'à la rédaction de cette thèse.

A tous nos amis étudiants inscrits en thèse de Doctorat à UJLoG plus particulièrement Messieurs N'DO Bi Boly Valérie, TRAORE Fakana Drissa, KRA Yao Quitéloua Francis et OBO N'Da Jean Boris Mea, pour leurs points de vue et leur amabilité qui nous ont été fort utiles lors de la réalisation de cette thèse. Nous leurs témoignons notre infinie reconnaissance.

Merci également à Madame KIPRE Ouguimré Hortense, apparitaire à UJLoG, pour son soutien moral lors de la réalisation de cette thèse.

Nous exprimons nos chaleureux remerciements à tous les membres de ma belle-famille, pour leurs prières et leurs soutiens.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse et qui n'ont pas été citées plus haut, trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BNETD	: Bureau National d'Etude et de Travaux de Développement
CAH	: Classification Hiérarchique Ascendante
KW	: Kruskal-Wallis
MDDELCC	: Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques
mL	: millilitre
MW	: Mann-Whitney
pH	: potentiel Hydrogène
RDA	: <i>Redundancy Analysis</i>
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SODEXAM	: Société d'exploitation et de développement aéroportuaire, aéronautique et météorologique en Côte d'Ivoire
SOM	: <i>Self-Organizing Map</i>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Coordonnées géographiques et caractéristiques des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	37
Tableau II : Poids factoriels des paramètres sur les deux premiers axes (1 et 2) de l'ACP sur les paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	72
Tableau III : Compositions taxonomiques et occurrences des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	78
Tableau IV : Variation saisonnière de la richesse taxonomique du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	84
Tableau V : Différentes tailles de carte et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes	85
Tableau VI : Variation saisonnière de la densité volumique en phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	92
Tableau VII : Biomasses en Kg/L des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	93
Tableau VIII : Variation saisonnière de l'indice de diversité (H') du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	97
Tableau IX : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité de Pielou (J) du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	97
Tableau X : Compositions taxonomiques et occurrences des espèces de zooplancton dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	99
Tableau XI : Variation saisonnière de la richesse taxonomique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	102
Tableau XII : Différentes tailles de carte et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes.	103
Tableau XIII : Variation saisonnière de la densité volumique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	109
Tableau XIV : Biomasses en Kg/L des espèces du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	109
Tableau XV : Variation saisonnière de l'indice de diversité du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	112

Tableau XVI : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	112
Tableau XVII : Compositions taxonomiques et occurrences des macrophytes récoltés sur les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	114
Tableau XVIII : Variation saisonnière de la richesse spécifique des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	116
Tableau XIX : Différentes tailles de la carte de Kohonen et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes.....	117
Tableau XX : Variation saisonnière de l'abondance des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	122
Tableau XXI : Biomasses en Kg/m ² des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	123
Tableau XXII : Variations saisonnières de l'indice de diversité des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	125
Tableau XXIII : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	125
Tableau XXIV : Compositions taxonomiques et occurrences des espèces de macroinvertébrés récoltés sur des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	127
Tableau XXV : Variation saisonnière de la richesse taxonomique des macroinvertébrés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	132
Tableau XXVI : Différentes tailles de la carte de Kohonen et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes.....	133
Tableau XXVII : Variations saisonnières de l'abondance des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	140
Tableau XXVIII : Biomasses des espèces de macroinvertébrés récoltées dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	141
Tableau XXIX : Variation saisonnière de l'indice de diversité des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	143
Tableau XXX : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité de Piélou des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	143
Tableau XXX1 : Compositions spécifiques et occurrences de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	145
Tableau XXXII : Variation saisonnière de la richesse spécifique des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	146

Tableau XXXIII : Différentes tailles de carte et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes	147
Tableau XXXIV : Variation saisonnière de l'abondance des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	151
Tableau XXXV : Biomasses de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	152
Tableau XXXVI : Abondances relatives des 8 principales espèces de poissons récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	153
Tableau XXXVII : Variation saisonnière de l'indice de diversité des poissons dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	155
Tableau XXXVIII : Variation saisonnière de l'indice de Piélou des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	155
Tableau XXXIX : Paramètres des relations longueur-poids des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	161
Tableau XL : Différentes proies identifiées dans les contenus stomacaux des 5 espèces de poissons disséquées et examinées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	172
Tableau XLI : Occurrences des proies (% <i>F</i>) et Indices de Prépondérance (% <i>Ip</i>) des proies consommées par les 5 espèces de poissons disséquées et examinées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	173
Tableau XLII : Indices de chevauchement alimentaire (<i>C_λ</i>) des régimes alimentaires des 5 espèces de poissons disséqués et examinées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	174
Tableau XLIII : Biomasses des quatre niveaux trophiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	177

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique de la ville de Yamoussoukro centre de la Côte d'Ivoire	7
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) réalisé à partir des moyennes des données climatiques de 2012 à 2021.....	9
Figure 3 : Localisation et sens d'écoulement des lacs urbains de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	10
Figure 4 : Matériel de mesure des paramètres physico-chimiques des eaux des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	31
Figure 5 : Filet à plancton de 20 µm de vide maille.....	32
Figure 6 : Matériel d'échantillonnage des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	32
Figure 7 : Matériel d'échantillonnage des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	33
Figure 8 : Matériel d'échantillonnage de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	33
Figure 9 : Matériel d'observation, d'identification et de dénombrement du plancton.....	34
Figure 10 : Matériel utilisé pour le tri et l'observation des macroinvertébrés.....	35
Figure 11 : Matériel utilisé pour la mensuration de l'ichtyofaune.....	35
Figure 12 : Localisation des six lacs urbains échantillonnés dans la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	36
Figure 13 : Vue du lac 1 (lac Agip).....	38
Figure 14 : Vue du lac 2 (lac Fanon).....	38
Figure 15 : Vue du lac 3 (lac Hôpital)	39
Figure 16 : Vue du lac 4 (lac Petit Bouaké).....	40
Figure 17 : Vue du lac 5 (lac Guiglo).....	40
Figure 18 : Vue du lac 6 (lac Millionnaire)	41
Figure 19 : Différentes mensurations effectuées sur chaque spécimen de poisson	47
Figure 20 : Schéma simplifié de la carte auto organisatrice de Kohonen .	55
Figure 21 : Variation spatiale des paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	62
Figure 22 : Variation saisonnière de la température des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	64
Figure 23 : Variation saisonnière du pH les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) ..	65

Figure 24 : Variation saisonnière de la conductivité dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	66
Figure 25 : Variation saisonnière de la transparence dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	67
Figure 26 : Variation saisonnière de la profondeur dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	68
Figure 27 : Variation saisonnière de l'oxygène dissous les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	69
Figure 28 : Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	71
Figure 29 : Examen détaillé en Composantes Principales (ACP) effectuée sur la base des données abiotiques mesurées dans des lacs.....	71
Figure 30 : Nombre des espèces collectées en fonction des embranchements du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	83
Figure 31 : Variation spatiale de la richesse taxonomique du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	84
Figure 32 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules sur la base des espèces de phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	85
Figure 33 : Répartition des échantillons selon les données de présence/absence des espèces de phytoplancton récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	86
Figure 34 : Patrons de répartition des espèces du phytoplancton sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces de phytoplancton récoltées sur les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	87
Figure 35 : Répartitions des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) dans les cinq (5) groupes définis par la SOM	89
Figure 36 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à V.....	90
Figure 37 : Contributions quantitatives des Embranchements de phytoplancton dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	91
Figure 38 : Variation spatiale de la densité volumique du phytoplancton des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	92
Figure 39 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	96

Figure 40 : Nombre des espèces collectées en fonction des Groupes du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	101
Figure 41 : Variation spatiale de la richesse taxonomique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	102
Figure 42 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules sur la base des espèces du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	103
Figure 43 : Répartition des échantillons selon les données de présence/absence des espèces du zooplancton récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	104
Figure 44 : Patron de Répartition des espèces du zooplancton sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces du zooplancton récoltées dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	105
Figure 45 : Répartition des espèces du zooplancton récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	106
Figure 46 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à IV	107
Figure 47 : Contributions quantitatives des groupes du zooplancton récoltés dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	107
Figure 48 : Variation spatiale des densités volumiques du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	108
Figure 49 : Variations spatiales des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	111
Figure 50 : Nombre des espèces collectées en fonction des classes de macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	115
Figure 51 : Variation spatiale de la richesse spécifique des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	116
Figure 52 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la SOM sur la base des espèces de macrophytes dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	117
Figure 53 : Répartitions des échantillons dans la SOM à partir des données de présence/absence des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	118
Figure 54 : Patrons de distribution de chaque espèce de macrophytes sur la carte de Kohonen basée sur les données de présence/absence des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	119

Figure 55 : Distribution des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022, dans les trois (3) groupes définis par la SOM	119
Figure 56 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à III.....	120
Figure 57 : Contributions quantitatives des classes de macrophytes récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	121
Figure 58 : Variation spatiale de l'abondance des macrophytes dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	122
Figure 59 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité du peuplement des macrophytes dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	124
Figure 60 : Nombre des espèces collectées dans les classes de macroinvertébrés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	131
Figure 61 : Variation spatiale de la richesse taxonomique de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	132
Figure 62 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la SOM sur la base des espèces de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	133
Figure 63 : Répartition des échantillons d'étude sur la carte à partir des données de présence/absence des espèces de macroinvertébrés récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	134
Figure 64 : Patrons de répartition des espèces de macroinvertébrés sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces de macroinvertébrés récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	135
Figure 65 : Répartition des espèces de macroinvertébrés récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro, dans chaque groupe défini par la SOM.....	137
Figure 66 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à III.....	138
Figure 67 : Contributions quantitatives des classes de macroinvertébrés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	139
Figure 68 : Variation spatiale de l'abondance des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	140
Figure 69 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	142

Figure 70 : Variation spatiale de la richesse spécifique de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	146
Figure 71 : Classification Ascendante Hiérarchique des cellules sur la base des espèces de poissons des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	148
Figure 72 : Répartitions des échantillons selon la base des données de présence/absence des espèces de poissons récoltées dans des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	148
Figure 73 : Patrons de répartition des espèces de poissons sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	149
Figure 74 : Répartitions des espèces de poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	150
Figure 75 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à III	150
Figure 76 : Variation spatiale de l'abondance des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	151
Figure 77 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	154
Figure 78 : Distributions globales des fréquences de tailles (Ls) des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	157
Figure 79 : Régressions entre la longueur et le poids des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	159
Figure 80 : Répartitions des groupes trophiques de macroinvertébrés récoltés dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).....	170
Figure 81 : Réseau trophique entre les communautés planctoniques, de macrophytes et de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)	171
Figure 82 : Schéma du réseau trophique du groupe I (lacs 1, 2 et 3) défini par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA).....	175
Figure 83 : Schéma du réseau trophique du groupe II (lacs 4 et 5) défini par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA).....	176
Figure 84 : Schéma du réseau trophique du groupe III (lac 6) défini par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA).....	176
Figure 85 : Pyramides des biomasses des quatre niveaux trophiques dans les trois groupes de lacs urbains définis par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)	178

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Iconographie des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro

Annexe 2 : Iconographie des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro

Annexes 3 : Iconographie du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro

Annexe 4 : Iconographie du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro

Annexe 5 : Iconographie des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro

INTRODUCTION

Les écosystèmes aquatiques continentaux sont des ressources naturelles en eau indispensables à la vie, non seulement pour les populations humaines, mais aussi pour les espèces animales et végétales (FAO, 2019). De plus, ils présentent de multiples intérêts pour les populations humaines en tant que ressources utilisables pour les loisirs, la production d'eau potable, d'électricité, l'irrigation, les usages industriels et comme valeurs patrimoniales (Tano *et al.*, 2011). Par ailleurs, les écosystèmes aquatiques continentaux constituent des habitats exclusifs ou temporaires pour de nombreuses espèces animales (Djéné, 2019).

Parmi les milieux aquatiques figurent les lacs qui sont des nappes d'eau libres permanentes qui se renouvellent régulièrement. Ces eaux lacustres, de profondeur allant de quelques mètres à plus de 1500 mètres (Safia, 2022) ont plusieurs origines. Elles sont soit naturelles (fosses d'effondrements, volcaniques, glaciaires et fluviales) ou artificielles, comme celles de la ville de Yamoussoukro (Tapé, 2020). Les lacs artificiels de cette ville occupent une place importante en raison de la multiplicité de leurs fonctions (N'guessan *et al.*, 2014). Ces plans d'eau contribuent par leur capacité de stockage à la maîtrise du ruissellement, participent à la qualité du cadre de vie et jouent un rôle primordial pour les activités de loisir (N'guessan *et al.*, 2014). De nos jours, les lacs urbains de Yamoussoukro favorisent le développement d'activités de pêche, qui constitue un enjeu socio-économique pour les populations. Les poissons capturés dans ces lacs constituent une ressource alimentaire accessible à moindre coût pour les populations de cette ville (Laë & Lévêque, 1999).

Pourtant, la diversité des organismes aquatiques dans un lac est essentielle pour maintenir un écosystème équilibré et fonctionnel (Lacroix & Danger, 2008). En effet, la diversité des organismes aquatiques, des micro-organismes aux prédateurs supérieurs, reflète l'état de santé écologique des milieux (Nangoh, 2023). De plus, la complémentarité entre niches d'espèces favorise l'augmentation de la productivité et de la fixation du carbone, la diminution des pertes de nutriments par lixiviation et la stabilité des écosystèmes (Konan, 2008).

Par ailleurs, les bassins versants des dix lacs urbains dont dispose la ville de Yamoussoukro sont occupés par les habitations, les commerces, les cultures maraîchères et les pâturages d'ovins et de bovins (Tano *et al.*, 2011). Ces bassins versants sont devenus les lieux de dépôt d'ordures ménagères de tout genre et aussi le réceptacle d'effluents domestiques, agricoles et de déjections animales par ruissellement (Nangoh, 2023). Certains de ces lacs sont les lieux de vidanges de déjections humaines. Les conséquences de ces actions sont leur forte couverture par les végétaux aquatiques et les algues, qui induiraient leur forte minéralisation (Halle & Bruzon, 2006), l'odeur nauséabonde qui émane de certains de ces lacs. La contamination microbiologique et parasitaire des lacs de la ville de Yamoussoukro pourrait représenter un

risque sanitaire majeur pour les populations qui fréquentent et consomment les produits maraîchers ainsi que les poissons de ces lacs. A cet effet, l'étude parasitologique menée par Sylla *et al.* (2019), sur huit (8) lacs de Yamoussoukro a montré que ces lacs sont contaminés par des parasites d'importances médicales.

De ce fait, les lacs de Yamoussoukro subissent de forts stress environnementaux sous l'action des activités anthropiques existant sur leurs bassins versants. Cette situation constitue une menace pour la communauté aquatique, les activités touristiques et de pêche qui s'y pratiquent. Ainsi, l'élaboration de scénarii permettant la gestion de la pollution de ces lacs devrait être envisagée, puisque la diversité biologique voire, l'équilibre même de ces plans d'eau se trouve menacé. Pour João *et al.* (2012), l'état écologique d'un écosystème aquatique est étroitement lié à son mode d'occupation.

Selon Roy *et al.* (2001), la diversité des communautés aquatiques des lacs joue également un rôle déterminant dans le fonctionnement trophique de ces milieux lacustres. En effet, l'organisation des lacs urbains de Yamoussoukro est basée sur les relations trophiques qui s'y déroulent. Pour Rafaëlli (2000) & Naeem (2002), la biodiversité se trouve affectée lorsque surviennent des modifications sur la diversité des espèces à un niveau trophique donné, par conséquent la dynamique des différents milieux est totalement modifiée. Dans le même ordre d'idée, Tilman (2005) affirme que la perte de la biodiversité réduit la stabilité de l'écosystème, dégrade la qualité et la quantité des services écosystémiques. Selon Jackson *et al.* (2001), la configuration du réseau trophique d'un écosystème aquatique est à mettre en relation avec les stress subis par ce milieu. Quant à Christensen & Pauly (1998), ils ont constaté que la pêche intensive altère non seulement la structure des flux trophiques mais également la baisse de la productivité des écosystèmes. Travers (2009) considère la pêche comme le plus perturbateur des facteurs anthropiques affectant les écosystèmes aquatiques.

Les lacs urbains de la ville de Yamoussoukro ont fait l'objet de plusieurs études dont certaines ont porté sur l'eutrophisation (Parinet *et al.*, 2000), les produits maraîchers (Tano *et al.*, 2011), la qualité physico-chimique (Sadat *et al.*, 2011), la sédimentologie (Kouakou *et al.*, 2014), l'hydrologie (N'guessan *et al.*, 2014), l'ornithologie (Konan *et al.*, 2015), les macroinvertébrés (Tapé *et al.*, 2018, Tapé *et al.*, 2019) et le phytoplancton (Nangoh *et al.*, 2019). Cependant, aucune étude n'a été réalisée sur le fonctionnement trophique de ces lacs.

L'étude du fonctionnement trophique des lacs de la ville de Yamoussoukro permettra de comprendre les facteurs susceptibles de provoquer et de contrôler les successions des différents organismes aquatiques. L'utilisation donc de ces organismes aquatiques nécessite la connaissance de leur diversité et de leur structure (Allan & Johnson, 1997). Par ailleurs, la

connaissance des régimes alimentaires de l'ichtyofaune des lacs de Yamoussoukro est un volet très important pour une meilleure connaissance des interactions entre les différentes espèces de poissons elles-mêmes et, entre elles et les autres organismes aquatiques, ainsi que leur environnement (Kaiser & Hughes, 1993). Cette approche fournira des informations à la fois sur les prédateurs, les proies, les autres ressources alimentaires des poissons et le potentiel trophique de ces lacs (Rosecchi & Nouaze, 1987). Les proies ingérées rendent compte des relations existant entre les différentes espèces. Elles permettent également d'apprécier l'importance et le rôle de chaque proie dans le réseau trophique (Hajisamae *et al.*, 2003). De même, les préférences alimentaires des poissons et les stratégies mises en œuvre pour coloniser les habitats sont des données importantes dans les stratégies de conservation et de gestion durable de ces milieux aquatiques (Koné *et al.*, 2007). En outre, la faune ichtyologique est reconnue comme indicatrice de la qualité des milieux aquatiques (Oberdorff *et al.*, 2001). Selon Konan (2008), les espèces de poissons sont les plus sensibles aux activités anthropiques. En conséquence, elles renseignent sur les dégradations des écosystèmes aquatiques (Scott & Hall, 1997). En tant que consommateurs primaires, secondaires et même tertiaires, la diversité et la dynamique des poissons déterminent non seulement l'équilibre écologique de ces lacs mais aussi la résilience des poissons face aux perturbations anthropiques. L'étude de ces aspects permet de comprendre comment les changements induits par l'homme, tels que la pollution et les modifications des habitats influencent les communautés de poissons et, par extension, l'ensemble de l'écosystème lacustre. A cet effet, Kouamélan (1999) a suggéré que les travaux sur le fonctionnement trophique passant par la connaissance de ces organismes aquatiques devraient précéder la mise en place de toute politique de conservation et de gestion durable des milieux aquatiques.

Vu la dégradation poussée des lacs urbains de Yamoussoukro et de l'inexistence de données sur leur fonctionnement trophique, cette étude se propose d'évaluer les impacts de l'anthropisation sur la biodiversité et sur la dynamique trophique des organismes aquatiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro.

De façon spécifique, il s'agit de :

- (i) caractériser l'environnement abiotique des lacs urbains de Yamoussoukro,
- (ii) déterminer la structure des organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro,
- (iii) caractériser les relations trophiques entre les organismes aquatiques, afin de décrire le fonctionnement trophique des lacs urbains de Yamoussoukro.

Hormis l'introduction et la conclusion, le contenu de ce manuscrit est articulé autour de trois chapitres. Le premier chapitre fait référence aux généralités sur la ville de Yamoussoukro et sur les organismes aquatiques. Le second chapitre aborde le matériel et les méthodes employés pour l'échantillonnage et l'exploitation des données. Enfin, le dernier chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus. Ce mémoire s'achève par une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I : GENERALITES

1.1. Présentation du milieu d'étude

1.1.1. Situation géographique et administrative de la ville de Yamoussoukro

La ville de Yamoussoukro, chef-lieu du département et de la région des Lacs est la capitale politique de la Côte d'Ivoire depuis 1983. Elle est située au Centre du pays à 206 kilomètres au Nord-est d'Abidjan, la capitale économique (N'guessan *et al.*, 2014). Yamoussoukro est située entre 6°34'12 et 6°55'48 de latitude Nord et entre 5°13'12 et 5°24' de longitude Ouest (Figure 1). La ville de Yamoussoukro, avec une superficie de 3500 kilomètres carrés, est Chef-lieu du district Autonome de Yamoussoukro par la loi n° 2002-44 du 21 janvier 2002 (Nangoh, 2023). En outre, l'ordonnance n°2011-262 du 28 septembre 2011 de l'orientation générale de l'administration du territoire érige Yamoussoukro en district autonome (Tapé, 2020). Le district de Yamoussoukro est limité administrativement par les départements de Tiébissou au Nord, Oumé au Sud, Dimbokro à l'Est, Bouaflé et Sinfra à l'Ouest. Ce district comprend les Sous-préfectures d'Attégouakro, de Didiévi, de Tié-Ndièkro et de Yamoussoukro. Il renferme également les communes de Didiévi, de Tié-Ndièkro et de Yamoussoukro pour 179 localités rurales (BNETD, 1997).

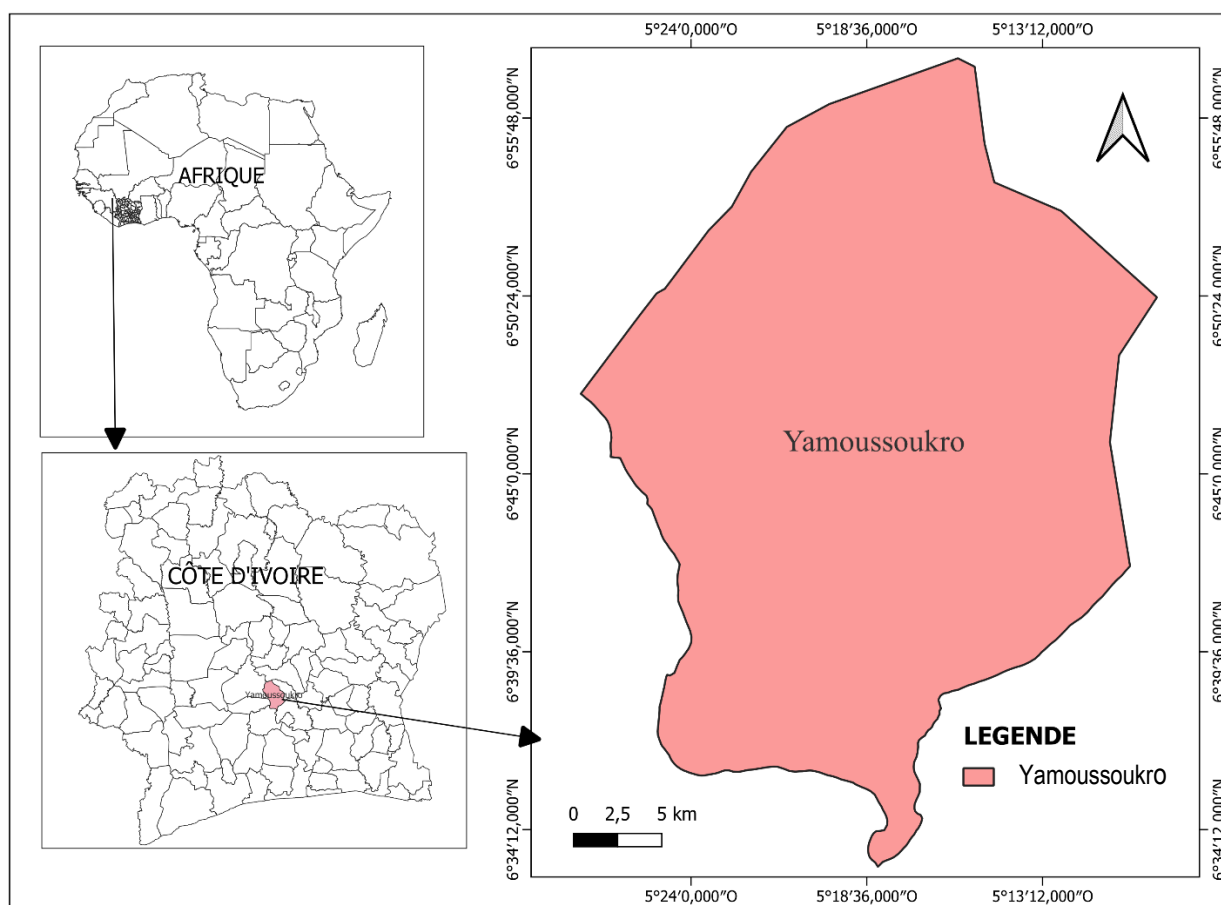


Figure 1 : Situation géographique de la ville de Yamoussoukro centre de la Côte d'Ivoire (BNETD, 2022)

1.1.2. Relief et végétation

La région de Yamoussoukro appartient à la pénéplaine granito-gneissique du socle de l'Afrique de l'Ouest (Lhote, 2000). Une couche de graveleux latéritiques gravillonnaires se rencontre entre 0,3 m et 1,5 m de profondeur. Ce graveleux devient argileux après 1,5 m de profondeur (Anonyme 1, 2017). Le stratum rocheux de Yamoussoukro est constitué principalement de granitoïdes alcalins. Ce socle est recouvert par des latérites, riches en oxydes de fer et d'aluminium qui sont des formations d'âge Protérozoïque. Les sols de la région sont de types ferralitiques moyennement ou fortement désaturés (BNETD, 1997). Le relief est peu accidenté avec une altitude moyenne de 200 m. Il se caractérise par des plateaux aux sols argileux, granitiques et sableux par endroit. L'implantation initiale a évité le fond des deux bas-fonds qui s'étalent au-dessus de 200 m. Yamoussoukro est implanté sur une faible pente allant de 200 à 220 m dominant le bras septentrional du bas-fond. Cette colline qui a une altitude de 208 m est actuellement le cœur de la ville. Dans l'ensemble, la ville est légèrement vallonnée d'altitudes comprises entre 201 et 248 m entrecoupée de thalwegs affluents du Bandama. Les pentes moyennes inférieures à 3 % (Anonyme 2, 2016).

Le couvert végétal de la ville de Yamoussoukro appartient au domaine Guinéen. Cette végétation se caractérise par des savanes pré-forestières qui se présentent comme des étendues herbeuses avec de petits arbres. Les bas-fonds sont occupés par des galeries forestières (N'guessan *et al.*, 2014). La savane à rôniers apparait sur les sols sableux drainés. La trame est faite d'une prairie à hautes herbes piquetées par endroits de quelques arbres caractéristiques des palmiers rôniers. Cette végétation se transforme en forêt galeries le long des cours d'eau (BNETD, 1997).

1.1.3. Climat

La ville de Yamoussoukro appartient au régime tropical humide de transition caractérisé par deux (2) grandes saisons. La saison sèche qui s'étend de novembre à février et la saison pluvieuse de mars à octobre avec les plus grandes précipitations en septembre (N'Guessan *et al.*, 2014) (Figure 2). La pluviométrie annuelle varie entre 900 et 1600 mm. La température moyenne annuelle est d'environ 26° C. La moyenne d'ensoleillement est de l'ordre de 1940 heures. L'humidité relative moyenne annuelle de l'air est de l'ordre de 75 % avec un minimum de 63 % en janvier et un maximum de 80 % en juillet durant la saison des pluies (Lhote, 2000). Les vents ont une direction Sud-ouest pendant 10 mois entre février et novembre puis prennent une direction Sud-ouest et Nord-est en décembre. La vitesse mensuelle moyenne du vent varie de 3,6 km/h (juin) à 8,8 km/h (février), (N'Guessan *et al.*, 2014).

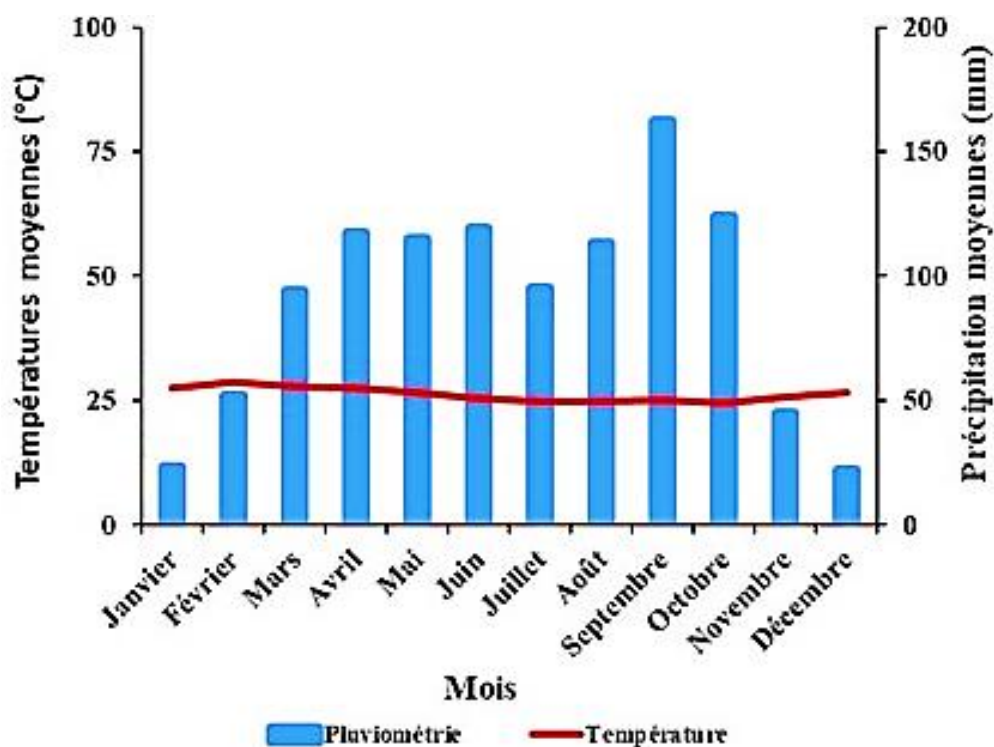


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) réalisé à partir des moyennes des données climatiques de 2012 à 2021 (SODEXAM de Yamoussoukro, 2022).

1.1.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique dense et ramifié du district de Yamoussoukro est principalement constitué du fleuve Bandama et de ses affluents, ainsi que des rivières N'Zi et Kan. Le district de Yamoussoukro compte trente un (31) lacs naturels et artificiels, dont dix lacs aménagés (10) dans la ville de Yamoussoukro (Tapé, 2020). Ces milieux lacustres urbains sont reliés entre eux par un système de canaux souterrains. Ils ont été disposés en forme de tête de béliet. Les lacs 1, 2, 3 et 4 représentent l'une des cornes et les lacs 10, 9 et 8 l'autre corne, le lac 7 étant isolé. Quant aux lacs 5 et 6, ils représentent la tête du béliet (N'guessan *et al.*, 2014). Le sens d'écoulement des lacs sur l'une des cornes se fait du lac 1 vers le lac 5 et sur l'autre corne du lac 10 vers le lac 5. Le lac 5, en tant que réceptacle reçoit également les eaux du lac 7 et se jette à son tour dans le lac 6 (Figure 3). Les lacs de la ville de Yamoussoukro participent à sa structuration surtout au Centre-ville où à l'Ouest et à l'Est, se trouvent les quartiers Habitat, Energie et Assabou (Anonyme 2, 2016). Aménagés pour la plupart, ils connaissent une eutrophisation avancée du fait des activités anthropiques exercées sur leurs bassins versants.

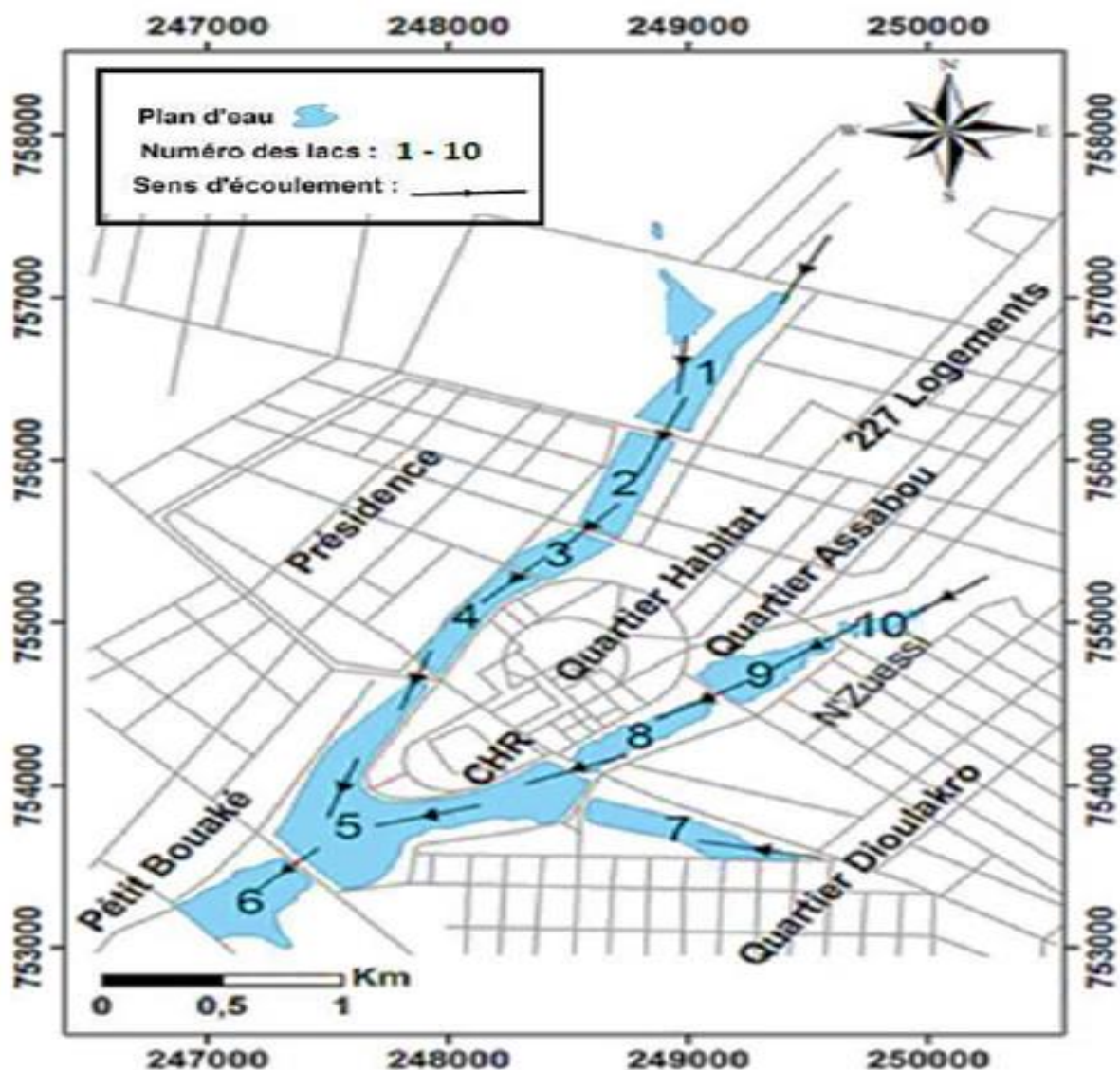


Figure 3 : Localisation et sens d'écoulement des lacs urbains de la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), (Tapé, 2020)

1.1.5. Populations et urbanisation

La ville de Yamoussoukro a une population estimée à près de 372 559 habitants, soit une densité de 180 habitants au kilomètre carré. Le taux d'urbanisation de la ville de Yamoussoukro est de l'ordre de 55 % contre 45 % de populations vivant en milieu rural. La population de Yamoussoukro est jeune avec 56,46 % des habitants qui ont au moins 20 ans (RGPH, 2021). Le district de Yamoussoukro fait partie de l'aire traditionnelle des Baoulés appartenant au groupe ethnique Akan, qui rassemble les tribus Akouê, Nanafouê, N'zikpli et N'gban. La région apparaît comme une zone cosmopolite avec la présence d'allochtones et d'allogènes.

La ville de Yamoussoukro qui représente 1,7 % du territoire national couvre une superficie de 4651 km² dont 27000 hectares pour le projet d'urbanisation de la ville et 750 hectares pour la zone industrielle (Nangoh, 2023). Yamoussoukro compte 14 quartiers avec des rues d'une

largeur d'environ 50 mètres et de vastes îlots de 20000 m² (Wanda *et al.*, 2014). Les quartiers les plus peuplés sont Assabou, Habitat, Dioulakro, Kokrenou, Morofé, N'zuessy, 220 Logements et Energie (Anonyme 2, 2016). Les activités exercées sur les bassins versants et sur les lacs de cette ville sont multiples. Il s'agit notamment des maraîchages et de la riziculture dans certains bas-fonds, du commerce avec le développement de maquis, bars et restaurants qui rejettent leurs déchets dans les lacs (Mahan, 2002) et la pêche qui est intensive se pratique de jour comme de nuit. Le rejet des effluents agricoles et domestiques serait la cause de la dégradation de l'état écologique des lacs de Yamoussoukro. De plus, le système d'assainissement autonome de récupération des eaux usées (fosses septiques) quasi-inexistant dans la ville de Yamoussoukro favorise le déversement d'eaux usées dans les lacs.

1.1.6. Milieux lacustres

1.1.6.1. Genèse des lacs

Le lac est une cuvette naturelle ou artificielle contenant de l'eau et ayant une vie propre, une certaine autonomie (Kouamé, 2014). Le lac est un plan d'eau permanent enclavé dans le continent et généralement constitué d'eau douce. Selon Adallal (2019), la genèse des lacs est liée à des mouvements tectoniques couplés à des processus d'altération (doline, zone de subsidence, cuvette synclinale), à des processus volcaniques (cratères anciens de volcans éteints), à l'activité glaciaire (fonte de glaciers et érosion glaciaire) ou à l'action fluviale (érosion hydrique intense). Les lacs peuvent se former également suite aux glissements de terrains, affaissements de sols, processus d'érosion éolienne (déflation), phénomènes de karstification et aux interventions humaines (construction de barrages) favorisant ainsi la création des lacs artificiels.

1.1.6.2. Caractéristiques et fonctionnement des lacs

Un lac est un plan d'eau continental dominé par son bassin d'alimentation et présentant ses propres caractéristiques, dont la profondeur, la superficie et le volume sont suffisants pour provoquer un étagement, une zonation ou une régionalisation des processus limniques (Gautier & Touchart, 1999). Il peut être alimenté par différents cours d'eau (ruisseaux, rivières et sources souterraines) que l'on qualifie de tributaires ou affluents. Après un temps de séjour selon la superficie et la profondeur du lac, l'eau s'écoule par un cours d'eau qui est son exutoire, son émissaire ou son effluent. La grande profondeur d'un lac est généralement à l'origine de sa stratification (Etebaai, 2009). Cette stratification souvent thermique et/ou photique est à l'origine de la formation des couches au niveau de la colonne d'eau (Ramade, 2002). Ces différents compartiments sont l'épilimnion, le métalimnion et l'hypolimnion.

L'épilimnion représente la couche d'eau superficielle où la lumière pénètre et permet la croissance des végétaux aquatiques. Cette couche d'eau possède une température uniforme et une bonne oxygénation, puisqu'elle subit un brassage. Le métalimnion est situé sous les eaux de surface. La thermocline désigne la couche d'eau où il y a une variation importante de température. L'épilimnion et le métalimnion forment la zone euphotique. L'hypolimnion ou eaux profondes est la couche inférieure de l'eau d'un lac. Associée avec la stratification chimique dont elle est généralement liée, la stratification thermique détermine la répartition spatiale des organismes et donc des espèces (Reynolds *et al.*, 2000). Il forme la zone aphotique. Les lacs et leurs bassins versants constituent une des principales ressources terrestres en eau douce de surface et sont des systèmes aquatiques en échange permanent avec leur milieu environnant dont ils dépendent (Shiklomanov & Rodda, 2003). Ce sont à la fois des systèmes de transfert, de stockage, de recyclage de l'eau et de la matière (minérale et organique) mais également de l'énergie (cinétique, thermique, lumineuse et potentielle). Ils contribuent donc largement au cycle de l'eau global et aux cycles biogéochimiques sur le continent (Etebaai, 2009). L'isolement des lacs influence leurs caractéristiques qui dépendent du climat, des apports exogènes, du substratum, de la végétation environnante et de l'activité biologique au sein de ces lacs. L'eau d'un lac est soumise à l'action du vent qui crée des vagues en surface. Des courants profonds peuvent brasser l'eau dans son ensemble. L'eau lacustre ne va pas toujours dans le même sens sur de grandes distances. Elle ne suit pas une pente (Welch, 1952). En plus, dans un système lacustre, le cycle biosynthèse-biodégradation suit un gradient horizontal amont-aval, alors qu'il est vertical dans un système lotique (Angelier, 2000). Un lac est dominé par un bassin d'alimentation. L'influence du bassin versant sur le fonctionnement du système limnologique s'exprime par ses caractères physiques, climatiques et anthropiques. Selon leur statut trophique, on détermine les lacs oligotrophes, mésotrophes et eutrophes (Patoine 2001). En effet, les quantités d'eau, d'oxygène dissous, de nutriments et de matières organiques ainsi que d'organismes aquatiques permettent de distinguer les lacs oligotrophes et les lacs eutrophes (Etebaai, 2009). Certains facteurs comme le vent, la température et les courants d'eau agissent sur le fonctionnement des lacs. Ces facteurs permettent de distinguer les lacs monomictiques, dimictiques et polymictiques (Safia, 2022) :

- les lacs monomictiques sont ceux qui ne basculent qu'une seule fois par an ;
- les lacs dimictiques sont des lacs dont la différence de température entre les couches de surfaces et celles en profondeurs devient négligeable deux fois par an ;
- et les lacs polymictiques sont des lacs chauds. La température dépasse 4°C (Patoine, 2001).

1.2. Organismes aquatiques

1.2.1. Plancton

Le plancton regroupe tous les organismes évoluant en milieu aquatique qui ne peuvent se déplacer contre des courants (Espinasse, 2012). Les organismes planctoniques peuvent être regroupés selon leur taille, leur nature, les caractéristiques biologiques de leur cycle de développement, leur répartition verticale dans la colonne d'eau ou du type d'environnement qu'ils peuplent. Selon Rossi (2009), on distingue le bactérioplancton se classant parmi le picoplancton (0,2 à 2 μm) qui regroupe l'ensemble des Bactéries et des Archées. Le phytoplancton appartient à la fois au picoplancton, au nanoplancton (2 à 20 μm), au microplancton (20 à 200 μm) et plus rarement au mésoplancton (0,2 à 20 mm). Le zooplancton se retrouve majoritairement dans le microplancton, le mésoplancton et le macroplancton (2 à 20 cm).

1.2.1.1. Phytoplancton

1.2.1.1.1. Caractéristiques générales du phytoplancton

Le phytoplancton est constitué du plancton végétal. Il s'agit des microorganismes (0,2 μm - 2 mm) photosynthétiques qui vivent libres et en suspension dans la colonne d'eau. Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se fondant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont munis sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies et ceux qui en sont dépourvus, sous le nom de procaryotes (Sheath & Wehr, 2003).

La mobilité de ces cellules, colonies ou filaments dépend soit du courant de l'eau, soit des flagellés ou des ciliés, qui conduisent à une mobilité restreinte. Chez le phytoplancton, la principale source d'acquisition de l'énergie s'effectue par phototrophie à partir de la lumière. En réalité, ces organismes sont mixotrophes puisqu'ils combinent l'autotrophie et la phagotrophie pour la croissance et la reproduction (Stickney *et al.*, 2000). Ces hétérotrophes peuvent consommer des bactéries ou des matières organiques (Zubkov & Tarran, 2008). La diversité de forme est due à la flottaison et aux déplacements verticaux (Zeitzschel, 1978).

Le phytoplancton se trouve dans la masse d'eau où les rayons lumineux sont reçus. Ainsi, il assure 45 % de la production primaire (Behrenfeld *et al.*, 2001). Le phytoplancton est l'un des maillons essentiels de la chaîne alimentaire dans le milieu pélagique (Azam & Malfatti, 2007). En effet, Il évolue de façon saisonnière aussi bien en milieu lacustre (Amblard, 1987) qu'en milieu marin (Margalef, 1958) ce qui a pour conséquence de structurer le réseau trophique, les niveaux trophiques supérieurs dépendant directement ou indirectement de cette saisonnalité. Par ailleurs, le phytoplancton est considéré comme étant un indicateur de la dégradation de la

qualité des écosystèmes aquatiques, car il réagit à diverses pollutions d'origine anthropique. Une forte prolifération du phytoplancton a un impact direct sur les écosystèmes aquatiques. Cela entraîne des modifications de la diversité et de la dynamique des organismes aquatiques. En outre, certaines espèces, telles que les cyanobactéries sont susceptibles de synthétiser et de libérer dans l'eau des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves représentant des risques important pour la santé humaine et animale (Chorus & Bartram, 1999).

1.2.1.1.2. Compositions taxonomiques du phytoplancton

La classification du phytoplancton est basée sur la cytologie, la reproduction, la mobilité et la physiologie d'une part, et la biochimie, le métabolisme et l'écologie d'autre part. Dans les écosystèmes aquatiques, on peut ranger les algues en plusieurs embranchements (Grogan, 2012). Parmi ceux-ci, sept (7) sont constamment rencontrés dans les milieux dulçaquicoles (Attoungbré, 2021) et sont brièvement décrits ci-après selon la classification de Starmach, (1985) :

Les Bacillariophyta ou Diatomées sont des organismes eucaryotes et englobaient plus de 200 000 espèces (Attoungbré, 2021). La présence de frustule est leur principale caractéristique (Konan, 2014). Ces microorganismes sont unicellulaires ou coloniaux, parfois filamenteux. Ils sont scindés en deux groupes dont les Diatomophycées centriques qui ont une symétrie radiale et les Diatomophycées pennées qui ont une symétrie bilatérale. Les diatomées possèdent les chlorophylles *a* et *c*, du β carotène et des xanthophylles (Attoungbré, 2021). Selon Canter-Lund & Lund (1995), les diatomées sont diploïdes et se reproduisent communément à partir de la multiplication végétative par division cellulaire. Les cellules peuvent également entrer dans une phase de reproduction sexuée, nommée « auxosporulation ». Ce sont des micro-organismes extrêmement répandus dans le monde aquatique (De Reviers, 2003).

Les Chlorophyta sont unicellulaires ou pluricellulaires, largement répandue dans tous les milieux aquatiques (Attoungbré, 2021). Ils sont un groupe très diversifié comportant 500 genres avec plus de 15 000 espèces (Grogan, 2012). Leurs pigments sont essentiellement les chlorophylles *a* et *b*, avec les caroténoïdes et les xanthophylles comme pigments accessoires. Environ quatre cinquièmes (4/5) des espèces de cet embranchement vivent en eau douce. Généralement, les formes nageuses ont deux, parfois quatre flagelles de taille identique. Ils ont trois (3) types de reproduction sexuée. Il s'agit de la reproduction isogamie qui conduit à la formation de deux (2) gamètes de même taille, de la reproduction anisogamie avec la formation de gamète male plus petit que le gamète femelle et de la reproduction oogamie, qui donne un gamète femelle non flagellé et un gamète mâle flagellé (Nozaki, 2003).

Les Chrysophyta sont des algues unicellulaires ou coloniales, dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique (Attoungbré, 2021). Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles et caroténoïdes masquant la couleur due à la chlorophylle *a* (Wetzel, 2001). La plupart de ces cellules obtiennent leur énergie par mixotrophie. Les Chrysophyta sont essentiellement uniflagellés mais d'autres possèdent deux flagelles. Plusieurs de ces espèces, dépourvues de paroi cellulaires sont entourées d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une surface cellulaire couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires. La reproduction se fait généralement de manière asexuée par fission binaire ou par zoosporulation. La voie sexuée (nature isogamique) est rare. En période de repos, la formation endogène de kystes siliceux, globuleux, percés d'un pore obstrué par un bouchon, est caractéristique des Chrysophyta. Ces micro-organismes sont en majorité dulçaquicoles libres ou fixés et certaines espèces sont marins (De Reviers, 2003)

Les Cyanophyta ou Cyanobacteria sont les organismes procaryotes regroupant plus de 110 genres et environ 1000 espèces (Attoungbré, 2021). Les Cyanobactéries n'ont pas de flagelles et leur appareil végétatif est parfois unicellulaire ou colonial ou encore filamenteux (Bourrelly, 1985). Les Cyanobactéries sont hétérotrophes ayant pour pigment principal la chlorophylle *a* et comme pigments accessoires les caroténoïdes, la phycocyanine et la phycoérythrine (Colyer *et al.*, 2005). Cependant d'autres Cyanobactéries comme *Planktothrix rubescens* disposent de vacuoles gazeuses lui permettant de s'adapter aux milieux aquatiques (Walsby *et al.*, 2004). Cette espèce filamenteuse possède également deux (2) types de cellules particulières qui sont les hétérocystes et les akinètes (Mur *et al.*, 1999). Les Cyanobactéries se reproduisent principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (De Reviers, 2003). Dans les milieux aquatiques, de fortes concentrations en Cyanobactéries colorent l'eau caractérisées par des efflorescences (Couté & Bernard, 2001). Ces efflorescences sont la manifestation de la prééminence des espèces ayant des vésicules à gaz (Reynolds, 2008). Les efflorescences de Cyanobacteria peuvent être à l'origine de risques sanitaires pour les consommateurs d'eau potable et pour les pratiquants d'activités nautiques (Attoungbré, 2021). Cette communauté se retrouve dans pratiquement tous les milieux humides : en eau douce ou eau salée, en milieux très acides ou très alcalins dans les régions polaires ou dans les sources thermales (Partensky *et al.*, 1999). Elles contribuent à 84 %, à la fixation du dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique dans certaines eaux oligotrophes (Chisholm *et al.*, 1988).

Les Dinophyta sont le plus souvent des organismes solitaires, libres, nageant à l'aide de deux flagelles inégaux vibrants dans deux directions perpendiculaires, l'un longitudinal, l'autre

transversal (Nangoh, 2023). Les Dinophycées disposent de deux chlorophylles en forte concentration que sont les chlorophylles *a* et *c*. Ces algues possèdent aussi la péricidine et le β -carotène (Komoé, 2010). Les Dinophyta sont majoritairement marines, mais il existe de nombreuses espèces dulçaquicoles. La reproduction chez les Dinophycées peut être sexuée ou asexuée (Carty, 2003).

Les Euglenophyta sont réparties selon Sheath & Wehr (2003) en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires et sans paroi cellulaire. Les Euglénophycées ont des flagelles qui proviennent d'une invagination de leur membrane cellulaire. Leurs chloroplastes contiennent les chlorophylles *a* et *b* ainsi que des carotènes et des xanthophylles. Ils possèdent une vacuole contractile et un stigma (Rosowski, 2003). Certaines euglènes sont phagotrophes et non pigmentées. D'autres par contre sont photosynthétiques. Les Euglenophyta sont abondants dans les milieux riches en substances organiques (Sheath & Wehr, 2003). La multiplication s'effectue par division cellulaire (De Reviers, 2003).

Les Xanthophyta regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Ils sont des organismes unicellulaires, coloniaux ou filamenteux caractérisés par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes (β -carotène) que de chlorophylle (Grogan, 2012). Les organismes de ce groupe possèdent des plastes vert-jaune ou vert à peine jaunâtre (Pierre, 2001). Les Xanthophyta se multiplient généralement par fission binaire et peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée n'est connue que chez deux genres et se fait le plus souvent par isogamie (Ott & Oldham-Ott, 2003). La grande majorité des Xanthophyta est dulçaquicole, mais certaines se rencontrent dans les eaux saumâtres ou marines (De Reviers, 2003).

1.2.1.1.3. Phytoplancton des lacs de Yamoussoukro

Les inventaires du phytoplancton dans huit (8) des lacs de Yamoussoukro réalisés par Nangoh (2023) révèlent la présence de 191 espèces. Ces espèces sont réparties en 61 genres, 31 familles, 15 ordres, 8 classes et 5 embranchements. Il est ressorti de ses analyses que les Chlorophytes (69 espèces) et les Euglénophytes (61 espèces) dominent la communauté phytoplanctonique. En revanche, les Dinophytes sont moins représentées (2 espèces).

1.2.1.2. Zooplancton

1.2.1.2.1. Caractéristiques générales du zooplancton

Le zooplancton est, comme son nom l'indique, la partie animale du plancton. Le zooplancton est hétérotrophe et se nourrit de substance organique déjà synthétisée, soit par filtration de particules, cellules du phytoplancton ou autres, soit par prédation. Il assure un rôle de pivot au

sein de l'écosystème qui implique une liaison étroite avec les niveaux trophiques inférieurs et supérieurs (Banse, 1995). Cet important rôle est de transmettre l'énergie fixée par les producteurs aux niveaux trophiques supérieurs (Plounevez & Champalbert, 2000). Leur cycle de développement court et leur petitesse facilitent leur échantillonnage. Ils sont ubiquistes et en grand nombre dans le milieu aquatique, si bien qu'il est facile d'étudier les relations qu'ils ont avec leurs milieux et entre eux.

1.2.1.2.2. Compositions taxonomiques du zooplancton

Trois principaux groupes, à savoir les Rotifères, les Cladocères et les Copépodes se distinguent des groupes minoritaires que sont les Protozoaires et les Ostracodes (Safia, 2022).

Les Rotifères sont des métazoaires triploblastiques, pseudocœlomates, bilatériens eutrochozoaires (Walace & Snell, 2001), d'une taille microscopique, variant entre 100 et 600 μm (Shiel, 1995). On dénombre actuellement environ 2 000 espèces de Rotifères (Sehili, 2022). Ils sont caractérisés par une couronne antérieure ciliée le Coronna, un pharynx musculieux différencié le mastax et des cellules flammes typiques (N'do, 2025).

Le corps des Rotifères comprend trois parties : la tête, le tronc et le pied (Safia, 2022). La tête porte la couronne ciliaire qui se compose d'une plaque buccale et d'une ceinture circum apicale. Cet appareil ciliaire sert à la fois à la locomotion de l'animal et à la création des courants canalisant les particules alimentaires vers la bouche. Le tronc est couvert d'une cuticule protéique, non chitineuse et souple. Chez certaines espèces, cette cuticule peut s'épaissir et former une carapace (la lorica), pourvue quelques fois d'ornementations spécifiques ou d'appendices cuticulaires. Le pied terminé généralement par 22 deux orteils chez les pseudotroques, constitue un prolongement du tronc. Il contient deux glandes pédieuses qui sécrètent une substance adhésive permettant à l'animal de se fixer temporairement ou définitivement à un support. Chez certaines espèces pélagiques, ce pied disparaît.

Les rotifères se reproduisent par parthénogenèse ou par voie sexuée dans des conditions difficiles (Sehili, 2022). Les Rotifères sont soit détritivores, algivores ou macrophages (N'do, 2025), soit ils sont commensaux et/ou parasites d'autres organismes (Zébazé, 2008). Ils peuvent aussi être des bactériophages, carnivores ou peuvent avoir une alimentation mixte (N'do, 2025).

Les Cladocères sont des crustacés de petite taille dont la longueur varie de 0,2 à 3 mm ; ils atteignent exceptionnellement 15 mm (Safia, 2022). Ce sont essentiellement des organismes dulçaquicoles peuplant la grande majorité des milieux stagnants (Sehili, 2022).

Ils sont caractérisés par une large tête, des appendices de différentes tailles et formes, une paire d'antennes natatoires très développées, un large œil, une carapace bivalve dont l'ouverture ventrale et postérieure laisse sortir les appendices thoraciques et le post abdomen. En outre, le

corps séparé de la tête par un sinus cervical comprend une région thoracique portant 5 à 6 paires d'appendices et un abdomen très court, prolongé par un post abdomen où débouche l'anus (Safia, 2022). Le mode de reproduction des cladocères est essentiellement parthénogénétique. La reproduction sexuée des cladocères est rare en zone soudanienne dans les collections d'eau pérennes (Sehili, 2022). A l'exception de quelques prédateurs, tous les autres cladocères sont considérés comme des filtreurs plus ou moins spécialisés. Ils sont alors phytophages, bactériophages ou détritivores (Sehili, 2022). Ils peuvent être ectoparasites et parfois des prédateurs (Safia, 2022).

Les copépodes sont des crustacés de petite taille, dont la longueur varie entre 0,3 et 8 mm. Leur corps est fusiforme et constitué de trois parties plus ou moins distinctes (Sehili, 2022) :

- une partie antérieure constituée de six segments soudés qui constituent le céphalosome. Les appendices de cet ensemble sont transformés en organes natatoires, préhensiles ou masticateurs
- une partie médiane ou thorax, fondamentalement constituée de 5 segments tous porteurs d'une paire d'appendices natatoires ou préhensiles ;
- une partie postérieure ou abdomen constituée de cinq segments dont les deux premiers sont le plus souvent soudés en un segment génital, les deux autres segments qui suivent sont dépourvus d'appendices et le dernier segment, le segment anal, porte les deux branches du telson constituant une furca agrémentée de soies caractéristiques.

Des dix ordres ou sous ordres que forment les copépodes, trois seulement sont dulcicoles. Il s'agit des Calanoïda, des Cyclopoïda et des Harpaticoïda (Martin & Davis, 2001). La reproduction des copépodes est assurée par la voie sexuée tout au long de l'année, ou de façon saisonnière selon les espèces, l'environnement et la disponibilité des ressources alimentaires (N'do, 2025). Une des difficultés de la détermination des copépodes est leur dimorphisme sexuel et la variation importante de leur morphologie au cours de leur croissance (Sehili, 2022). En effet, des œufs pondus éclosent des larves nauplii qui, par métamorphoses successives, donnent naissance à des larves copépodites. La larve copépodite ressemble aux adultes mais comprend moins de segments ; elle subit cinq (5) mues successives pour donner le stade copépodite six (6) qui correspond au jeune adulte. A cause de leur abondance dans les échantillons d'eau, ces onze phases larvaires non déterminables, sont généralement regroupés par tranches d'âges pour des études écologiques (Safia, 2022)

Les ostracodes sont de petits Crustacés (Arthropodes) marins ou d'eau douce, rarement terrestres, dont la longueur à l'âge adulte varie entre 1 et 30 mm. Leur corps est entièrement enfermé dans une carapace bivalve et ne présente pas de segmentation visible comme chez la

plupart des crustacés (Perrier, 2007). La surface des valves est lisse ou ornementée. Cette ornementation est un caractère systématique important (Hartmann & Guillaume, 1996). Ils représentent l'un des groupes les plus diversifiés de Crustacés puisqu'on estime qu'il y aurait plus de 20 000 espèces actuelles dont 10 000 ont déjà été décrites (Ikeya *et al.*, 2005). Les ostracodes sont presque essentiellement aquatiques, vivant dans les milieux marins et les milieux d'eau douce, bien que certaines espèces semi-terrestres aient été récemment décrites (Pinto *et al.*, 2004). Ils sont principalement inféodés au sédiment (endobenthiques), mais certaines espèces sont nageuses (nectobenthiques) et d'autres exclusivement pélagiques. Leurs modes de nutrition sont variés. Détritivores pour la plupart, ils peuvent aussi être filtreurs, nécrophages, prédateurs carnivores et même parasites (Vannier *et al.*, 1998). La reproduction est sexuée pour la plupart des espèces, seul le groupe des Darwinuloidea est connu pour utiliser la parthénogenèse. Certaines espèces d'eau douce peuvent produire des œufs de résistance pouvant survivre au gel ou à la dessiccation (Horne *et al.*, 2002). Il n'existe pas de phase larvaire chez les ostracodes, ni de métamorphose : les juvéniles, similaires aux adultes mais de taille inférieure, ont un développement graduel au cours des différents cycles de mue (4 à 8 stades juvéniles suivant les groupes), (Horne *et al.*, 2002).

Les protozoaires sont des organismes eucaryotes unicellulaires différenciés, libres ou parasites qui remplissent de nombreuses fonctions nécessaires à la vie (Sintès, 2007). Les protozoaires possèdent les mêmes structures et organites que les autres cellules eucaryotes, mais avec quelques variations comportant des organites complexes : vacuoles pulsatiles, cils et flagelles (Barbot, 2012). Les protozoaires présentent des dimensions variables. Leur taille est comprise entre 1 et 600 μm . Les plus grands sont les amibes qui peuvent atteindre jusqu'à 5 mm (Corliss, 2002). Les plus petits sont les sporozoaires ainsi que certains parasites intracellulaires. La plupart des protozoaires sont mobiles et peuvent être isolés dans de très grandes variétés de niches écologiques, y compris l'eau, les sols humides et à l'intérieur d'autres organismes (Norf & Foissner, 2010). Ils sont hétérotrophes et ingèrent leur nourriture par phagocytose ou au moyen d'un cytopharynx, contrairement aux autres protistes qui n'ingèrent pas leur nourriture. Il existe deux types de reproduction chez les protozoaires : la multiplication asexuée et la multiplication sexuée. La plupart se reproduit par multiplication asexuée. Ils ont 2 étapes principales dans leur cycle de vie : le trophozoïte (l'étape métaboliquement active) et le kyste (forme dormante ou de dissémination).

1.2.2. Macrophytes

1.2.2.1. Caractéristiques générales et classification des macrophytes

Les macrophytes représentent toutes les plantes aquatiques visibles à l'œil nu, dont les plantes vasculaires, les bryophytes et les algues macroscopiques (Haury *et al.*, 2015 ; Zhang *et al.*, 2020). Les macrophytes revêtent une importance vitale pour les hommes et pour les animaux. Ils jouent également un rôle écologique important à travers les processus écologiques d'oxygénation et de purification de l'eau (Dibong *et al.*, 2014). De plus, ils servent au maintien de l'équilibre des écosystèmes aquatiques et des habitats. Certaines espèces de macrophytes appelées « espèces clés » sont indispensables à la survie d'une ou de plusieurs espèces végétales et animales à travers l'action qu'elles exercent pour le maintien de ces espèces (Niang, 2010). Ces espèces clés de macrophytes assurent l'alimentation de certaines espèces animales. D'autres servent d'abris, de nid et de lieu de ponte à de nombreuses espèces animales. Les plantes aquatiques contribuent à protéger les rives contre l'érosion en freinant l'action des vagues et jouent également le rôle de filtre en favorisant la déposition des particules en suspension dans l'eau, ce qui accroît la transparence de l'eau (MDDELCC, 2016). La disparition des macrophytes entraîne des changements majeurs dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Par ailleurs, ils sont utilisés comme indicateurs biologiques de la qualité des écosystèmes aquatiques (Niang, 2010). En effet, leur présence ou la fluctuation de leur population reflètent les modifications du milieu et les changements dans les communautés des autres espèces. La végétation des écosystèmes aquatiques s'organise en groupements de végétaux dans lesquels cohabitent plusieurs espèces qui y trouvent des conditions favorables (MDDELCC, 2016).

La classification des macrophytes la plus largement utilisée est basée sur leur mode d'adaptation à la vie aquatique (Haury *et al.*, 2001a). Elle met en évidence la présence de trois groupes.

Les hélophytes qui sont des plantes herbacées ayant leurs racines dans les sédiments sous la surface de l'eau, alors que leurs appareils végétatifs et reproducteurs sont aériens.

Les amphiphytes qui sont des plantes qui menant une vie à la fois submergée et émergées en fonction de la submersion.

Les hydrophytes qui se développent strictement dans l'eau (Labat, 2021). Parmi ces dernières, certaines espèces peuvent être fixées à feuilles flottantes, fixées à feuilles submergées, ou flotter librement dans ou sur l'eau.

1.2.2.2. Conditions de croissance et de répartition des macrophytes

La dynamique des macrophytes et leur productivité dépendent d'un ensemble d'interactions complexes entre les conditions hydrodynamiques, les processus hydrochimiques et l'énergie lumineuse disponible, conduisant à diverses stratégies adaptatives pour coloniser les différents habitats (Chambers *et al.*, 2008 ; Humphries *et al.*, 2014). Les facteurs qui influencent la répartition des espèces sont les facteurs abiotiques (la lumière, la profondeur, la turbidité, la quantité d'éléments nutritifs, l'hydrodynamisme, la salinité, la température et le substrat), les facteurs biotique (la compétition entre espèces animales ou végétale pour l'habitat et la consommation des végétaux), (Michel *et al.*, 2011) et les facteurs anthropiques (Baláži & Hrivnák, 2016). Les changements qui surviennent au sein d'une phytocénose reflètent une modification des caractéristiques du milieu (Chatenet *et al.*, 2000).

1.2.2.3. Macrophytes des lacs de Yamoussoukro

N'dah & Arfi (1996), ont réalisé les inventaires des macrophytes de six (6) des lacs urbains de Yamoussoukro. Ces travaux ont porté uniquement sur les plantes à feuilles émergées, les plantes enracinées à feuilles flottantes et les plantes flottantes libres. Il ressort de leur observation que les lacs de Yamoussoukro sont en général envahis par *Eichhornia crassipes*, *Echinochloa pyramidalis*, *Nelumbo nucifera*, *Nymphaea lotus* et *Pistia stratiotes*.

1.2.3. Macroinvertébrés

1.2.3.1. Définition

Les macroinvertébrés aquatiques sont des organismes dépourvus de colonne vertébrale, visibles à l'œil nu et mesurant plus de 0,5 mm (Touzin, 2008). Toutefois, leur identification nécessite le plus souvent l'utilisation d'une loupe binoculaire. Sont inclus dans cette catégorie, les organismes dont la majeure partie du cycle de vie ou bien une partie au moins se déroule dans l'eau (Kouamé, 2014). Leur habitat est fait de matière submergée comme la litière, les branches, les débris de bois et les algues mais aussi du sédiment (Allouko, 2019). On distingue deux (2) grands groupes de macroinvertébrés en fonction du compartiment occupé dans le milieu aquatique (Klaus, 2001). Il s'agit des macroinvertébrés benthiques et des macroinvertébrés pélagiques ou de surface. Les macroinvertébrés benthiques comprennent les épibenthiques, les suprabenthiques, les endobenthiques (Cheruvilil *et al.*, 2002).

1.2.3.2. Compositions taxonomiques

Les macroinvertébrés aquatiques sont constitués des cinq (5) groupes que sont les Insectes, les Mollusques, les Annélides, les Crustacés et les Acariens (Kressou, 2020).

Les Insectes sont des invertébrés appartenant à l'embranchement des Arthropodes (animaux aux corps articulés). Les Insectes constituent le groupe spécifique le plus diversifié. Ces derniers représentent près de 95 % des macroinvertébrés (Lee *et al.*, 2006). Leur corps comprend une tête, un thorax et un abdomen. La tête porte une paire d'antennes, des yeux composés, des ocelles et des pièces buccales. En général, les insectes sont des hexapodes dont leur thorax porte deux paires d'ailes. Quant à l'abdomen, il est divisé en 11 segments. De fausses pattes sont observables chez les larves d'holométaboles (Tachet *et al.*, 2000). Les principaux ordres d'Insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Éphémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Gagnon & Pedneau, 2006). Les Insectes sont tous d'origine terrestre, la colonisation des eaux douces étant secondaire (Djéné, 2019). Les Insectes subissent un ensemble de modifications (métamorphose) du stade larvaire issu du développement de l'œuf au stade imaginal (Dierl & Ring, 1992). Chez la majorité des Insectes aquatiques, les stades immatures (œufs et larves) sont aquatiques. L'adaptation au milieu aquatique est rarement totale et pour de nombreuses espèces, la reproduction implique le passage par le milieu terrestre représenté par le stade adulte (Tachet *et al.*, 2000). Cette reproduction est bisexuelle ou parthénogénétique c'est-à-dire une reproduction à partir d'un ovule non fécondé (Zahradnik & Chvala, 1991). Les Insectes aquatiques se composent de deux grands groupes (Zahradnik & Chvala, 1991) : les Holométaboles et les Hétérométaboles. Chez les Holométaboles (organismes à métamorphose complète), les larves présentent une morphologie très différente de celle des adultes et les ébauches des ailes sont internes. La larve grandit par mues successives (plusieurs stades larvaires) et son activité principale consiste à se nourrir pour grandir. Lorsque sa croissance est terminée, la larve se fixe sur un support ou s'immobilise sur le substrat et s'entoure d'une enveloppe protectrice : c'est la nymphe. Celle-ci est immobile et ne se nourrit pas. Lors d'une dernière mue, la nymphe se transforme en adulte. Les Coléoptères, les Trichoptères, les Lépidoptères, les Planipennes et les Diptères sont des Holométaboles. Chez les Hétérométaboles (Ephéméroptères, Odonates, Hétéroptères), les larves ressemblent à de petits adultes sans ailes. Ces dernières se développent à l'extérieur du corps lors de mues successives, dans des fourreaux alaires. Elles seront définitivement formées au moment de la dernière mue, ce qui marque le passage du dernier stade larvaire au stade adulte. On parle ici de métamorphose incomplète (absence de stade nymphal). Une collecte de faune benthique contient essentiellement des formes larvaires d'insectes aquatiques, occasionnellement des nymphes et des adultes (Tachet *et al.*, 2000). Le cycle de vie des insectes est de quelques semaines (Elouard, 1981).

Les Mollusques aquatiques comprennent huit (8) classes dont sept (7) actuelles et une éteinte (Madomguia, 2018). Les Gastéropodes et les Bivalves sont les classes les plus abondantes dans les eaux douces tropicales (Tachet et *al.*, 2006). Les Gastéropodes dulcicoles comprennent 2 sous-classes que sont les Prosobranches et les Pulmonés. Les Mollusques se caractérisent par la présence d'une coquille calcaire. Chez les Gastéropodes, elle est constituée d'une seule pièce, alors que chez les Bivalves, on distingue deux pièces articulées (Lévêque, 1980). La coquille des Gastéropodes leur permet de se protéger. Leur corps est subdivisé en trois grandes régions que sont la tête, le pied et la masse viscérale. Au niveau de la tête, se trouve une paire de tentacules contractiles en dessous desquelles se trouvent les yeux. On distingue au niveau de la bouche, une mâchoire chitineuse et une radula. Le pied est un organe musculueux, souvent bien développé, qui sert à la locomotion (reptation, fouissement). Les Bivalves sont dépourvus de tête individualisée, de pharynx, de radula et de glandes salivaires. Certains Gastéropodes adoptent le gonochorisme, d'autres l'hermaphrodisme (Martin & Davis, 2001). Cette spécificité leur octroie la possibilité de se reproduire par autofécondation, allofécondation ou par un système mixte, en fonction des facteurs écologiques du milieu (Boni, 2005). Le cycle de vie est souvent annuel. La ponte des œufs a lieu durant la saison des pluies ou la saison sèche. Les Bivalves vivent souvent plusieurs années, et sont unisexués ou hermaphrodites (Mouthon & Kuiper, 1987). Selon Mouthon (2001), les mollusques exercent un impact prépondérant sur le milieu. Les Bivalves filtrent de grandes quantités d'eau prenant ainsi une part active aux phénomènes de sédimentation et d'épuration des eaux. Ces organismes concentrent de nombreuses substances telles que les métaux lourds, les pesticides, les radionucléides et modifient la qualité du sédiment en excréant sous forme de pseudo-fèces une fraction parfois importante des microorganismes planctoniques capturés et non utilisés pour la nutrition, les rendant ainsi accessibles aux invertébrés détritivores tels que les Oligochètes et les Diptères (Chironomidae par exemple). Les fèces de Gastéropodes, riches en mucoprotéines, constituent aussi une nourriture facilement assimilable par la faune détritivore (Mouthon, 2001).

Les Annélides sont des vers à anneaux. On dénombre 10000 espèces identifiées, réparties en 17 ordres et 80 familles (Madomguia, 2018). Leur corps est une succession de segments qui peuvent être identiques. Le prostomium, le peristomium et le pygidium sont trois segments qui ne sont pas considérés comme des métamères car, ne possédant pas de sacs coelomiques. Les échiuriens et les sipunculiens sont des Annélides non segmentés (Touzin, 2008). La reproduction chez les annélides est sexuée, et ces animaux sont généralement hermaphrodites. L'embranchement des Annélides est subdivisé en trois classes, ce sont les Polychètes, les Oligochètes et les Achètes. Les Polychètes sont caractérisés par la présence de nombreuses

soies souvent portées sur des parapodes de formes très variables. Quant aux Oligochètes, ils sont caractérisés par la présence de 2 paires de faisceaux de soies dont une paire latéro-ventrale et une paire latéro-dorsale. Chez les individus sexuellement matures, il existe un épaissement glandulaire dénommé clitellum en relation avec l'appareil génital. Concernant les Hirudinées ou sangsues, ils sont aplatis dorso-ventralement, de forme ovale ou allongée selon son niveau de contraction. Leur corps est dépourvu de soie et d'appendice. Ils peuplent aussi les milieux marins que les eaux douces (Madomguia, 2018). Les Annélides se reproduisent par le mode sexué et asexué. Chez les hermaphrodites, le sperme est déposé réciproquement chez les deux partenaires dans un réceptacle séminal où il est entreposé. Les Annélides peuvent vivre quelques semaines ou plusieurs mois (Tim, 1982).

Les Crustacés sont des Arthropodes généralement aquatiques, possédant deux paires d'antennes et des yeux composés. On dénombre aujourd'hui plus de 350 000 espèces de crustacés pour la plupart vivant en milieu marin et saumâtre (Madomguia, 2018). Ils ont un tégument chitineux plus ou moins imprégné avec une respiration branchiale. Les anneaux des Crustacés sont libres ou soudés ayant chacun une paire d'appendices (Martin & Davis, 2001). Parmi les Arthropodes, les Crustacés se caractérisent selon Martin & Davis (2001), par au moins cinq paires de pattes, des appendices biramés, où la rame externe ou exopodite peut disparaître, deux paires d'antennes et un céphalon à 5 métamères. La classification la plus utilisée pour cette classe est basée sur la diversité morphologique, appendiculaire, éthologique. Elle permet de distinguer sept sous-classes de Crustacés dont trois correspondent à des macroinvertébrés : les Brachioures, les Branchiopodes et les Malacostracés. La vie chez les crustacés n'est qu'une série de mues et de métamorphoses (Klaus, 2001). La durée de vie peut aller de quelques mois à plusieurs années (Klaus, 2001).

Les Acariens sont les organismes aquatiques qui possèdent quatre paires de pattes articulées à l'exception de la larve qui n'en possède que trois paires. Ils mesurent entre 0,1 et 0,6 mm. Les acariens ont des appendices. Les pièces buccales, chélicères et pédipalpes, subissent souvent des modifications en fonction de l'alimentation correspondante (Peyrusse & Bertrand, 2001). Les Acariens se reproduisent par le mode sexué avec un cycle de développement comprenant quatre étapes : l'œuf, le stade larvaire, le stade nymphal et l'adulte. Les larves sont hexapodes et muent plusieurs fois pour devenir une nymphe. A son tour la nymphe mue une à trois fois pour se transformer en adultes à huit pattes. Les adultes Acariens peuvent vivre des mois (Peyrusse & Bertrand, 2001).

1.2.3.3. Ecologie alimentaire des macroinvertébrés

La classification des groupes alimentaires fonctionnels chez les macroinvertébrés tient compte du type de nourriture ingérée et des mécanismes d'acquisition de cette nourriture (Cummins *et al.*, 2005). Ainsi :

- les **broyeurs** sont les invertébrés qui dilacèrent les grosses particules de matière organique (feuilles, bois, litière). Ils sont donc des broyeurs herbivores (les Coléoptères Curculionidae, les Trichoptères Limnephilidae) ou des broyeurs détritivores (certains Plécoptères, Diptères Tipulidae et des Crustacés). Les broyeurs détritivores ingèrent aussi bien des microinvertébrés que des débris.
- les **brouteurs** récoltent les algues et aliments associés ou attachés au substrat. D'après Tachet *et al.* (2006), ce groupe présente des modifications au niveau des pièces buccales qui prennent l'aspect de brosse. Cette modification morphologique leur permet de broser les substrats. C'est le cas des Ephéméroptères (Heptageniidae), des Trichoptères (Glossosomatidae), des Gastéropodes (Lymnaeidae), des Isopodes et des Décapodes.
- les **collecteurs** consomment les fines particules de matière organique. On distingue deux groupes de collecteurs : les collecteurs-filtreurs qui exploitent les fines particules en suspension dans la colonne d'eau et les collecteurs-rassembleurs qui les acquièrent à partir des interstices des sédiments ; c'est le cas de certains Diptères (Chironomidae), certains Ephéméroptères (Baetidae) et des Gastéropodes). La filtration se fait avec des dispositifs morphologiques ou comportementaux. On trouve par exemple chez certains Arthropodes aquatiques des adaptations morphologiques (comme la présence de soies sur la première paire de pattes) facilitant la filtration (Tachet *et al.*, 2006). C'est le cas des Ephéméroptères Oligoneuriidae, des Trichoptères Brachycentridae, des Diptères Simuliidae, des Crustacés (Corophiidae), des bivalves et des Sabellides.
- les **prédateurs** sont les macroinvertébrés qui capturent et consomment des proies vivantes (Mandomguia, 2018). C'est à ce groupe qu'appartiennent les insectes Odonates et les Hétéroptères (Tachet *et al.*, 2006).

1.2.3.4. Macroinvertébrés des lacs de Yamoussoukro

Les inventaires de Tapé (2020), des macroinvertébrés aquatiques dans huit (8) des lacs urbains de Yamoussoukro, ont permis de dénombrer 107 espèces réparties entre 52 familles, 13 ordres et six (6) classes. Il s'agit de la classe des Achètes, Oligochètes, Gordiacés, Tubellaries, Gastéropodes et Insectes. Les insectes sont les plus riches en espèces avec 87,17 % de la richesse taxonomique. Sur l'ensemble des 107 espèces identifiées, dix espèces sont communes

à tous les lacs. Il s'agit de sept Gastéropodes (*Lymnaea natalensis*, *Physa marmorata*, *Bulinus forskalii*, *Indoplanorbis exutus*, *Biomphalaria pfeifferi*, *Pila africana* et *Melanoides tuberculata*) et de trois Insectes (*Amphiops* sp., *Enochrus* sp. et *Chironomus* sp.).

1.2.4. Ichtyofaune

1.2.4.1. Régimes alimentaires des poissons

L'ichtyofaune est la partie de la faune aquatique qui rassemble les poissons (Zamblé, 2023). Le régime alimentaire de poissons permet de distinguer de nombreuses catégories trophiques (Zamblé, 2023). Il s'agit d'abord, des consommateurs primaires représentés par les phytoplanctonivores. Ces organismes qui dominent les milieux aquatiques filtrent et consomment les algues phytoplanctoniques. Ensuite les macrophytophages et les brouteurs, qui consomment la couche superficielle du sédiment composée généralement d'algues sédimentées ou le périphyton poussant sur les substrats rocheux et les détritivores. Les consommateurs secondaires qui dominent également les milieux aquatiques sont constitués des zooplanctonivores. Quant aux consommateurs terminaux, ils sont strictement piscivores ou partiellement piscivores. Ils se nourrissent également de crevettes ou d'autres invertébrés.

Les poissons se nourrissant de ce qu'ils trouvent dans leur milieu de vie, leur régime alimentaire est rarement fixe et peut varier en fonction de plusieurs facteurs (Paugy & Lévêque, 2006). Par ailleurs, ils présentent souvent des changements de régime alimentaire en fonction de la saison, du milieu et/ou de la disponibilité des aliments (Balcombe *et al.*, 2005). Certaines espèces de poissons présentent des changements biologiques et morphologiques selon le régime alimentaire (Kouamelan *et al.*, 2000). Chez les poissons macroprédateurs, à l'état adulte, les juvéniles sont d'abord zooplanctophages, puis passent par un régime transitoire à base d'insectes et de crevettes avant d'acquérir leur régime définitif essentiellement composé de poissons. En ce qui concerne, les poissons microphages mangeurs des particules nutritives du sédiment ou filtreurs du plancton, ils gardent le même régime tout au long de leur vie. En outre, la réduction du niveau des cours d'eaux en saison sèche favorise une augmentation de la piscivorie et une diminution de l'omnivorie (Winemiller & Jepsen, 1998).

1.2.4.2. Stratégies alimentaires des poissons

Les stratégies alimentaires peuvent être vues comme des systèmes de prise de décision pour répondre à des questions du type : où un individu doit-il se nourrir ? Vers quelles proies doit-il diriger sa recherche (Stiassny *et al.*, 2008) ? Le poisson doit donc décider du moment et du lieu où il va se nourrir, de la durée de la période de nutrition, des proies qui sont les plus adéquates et de la manière dont il va rechercher et capturer ces proies. Il s'agit ici donc de faire

efficacement face à différentes contraintes de l'environnement (la prédation, la compétition et la disponibilité de la nourriture) et aux contraintes internes (morphologie et physiologie de la proie et celles du prédateur lui-même). Selon la théorie de la recherche optimale de nourriture : "Optimal Foraging Theory", les stratégies alimentaires sont définies de telle sorte à optimiser le gain net d'énergie (Charnov, 1976). Ainsi, la proie la plus profitable énergétiquement sera à chaque fois incluse dans l'alimentation du prédateur tandis que les proies les moins bénéfiques ne seront incluses dans le régime que lorsque la densité de la proie la plus bénéfique descendra en dessous d'un seuil critique.

1.2.4.3. Compétitions intra et interspécifiques

Les interactions biologiques influencent les communautés de poissons dans l'eau (Strange & Foin, 1999). Les espèces ont des possibilités de dispersions et de tolérances différentes vis-à-vis des proies, ce qui leur confère des capacités compétitives diverses (Simberloff & Von Holle, 1999). Dans un milieu aquatique, le nombre d'individus d'une même espèce est limité par les capacités maximales d'accueil biogéniques. De même, lorsque deux espèces ayant une même niche écologique s'affrontent, l'une élimine l'autre (Talbot, 2006). Une population doit, pour se maintenir, réaliser un certain nombre de fonctions vitales. Les poissons doivent pouvoir grandir et survivre, donc disposer de ressources alimentaires suffisantes. Ils doivent ensuite se reproduire dans les meilleures conditions, afin d'assurer la survie des générations suivantes. Selon le principe de l'exclusion compétitive, deux espèces ne peuvent survivre dans le même milieu que si elles ont les mêmes exigences vis-à-vis de ce milieu. En principe, dans une communauté, les différentes espèces devront se répartir les ressources telles que l'espace et la nourriture. Cet état d'équilibre se complique lorsque des facteurs externes imposent des contraintes aux populations (Talbot, 2006).

1.2.4.4. Réseaux trophiques et niveaux trophiques

Dans les écosystèmes aquatiques, trois principales voies trophiques peuvent être distinguées. Il s'agit du réseau trophique herbivore, du réseau trophique détritique et du réseau trophique microbien. Le réseau trophique herbivore ou classique est dominé par les communautés phytoplanctoniques de grande taille. Ces organismes qui assimilent les nitrates et les phosphates sont impliqués dans la production dite nouvelle. La matière organique vivante et morte sédimentée, constituent la principale source d'énergie pour les organismes benthiques (Ouéda, 2009). Dans le réseau trophique microbien, la matière organique dissoute produite par l'exsudation phytoplanctonique et l'activité des consommateurs qui comprend l'excrétion et la production de fèces est consommée efficacement par les bactéries hétérotrophes. Ces bactéries sont consommées par le nanoplancton hétérotrophe et se retrouve dans le réseau trophique.

Selon Zamblé (2023), les écosystèmes aquatiques peuvent être décrits comme la juxtaposition de différents niveaux trophiques.

Un niveau trophique rassemble les organismes qui ont le même mode de nutrition ou ayant une similitude dans la manière d'ingérer les aliments. A la base de l'écosystème, les organismes photosynthétiques et chimio-synthétiques qui croissent à partir d'éléments minéraux et qui représentent les producteurs primaires occupent le niveau I. Les consommateurs primaires se nourrissent aux dépens de ces organismes et occupent le niveau II. Il en est de même des consommateurs secondaires et tertiaires, qui constituent les niveaux III et IV, dont la nutrition repose sur les organismes du niveau trophique immédiatement inférieur (Paugy & Lévêque, 2006). Dans un milieu donné, la régulation d'une population relève essentiellement de deux processus interspécifiques différents. Ce sont le contrôle par les ressources nutritives disponibles (régulation "bottom up") et le contrôle par la prédation (régulation "top down"). Ce modèle suppose qu'une variation de la biomasse piscivore se répercute en cascade sur les niveaux trophiques inférieurs. Par exemple, une diminution de la biomasse des piscivores entraînera une augmentation de la biomasse de poissons zooplanctophages, qui se répercutera en cascade sur le zooplancton. La biomasse du phytoplancton s'accroîtra ensuite car il ne sera plus régulé par le zooplancton. Face à la montée inéluctable des problèmes environnementaux mondiaux, il est proposé un certain nombre de modèles visant une compréhension détaillée de la structure, de la fonction et de la régulation des principaux écosystèmes. Ces modèles permettent de représenter simplement la complexité d'un écosystème, comportant une description par les équations d'équilibre de masse des interactions trophiques entre tous les groupes fonctionnels de l'écosystème. A partir des données disponibles et de l'importance écologique et commerciale des espèces, le réseau trophique est représenté par un nombre de compartiments ou groupes fonctionnels, qui englobent tous les organismes de l'écosystème et qui sont interconnectés par des flux de matières. L'estimation de ces interactions trophiques repose sur la mesure ou l'estimation des principaux processus métaboliques tels que la consommation, la production et les prises commerciales pour chaque compartiment vivant, ainsi que d'informations quantitatives sur la composition de l'alimentation des différents groupes (Christensen & Pauly, 1998).

1.2.4.4.1. Contrôle « top-down » du réseau trophique

La position des espèces dans la chaîne alimentaire aquatique permet de déterminer leur niveau trophique (Labonne *et al.*, 2010). Le phytoplancton et les algues représentent les producteurs primaires, car ils produisent des composés organiques vitaux tels que les acides aminés, sucres et lipides à partir des éléments minéraux (Carpenter & Kitchell, 1993). Le phytoplancton est

une ressource pour les herbivores, une grande partie du zooplancton mais également certains poissons. Il constitue le premier maillon du réseau trophique aquatique. On le qualifie également d'espèces basales. Contrairement au phytoplancton, le zooplancton (rotifères, crustacés, larves d'insectes...) appartient à plusieurs niveaux trophiques puisqu'il peut être herbivore, bactériovore ou zooplanctivore (Gliwicz, 2004). Chez les poissons, on distingue les espèces planctivores qui vont se nourrir essentiellement de zooplancton et dans une moindre mesure de phytoplancton et les espèces piscivores qui se situent en sommet de réseau trophique, on parle de prédateurs de sommets de chaînes ou « top-predators » (Morin & Jiang, 2010).

La structure des réseaux trophiques aquatiques dépend fortement de la pression exercée par les consommateurs sur leurs proies et du régime alimentaire des espèces au sommet du réseau trophique considéré. Ainsi, par un effet en cascade, un réseau trophique peut être dominé soit par les producteurs primaires lorsque la population d'herbivores est contrôlée par la prédation, soit par les herbivores lorsque leurs prédateurs respectifs sont eux-mêmes soumis à la prédation par des espèces d'un niveau trophique supérieur, on parle de cascade trophique ou de contrôle descendant ou « top-down control » (Sommer, 2008).

1.2.4.4.2. Contrôle « bottom-up » du réseau trophique

La structure des réseaux trophiques aquatiques est également fortement dépendante de la quantité de ressources disponibles pour les consommateurs, on parle alors de contrôle ascendant ou « bottom-up » (Lampert & Sommer, 2007). La biomasse des consommateurs d'un certain niveau trophique est limitée par la disponibilité de leurs proies d'un niveau trophique inférieur. Si la quantité de ressources disponibles à la base de la chaîne alimentaire augmente, la productivité de tout le réseau devrait également augmenter (Lampert & Sommer, 2007). La productivité des organismes photosynthétiques constituant le phytoplancton est principalement limitée par la concentration des nutriments inorganiques, notamment le phosphore et l'azote dissous dans l'eau (Elser *et al.*, 2007), puis par la quantité de lumière que reçoivent ces organismes photo-autotrophes (Padisak, 2004).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour cette étude est constitué du plancton (phytoplancton et zooplancton), de macrophytes, de macroinvertébrés et de poissons récoltés dans les lacs de Yamoussoukro.

2.1.2. Matériel technique

2.1.2.1. Matériel de collecte des données abiotiques

Un multiparamètre de model *HQ40d* a permis de réaliser les mesures du pH, du taux d'oxygène dissous, de la conductivité et la température des eaux dans les lacs de Yamoussoukro (Figure 4A).

Un disque de Secchi de 30 cm de diamètre fixé à une longue corde a permis de déterminer la transparence (Figure 4B). Quant à la profondeur, elle a été mesurée grâce à une planche longue de 8 m régulièrement graduée. Un Global Positioning Systems (GPS) model *Garmin SP 12 X* a servi pour le géoréférencement des lacs et un appareil photo numérique model *Sony 8 X* a permis de prendre les images des lacs.

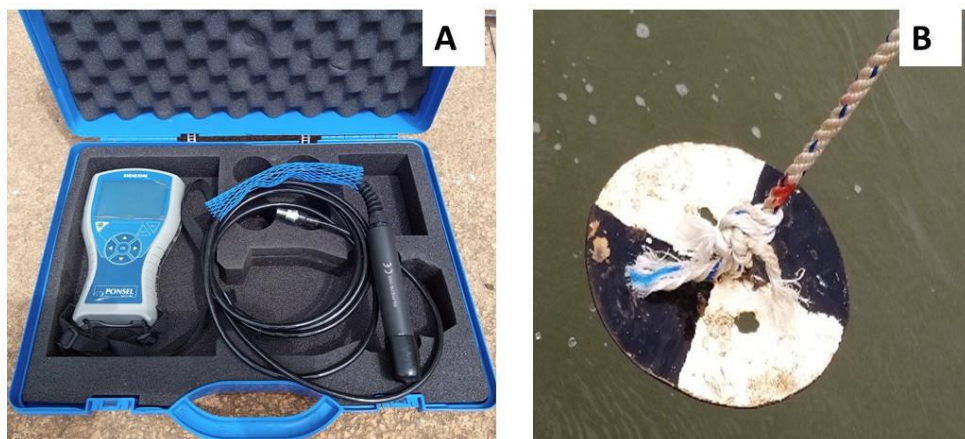


Figure 4 : Matériel de mesure des paramètres physico-chimiques des eaux des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : **A** = Multiparamètre ; **B** = Disque de Secchi

2.1.2.2. Matériel de collecte des données biotiques

2.1.2.2.1. Matériel d'échantillonnage et de conservation du plancton

Le plancton (phytoplancton et zooplancton) des lacs de Yamoussoukro a été collecté à l'aide d'un filet à plancton de 20 μm de vide de maille (Figure 5). Ce filet à plancton est muni d'un collecteur pour filtrer les échantillons d'eau.

Une brosse à dent a été utilisée pour recueillir le périphyton fixé sur les substrats immergés.

Des piluliers de 125 mL ont été utilisés pour la conservation des organismes.



Figure 5 : Filet à plancton de 20 μm de vide maille

2.1.2.2.2. Matériel d'échantillonnage des macrophytes

Un quadrat en plastique de 400 cm^2 subdivisé en 16 grilles de 25 cm^2 chacune a servi à l'échantillonnage des différents macrophytes présents sur les berges des lacs de Yamoussoukro (Figure 6A). Le quadrat a servi à délimiter une surface afin d'identifier les espèces de macrophytes. Un sécateur (Figure 6B) a été utilisé pour couper les échantillons de macrophytes.

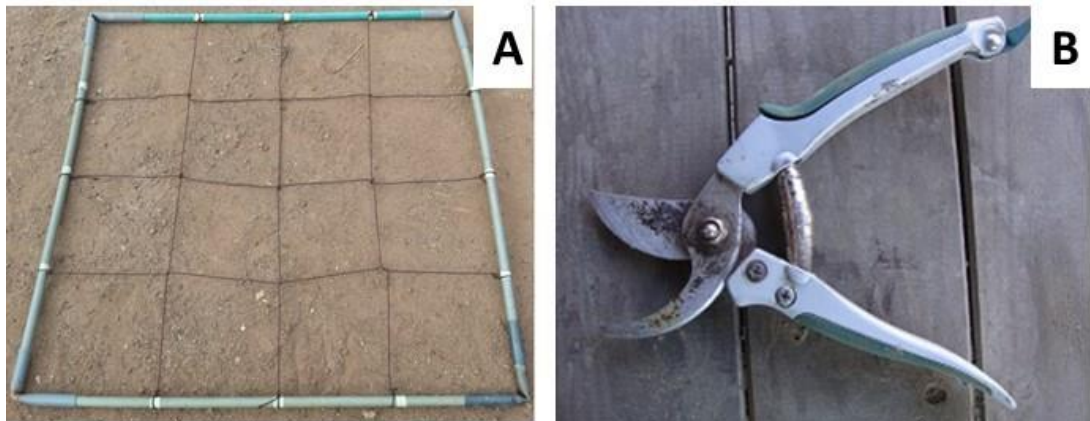


Figure 6 : Matériel d'échantillonnage des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : A = Quadrat ; B = Sécateur

2.1.2.2.3. Matériel d'échantillonnage des macroinvertébrés

Un filet troubleau emmanché à une ouverture de forme carrée surmontée d'un filet de 250 μm de vide de maille et de 50 cm de profondeur (Figure 7A) a été utilisé pour l'échantillonnage des macroinvertébrés pélagiques des lacs de Yamoussoukro.

Une benne Van Veen en acier inoxydable constituée de deux mâchoires tenues par une corde de 10 mètres de long (Figure 7B) a servi pour la collecte des macroinvertébrés benthiques des sédiments des lacs de Yamoussoukro.

Un tamis de 1 mm de vide de maille (Figure 7C) et une cuvette plastique ont permis de réaliser le pré-tri manuel et le lavage des sédiments.



Figure 7 : Matériel d'échantillonnage des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : A = Filet troubleau ; B = Benne Van Veen ; C = Tamis de 1 mm de vide maille

2.1.2.2.4. Matériel d'échantillonnage de l'ichtyofaune

Des filets maillants de mailles 10, 15, 20 et 25 mm de côté ont servi à l'échantillonnage des poissons des lacs de Yamoussoukro (Figure 8A). Chaque filet mesure 30 m de longueur pour une hauteur de chute de 3 m. Les filets sont placés selon des lignes perpendiculaires aux rives les uns à la suite des autres, couvrant différentes profondeurs et habitats. Les filets de petites mailles ont été posés près du bord et les plus grandes plus au large. Cela permet d'échantillonner les poissons de différentes tailles et vivant près du rivage ainsi que ceux des zones plus profondes. Un filet épervier a également été utilisé pour l'échantillonnage (Figure 8B).

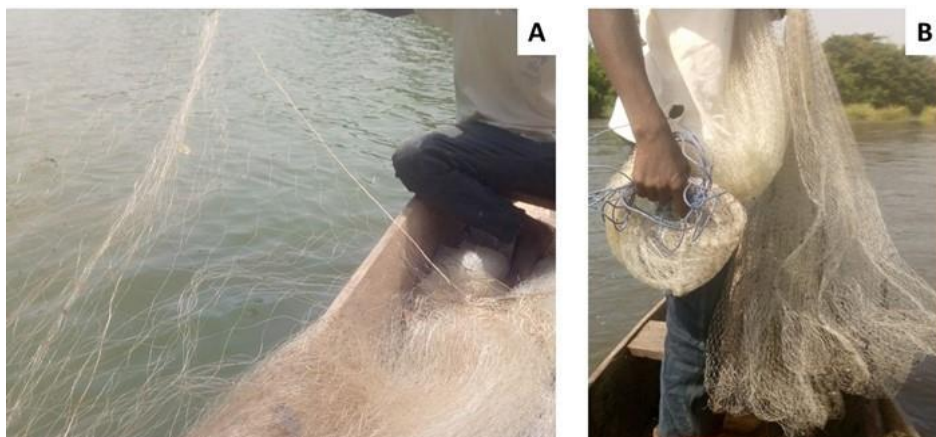


Figure 8 : Matériel d'échantillonnage de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : A = Filet maillant ; B = Epervier

2.1.2.3. Matériel pour les analyses au laboratoire

2.1.2.3.1. Matériel d'observation, d'identification et de dénombrement du plancton

Un microscope optique couplé à un écran de model *Optika B-192* (Figure 9A) a été utilisé pour l'observation et l'identification des organismes planctoniques.

Un microscope inversé de model *Optika M226799* (Figure 9B) et une cuve de sédimentation de model *Hydrobios Kiel* (Figure 9C) de 10 mL ont servi pour le dénombrement des organismes planctoniques.

Une centrifugeuse de model *SIGMA 1-16P* (Figure 9D) de 4000 tours/min a été utilisée pour la sédimentation des diatomées.



Figure 9 : Matériel d'observation, d'identification et de dénombrement du plancton
A = Microscope optique ; **B** = Microscope inversé ; **C** = Cuve de sédimentation ;
D = Centrifugeuse

2.1.2.3.2. Matériel de tri, d'observation et de conservation des macroinvertébrés

Des boîtes en plastique étiquetées d'une capacité d'un litre ont été utilisées pour la conservation des échantillons.

Une boîte de pétri en verre (Figure 10A), une pince entomologique et une loupe binoculaire de model *LEICA EZ4* au grossissement 40 x (Figure 10B) ont servi pour l'observation et le tri des échantillons.

Des piluliers en verre ont été utilisés pour la conservation des individus recueillis.

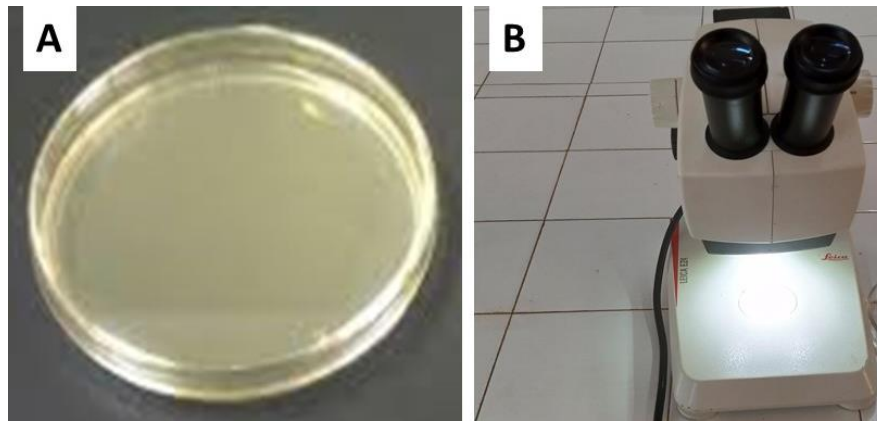


Figure 10 : Matériel utilisé pour le tri et l'observation des macroinvertébrés : **A** = Boîte de pétri ;
B = Loupe binoculaire

2.1.2.3.3. Matériel d'identification, de mensuration, de dissection et de conservation de l'ichtyofaune

Certains ouvrages scientifiques ont servi à l'identification des poissons capturés (Paugy *et al.* 2003a et b ; Sonnenberg & Busch, 2009 ; Mélanie *et al.* 2007).

Un ichtyomètre de précision de 0,1 mm a été utilisé pour la mesure des longueurs totales et standards (Figure 11A) des différents individus de poissons.

Une balance électronique de model *Scout Pro* de portée 600 g et de précision de 0,001 g (Figure 11B) a été utilisée pour les pesées des poissons

Un papier buvard a servi pour l'assèchement des estomacs.

Ces contenus stomacaux ont été pesés sur la balance électronique.

Les contenus sont délayés dans différents piluliers étiquetés contenant du formol 5%.

Des tamis de 1000, 500 et 100 μm de diamètre ont été utilisés pour le tamisage et la séparation des proies.

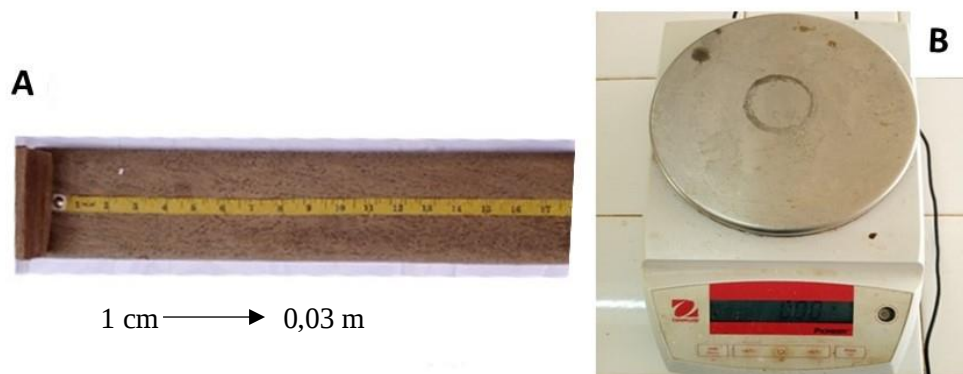


Figure 11 : Matériel utilisé pour la mensuration de l'ichtyofaune : **A** = Ichtyomètre ;
B = Balance électronique

2.2. Méthodes

2.2.1. Caractéristiques de l'environnement abiotique des lacs urbains de Yamoussoukro

2.2.1.1. Choix et description des sites retenus

Pour cette étude, six (6) lacs ont été retenus pour être prospectés sur les 10 lacs urbains aménagés que compte la ville (Figure 12). Ce choix a été fait en fonction de leur accessibilité sur toute l'année, leur localisation géographique et des activités anthropiques exercées aux alentours. De ce fait, trois (3) lacs situés en pleine agglomération et trois (3) autres lacs périphériques ont été sélectionnés.

Une codification des lacs a été adoptée pour nommer les lacs qui ont été échantillonnés dans cette étude (Tableau I). Les lacs portant les codes L1 (lac Agip), L2 (lac Fanon) et L3 (lac Hôpital) sont situés au centre-ville. Le lac ayant le code L4 (lac petit Bouaké) est à l'extrémité Ouest et celui ayant le code L5 (lac Guiglo) se trouve à l'extrémité Est. Quant au lac portant le code L6, il est localisé au Sud de la ville précisément au quartier Millionnaire.

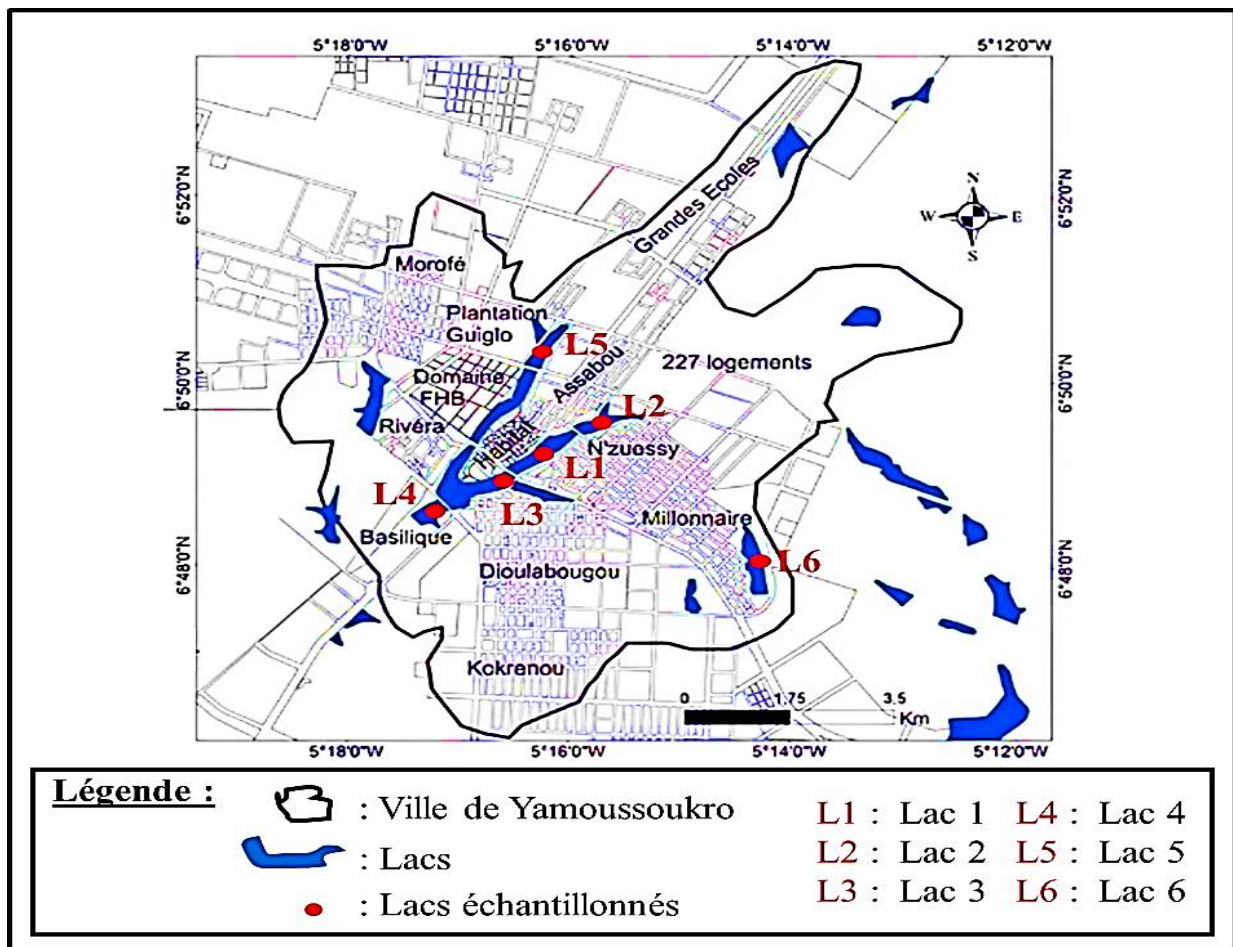


Figure 12 : Localisation des six lacs urbains échantillonnés dans la ville de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Tableau I : Coordonnées géographiques et caractéristiques des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Codes des lacs dans l'étude	Codes standards des lacs	Coordonnées GPS	Activités humaines	Taux de couverture végétale	Nature du substrat
Lac 1	Lac 8	6°49' N 5°16' W	Cultures maraîchères, hôtel, restaurants, commerces, habitations	25 à 50%	Sableux
Lac 2	Lac 9	6°49' N 5°15' W	Cultures maraîchères, hôtel, restaurants, commerces, habitations	5 à 25%	Sableux
Lac 3	Lac 5	6°48' N 5°16' W	Cultures maraîchères, horticulture, Hôpital, habitations, lessive	25 à 50%	Vaseux-sableux
Lac 4	Lac 6	6°48' N 5°17' W	Elevage, habitations, abreuvoir	50%	Vaseux-sableux
Lac 5	Lac 1	6°50' N 5°16' W	Cultures maraîchères, habitations, végétation	90%	Vaseux
Lac 6	-	6°47' N 5°14' W	Cultures maraîchères, végétation	1 à 5%	Sableux

2.2.1.1.1. Lac 1

Le lac 1 (lac Agip) est situé entre 6°49' de latitude Nord et 5°16' de longitude Ouest (Figure 13). Ce lac d'une superficie de 0,1 km² se trouve dans le centre-ville de Yamoussoukro près de la gare routière. L'eau est trouble avec un fond sableux. En plus, une odeur pestilentielle s'y dégage. Ce plan d'eau est couvert de 25 à 50 % par les macrophytes. On observe sur la rive droite des complexes hôteliers, des restaurants et sur la rive gauche des cultures maraîchères. Ce lac reçoit des déchets émanant des différentes activités qui s'exercent à ses alentours, les eaux des agglomérations puis à son tour se jette dans le lac 3. La pente autour de ce plan d'eau est de 5 %.



Figure 13 : Vue du lac 1 (lac Agip)

2.2.1.1.2. Lac 2

Le lac 2 (lac Fanon) se trouve entre les $6^{\circ}49'$ de latitude Nord et $5^{\circ}15'$ de longitude Ouest (Figure 14). Le lac 2 est bordé par des complexes hôteliers et des restaurants sur la rive droite alors qu'on a des cultures maraîchères sur la rive gauche. Ce lac est également situé en plein centre-ville et a une superficie de $0,1 \text{ km}^2$. L'eau est légèrement trouble avec un fond sableux. Le lac 2 a une pente de 10 %. Ce lac est couvert de 5 à 25 % par les macrophytes. Il se jette dans le lac 1. Il est également le réceptacle des eaux usées des agglomérations et des déchets émanant des activités développées sur ses rives.



Figure 14 : Vue du lac 2 (lac Fanon)

2.2.1.1.3. Lac 3

Les coordonnées géographiques du lac 3 (lac Hôpital) sont de : $6^{\circ}48'$ de latitude Nord et de $5^{\circ}16'$ de longitude Ouest (Figure 15). Le lac 3 est situé dans le centre-ville près de l'hôpital

général de Yamoussoukro. Il est le plus grand lac urbain avec une superficie de 0,45 km². Ce plan d'eau est couvert de 25 à 50 % par les macrophytes. Le substrat de ce lac est vaseux et sableux. On observe sur la rive gauche des cultures maraîchères, des dépôts d'ordures qui se retrouvent parfois dans l'eau et une horticulture. En revanche, la rive droite est une zone d'habitation. Ce lac est le réceptacle des autres lacs. En plus, il est utilisé par certaines personnes pour leurs lessives, alors que d'autres y viennent recueillir l'eau afin de refroidir les machines des usines. La pente environnant le lac Hôpital est de 15 %. L'eau de ce lac est trouble et pestilentielle.



Figure 15 : Vue du lac 3 (lac Hôpital)

2.2.1.1.4. Lac 4

Les coordonnées géographiques du lac 4 (lac Petit Bouaké) sont de : 6°48' de latitude Nord et de 5°17' de longitude Ouest (Figure 16). Il est localisé à l'Ouest de la ville de Yamoussoukro près de la basilique Notre Dame de la Paix. La superficie de ce lac est de 0,1 km². Le lac est couvert à 50 % par les macrophytes. On observe sur la rive droite de ce lac une zone d'élevages d'ovins et de bovins et sur la rive gauche des habitations. Ce lac est le réceptacle de tous les autres lacs. Il sert d'abreuvoir pour le bétail et de lieu de lessive. La pente autour de ce plan d'eau est de 15 %. L'eau est légèrement trouble et le substrat est sableux et vaseux.



Figure 16 : Vue du lac 4 (lac Petit Bouaké)

2.2.1.1.5. Lac 5

Le lac 5 (lac Guiglo) est situé entre 6°50' de latitude Nord et 5°16' de longitude Ouest (Figure 17). Ce lac est situé à l'Est de la ville à proximité de la présidence. On observe sur les rives droite et gauche de ce lac des cultures maraîchères et de grands arbres. La superficie du lac 5 est de 0,15 km². La pente autour de ce plan d'eau est de 10 %. Le lac 5 est couvert à plus de 90 % par les macrophytes. L'eau de ce lac est trouble et le substrat est vaseux. Le lac 5 reçoit les rejets des maraîchers des alentours, sert de lieu de déversement des vidanges et autres déchets.



Figure 17 : Vue du lac 5 (lac Guiglo)

2.2.1.1.6. Lac 6

Le lac 6 (lac Millionnaire) est un lac peu anthropisé situé au Sud de la ville de Yamoussoukro à environ 1 km de l'autoroute du Nord, et à environ 500 m de Palace Hôtel (figure 18). Ce lac se trouve entre les 6°47' de latitude Nord et 5°14' de longitude Ouest. Sur la rive droite du lac

6, se trouve des cultures maraîchères avec la présence d'îlots forestiers. Cependant, on observe quelques habitations à quelques mètres de la rive gauche. Le lac 6, a une eau claire et un fond sableux. Ce plan d'eau a une superficie de 0,2 km² et ne communique pas avec les autres lacs. La pente enregistrée est de 5 % et ce lac est couvert de 1 à 5 % par les macrophytes.



Figure 18 : Vue du lac 6 (lac Millionnaire)

2.2.1.2. Mesure des paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro

Cette étude a été réalisée pendant un cycle annuel, de juillet 2021 à mai 2022. Au total six (6) campagnes d'échantillonnage ont été menées en raison de trois (3) campagnes par saison afin de s'assurer de la comparabilité des données et réduire les biais liés aux variations saisonnières. Durant la saison sèche, les campagnes ont été réalisées en novembre 2021 puis janvier et février 2022. Pour la saison pluvieuse, ces campagnes ont eu lieu en juillet et en septembre 2021 puis en mai 2022. Sur chaque lac retenu, trois (3) stations ont été définies en fonction de l'hétérogénéité des habitats. La mesure des paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro s'est faite *in-situ*, entre 6 heures et 9 heures du matin. A chaque station, la conductivité, le taux d'oxygène dissous, le pH et la température de l'eau ont été obtenus en plongeant la sonde du multiparamètre préalablement calibré dans la colonne d'eau. Par la suite, les valeurs stabilisées des paramètres indiqués ci-dessus sont lues sur l'écran d'affichage. Quant à la transparence, la mesure a été faite en immergeant totalement le disque de Secchi dans l'eau jusqu'à sa disparition complète. Puis, il est remonté lentement jusqu'à ce qu'il soit visible à nouveau par l'opérateur. La profondeur à partir de laquelle le disque est visible correspond à la valeur de la transparence. Elle s'exprime en mètre (m).

2.2.1.3. Traitement des données abiotiques des lacs urbains de Yamoussoukro

2.2.1.3.1. Analyses univariées

La vérification de la normalité des données abiotiques (conductivité, taux d'oxygène dissous, pH, température de l'eau et transparence) a été réalisée à l'aide du test de Shapiro-Wilk (Shapiro *et al.*, 1968).

Le test de Kruskal-Wallis et le test *U* de Mann-Whitney qui sont des tests non paramétriques ont servi pour les comparaisons inter et intra sujets quand la distribution des variables sus mentionnées, ne respectait aucune des conditions d'utilisation d'une ANOVA, comparaisons de plus de deux échantillons. Pour tester la variabilité des paramètres de l'environnement entre les différents groupes des lacs, on a eu recours au test de Kruskal-Wallis. Quant au test *U* de Mann-Whitney, il a été utilisé pour mettre en lumière les différences entre les groupes pris deux à deux. Il n'y a pas de variations significatives entre les variables lorsque *p* est supérieur que 0,05.

Le logiciel Statistica v 7.1 sous Excel (Microsoft Office 2013) a servi à traiter les différentes données.

2.2.1.3.2. Analyses multivariées

La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) et l'Analyse en Composante Principale (ACP) ont été les deux analyses réalisées.

La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a permis de faire le rassemblement des lacs urbains de Yamoussoukro. Cette analyse a été faite à partir des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques. Pour cette classification, le critère d'agrégation de la méthode de Ward a été utilisé ainsi que la distance Euclidienne du Chi-deux. Cette méthode permet de regrouper deux classes d'une partition pour obtenir une plus agrégée, c'est-à-dire regrouper les classes de sorte que l'augmentation de l'inertie interclasse soit important (Philippeau, 1992). Le résultat est un dendrogramme arbre de la classification hiérarchique.

Quant à l'Analyse en Composantes Principales (ACP), elle a permis de caractériser les lacs urbains de Yamoussoukro à partir des données des paramètres physico-chimiques. Selon Dufrêne, 1992, cet outil statistique permet de réduire à deux ou plus, la majorité de l'information contenue dans les variables initiales. Deux formes de résultats sont obtenues. Il s'agit des feuilles de données utilisées pour l'interprétation des résultats. L'objectif de cette méthode est de présenter un graphique, contenant le maximum d'information dans un tableau de données de taille importante (Philippeau, 1992). La base de données à analyser est stockée dans une matrice.

Ces deux analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel Statistica version 7.1.

2.2.2. Détermination de la structure des organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Les échantillonnages des organismes aquatiques (plancton, macrophytes, macroinvertébrés et poissons) ont été réalisés aux mêmes périodes que la mesure des paramètres abiotiques.

2.2.2.1. Echantillonnage des organismes aquatiques

2.2.2.1.1. Echantillonnage du plancton

A l'aide du filet à plancton de 20 μm de vide de maille, l'échantillonnage du phytoplancton a été fait en filtrant trois (3) seaux d'eau de 10 L chacun, prélevés à une profondeur de 0,5 m, soit un volume total de 30 L. l'échantillonnage s'est déroulé entre 6 heures et 9 heures du matin. Le filtrat a été transvasé dans des piluliers d'une capacité de 125 mL puis conservé avec l'alcool 70 %. Pour la communauté périphtique, le prélèvement a été effectué sur les morceaux de tiges mortes et les feuilles des végétaux flottants immergés dans l'eau. Pour ce faire, une brosse à dent a été utilisée pour gratter le biofilm fixé sur les morceaux de tiges mortes. Pour les feuilles, la méthode d'expression a été utilisée. Cette technique consiste à frotter les feuilles entre les doigts. Les échantillons recueillis ont également été conservés dans des piluliers de 125 mL puis fixés à l'alcool 70 % avec ajout de 5 gouttes d'une solution de Lugol.

L'échantillonnage de la communauté zooplanctonique des lacs urbains de Yamoussoukro a été effectué entre 6 heures et 9 heures pour l'échantillonnage du jour, puis entre 20 heures et 22 heures pour l'échantillonnage nocturne. La collecte du zooplancton a consisté à filtrer 30 L d'eau (3 seaux de capacité 10 L). Ce volume d'eau a été ensuite filtré à l'aide du filet à plancton de 20 μm de vide de maille (Nangoh, 2023). L'échantillon retenu, est récupéré et conservé dans des piluliers de 100 mL étiquetés avec ajout de 5 gouttes d'éthanol 70 %.

2.2.2.1.2. Echantillonnage des macrophytes

L'inventaire des macrophytes sur chacune des rives des lacs urbains de Yamoussoukro a été réalisé suivant des transects linéaires. Cinq (5) quadrats de 400 cm^2 divisés en 16 grilles de 25 cm^2 chacune, espacés les uns des autres de 50 m ont été posés sur la longueur des berges. Sur les largeurs des lacs, trois (3) quadrats distants de 5 m ont également été posés. Au total, 16 quadrats ont été réalisés pour le périmètre de chaque lac.

Sur chaque plan d'eau, deux (2) transects de cinq (5) quadrats chacun ont également été réalisés dans le sens de la longueur (soit un total de 10 quadrats).

Dans l'ensemble, 26 quadrats ont été réalisés sur chacun des lacs visités, ce qui correspond à 10400 cm² (26 x 400 cm²) de surface d'échantillonnage par lac. Les macrophytes récoltés dans les différents quadrats disposés le long des transects ont été dénombrés et photographiés pour être identifiés.

2.2.2.1.3. Echantillonnage des macroinvertébrés

L'échantillonnage des macroinvertébrés pélagiques des lacs urbains de Yamoussoukro a été réalisé à l'aide du filet troubleau. Le filet est traîné légèrement dans la colonne d'eau couvrant une surface d'échantillonnage de 1 m² pendant 2 minutes de sorte à pouvoir passer par le maximum d'habitats possibles (Moisan, 2010 ; Kressou, 2020). Cette méthode standardisée permet de capturer une gamme variée de macroinvertébrés dans un temps suffisant pour collecter un échantillon représentatif sans perturber l'environnement aquatique.

La faune benthique a été récoltée à l'aide de la benne Van Veen. La benne Van Veen a été d'abord armée, ensuite elle a été descendue lentement jusqu'au fond de l'eau. La corde a été maintenue pour assurer la mise en place de la benne (Bellemare *et al.*, 2013). Enfin, la levée a été faite une fois au contact avec le fond du lac pour permettre aux mâchoires de la benne de se refermer en emprisonnant le sédiment. A chaque point d'échantillonnage, trois (3) coups de benne ont été donnés, ce qui correspond à une surface d'échantillonnage de 0,15 m² (Allouko, 2019). Lorsque les mâchoires sont ouvertes, la benne Van Veen couvre une superficie de 0,05 m². Ces trois coups de benne permettent d'obtenir une meilleure estimation de la composition faunistique, assurent une comparabilité entre les stations et les campagnes d'échantillonnage.

Les échantillons sont lavés sur un tamis de 1 mm de vide de maille pour éliminer les éléments grossiers (pierres, sables, boues, feuilles, bois...). Chaque échantillon est renversé dans une boîte en plastique de 1 L puis conservé avec de l'alcool éthylique 70%. Les organismes directement accessibles sont récupérés et immédiatement mis dans la boîte. Ces échantillons ont été transportés au laboratoire pour être triés afin d'identifier les macroinvertébrés.

2.2.2.1.4. Echantillonnage de l'ichtyofaune

L'échantillonnage de l'ichtyofaune a consisté à poser les filets maillants entre 16 heures et 17 heures, et à les relever le lendemain entre 6 heures et 7 heures, pour la pêche de nuit. Pour la pêche de la journée, ces filets sont reposés entre 7 heures et 8 heures puis relevés entre 15 heures et 16 heures. Par ailleurs, le filet épervier a été utilisé pour capturer également les poissons.

2.2.2.2. Analyse au laboratoire des organismes aquatiques récoltés

2.2.2.2.1. Analyse du plancton

Les espèces phytoplanctoniques après sédimentation ont été montés entre lame et lamelle pour être observés au microscope optique, à l'exception des Diatomées. L'ouvrage de Lavoie et *al.* (2006) a permis à l'identification des espèces. Enfin, les différents résultats des travaux de Komoé (2010), Adon (2013), Kouassi (2013) et Konan (2014) ont également servi à l'identification des espèces. La classification morphologique adoptée est celle suggérée par Starmach (1985).

Pour le dénombrement du phytoplancton, les échantillons préalablement homogénéisés de façon manuelle sont renversés d'un seul trait dans des cuves à sédimenter d'un volume de 10 millilitres. Dans le cas de milieux fortement concentrés en particules (solution épiphytique), des dilutions d'échantillons épiphytiques ont été réalisées. Pour cela, une pipette avec embouts amovibles d'un millilitre a été utilisée. Un millilitre de l'échantillon a été introduit dans une chambre de sédimentation de 10 mL complétée ensuite par de l'eau distillée à 10 millilitres avec une pissette. La solution dans la cuve est laissée sédimenter pendant 8 heures. Les observations ont été ensuite réalisées au grossissement 40x. Le comptage a été effectué par transect (diamètre). Plusieurs champs ont été visités, permettant d'avoir au moins un comptage de 400 objets phytoplanctoniques (Druart & Rimet, 2008).

Les Diatomées ont subi une minéralisation et une sédimentation avant l'observation au microscope

La minéralisation a consisté éliminer la matière organique des Diatomées l'aide de l'acide nitrique dans le but de mieux faire apparaître les stries du frustule. Pour ce faire, un volume de 20 millilitres d'échantillon préalablement homogénéisé auquel l'on a ajouté un même volume d'acide nitrique a été mis dans un récipient en verre thermorésistant (Ouattara, 2000). Ensuite, le mélange est porté à ébullition sous une hotte jusqu'à disparition du dégagement de la vapeur brune observée, afin d'éliminer tous les composants organiques.

La sédimentation a été effectuée après refroidissement. La solution obtenue a été centrifugée trois fois à une vitesse maximale de 2500 tours/min pendant 10 min, pour recueillir le culot contenant les frustules (Ouattara, 2000). La deuxième et la troisième centrifugation ont été réalisées après ajout d'eau distillée en vue d'éliminer l'acide nitrique. Le culot obtenu est remis en suspension par ajout de 10 millilitres d'eau distillée.

Une goutte de la suspension a été prélevée à l'aide d'une micropipette et déposée sur une lamelle. La préparation a été chauffée jusqu'à évaporation totale. Une résine de montage du Naphrax a été déposée sur une lame placée sur la plaque chauffante. La lamelle préalablement

retirée de la plaque chauffante a été plaquée contre la lame et le tout a été retiré de la source de chaleur en veillant à faire disparaître l'air emprisonnée. Après refroidissement, les Diatomées ont été observées au microscope puis photographiées.

Au laboratoire, l'observation des organismes zooplanctoniques a consisté à prélever un sous-échantillon de 10 mL à l'aide d'une micropipette. Ce sous-échantillon a été monté entre lame et lamelle puis observé au microscope photonique à l'objectif 10× et 40× puis les organismes photographiés. Les organismes zooplanctoniques ont été identifiés puis dénombrés à l'aide des clés de Pourriot (1965) pour les Rotifères, Dussart (1967) pour les Copépodes et Amoros (1984) pour les Cladocères. Les ouvrages de Sladeczek (1983) et Aka-Koffi *et al.* (2010) ont également été utilisés. Le comptage des espèces zooplanctoniques a été effectué à l'aide du microscope inversé et de la cuve à sédimenter suivant le même principe utilisé pour les organismes phytoplanctoniques.

2.2.2.2. Analyse des macrophytes

L'identification des différents macrophytes a été faite à l'aide des ouvrages et des clés d'identification de Peltre *et al.* (1997), Mériaux (2003), John *et al.* (2011), Lambinon & Verloove (2012), Dibong *et al.* (2014), Maddi (2014), Tison & De Foucault (2014) et Laplace-Treuture *et al.* (2014).

2.2.2.3. Analyse des macroinvertébrés

Tous les échantillons ont été lavés et tamisés au laboratoire. D'abord, les échantillons ont été délayés dans une petite bassine pour être soigneusement rincés à l'eau. Ensuite, ils ont été tamisés à l'aide d'un tamis de 1 mm de vide de maille (Ysebaert *et al.*, 2003). Enfin, à l'aide d'une loupe binoculaire et d'une boîte de pétri en verre à fond quadrillé, on effectue le tri des échantillons. L'observation a été faite au grossissement 40 x. Ce tri a permis d'isoler les macroinvertébrés aquatiques. Les organismes ont été identifiés en utilisant les clés et ouvrages d'identification de Déjoux *et al.* (1981), Durand & Levêque (1991), Mary (2000), De Moor *et al.* (2003), Barbe *et al.* (2003), Tachet *et al.* (1987, 2000, 2003 et 2006), Brown (1979 et 2005) et Forcellini *et al.* (2011), dénombrés et pesés pour la détermination de la biomasse.

2.2.2.4. Analyse des poissons

L'identification de l'ichtyofaune a été rendue possible après utilisation des clés proposées par Paugy *et al.* (2003a et b), Sonnenberg & Busch (2009) et Mélanie *et al.* (2007).

Les mensurations des individus échantillonnés ont été faites au laboratoire à l'aide d'un ichtyomètre. Elles ont concerné la longueur totale et la longueur standard (Figure 19). La longueur totale correspond à la distance prise de l'extrémité du museau à l'extrémité de la nageoire caudale. La longueur standard des poissons est la distance entre l'extrémité du museau

et la base ou l'articulation de la nageoire caudale. Ces mensurations effectuées sur le flanc gauche du poisson conformément à la méthode orthogonale conventionnelle ont été exprimées en mL (Yao, 2006). La masse totale de chaque poisson non éviscéré a été prise en gramme (g) à l'aide de la balance électronique de précision 0,1 g. Par la suite, chaque poisson a été éviscéré, puis l'estomac extrait a été conservé dans des piluliers étiquetés contenant du formaldéhyde 5%.

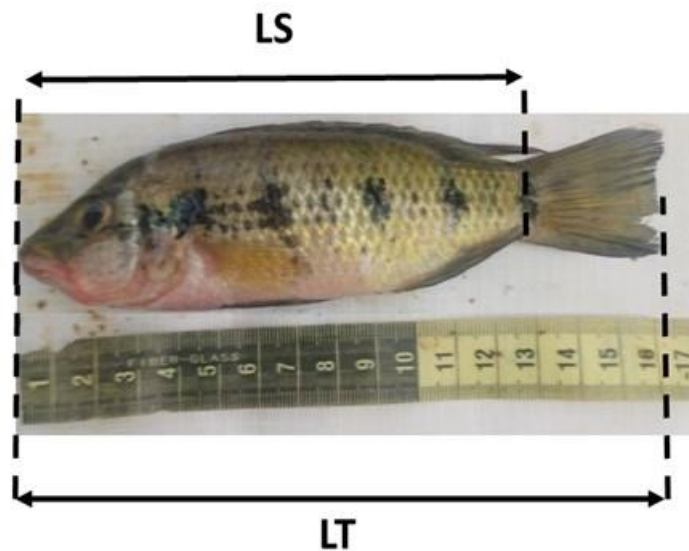


Figure 19 : Différentes mensurations effectuées sur chaque spécimen de poisson

LT = longueur totale ; LS = longueur standard

2.2.2.3. Traitement des données

D'abord, des indices ont été calculés en exploitant les différentes bases de données, pour les études qualitative et quantitative des peuplements biotiques des lacs urbains de Yamoussoukro. Ces indicateurs permettent d'une part, une étude plus fine de la composition et de la dynamique spatio-temporelle des communautés planctoniques, des macroinvertébrés, des macrophytes et des poissons. Ensuite, les densités volumiques planctoniques et les biomasses de tous les organismes aquatiques ont été calculées. Enfin, le calcul des paramètres de croissance (structure en taille, relations longueur-poids et facteur de condition) des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro a été réalisé pour les principales espèces de poissons qui représenterait au moins 9% de l'effectif total des poissons capturés sur au moins un lac.

2.2.2.3.1. Richesses taxonomiques

La richesse taxonomique (R_t) des communautés des organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro correspond au nombre total de espèces des différents organismes aquatiques rencontrés dans chaque lac donné (Ramade, 2003). Elles permettent de déterminer le nombre

total des diverses catégories taxonomiques auxquelles appartiennent les organismes aquatiques prélevés dans chacun des lacs.

2.2.2.3.2. Pourcentages d'occurrences (F)

Le pourcentage d'occurrence est le nombre d'échantillons où une espèce d'une communauté donnée est observée dans une série de prélèvements. Cet indice est exprimé en pourcentage du nombre total de relevés et consiste à compter le nombre de fois que l'espèce i apparaît dans les prélèvements. Il quantifie le degré d'ubiquité des différentes espèces dans les lacs de Yamoussoukro. Le pourcentage d'occurrence est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$F = \frac{Si}{St} \times 100 ; (1)$$

Avec : Si = Nombre d'échantillons où l'espèce i a été observée et St = Nombre total d'échantillons collectés.

Trois (3) catégories d'espèces sont déterminées en considérant la classification de Dajoz (2000). Ainsi, lorsque :

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

2.2.2.3.3. Estimation de la densité et de la biomasse du plancton

La densité du plancton a été déterminée en appliquant la formule ci-dessous :

$$N = \times \frac{n.ind \times R}{V} \times F \quad ou \quad R = \frac{\pi \times 132}{(0,112 \times 13 \times 2) \times nb\ dia} ; (2)$$

Avec : N = nombre d'organismes par mL ; $n.ind$ = nombre d'individus comptés ; V = volume sédimenté (mL) ; R = Rapport de comptage ; 0,112 mm = Largeur de la bande ; 13 = rayon de la chambre ; $nb\ dia$ = nombre de diamètres comptés ; F = Facteurs de dilution.

Le facteur de dilution est de 10.

Lorsqu'il n'y a pas de dilution des échantillons, le facteur de dilution est 1.

La biomasse planctonique (Phytoplancton et zooplancton) a été estimée de façon indirecte par la méthode des biovolumes (Druart & Rimet, 2008 ; Safia, 2022). A cet effet, les organismes ont été assimilés à des formes géométriques généralement de volume calculable. Pour ce faire, les dimensions conventionnelles ont été mesurées sur 30 individus par groupe d'organismes au moyen d'un oculaire gradué du microscope inversé. Les biovolumes obtenus à partir de ces mensurations ont été multipliés par la densité de chaque espèce et convertis en biomasse (Safia, 2022).

La biomasse totale de la communauté planctonique (phytoplancton et zooplancton) a été donnée par la somme des biomasses de chaque espèce par lac.

2.2.2.3.4. Estimation de la biomasse des macrophytes

La détermination de la biomasse des macrophytes sur chacun des lacs de Yamoussoukro a été faite à partir de la méthode intégrale (Daget & Godron, 1995). Cette méthode consiste à récolter sur chacun des lacs, toutes les espèces présentes à l'intérieur de chaque quadrat. Les individus triés par spécimen sont rincés, afin de les débarrasser de la boue, comptés et pesés. Une fois séchés à l'ombre pendant un mois, les individus collectés ont été repesés. La biomasse des espèces de macrophytes des différents lacs, exprimée en Kg/m² est le rapport du poids moyen en Kg de chacune des espèces par unité de surface échantillonnée (m²), (Ranarijoana *et al.*, 2013). Elle s'exprime par la formule suivante :

$$B = \frac{Pf - Ps}{\text{surface échantillonnée}} ; (3)$$

Pf = Poids frais en Kg et Ps = Poids sec en Kg

La biomasse totale de macrophytes a été donnée par la somme des biomasses de chaque espèce par lac.

2.2.2.3.5. Estimation de la densité et de la biomasse des macroinvertébrés

La densité surfacique et la biomasse ont été associées afin de mieux apprécier la quantité des macroinvertébrés aquatiques dans les lacs urbains.

Dans la présente étude, l'expression utilisée pour la densité surfacique est la suivante (Allouko, 2019) :

$$D = \frac{Ni}{S} ; (4)$$

Où Ni = nombre d'individus appartenant à l'espèce i et S = surface de prélèvement (en m²). La densité surfacique s'exprime en nombre d'individus par mètre carré (individus/ m²).

La biomasse des espèces de macroinvertébrés a été déterminée en faisant le rapport de la masse des individus par unité de surface. La biomasse est exprimée en Kg/m² (Yao, 2006).

$$B = \frac{M}{S} ; (5)$$

M = Masse des individus d'un échantillon (en Kg) ; S = Unité de surface (en m²)

La biomasse totale de la communauté de macroinvertébrés est la somme des biomasses de chaque espèce par lac.

2.2.2.3.6. Estimation de la biomasse des poissons

La biomasse de chacune des espèces de poissons est le rapport de la masse des individus d'une même espèce donnée par l'unité de surface du lac. Elle est exprimée en Kg/m² (Yao, 2006). La méthode de calcul est celle de l'équation numéro 5.

La biomasse totale de la communauté de poissons a été déterminée par la somme des biomasses de chaque espèce par lac.

2.2.2.3.7. Abondances relatives des espèces de poissons

L'abondance relative des espèces de poissons collectées dans les lacs urbains de Yamoussoukro a été obtenue en divisant le nombre d'individus de l'espèce (i) présent dans le lac urbain par le nombre total d'individus de ce lac (Ramade, 2003). L'abondance relative donne l'importance numérique de l'espèce dans une communauté. Sa formule est la suivante :

$$P_i = \frac{n_i}{N} ; (6)$$

P_i = Abondance relative de l'espèce i ; n_i = Nombre d'individus de l'espèce i dans un lac donné ; N = Nombre total d'individus dans un lac donné.

L'importance numérique a été déterminée en calculant l'abondance relative des différentes espèces de poissons collectées dans les lacs de Yamoussoukro.

2.2.2.3.8. Structures en tailles des principales espèces de poissons

Les fréquences de tailles ont été déterminées selon la règle de Sturge (Scherrer, 1984). Cette règle consiste à choisir un échantillon de N valeurs observées qu'on souhaite répartir ou distribuer dans des plages de valeurs. A cet effet, on découpe la plage en un certain nombre K de tranches ou classes, afin de recueillir le nombre d'observations par tranche. Ces nombres ou fréquences, peuvent être affichés dans un graphique en colonnes appelés histogrammes.

$$NC = 1 + (3,3 \times \text{Log } 10N) ; (7)$$

Avec NC = Nombre de classes et N = Nombre total des individus de poissons examinés.

L'intervalle de chaque classe est déterminé selon la formule suivante :

$$Ic = \frac{Ls \text{ max} - Ls \text{ min}}{NC} ; (8)$$

Avec Ic = Intervalle de classe, Ls = Longueur standard, max = Maximum, min = Minimum.

2.2.2.3.9. Relations longueur-masse corporelle et facteur de condition des principales espèces de poissons

La relation longueur-masse corporelle des poissons dans des lacs urbains de Yamoussoukro a été définie en utilisant le poids comme une variable dépendante, déterminée à partir de la longueur (Sidibé, 2003). Les relations longueur-poids ont été établies à l'aide des analyses de régressions simples appliquées pour chaque groupe d'espèces (Sidibé, 2003). Ces relations ont été déterminées par la formule suivante :

$$M = a \times Ls^b ; (9)$$

Avec M = masse corporelle en gramme ; Ls = Longueur standard en mm ; a = Coefficient de condition ; b = Coefficient de régression ou d'allométrie.

Le coefficient de régression ou d'allométrie fournit des informations sur le type de croissance des poissons et des variations de densité (Ricker, 1980).

Lorsque b est égale à 3 ou ne diffère pas significativement de 3, la croissance est dite isométrique, c'est-à-dire que le poisson grossit autant qu'il grandit. La taille et la masse corporelle croissent à la même vitesse. Lorsque b est significativement inférieur à 3, l'allométrie est négative c'est-à-dire que l'individu grossit moins vite qu'il ne grandit. Lorsque b est significativement supérieur à 3, l'allométrie est positive, c'est-à-dire que l'individu grossit plus vite qu'il ne grandit (Montcho, 2011). Afin de réduire la variabilité et d'homogénéiser les deux variables P et Ls , l'équation de cette relation a été linéarisée en la mettant sous la forme logarithmique suivante :

$$\text{Log}(P) = \log(a) + b \log(Ls) ; (10)$$

Les valeurs de b ont été comparées à la valeur seuil qui est de 3 à l'aide du test t de Student. Le facteur ou coefficient de condition de Fulton (K) est défini par le rapport entre la masse et la taille du poisson. Il a été calculé afin d'apprécier l'état d'embonpoint des poissons récoltés dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Koné & Teugels, 1999). Il s'établit à l'aide de la formule suivante :

$$K = \frac{M_t}{L_t^b} \times 100 ; (11)$$

Avec : P_t = Poids total du poisson en g ; L_t = Longueur totale du poisson en cm ; b = Coefficient d'allométrie.

Lorsque le facteur de condition $K > 1$, cela traduit de bonnes conditions de vie de l'espèce dans le milieu. En revanche, lorsque $K < 1$, le poisson est en mauvaise condition (Montcho, 2011). Lorsque $k = 1$, le poisson est dans un état moyen, ni trop maigre ni trop gras.

2.2.2.3.10. Régression Multiple Linéaire (R.M.L)

La régression multiple linéaire a permis d'établir la relation entre plusieurs variables indépendantes ou prédictives et une variable dépendante ou de critère (Scherrer, 1984). Le résultat est une droite de régression dont l'équation est la suivante :

$$Y' = b_1 \times l + b_2 \times 2 + b_0 ; (12)$$

S'il y a plus que deux variables explicatives (p. ex. m), on peut étendre la méthode en ajoutant les variables et leurs paramètres : $y' = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_jx_j + \dots + b_mx_m + b_0$. Les paramètres $b_1, b_2 \dots b_m$ sont les "pentes", et sont appelés "coefficients de régression". La régression multiple peut être utilisée à plusieurs fins (Borcard, 2011). Pour tout d'abord trouver la meilleure équation linéaire de prévision ou modèle et en évaluer la précision et la signification. Ensuite, estimer la contribution relative de deux ou plusieurs variables explicatives sur la variation d'une variable à expliquer ; déceler l'effet complémentaire ou, au contraire, antagoniste entre diverses variables explicatives. Et enfin, juger de l'importance relative de plusieurs variables explicatives sur une variable dépendante en lien avec une théorie causale sous-jacente à la recherche. L'intensité de la relation entre deux prédicteurs ou plus, variables indépendantes ou X et la variable dépendante (Y) s'exprime par le coefficient de corrélation R , qui est la racine carrée du R^2 . En régression multiple, R peut prendre des valeurs comprises entre 0 et 1. Un R^2 proche de 1,0 indique que nous avons réussi à expliquer quasiment toute la dispersion grâce aux variables spécifiées dans le modèle. Pour interpréter le sens de la relation entre des variables, il faut examiner le signe plus ou moins de la régression ou des coefficients B . Si un coefficient B est positif, la relation entre cette variable et la variable dépendante est positive ; si le coefficient B est négatif, la relation sera négative. Naturellement, si le coefficient B est égal à 0, il n'y aura aucune relation entre les variables (Scherrer, 1984). Exemple : $\text{Abond. Bidonia} = 0.5543 \times \text{Humidité} + 0.7211 \times \text{Matière Organique} - 41.6133$. Les signes des paramètres b_1 et b_2 sont tous deux positifs, ce qui montre que *Bidonia* réagit positivement à une augmentation du taux d'humidité et de la teneur en matière organique. On rencontre parfois des situations dans lesquelles on dispose de trop de variables explicatives. Une technique est parfois employée pour sélectionner un nombre réduit de variables qui explique pourtant une quantité raisonnable de variation. C'est la régression "pas à pas"

(stepwise regression), (Blanchet *et al.*, 2008) qui comprend trois méthodes. La méthode rétrograde (backward selection), consiste à retirer une par une les variables dont le t partiel est non significatif, en commençant par celle qui explique le moins de variation. La méthode progressive (forward selection), sélectionne d'abord la variable explicative la plus corrélée à la variable dépendante. Ensuite, elle sélectionne parmi celles qui restent, la variable explicative dont la corrélation partielle est la plus élevée, en gardant constantes la ou les variables déjà retenues. Puis la sélection pas à pas proprement dite (stepwise régression), la plus complète, consiste à faire entrer les variables l'une après l'autre dans le modèle, selon leur corrélation partielle, par sélection progressive et, à chaque étape, à vérifier si les corrélations partielles de l'ensemble des variables déjà introduites sont encore significatives. Une variable qui ne le serait plus serait rejetée. Dans cette étude, l'utilisation de la régression multiple linéaire a permis d'expliquer la variation d'une variable dépendante, descripteur biologique, par l'action de plusieurs variables explicatives, variables environnementales. Le but est de voir si chaque descripteur biologique ou métrique est lié aux variations des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques des lacs. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Excel (Microsoft Office 2013).

2.2.2.4. Analyse de la diversité des organismes aquatiques

2.2.2.4.1. Détermination de l'indice de diversité spécifique de Shannon (H')

Cet indice est fondé sur le nombre d'espèces d'une communauté donnée ainsi que sur la régularité de leur distribution ou leur fréquence. Avec cet indice, l'hétérogénéité de la biodiversité est quantifiée, de même que l'équilibre des différentes communautés dans chacun des lacs (Ramade, 1994). L'indice de Shannon convient bien à l'étude comparative des communautés étudiées (Shannon & Weaver, 1963). Par ailleurs, cet indice prend en compte à la fois le nombre d'espèces présentes et le nombre d'individus de chaque groupe taxonomique (Shannon & Weaver, 1963). Cet indice se calcule en utilisant l'expression suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i ; (13)$$

Avec p_i = pourcentage d'importance d'une espèce i dans l'échantillon.

H' est exprimé en « Bit ». 0 est sa valeur minimale et $\log S$ la maximale. L'indice est minimal lorsqu'il n'y a qu'une seule espèce d'une communauté d'organismes donnés. Cela traduit des conditions de vie difficiles qui permettent à peu d'espèces de s'établir. À l'inverse, il est maximal, lorsque toutes les espèces sont équitablement représentées dans l'échantillon. Cela correspond à des conditions de milieu favorables permettant l'installation de nombreuses

espèces (Frontier & Pichod-Viale, 1998). La valeur de H' se situe entre 0,5 (très faible diversité) et 4,5 ou 5 (communautés les plus diversifiées et réparti équitablement)

2.2.2.4.2. Détermination de l'indice d'équitabilité de Piélou (J)

Cet indice a permis de traduire le degré de diversité atteint pour identifier l'équilibre des communautés au sein des lacs urbains de Yamoussoukro. La régularité de la distribution des espèces d'une communauté donnée est étudiée. Ainsi, la comparaison des diversités de deux communautés ayant des nombres d'espèces différentes peut se faire (Dajoz, 2000). L'indice d'équitabilité se détermine en divisant la diversité H' par la diversité maximale qui peut être obtenue avec le même nombre d'espèces dans chacune des communautés ($H'_{\max} = \log_2 S$). L'indice d'équitabilité de Piélou (J) s'énonce selon la formule suivante :

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} ; (14)$$

Avec S = Nombres d'espèces observées.

L'indice d'équitabilité ou de régularité oscille entre 0 et 1. Quand il tend vers 0, cela voudrait dire qu'une espèce domine largement la communauté et quand il est égal à 1, dans ce cas toutes les espèces tendent à avoir la même abondance dans un milieu naturel qui n'est pas perturbé. Une valeur d'équitabilité supérieure à 0,8 est considérée comme l'indice d'un peuplement équilibré (Daget, 1976).

2.2.2.5. Traitements statistiques des données biotiques

2.2.2.5.1. Analyses univariées

Le test de Kruskal-Wallis et le test U de Mann-Whitney ont été effectué en suivant la même méthodologie que le traitement des données abiotiques pour comparer les valeurs médianes des indices écologiques calculés.

Par la suite, le test t de student a permis d'évaluer les différences entre les moyennes de deux groupes. Le $test-t$ est utilisé pour déterminer le type d'allométrie de croissance ou en fonction du sexe qui domine dans les hydrosystèmes. On distingue l'allométrie de croissance isométrique, l'allométrie négative et l'allométrie positive. Ce test a permis la comparaison des pentes b des relations longueur-poids des poissons à la valeur 3, il a permis également dans la présente étude d'évaluer la différence entre les lacs qui sont minéralisés par rapport à ceux qui le sont faiblement.

H_0 , est l'hypothèse nulle où b vaut 3 (Borcard, 2011).

Le logiciel Statistica v 7.1 sous Excel (Microsoft Office 2013) a servi à traiter les différentes données.

2.2.2.5.2. Analyses multivariées

Les cartes de Kohonen (Kohonen, 1995) ou cartes auto-organisatrices « Self Organizing Maps (SOM) » ont permis l'arrangement des lacs selon les variables de l'environnement et les assemblages des différentes espèces de phytoplancton, de zooplancton, de macrophytes, de macroinvertébrés aquatiques et de poissons. C'est un réseau artificiel auto-organisé qui partage avec les autres algorithmes classiques d'ordination, la représentation des données croisées en dimension multiple dans un plan. Les SOM effectuent les données abondantes mais aussi rares, contenues dans les différentes bases écologiques (Giraudel & Lek, 2001). Par ailleurs, l'efficacité de ces réseaux de neurones en écologie a été démontré par Lek *et al.* (1996). En effet, la SOM est en mesure de présenter des patrons en utilisant des données complexes (Kohonen, 2001). La SOM est composée de deux couches de neurones. Une entrée qui est constituée de la matrice du jeu de données, est directement reliée à la couche bidimensionnelle de sortie dite carte de Kohonen et qui est composée par des neurones artificiels de sortie (Figure 20). L'ajustement des composantes des objets virtuels est l'objectif de l'apprentissage pour qu'ils reflètent la distribution des échantillons.

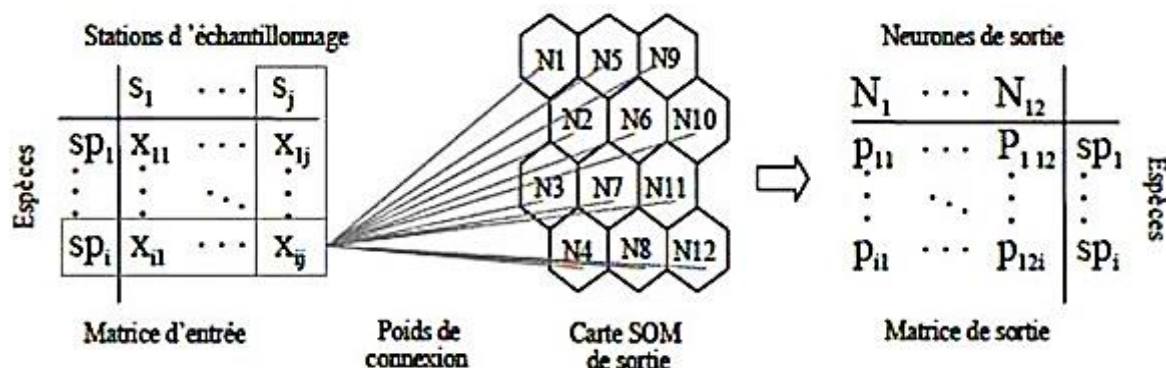


Figure 20 : Schéma simplifié de la carte auto organisatrice de Kohonen ; D'après Aguilar (2004). La couche d'entrée contient les données de présence/absence (x_{ij}) pour chaque observation ou station d'échantillonnage (s_j). Une fois que la SOM a trouvé les poids de connexion (p_{ij}) en erreur minimale d'apprentissage, on obtient la carte et la couche de sortie.

La méthode Ward et la distance Euclidienne ont permis de mettre en exergue les assemblages des objets réels sur la carte grâce à un algorithme d'analyse de classification hiérarchique (Park *et al.*, 2003). Les affinités des communautés de poissons des échantillons mis dans les cellules de couche de sortie ont permis de faire des regroupements. La version 2 de l'interface SOM Toolbox, pour Matlab® a été utilisée.

2.2.3. Caractéristiques des relations trophiques entre les organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro

L'étude des implications trophiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro a porté sur les interactions alimentaires entre les différentes espèces au sein des différents lacs urbains de Yamoussoukro. Il s'agissait d'une part, d'établir les relations trophiques existant au sein de la même communauté puis entre des communautés différentes. D'autre part, schématiser la structure des biomasses entre les différents niveaux de la chaîne trophique (Cherifi & Loudiki, 2023). Cela implique l'identification des producteurs primaires, des consommateurs primaires, des consommateurs secondaires et tertiaires.

2.2.3.1. Analyse des contenus stomacaux des poissons

Les espèces retenues dans cette étude sont celles pour lesquelles un minimum de 30 estomacs pleins a été disséqué.

Au laboratoire, le formaldéhyde contenu dans les piluliers a été remplacé par de l'eau et les contenus mis à égoutter, afin d'éviter une surestimation de leur masse. Chaque estomac a été essoré sur du papier buvard et pesé à 0,001 g près. L'estomac a été ensuite ouvert et son contenu pesé. Ensuite, ce contenu est délayé dans une éprouvette graduée de 5 mL contenant de l'eau, où le volume de chaque contenu stomacal a été déterminé par le déplacement du niveau de l'eau. L'enveloppe stomacale a été également pesée. Le contenu stomacal a été filtré à travers une série de tamis de 1000, 500 et 100 μm de diamètre. Les fractions retenues sur les tamis et le filtrat ont été examinés respectivement à la loupe binoculaire et au microscope. Les catégories de proies ont été triées, comptées et pesées au 0,001 g près. Les grandes proies ont été triées et déterminées à l'œil nu dans des boîtes de pétri (Dietoa *et al.*, 2007).

L'observation, l'identification et le comptage des espèces de plancton et de macroinvertébrés ingérées par les poissons ont été effectués selon les mêmes principes adoptés dans le cas des espèces de phytoplancton, de zooplancton et de macroinvertébrés aquatiques peuplant les lacs urbains de Yamoussoukro. Les insectes non entiers sont dénombrés en fonctions du nombre de têtes et d'abdomens présents, et les autres parties (ailes, pattes, coxa) sont considérés comme des restes d'insectes quand il n'était pas possible d'en donner l'ordre ou la famille. Les mollusques dont les coquilles sont endommagées sont dénombrés en tenant compte de l'apex. Par ailleurs, les racines, les tiges, les fibres végétales et les graines ont été considérées comme des débris végétaux. Les écailles, les œufs et les structures sclérifiées ont été pris comme autres proies. Pour le dénombrement des items tels que, les restes d'insectes et les débris végétaux, le

chiffre 1 a été attribué à leur présence dans un estomac quel que soit la quantité et le poids (Rosecchi & Nouaze, 1987).

2.2.3.1.1. Expression des indices alimentaires des poissons

2.2.3.1.2. Pourcentage d'occurrence (F) des proies

Le pourcentage d'occurrence corrigé (F_c), est le rapport en pourcentage de la fréquence d'une proie i par la somme des fréquences de cette proie i (Young *et al.*, 1997). Le pourcentage d'occurrence corrigé (F_c) s'énonce selon la formule suivante :

$$F_c = \frac{F_i}{\Sigma F_i} \times 100 ; (15)$$

Avec : $F_i = n_i/n_t$ = Fréquence d'une proie i ; n_i = Nombre d'estomacs contenant une proie i ; n_t = Nombre total d'estomacs pleins examinés.

La classification de Djakou et Thanon (1988), a permis de déterminer les catégories de proies :

- $F_c \geq 80\%$: proies très fréquentes ;
- $60\% \leq F_c < 80\%$: proies fréquentes ;
- $40\% \leq F_c < 60\%$ = proies assez fréquentes ;
- $20\% \leq F_c < 40\%$: proies accessoires ;
- $F_c < 20\%$: proies accidentelles.

2.2.3.1.3. Pourcentage pondéral (P)

Le pourcentage pondéral (P) permet d'estimer l'importance relative de chaque catégorie d'item (Hyslop, 1980). Il est le rapport en pourcentage du poids total des individus d'une même catégorie de proies d'un groupe taxonomique (espèce, famille ou ordre), par le poids total des proies inventoriées (Hyslop, 1980). Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$P = \frac{P_i}{P_t} \times 100 ; (16)$$

Avec : P_i = Poids total des individus d'une même catégorie de proies i ; P_t = Poids total des proies inventoriées.

2.2.3.1.4. Indice de prépondérance (Ip)

L'indice de prépondérance (I_p) de Natarajan et Jhingran (1961) modifié par Amundsen *et al.* (1996) donne l'importance relative d'une catégorie de proies identifiée dans le régime alimentaire d'un poisson. Il s'obtient en combinant les pourcentages d'occurrence (F_c) et

pondéral (P). Il s'agit de faire le rapport en pourcentage du produit des pourcentages d'occurrence et pondéral par la somme des produits des pourcentages d'occurrence et pondéral. Son expression est la suivante :

$$Ip = \frac{(F_c \times P)}{\Sigma (F_c \times P)} \times 100 ; (17)$$

L'indice de prépondérance (Ip) varie entre 0 et 100. En fonction de la valeur de l'indice de prépondérance (Ip), Amundsen *et al.* (1996), définissent quatre catégories de proies :

- $Ip < 10$ = Proies accessoires ;
- $10 \leq Ip \leq 25$ = Proies secondaires ;
- $25 < Ip \leq 50$ = Proies importantes ;
- $Ip > 50$ = Proies principales.

2.2.3.1.5. Indice de chevauchement alimentaire ($C\lambda$)

L'indice de chevauchement alimentaire ($C\lambda$) de Morisita-Horn ou encore l'indice simplifié de Morisita a été utilisé pour jauger la similarité des aliments ingérés par les différentes espèces de poissons dans des lacs de Yamoussoukro (Horn, 1966). L'indice de chevauchement alimentaire ($C\lambda$) est le double du quotient du produit des proportions (Ip) d'une proie i consommée par une espèce x et y par la somme au carré des proportions (Ip) d'une proie i consommée par une espèce x et y . L'indice de chevauchement alimentaire est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$C\lambda = 2 \frac{\sum_{i=1}^S X_i Y_i}{\sum_{i=1}^S x_i^2 + \sum_{i=1}^S y_i^2} ; (18)$$

Avec : s = Nombre total des proies ; x_i = Proportion (Ip) d'une proie i consommée par l'espèce x ; y_i = Proportion (Ip) d'une proie i consommée par l'espèce y .

Les régimes alimentaires des organismes sont hautement chevauchants, quand $C\lambda$ est plus grand ou équivalent à 0,6 (Zaret & Rand, 1971).

2.2.3.2. Structure trophique des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Dans cette étude, toutes les espèces collectées dans les lacs urbains de Yamoussoukro ont servi à schématiser les réseaux trophiques des lacs urbains et la pyramide des biomasses. Les réseaux trophiques ont été établis selon les trois (3) groupes définis par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA). Quant à la pyramide des biomasses, elle a été schématisée à l'aide des

différentes biomasses des niveaux trophiques (producteurs, consommateurs primaires, secondaires et tertiaires).

La structure trophique au sein de la communauté des macroinvertébrés aquatiques a été identifiée en considérant les groupes trophiques définis par Tachet *et al.* (1987 et 2000) puis par Pointier & McCulloch (1989) et Pointier *et al.* (1989) pour les Mollusques. Ils ont déterminé (5) cinq groupes trophiques que sont les filtreurs, les prédateurs, les détritivores, les herbivores et les omnivores. Pour ce qui concerne l'ichtyofaune, la structure trophique a été déterminée en considérant les groupes trophiques définis par Paugy & Lévêque (1999). Grâce à la méthode d'évaluation basée sur la présence/absence d'un type de proie, la méthode numérique et la méthode pondérale, ils ont caractérisé (3) trois groupes trophiques que sont les consommateurs primaires, les consommateurs secondaires et les consommateurs terminaux. A cet effet, après identification et dénombrement des organismes aquatiques, les différentes espèces ont été affectées, chacun, à sa catégorie trophique conformément à la classification donnée par les différents auteurs scientifiques.

L'élaboration de la pyramide des biomasses a été faite en juxtaposant des rectangles horizontaux de même hauteur, mais de longueurs proportionnelles (utilisation d'une échelle) aux biomasses calculées pour chaque niveau trophique. La base de la pyramide constitue le niveau trophique des producteurs. Le deuxième rectangle est celui des consommateurs primaires, ensuite le rectangle des consommateurs secondaires et enfin, le rectangle des consommateurs terminaux. Morin & Jiang (2010) estiment que la structure des biocénoses permet de caractériser les relations trophiques existant entre les êtres vivants (producteurs, consommateurs et décomposeurs) dans un écosystème. Lorsque les ressources disponibles, contrôlent les chaînes trophiques depuis les producteurs jusqu'aux prédateurs : c'est la théorie du contrôle des communautés par les ressources (éléments nutritifs), ou contrôle bottom-up (du bas vers le haut). A l'inverse, lorsque le fonctionnement d'un écosystème dépend de la prédation exercée par les niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux trophiques inférieurs : c'est le contrôle top-down.

CHAPITRE III :

RESULTATS ET DISCUSSION

Une partie de ce chapitre a fait l'objet d'une publication dans une revue indexée à Impact Factor (voir Annexes).

Kouakou G.F., Allouko J.R., Kressou A., Djéné K.R. & Bony K.Y. (2022). Aquatic macroinvertebrates diversity and assessment of potential health risks in anthropized urban lakes of Yamoussoukro (Centre, Côte d'Ivoire). *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 12 (4) : 387-397.

3.1. Caractéristiques physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire)

3.1.1. Résultats

3.1.1.1. Variation spatiale des paramètres physico-chimiques

La figure 21 présente la variation spatiale des paramètres physico-chimique des lacs urbains de Yamoussoukro.

Les valeurs médianes de la température, du pH, de la conductivité, de la transparence et de la profondeur présentent des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre les lacs. Sur l'ensemble des lacs prospectés, les eaux sont moins chaudes dans les lacs 4 et 5 avec des valeurs médianes de la température comprises entre 27°C et 27,5°C. En revanche, les eaux sont plus chaudes dans les lacs 1, 2 et 3 avec des valeurs médianes allant de 29°C à 30,5°C. Quant au pH, il indique que les eaux des lacs 4 et 5 sont acides avec des valeurs médianes qui oscillent entre 6 et 6,3. Par contre, les eaux des lacs 1, 2 et 3 sont basiques avec des valeurs se situant entre 7,8 et 8. Concernant la conductivité, la faible valeur de la médiane (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est notée dans le lac 6 alors que les fortes valeurs (250 à 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sont enregistrées dans les autres lacs. Pour la transparence, les eaux des lacs 1, 2, 3, 4 et 5 sont moins transparentes avec des valeurs comprises entre 25 et 33 cm. En revanche, le lac 6 enregistre les eaux les plus transparentes, avec la valeur de 45 cm. S'agissant de la profondeur, les lacs urbains de Yamoussoukro présentent de faibles valeurs (160 à 270 cm) à l'exception du lac 6 (570 cm).

A l'inverse, les valeurs médianes de l'oxygène dissous ne présentent pas de différences significatives entre les lacs (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les valeurs médianes de l'oxygène dissous relevés dans les lacs prospectés se situent entre 4 mg/L (lacs 4 et 5) et 8 mg/L (lac 6).

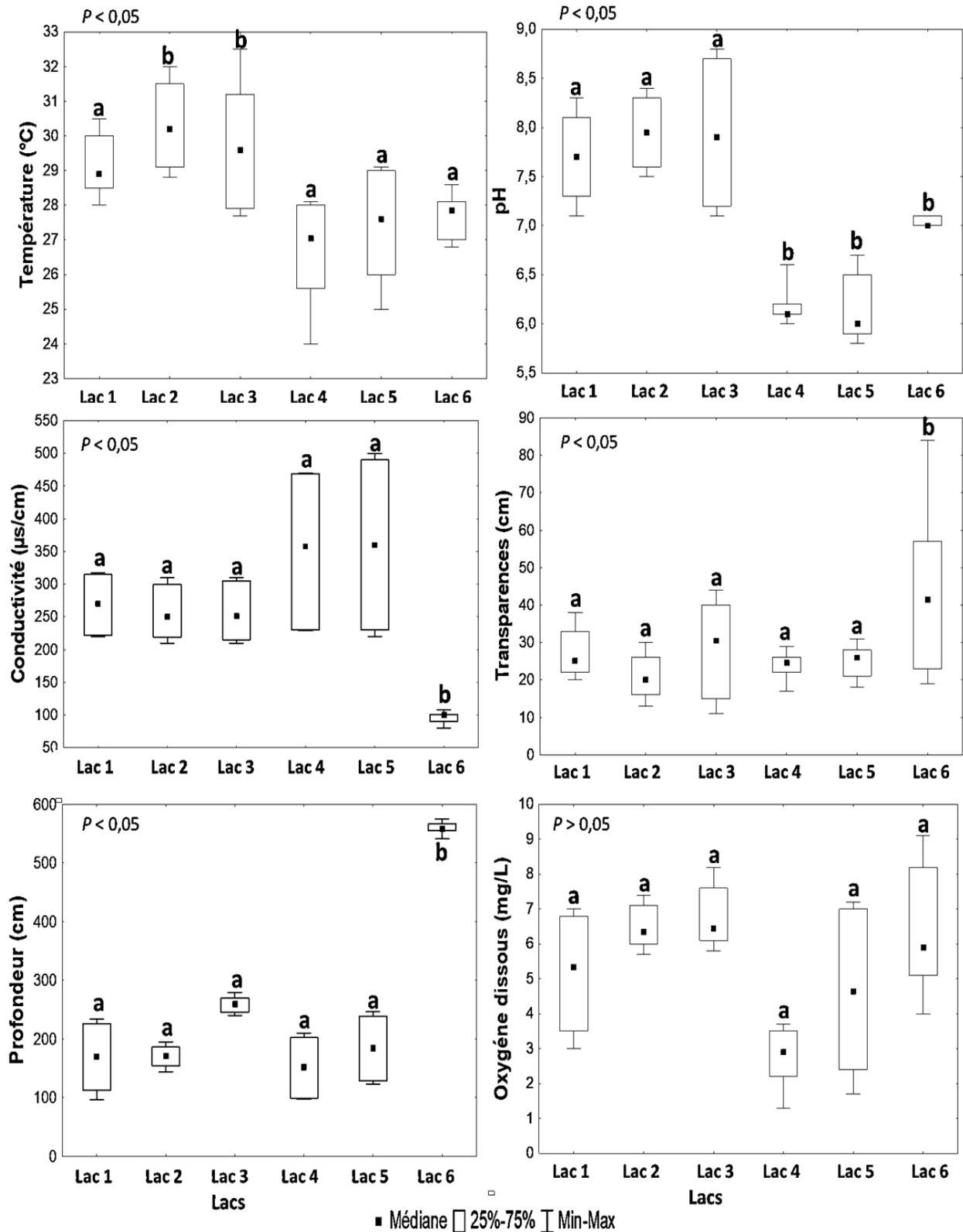


Figure 21 : Variation spatiale des paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire ; de juillet 2021 à mai 2022) : les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs.

3.1.1.2. Variation saisonnière des paramètres physico-chimiques

Les valeurs médianes des paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, transparence et profondeur) mesurés dans les lacs urbains de Yamoussoukro présentent des différences significatives d'une saison à l'autre (Mann-Whitney, $p < 0,05$).

Pour la température, les plus grandes valeurs médianes (30°C à 31,5°C) ont été enregistrées en saison sèche dans les lacs 1, 2 et 3. Tandis que les plus petites valeurs (26°C et 27°C) ont été obtenues dans les lacs 4 et 5 également en saison sèche (Figure 22).

S'agissant du pH, les valeurs médianes sont plus élevées (8,25 à 8,75) durant la saison pluvieuse dans les lacs 1, 2 et 3. En revanche, les plus faibles valeurs (6 à 6,25) ont été enregistrées pendant la saison sèche dans les lacs 4 et 5 (Figure 23).

Concernant la conductivité, la valeur médiane est plus élevée (475 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dans les lacs 4 et 5 durant la saison des pluies (Figure 24). En revanche, en saison sèche, la valeur médiane est plus faible (90 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dans le lac 6.

Quant à la transparence, les valeurs médianes révèlent que les eaux sont plus transparentes (55 cm) dans le lac 6 durant la saison sèche (Figure 25). Par contre, en saison des pluies les eaux sont moins transparentes (15 cm) dans le lac 3.

Le niveau des eaux est plus élevé (570 cm) durant la saison pluvieuse dans le lac 6 (Figure 26). Alors qu'en saison sèche, le niveau est plus bas (100 à 120 cm) dans les lacs 1, 4 et 5.

Sur l'ensemble des lacs, les eaux sont plus oxygénées (8 mg/L) pendant la saison pluvieuse dans le lac 6 (Figure 27). En revanche, elles sont moins oxygénées (2,5 mg/L) en saison sèche dans les lacs 4 et 5. Les valeurs médianes diffèrent significativement (Mann-Whitney, $p < 0,05$) d'une saison à l'autre dans les lacs 1, 3, 4, 5 et 6, à l'exception du lac 2.

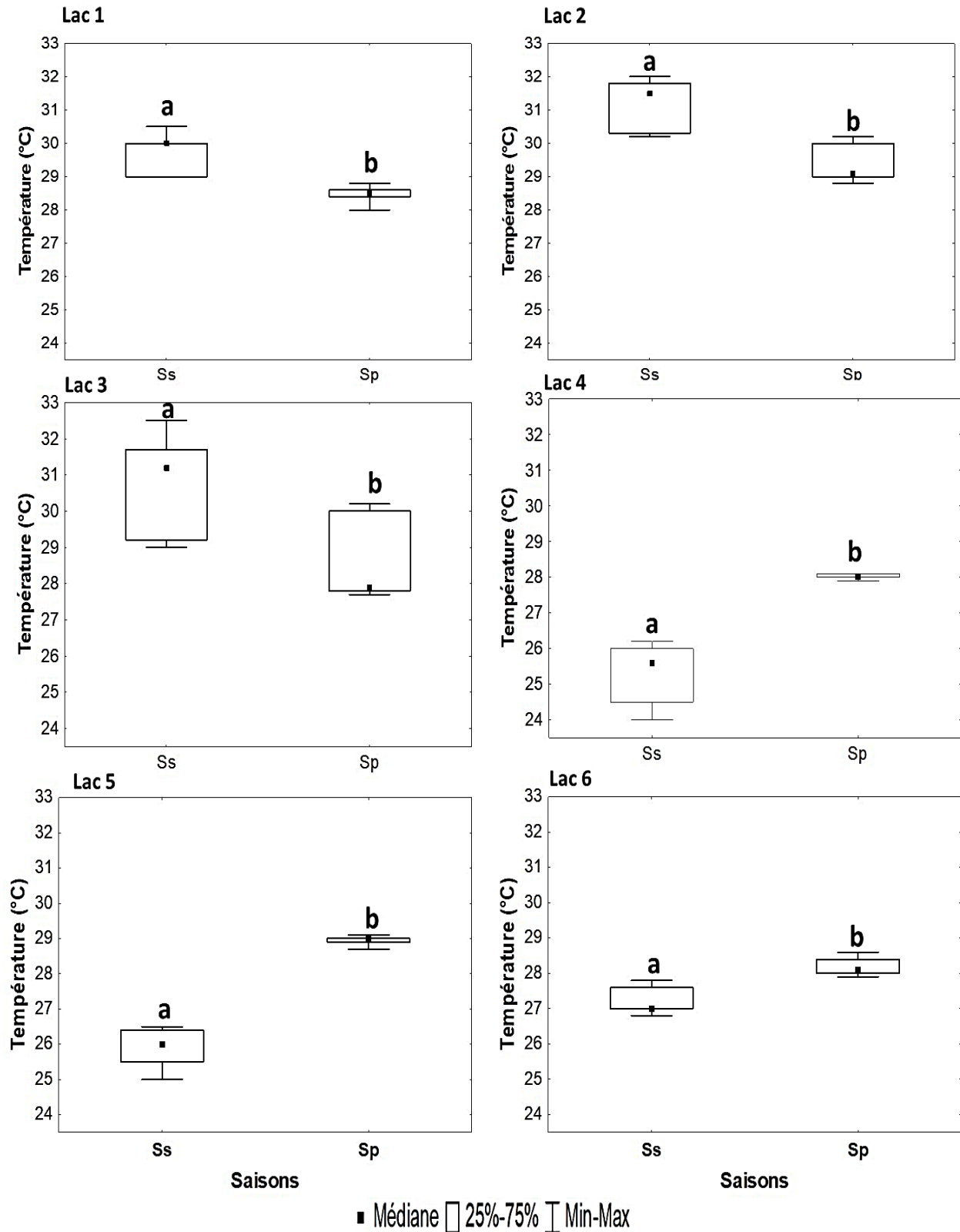


Figure 22 : Variation saisonnière de la température des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) : Ss = saison sèche ; Sp = saison de pluie ; les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, Mann-Whitney) d'une saison à l'autre

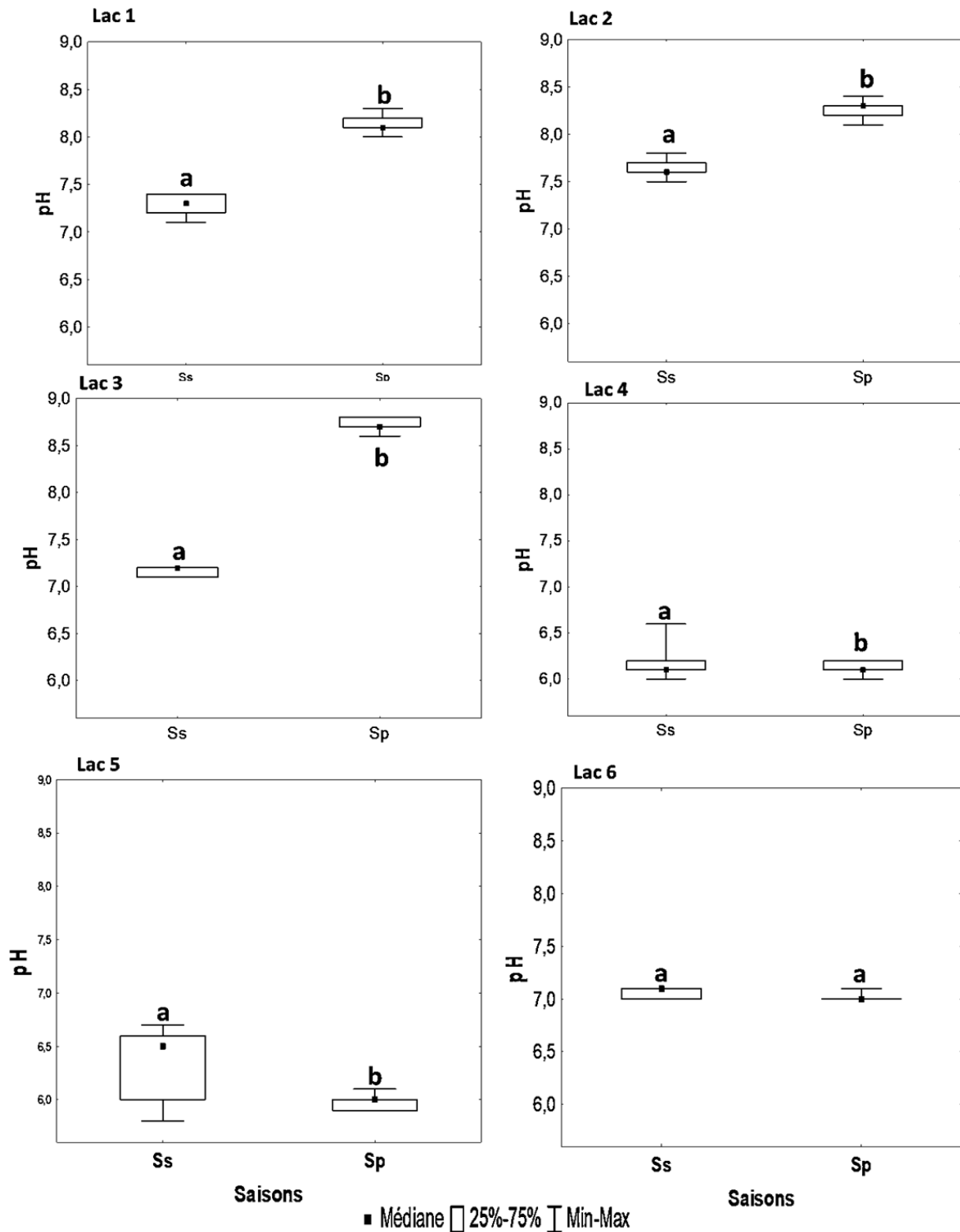


Figure 23 : Variation saisonnière du pH les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) : Ss = saison sèche ; Sp = saison de pluie ; les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, Mann-Whitney) d’une saison à l’autre

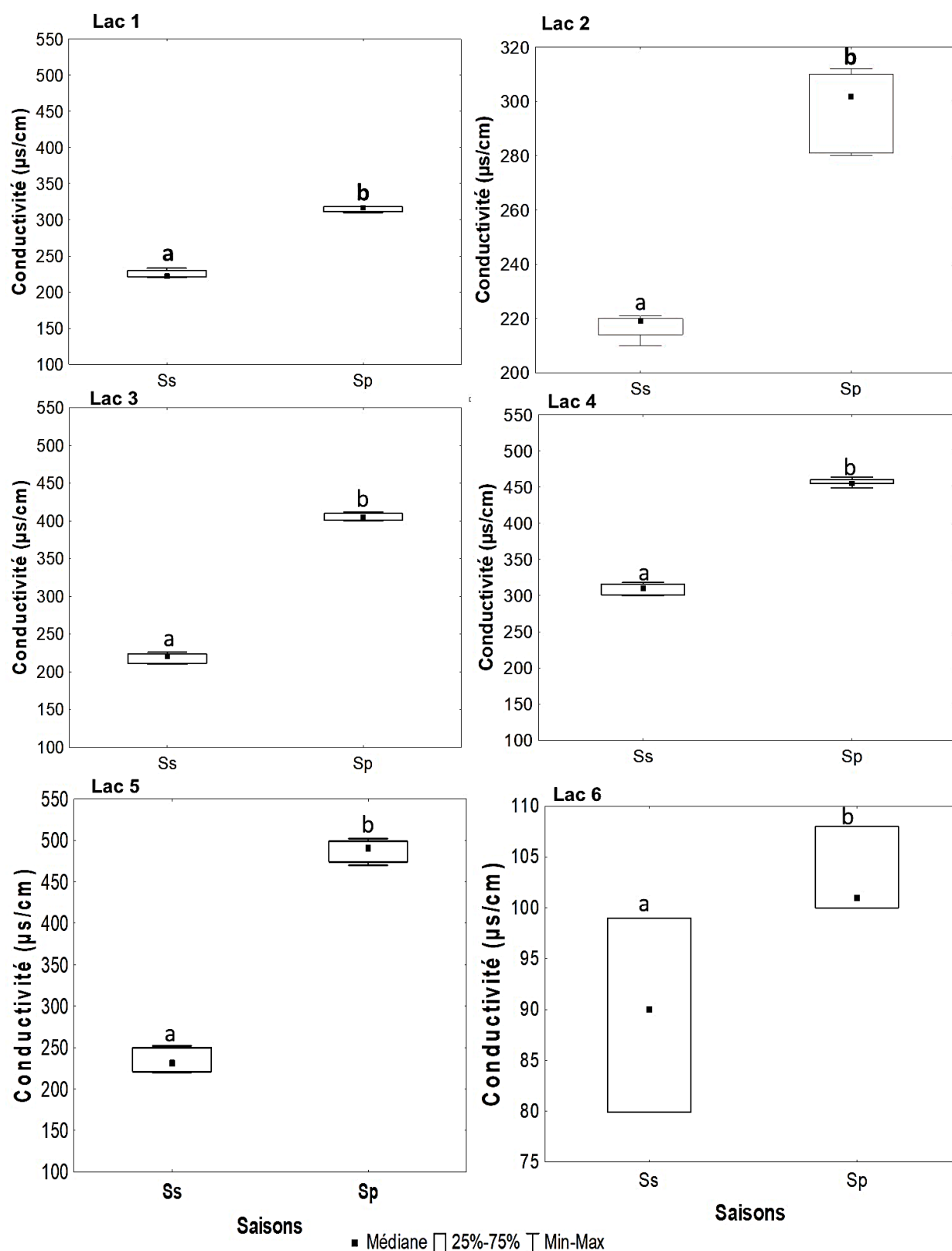


Figure 24 : Variation saisonnière de la conductivité dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) : Ss = saison sèche ; Sp = saison de pluie ; les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, Mann-Whitney) d'une saison à l'autre

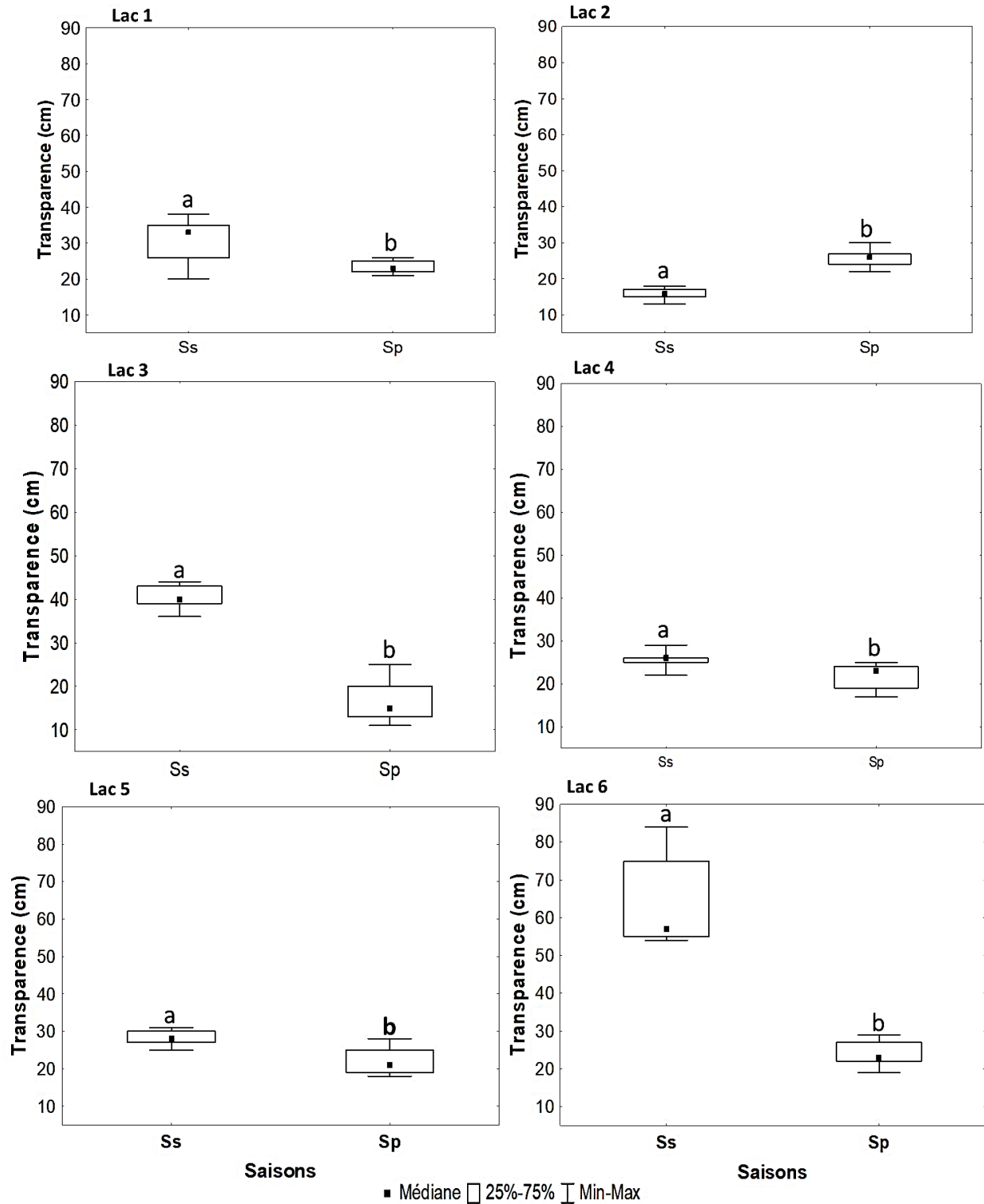


Figure 25 : Variation saisonnière de la transparence dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) : Ss = saison sèche ; Sp = saison de pluie ; les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, Mann-Whitney) d'une saison à l'autre

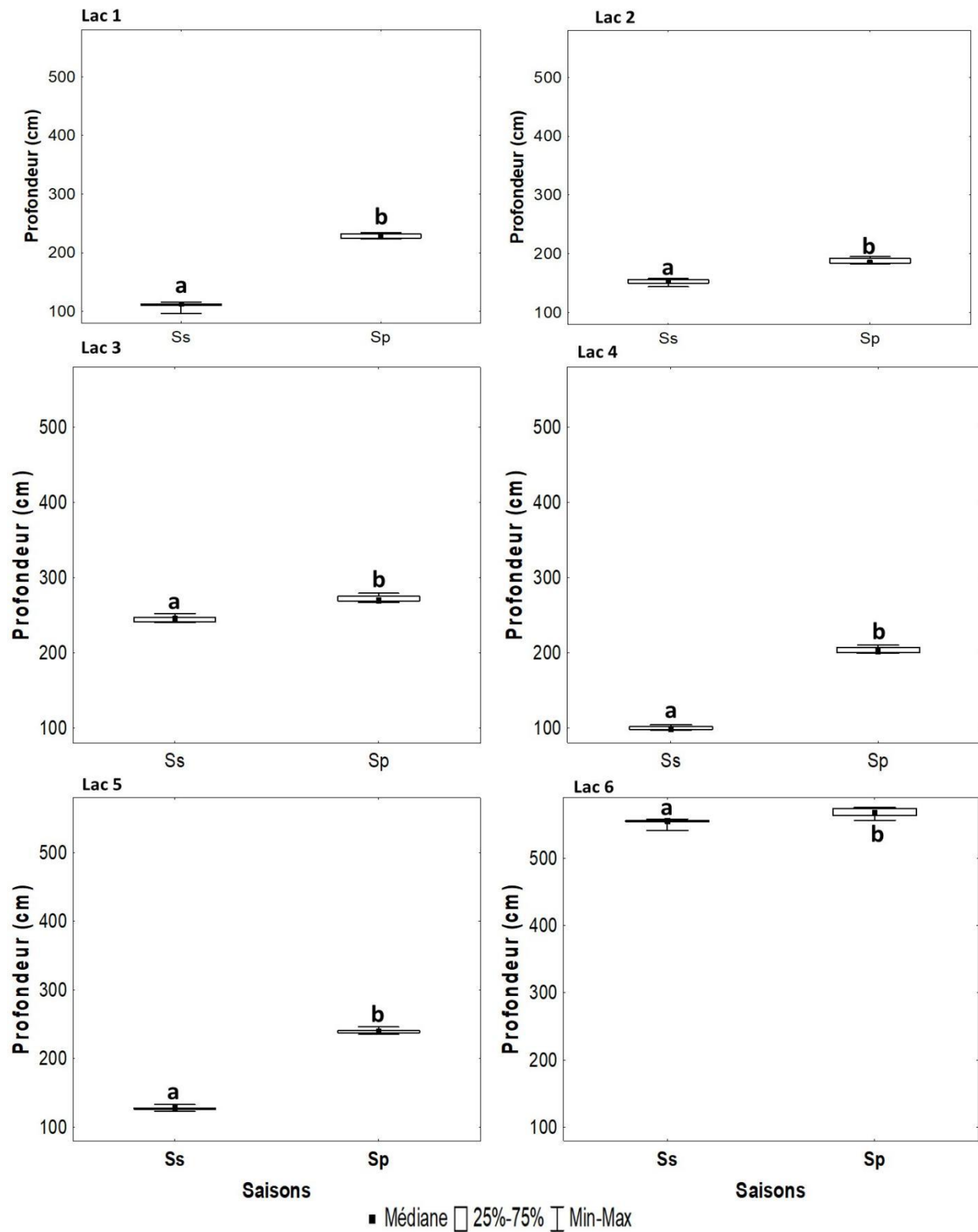


Figure 26 : Variation saisonnière de la profondeur dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) : Ss = saison sèche ; Sp = saison de pluie ; les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, Mann-Whitney) d’une saison à l’autre

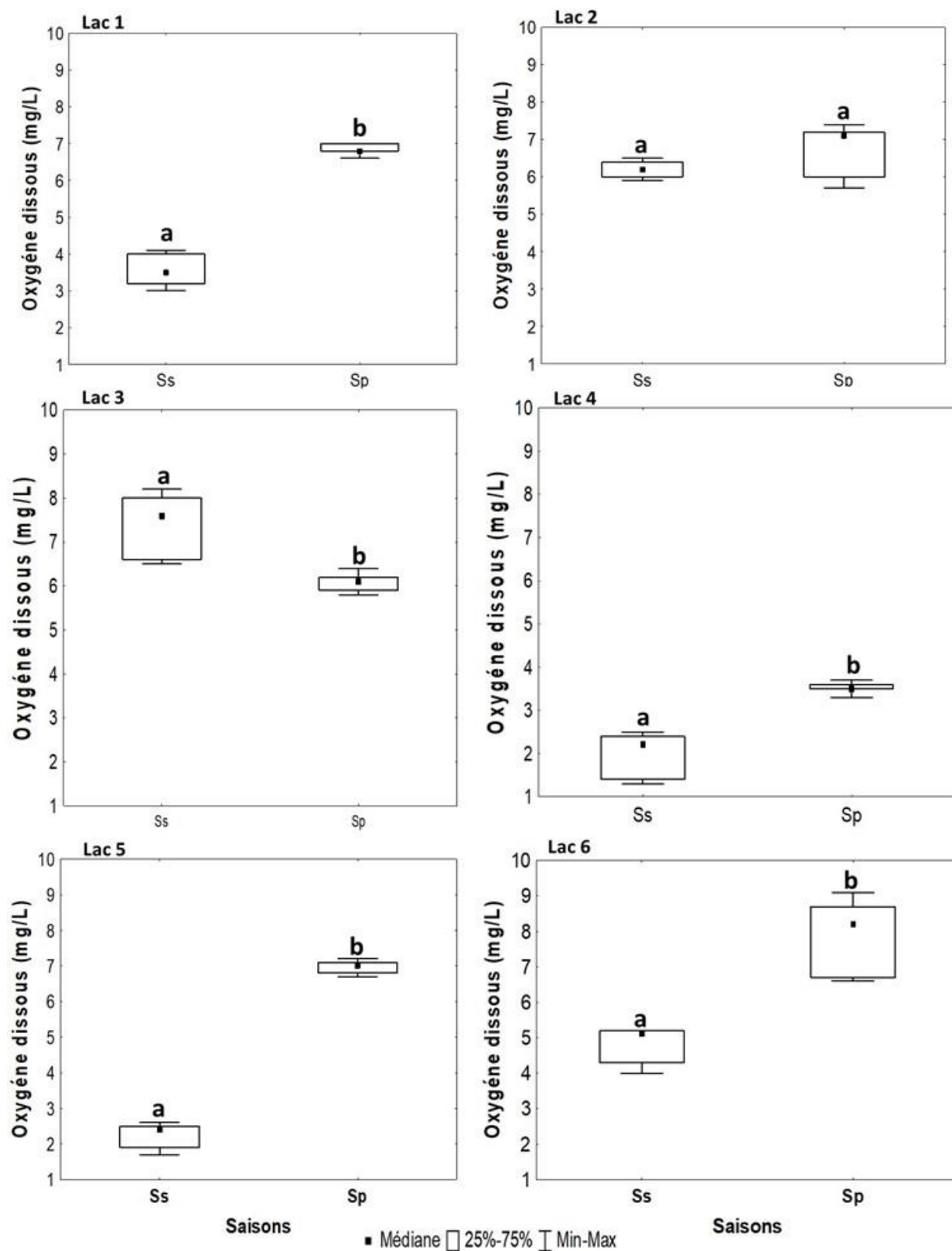


Figure 27 : Variation saisonnière de l'oxygène dissous les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) : Ss = saison sèche ; Sp = saison de pluie ; les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, Mann-Whitney) d'une saison à l'autre

3.1.1.3. Typologie des lacs en fonction des paramètres abiotiques

L'analyse de la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA), effectuée à partir des paramètres abiotiques, a permis de regrouper les lacs échantillonnés présentant des similarités. Ainsi, trois (3) groupes de lacs correspondant à différents types de paramètres abiotiques des eaux sont identifiés (Figure 28). Il s'agit du groupe I qui regroupe les lacs 1, 2 et 3. Le groupe II englobe les lacs 4 et 5 et le groupe III uniquement représenté par le lac 6. Les lacs 1, 2 et 3 (groupe I), situés au Centre-ville sont fortement anthropisés et moyennement couverts de macrophytes, les lacs 4 et 5 (groupe II), situés aux extrémités de la ville sont très couverts de macrophytes et le lac 6 (groupe III) qui ne communique pas avec les autres lacs, est très peu exposé aux activités anthropiques.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) effectuée à partir des données abiotiques est présentée par la figure 29. L'analyse de ce graphe indique que les deux premiers axes (Axe 1 et Axe 2) expriment respectivement 62,76 % et 33,24 %, soit 96 % de l'information contenue dans la matrice des données. Le cercle de corrélation de l'ACP (Figure 29A) révèle une forte corrélation positive du pH à l'axe 1, alors que la profondeur et la transparence sont négativement corrélées à cet axe 1. Quant à l'axe 2, il présente une forte corrélation positive avec la conductivité tandis que la température et l'oxygène dissous sont négativement corrélés à cet axe (Tableau II). La carte factorielle de l'ACP (Figure 29B) présente également la distribution des six (6) lacs selon leurs caractéristiques physico-chimiques. La projection sur les axes de l'ACP montre que l'axe 1 discrimine le groupe I (Lacs 1, 2 et 3) dans sa partie positive pendant que le groupe III (Lac 6) est situé dans la partie négative de cet axe. L'axe 2 discrimine le groupe II (Lacs 4 et 5) dans sa partie positive.

Selon l'axe 1, les lacs du groupe I (lacs 1, 2 et 3) ont enregistré les valeurs les plus élevées du pH et de la température. Cependant, ils ont eu les plus faibles valeurs de la profondeur et de la transparence. Les lacs du groupe I (lacs 1, 2 et 3) ont enregistré des eaux alcalines et ont été peu profonds avec des eaux troubles. Sur ce même axe, le lac 6 (groupe III) a eu les valeurs les plus élevées de la profondeur et de la transparence. Ce lac a des eaux profondes et claires. Par ailleurs, sur l'axe 2, les lacs 4 et 5 (groupe II) ont les valeurs les plus élevées de la conductivité. Par contre, ils ont enregistré les plus faibles valeurs de l'oxygène dissous et de la température. Les lacs 4 et 5 (groupe II) ont des eaux plus minéralisées, moins oxygénées et moins chaudes.

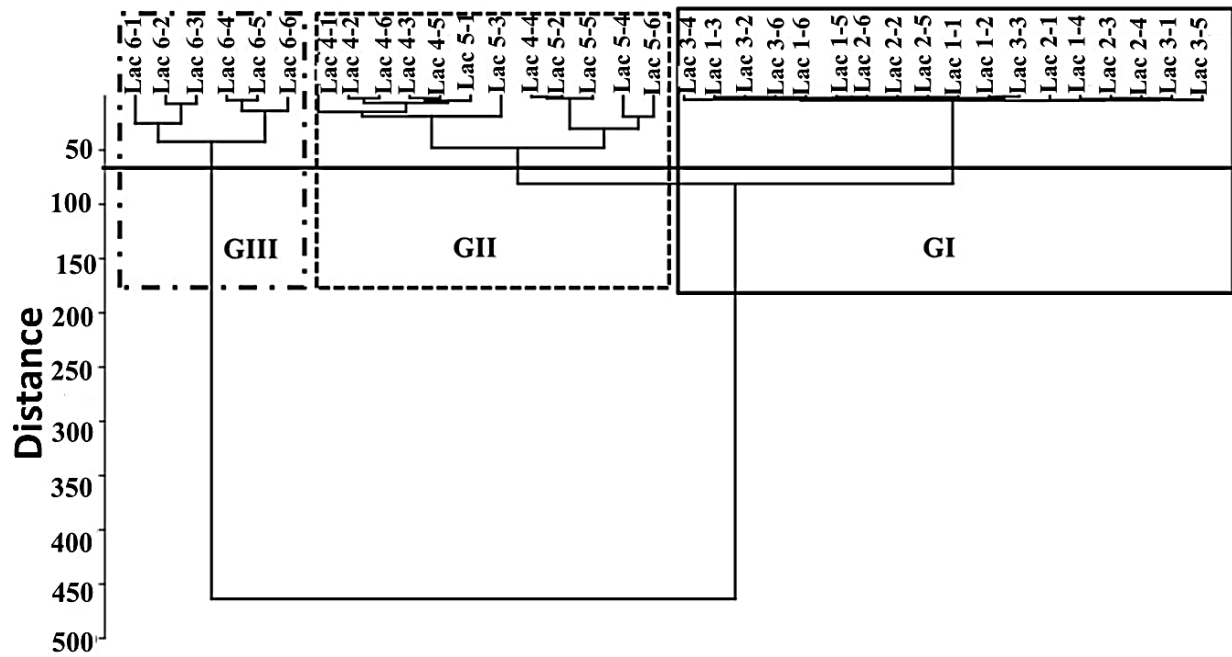


Figure 28 : Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : GI, GII et GIII = groupes observés

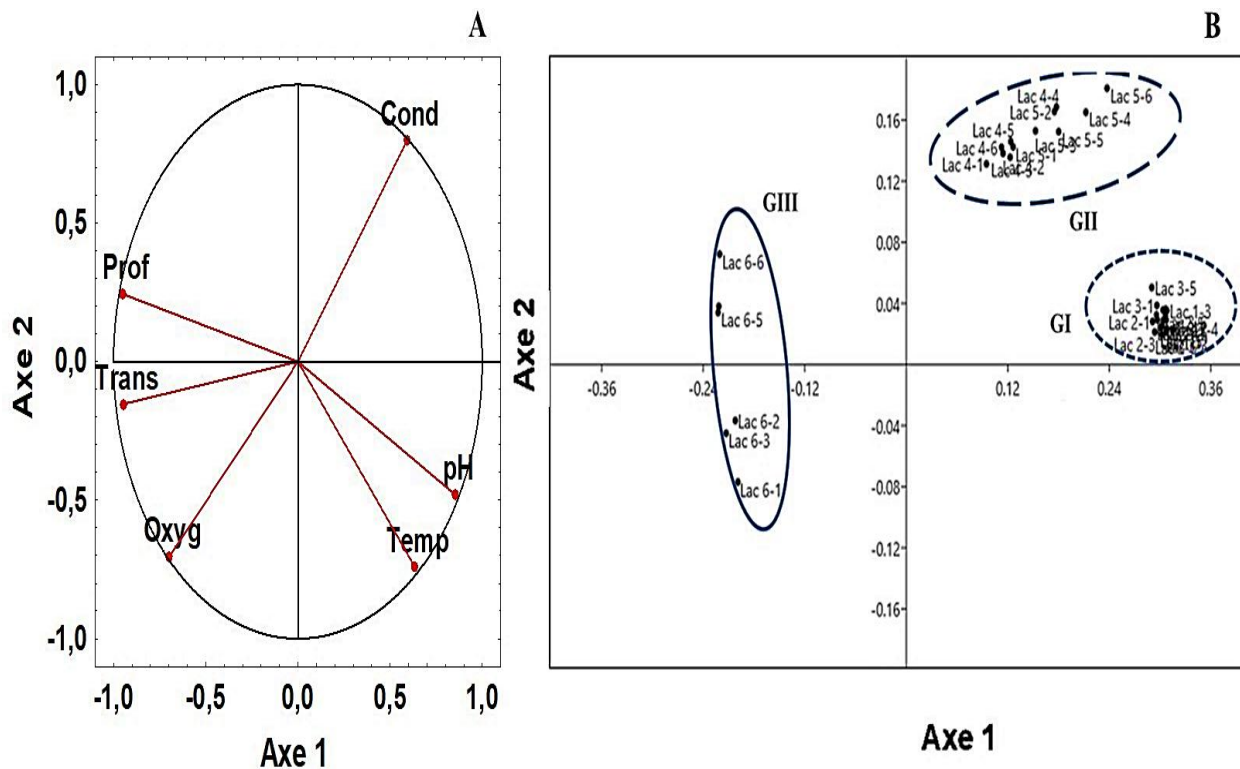


Figure 29 : Examen détaillé en Composantes Principales (ACP) effectuée sur la base des données abiotiques mesurées dans des lacs : **A** = Cercle de corrélation des paramètres abiotiques sur les axes factoriels ; **B** = Carte factorielle présentant la distribution des six lacs d'échantillonnage selon leurs caractéristiques physico-chimiques ; **Temp** = Température ; **Oxy** = Oxygène dissous ; **Cond** = Conductivité ; **Trans** = Transparence et **Prof** = Profondeur

Tableau II : Poids factoriels des paramètres sur les deux premiers axes (1 et 2) de l'ACP sur les paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire, de juillet 2021 à mai 2022) avec les poids factoriels significatifs en gras

Paramètres	Axes factoriels	
	Axe 1	Axe 2
pH	0,85	- 0,47
Conductivité	0,42	0,79
Température	0,46	- 0,73
Oxygène dissous	- 0,47	- 0,70
Transparence	- 0,94	- 0,15
Profondeur	- 0,95	0,24

3.1.2. Discussion

L'examen détaillé des paramètres abiotiques des lacs étudiés traduit une très grande variabilité saisonnière et spatiale de ces paramètres. Cette situation pourrait s'expliquer d'une part, par la nature des apports exogènes qui diffèrent sur les bassins versants de ces plans d'eau. D'autre part cette variation pourrait être attribuée à l'isolement des lacs de Yamoussoukro les uns des autres, bien que ces milieux lacustres urbains soient reliés entre eux par un système de canaux souterrains.

De plus la saisonnalité des paramètres abiotiques des eaux des lacs serait imputable à la forte couverture végétale de certains lacs par rapport aux autres étudiés, à la montée des eaux, aux superficies qui sont différentes et aux apports saisonniers en nutriments émanant des eaux de ruissellement en période de pluies. En effet, pendant la période de pluie les importantes précipitations et le faible rayonnement solaire contribueraient à abaisser les températures et à diminuer la transparence des eaux des lacs qui hébergent un grand nombre de végétaux. Ce même constat a été fait par Adon (2013) sur la retenue d'Adzopé où une variabilité saisonnière des paramètres abiotiques a été notée.

Au niveau spatial, les valeurs de la température mesurées dans les lacs urbains 1, 2 et 3 sont relativement chaudes et oscillent entre 29°C et 30,5°C. Ces températures élevées seraient dues à l'influence de la température ambiante sur ces lacs de faibles profondeurs. Pour Tapé (2020), les rayons du soleil qui traversent la faible épaisseur d'eau, la réchaufferait de façon homogène. Par ailleurs, les températures mesurées sur ces lacs urbains se trouvent dans la même gamme de températures (26,7°C à 32°C) obtenues par Odjohou *et al.* (2020), sur le lac Labion et Capochichi *et al.* (2022) sur le lac Nokoué au sud du Bénin (26,8°C et 32,4°C). Le pH noté dans les lacs 1, 2 et 3 traduit que ces lacs sont basiques sur toute l'année ; celui relevé dans les lacs 4 et 5 montre qu'ils sont relativement acides sur toute l'année. Le lac 6 est neutre en toute saison. Les valeurs basiques de pH observées dans les lacs 1, 2 et 3 pourraient être attribuées à l'utilisation du dioxyde de carbone (CO₂) lors de la photosynthèse qui s'accompagne de la précipitation des carbonates insolubles. Cela favoriserait une diminution de la concentration des ions hydrogènes et une augmentation du pH. Ces résultats sont similaires à ceux de Nangoh (2023) obtenus sur les lacs urbains de Yamoussoukro. Dans les lacs 4 et 5, le pH acide obtenu s'expliquerait par l'anoxie. En effet le phénomène de respiration, la décomposition des algues, des macrophytes et par la réaction d'oxydation de la matière organique entraîneraient une baisse considérable du pH (Grogan, 2012). Selon Lynda *et al.* (2011) durant le processus de décomposition des végétaux aquatiques, les acides organiques de types acides humiques, foliques et aminés sont relégués dans le milieu. Les valeurs de pH (7,8 à 8) obtenues sur les

lacs urbains (1, 2 et 3) relativement basiques sont quasiment proches de celles mesurées au Sud de la Côte d'Ivoire sur le lac Bakré (6,6 à 8,8) par Aka (2016) et sur le lac Labion (6,79 à 8,99) par Odjohou *et al.* (2020). Ces valeurs de pH enregistrées dans les lacs urbains de Yamoussoukro traduisent que ces eaux sont propices à la survie des organismes comme les poissons (Kanangire, 2001).

Les valeurs de l'oxygène dissous enregistrées sur les lacs urbains (4 et 5) sont faibles (4 mg/L). Ces faibles valeurs enregistrées d'oxygène dissous sont dues à la couverture partielle de ces lacs par les végétaux aquatiques, à la forte décomposition de la matière organique provenant de la biomasse élevée de ces végétaux aquatiques (Nangoh, 2023). En effet, cette biomasse, lorsqu'elle meurt, se décompose, sédimente au fond du lac, et est dégradée par les bactéries qui prolifèrent à leur tour. Ces bactéries, pour la plupart aérobies, consomment de plus en plus d'oxygène. De plus, la forte température des eaux de ces lacs suite à l'ensoleillement limite la dissolution de l'oxygène (Lacaze, 1996). Ces résultats s'apparentent à ceux obtenus par Tapé (2020) et Nangoh (2023) dans les lacs urbains de Yamoussoukro. Ces concentrations en oxygène dissous sont aussi similaires à celles mesurées (3,62 à 4,67 mg/L) par Kouamé (2014) dans le lac Taabo. En revanche, dans le lac 6 les valeurs de l'oxygène dissous sont élevées (8 mg/L). Cela est dû au fait que ce lac est très peu couvert par les végétaux aquatiques. En effet, la faible présence de végétaux aquatiques favoriserait une forte dissolution de l'oxygène atmosphérique.

Quant à la conductivité, les valeurs mesurées sont plus élevées (250 à 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dans les lacs 1, 2, 3, 4 et 5. Cela pourrait être attribué aux ruissellements des engrais provenant de la culture des maraîchères et aux rejets d'eaux usées issues des activités anthropiques. En effet, sur les rives de ces différents lacs s'exercent des cultures maraîchères dont les acteurs utilisent beaucoup d'engrais pour faire croître leurs cultures. Pour Clément & Ouimet (2004), une forte concentration d'éléments nutritifs issus des activités anthropiques sur les bassins versants des lacs contribuerait à l'élévation de la conductivité d'un plan d'eau. De plus, certains hommes déversent dans ces lacs, l'eau des vidanges des toilettes chargée de matières organiques et d'importants déchets solides. Pour Goloma & Symoens (1990), une eau de surface ayant une conductivité supérieure à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est fortement minéralisée. Les valeurs de la conductivité obtenues dans ces lacs sont supérieures à celles obtenues en Côte d'Ivoire par Kouassi (2013) sur la retenue d'eau d'Adzopé (160,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 188,44 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Par ailleurs, l'accroissement du phytoplancton combiné à la présence de matières organiques et de particules en suspension réduiraient considérablement la transparence des eaux des lacs (1, 2, 3, 4 et 5). En effet, les apports exogènes (engrais et produits de pêche) et les rejets d'eau usées dans ces lacs urbains

seraient à l'origine du changement de coloration des plans d'eau. Selon Berté (2009) la faible transparence d'un plan d'eau serait dû à l'accumulation par drainage d'importantes particules de sables, de limon, de détritiques et de matières organiques pendant le ruissellement pendant la saison des pluies. L'accumulation de sédiments dans les lacs urbains (1, 2, 3, 4 et 5) due aux ruissellements et à l'érosion des berges seraient également à l'origine de leur faible profondeur par rapport au lac 6.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de discriminer les lacs urbains de Yamoussoukro en fonction de la minéralisation et de leur distribution géographique. Ainsi, les lacs 1, 2 et 3, situés au Centre-ville sont caractérisés par des eaux plus alcalines et relativement chaudes. Les lacs 4 et 5, situés respectivement aux extrémités Ouest et Est de la ville sont les plus minéralisés. Le lac 6 a les eaux les plus oxygénées.

Les lacs 1, 2 et 3 (groupe I) caractérisés par des valeurs élevées du pH seraient soumis à une importante activité photosynthétique due à la présence de nombreuses algues. Selon Aka (2016), les fortes valeurs du pH observées pourraient être attribuées à l'utilisation du dioxyde de carbone (CO_2) lors de la photosynthèse qui s'accompagne de la précipitation des carbonates insolubles. Cette situation favorise une augmentation du pH.

Quant aux lacs 4 et 5 (groupe II), ils sont caractérisés par une forte minéralisation. Cela se justifierait par le fait que ces lacs soient les réceptacles des eaux de ruissellement riches en sels minéraux émanant des engrais utilisés dans l'agriculture. Troeh *et al.* (2004) ont démontré que l'eau de ruissellement entraîne les parties arables des terres qui se retrouvent dans les eaux de surface. Aussi ces eaux reçoivent-elles également des apports accrus de matières organiques. En outre, les valeurs élevées de la conductivité enregistrées sur ces lacs pourraient s'expliquer par la présence d'effluents de produits phytosanitaires utilisés pour les cultures maraîchères.

La forte oxygénation des eaux du lac témoin (lac 6) s'expliquerait par la faible présence de végétaux aquatiques à sa surface. Selon Nangoh (2023), un tel lac présente une grande aptitude à se laisser pénétrer par la lumière, ce qui contribuerait à sa forte oxygénation. Par ailleurs, la transparence élevée de ses eaux serait due à son isolement et aux faibles activités humaines à ses alentours. La ségrégation des lacs urbains de Yamoussoukro en fonction du degré d'anthropisation a déjà été mise en évidence par Sadat *et al.* (2011).

3.1.3. Conclusion partielle

L'analyse des paramètres physico-chimiques des lacs urbains de Yamoussoukro révèle que les paramètres abiotiques mesurés présentent une très grande variabilité spatiale et saisonnière à l'exception de l'oxygène dissous. Les valeurs les plus élevées du pH, de la profondeur, de l'oxygène dissous et de la conductivité sont obtenues en saison pluvieuse. En revanche, les valeurs de la température et de la transparence sont plus élevées en saison sèche.

L'Analyse en Composante Principale (ACP) a permis de discriminer les lacs urbains de Yamoussoukro. Ainsi, les lacs 1, 2 et 3 situés au Centre-ville ont les eaux plus alcalines et relativement chaudes. Les lacs 4 et 5 situés respectivement aux extrémités Est et Ouest de la ville sont les plus minéralisés. Le lac 6 qui est à l'extrémité Sud, est le plus oxygéné, transparent et profond.

3.2. Structure des organismes aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire) récoltés de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1. Résultats

3.2.1.1. Analyses des données du phytoplancton récolté dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.1.1. Compositions taxonomiques globales du phytoplancton

Les compositions taxonomiques et les occurrences des espèces de phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau III. La communauté phytoplanctonique des lacs urbains de Yamoussoukro est composée de 99 espèces dont 33 appartiennent aux Chlorophytes, 30 aux Cyanophytes, 25 aux Euglénophytes, 10 aux Bacillariophytes et 1 Dinophyte (Figure 30). Ces espèces sont réparties en 26 familles, 14 ordres et 5 embranchements.

La distribution de la richesse taxonomique du phytoplancton en fonction des lacs indique que les lacs 3 et 1, avec respectivement 55 et 43 espèces sont les plus riches. Par contre, le lac 2 avec 27 espèces et le lac 6 avec 20 espèces sont les moins riches en espèces.

L'analyse des occurrences montre que les espèces *Peridinium* sp., *Tabularia fasciculat*, *Cyclotella meneghiniana* et *Melosira varians* sont constantes dans tous les lacs.

Tableau III : Compositions taxonomiques et occurrences des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Embranchements	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Chlorophytes	Chlorococcales	Chlorellaceae	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W & G. S. W.	Cte	-	-	-	-	***	-
			<i>Crucigeniella crucifera</i> (Woll.) Kom.	Ccr	***	-	-	***	***	-
			<i>Hyaloraphidium contortum</i> Contortum Kors.	Hco	-	-	***	-	-	-
			<i>Kirchneriella lunaris</i> Kirc.	Klu	-	-	***	-	-	-
			<i>Monoraphidium arcuatum</i> Kors.	Mar	***	***	***	***	-	-
			<i>Monoraphidium indicum</i> Hind.	Min	-	***	***	-	***	-
		Coelastraceae	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lager.	Aha	***	-	-	-	-	-
			<i>Coelastrum astroideum</i> De Not.	Cas	***	***	***	-	-	-
			<i>Coelastrum indicum</i> De Not.	Cin	***	-	-	***	-	-
			<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	Cmi	-	-	***	-	-	-
			<i>Coelastrum quadricellulare</i> Dang.	Cqu	***	-	-	-	-	-
			<i>Echinosphaerella limnetica</i> G. M. S.	Eli	-	-	-	-	-	***
		Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i> Mey.	Pdu	***	-	-	-	***	-
			<i>Pediastrum tetras</i> Raben.	Ptr	***	-	-	-	-	-
		Micractiniaceae	<i>Dictyosphaerium cf. tetrachotomum</i> Naeg.	Dte	-	-	***	-	-	-
			<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Print.	Deh	-	-	***	-	-	-
		Oocystaceae	<i>Oocystis borgei</i> J. Sno.	Obo	-	-	***	-	-	-
			<i>Oocystis sp. cf. gigas</i> W. Arch.	Ogi	-	-	-	***	***	-
			<i>Oocystis tainoensis</i> Kom.	Ota	-	-	***	***	-	-
		Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.	Sac	***	***	***	***	-	-
			<i>Scenedesmus denticulatus</i> var. <i>lincar</i> Turp.	Sde	***	-	-	***	-	-
			<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turp.) Kuetz.	Sdi	-	-	***	-	-	-
			<i>Scenedesmus obliquus</i> Kütz.	Sob	***	-	***	***	***	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau III : (Suite)

Embranchements	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Chlorophytes	Chroococcales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus parisiensis</i> Chod.	Spa	***	***	-	-	-	-
			<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chod.	Sqd	***	-	-	-	-	-
			<i>Tetraedron trigonum</i> (Näg.) Hans.	Ttr	-	***	-	-	-	-
			<i>Tetraedron triangulare</i> (Chod.) Kom.	Ttt	-	-	***	-	-	-
	Sphaeropleales	Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	Ans	-	*	-	-	-	-
	Zygnematales	Desmidiaceae	<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i> Reinb.	Cac	-	-	***	***	***	-
			<i>Closterium acutus</i> Comp.	Cla	-	-	***	-	-	-
			<i>Closterium cornu</i> Chod.	Cco	-	-	***	-	-	-
			<i>Cosmarium retusifforme</i> var. <i>africanum</i> (Frits.) Comp.	Cre	-	-	***	-	***	-
			<i>Cosmarium trilobulatum</i> Reinsch.	Ctr	-	-	-	***	-	-
Bacillariophytes	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i> sp.	Css	-	***	***	***	***	***
	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Raben.	Gan	-	-	-	-	-	***
			<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.	Gau	***	***	***	***	-	***
			<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.	Ggr	-	***	***	***	-	-
	Licmophorales	Fragilariaceae	<i>Ulnaria</i> sp.	Usp	-	***	-	*	-	-
		Ulnariaceae	<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	Tfa	***	***	***	***	***	***
		Melosiraceae	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	Mlv	***	***	***	***	***	***
	Melosirales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp.	Psp	-	***	-	***	-	***
		Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i> sp.	Gys	-	-	-	*	-	-
	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	Cme	***	***	***	***	***	***
Cyanobacteries	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz) Næg.	Cmi	***	-	***	-	-	-
		Gomphosphaerioideae	<i>Coelomoron</i> sp.	Csp	-	-	***	-	-	-
			<i>Snowella pusillum</i> (Van Goo.) Kom	Spu	***	-	***	-	-	-
		Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa castagnei</i> (Breb.) Raben.	Aca	***	-	-	-	-	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau III : (Suite)

Embranchements	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Cyanobacteries	Chroococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa grevillei</i> Lemm.	Agr	-	-	***	-	-	-
			<i>Coelospharium aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	Cae	***	-	***	-	-	-
			<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Näg.	Mgl	***	-	***	-	-	-
			<i>Merismopedia marssonii</i> Hind.	Mma	***	***	-	-	-	-
			<i>Merismopedia punctata</i> Mey.	Mpu	-	***	-	-	-	-
			<i>Merismopedia tenuissima</i> Lem.	Mte	***	***	***	***	-	-
		Microcystaceae	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	Mae	***	***	-	-	-	-
		Synechococcaceae	<i>Aphanotheca salina</i> Dan.	Asa	-	-	-	***	-	-
			<i>Aphanotheca smithii</i> Koma	Asm	-	-	-	***	-	-
	Hormogonales	Phormidiaceae	<i>Aylindospermopsis raciborskii</i> Wolos.	Ara	***	-	***	-	-	-
			<i>Cylindrospermum muscicola</i> Gard.	Cmu	-	-	-	-	***	***
			<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemm.) Ana. Kom.	Pco	***	-	***	-	-	-
			<i>Phormidium bohneri</i> Gard.	Pbo	***	-	***	-	***	-
			<i>Phormidium simplissimum</i> (Gom.) Ana. & Kom.	Psi	***	-	-	-	-	-
			<i>Pseudanabaena biceps</i> Böch.	Pbi	***	-	***	***	-	-
		Nostocales	<i>Pseudanabaena crassa</i> Agard. Ex Gom.	Pca	-	-	***	-	-	***
			<i>Anabaena</i> sp.	Anab	**	-	-	**	**	-
			<i>Anabaena affinis</i> Lemm.	Aaf	-	-	-	-	***	***
			<i>Anabaena constricta</i> Lemm.	Aco	***	-	***	-	-	-
			<i>Anabaena spiroides</i> Kleb.	Asp	***	-	***	-	-	-
			<i>Anabaenopsis</i> sp.	Ana	**	-	-	**	**	-
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria limosa</i> (Dill.)	Oli	***	-	-	-	-	-
			<i>Oscillatoria major</i> Gom. Vau.	Oma	***	***	-	***	-	-
			<i>Oscillatoria ornata</i> var. <i>ornata</i> Kütz.	Oor	-	-	-	***	-	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau III : (Suite)

Embranchements	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Cyanobacteries	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria princeps</i> Vau. Ex Gom.	Opr	-	-	***	-	***	-
			<i>Oscillatoria sancta</i> Kütz Ex Gom.	Osa	-	-	-	***	-	-
			<i>Oscillatoria</i> sp.	Osc	-	***	-	***	***	***
Euglenophytes	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena oxyuris</i> var. <i>oxyrius</i> f. <i>minima</i> Defl.	Eox	***	-	***	***	-	-
			<i>Euglena polymorpha</i> Dang.	Epo	***	-	***	***	***	-
			<i>Euglena proxima</i> (Dang.) Lemm.	Epr	***	-	-	-	***	-
			<i>Euglena</i> sp.	Eus	***	-	***	-	-	***
			<i>Lepocinclis caudata</i> Defl.	Lca	-	-	***	-	***	-
			<i>Lepocinclis fusiformis</i> Ehrenb.	Lfu	-	-	-	-	***	-
			<i>Lepocinclis nayali</i> Conr.	Lna	-	-	***	-	-	-
			<i>Lepocinclis ovum</i> Ehrenb.	Lov	-	-	***	***	-	***
			<i>Lepocinclis teres</i> Con.	Lte	***	***	***	-	***	-
			<i>Phacus acuminatus</i> Stok. var. <i>dscifer</i> (Pochm.)	Pac	-	-	-	***	-	***
			<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenb.) Duj.	Plo	-	***	-	***	-	-
			<i>Phacus onyx</i> Pochm.	Pon	-	-	***	-	-	-
			<i>Phacus orbicularis</i> Hübn.	Por	-	-	-	***	-	-
			<i>Phacus platalea</i> Drez. Major De Pouq.	Ppl	-	-	***	-	-	***
			<i>Phacus pleuronectes</i> Pochm.	Ppp	***	-	***	-	***	***
			<i>Phacus tropicalis</i> Conforti.	Ptt	-	-	***	***	-	-
			<i>Phacus undulatus</i> (SKv.)	Pun	-	-	***	***	***	-
			<i>Trachelomonas abrupta</i> var. <i>arcuata</i> (playf. Defl.	Tab	-	-	-	-	***	-
			<i>Trachelomonas acanthostoma</i> var. <i>minor</i> Stok.	Tac	-	-	***	-	-	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau III : (Suite et fin)

Embranchements	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Euglenophytes	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas sp. cf. dubia</i> Defl.	Tdu	-	-	-	-	***	***
			<i>Trachelomonas hispidia</i> Defl.	Thi	-	-	-	-	***	-
			<i>Trachelomonas lacustris</i> var. ovalis Lemm.	Tla	-	-	-	-	***	-
			<i>Trachelomonas planctonica</i> Swir.	Tpl	-	***	-	-	-	-
			<i>Trachelomonas volvocina</i>	Tvo	-	***	***	-	-	***
			<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	Trv	-	***	***	-	-	-
Dinophytes	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium sp.</i>	Pes	***	***	***	***	***	***
Total = 5	14	26	99		43	27	55	38	31	20

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

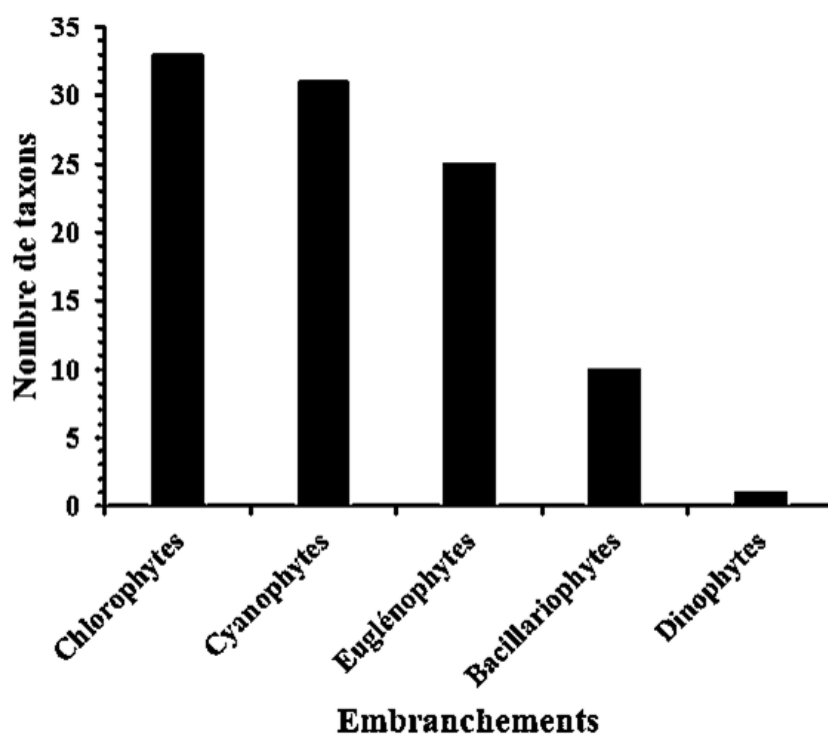


Figure 30 : Nombre des espèces collectées en fonction des embranchements du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.1.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse taxonomique du phytoplancton

La variation spatiale de la richesse taxonomique du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro présente des différences significatives entre les lacs à l'exception des lacs 4 et 5 (Figure 31). La valeur médiane la plus élevée de la richesse taxonomique (55 espèces) a été enregistrée dans le lac 3. Par contre, la plus faible valeur médiane (20 espèces) a été obtenue dans le lac 6.

Quant à la variation saisonnière de la richesse taxonomique du phytoplancton, elle ne diffère pas significativement d'une saison à l'autre (test *U* de Mann-Whitney, $p > 0,05$) (Tableau IV). La richesse taxonomique se situe entre 20 espèces (lac 6) notés en saison sèche et 55 espèces (lac 3) enregistrés pendant la saison des pluies.

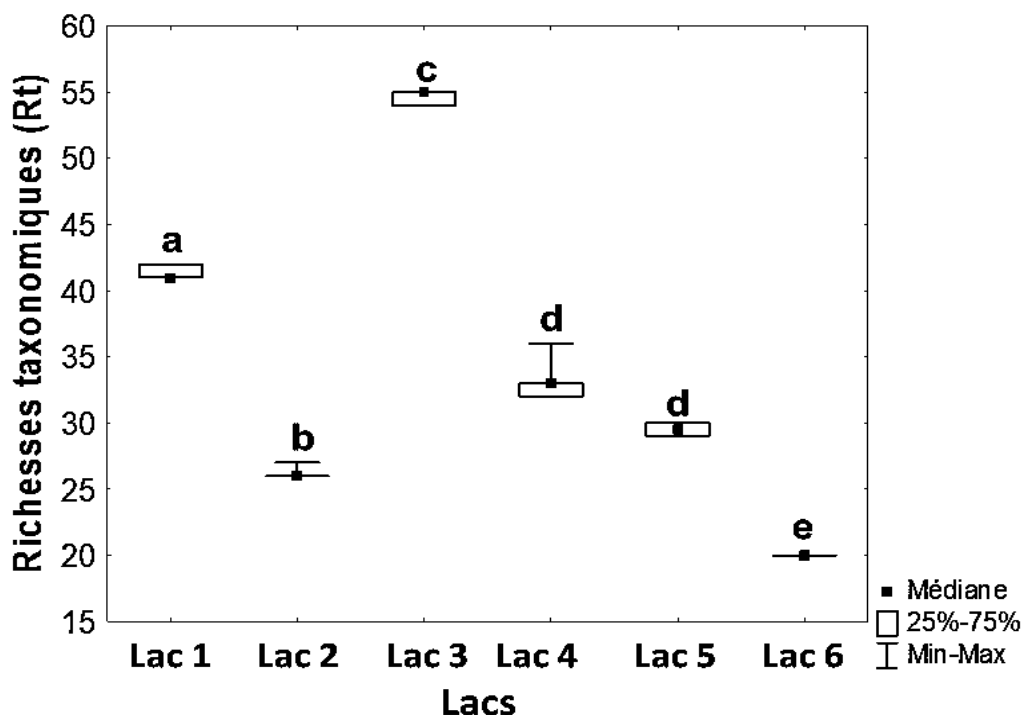


Figure 31 : Variation spatiale de la richesse taxonomique du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : Les différentes lettres alphabétiques (a ; b ; c ; d ; e) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau IV : Variation saisonnière de la richesse taxonomique du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	40	26	51	32	29	20
	Méd	41	26	52	33	30	20
	Max	43	26	53	34	31	20
Saison des pluies	Min	41	25	54	34	31	21
	Méd	42	26	55	35	32	21
	Max	44	27	55	37	33	21

Les valeurs médianes extrêmes sont en gras

3.2.1.1.3. Profil de la répartition du phytoplancton

La SOM (Self-Organizing Map) effectuée sur la base présence/absence des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro a permis de classer les 36 échantillons (6 lacs x 6 campagnes). Cette classification s'est faite selon la distribution et la probabilité d'occurrence des espèces. Les erreurs de topographie et de quantification les plus faibles ont été retenues pour la carte de 30 cellules (5 lignes x 6 colonnes) (Tableau V).

Tableau V : Différentes tailles de carte et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes. La taille retenue est en gras

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
6x5	0,87	0,000
10x3	0,515	0,000
5x5	0,884	0,000

Les cellules de la carte auto-organisatrice ont été classées en cinq groupes (I à V) de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec la méthode Ward et la distance euclidienne. Les groupes sont représentés par des figurines sur la carte (Figure 32 et 33). Les échantillons provenant majoritairement du lac 1 constituent le groupe I. Ce groupe I a une proportion de 21,21 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Pour les échantillons provenant du lac 3, ils forment le groupe II. Il représente 26,26 % des échantillons (test G : $p < 0,05$). Le groupe III regroupe les échantillons issus du lac 2. Il représente 24,24 % de l'ensemble des échantillons. Quant au groupe IV, il renferme les échantillons des lacs 5 et 6. Ce groupe représente 13,13 % des échantillons. Enfin, le groupe V qui est caractérisé par les échantillons du lac 4 représente 17,17 % de tous les échantillons récoltés (test G : $p < 0,05$).

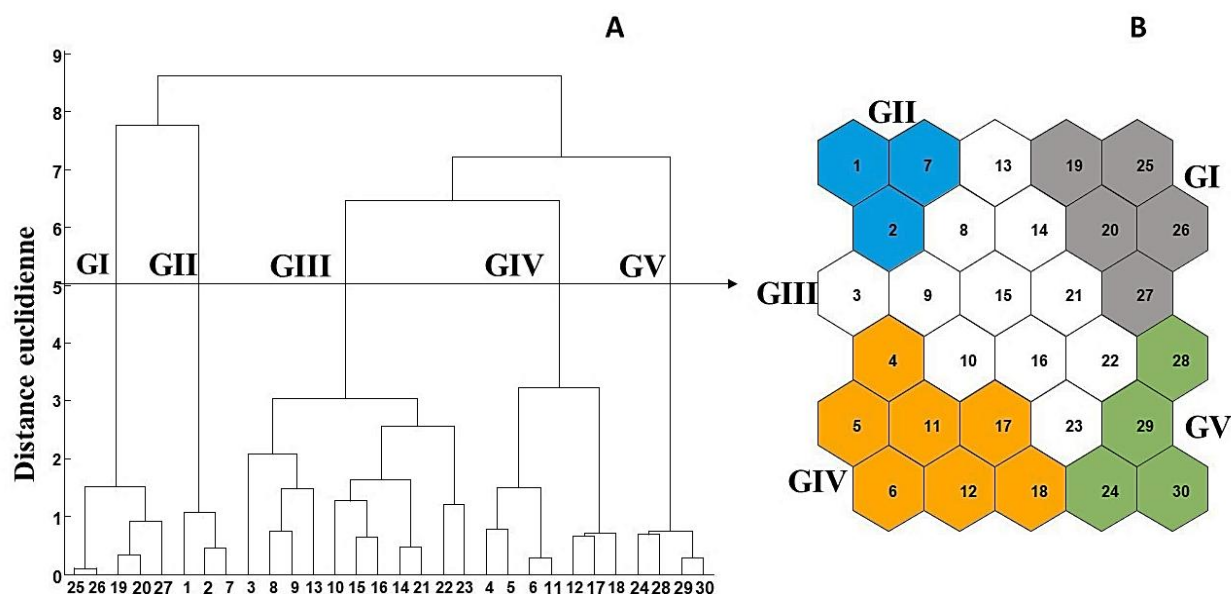


Figure 32 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules sur la base des espèces de phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : **A** = Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d'assemblage (les nombres [1 à 30] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; les chiffres romains [I à V] représentent les groupes retenus). **B** = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 30.

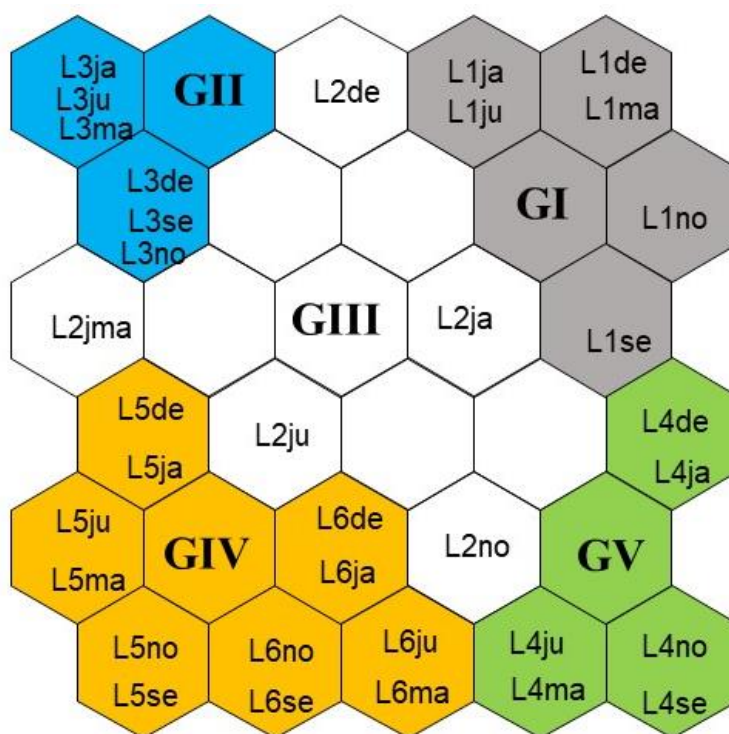


Figure 33 : Répartition des échantillons selon les données de présence/absence des espèces de phytoplancton récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les chiffres romains (I à V) représentent les groupes définis ; les chiffres arabes de (L1 à L6) désignent les lacs, no = novembre, de = décembre, ja = janvier, ma = mai, ju = juillet, se = septembre

La SOM présentée à la figure 34 a permis la répartition de chacune des espèces du phytoplancton dans chaque groupe. Cette répartition a été faite à partir de l'analyse détaillée de la contribution de chaque espèce dans le groupe (Figure 35). Le groupe I moins riches en espèces comprend 21 espèces. Le groupe II, riche en espèces renferme 26 espèces Quant au groupe III, il est constitué de 24 espèces.

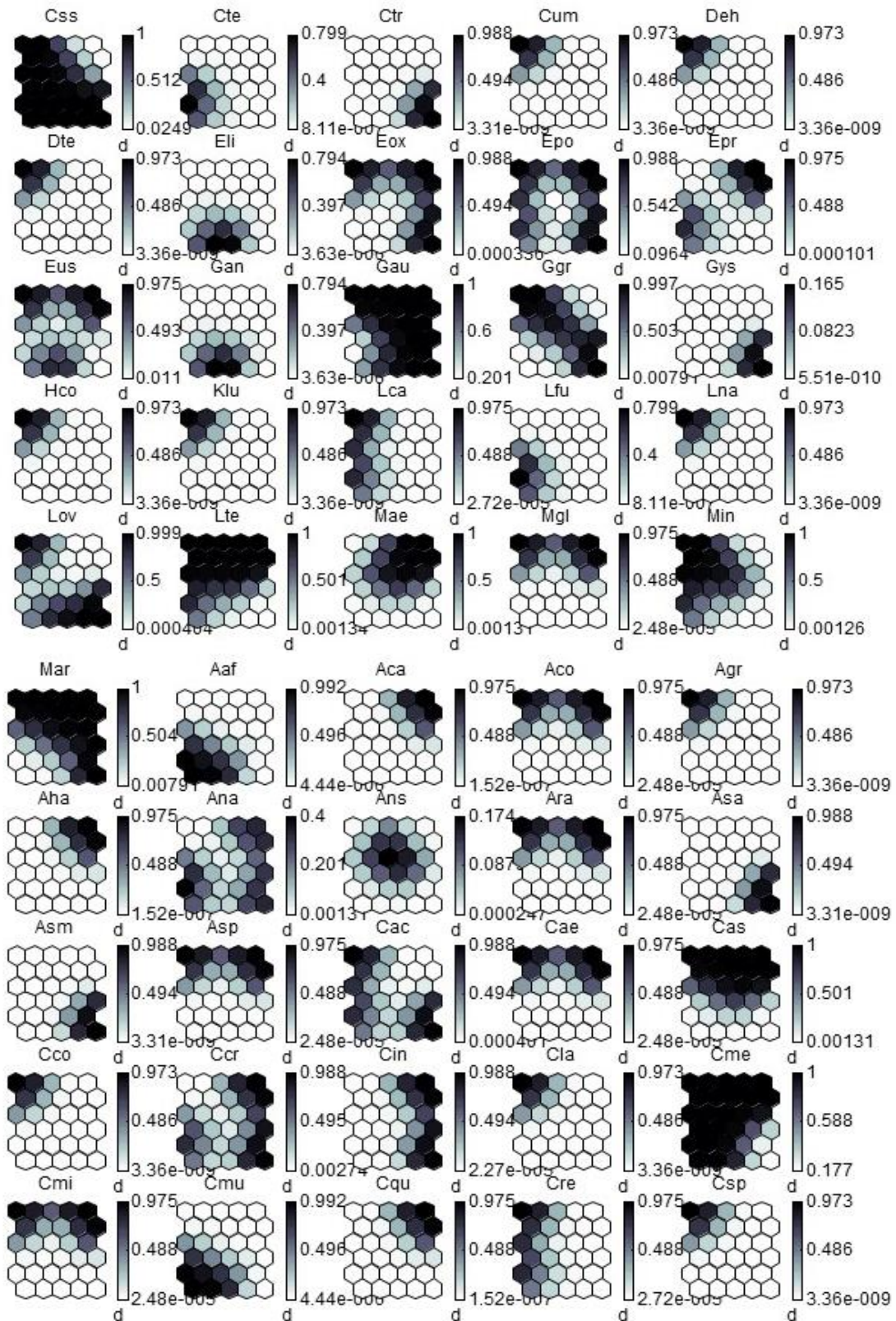


Figure 34 : Patterns de répartition des espèces du phytoplancton sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces de phytoplancton récoltées sur les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : Couleur sombre = forte probabilité de présence ; Couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

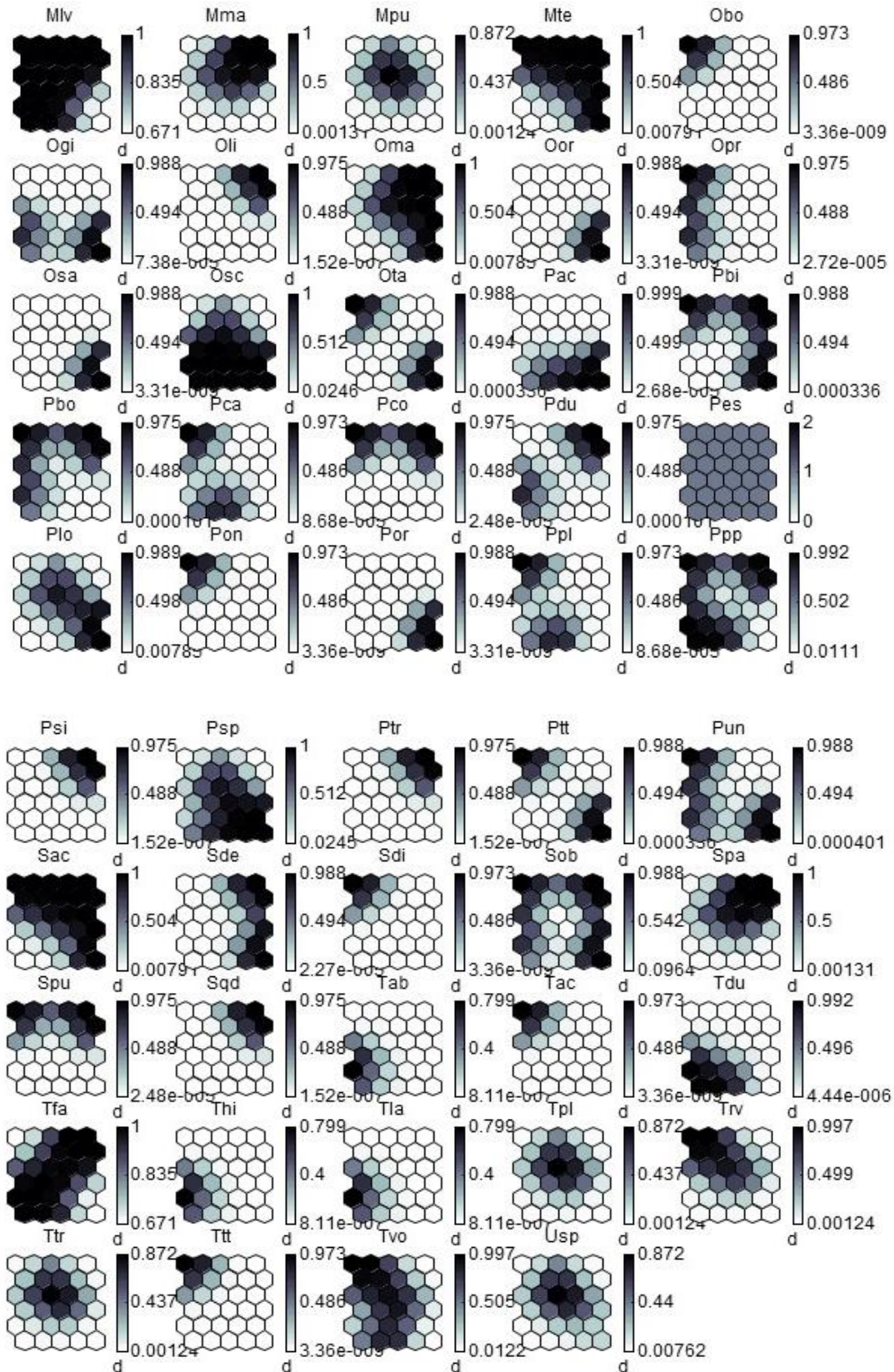


Figure 34 : (Suite et fin) : Patterns de répartition des espèces du phytoplancton sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces de phytoplancton récoltées sur les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : Couleur sombre = forte probabilité de présence ; Couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle



Figure 35 : Répartitions des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) dans les cinq (5) groupes définis par la SOM : couleur foncé = fréquence élevée ; couleur claire = faible fréquence, voire absence

3.2.1.1.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition du phytoplancton

Les variations du pH, de la conductivité, de la température, de l'oxygène dissous, de la transparence et des profondeurs au niveau des groupes I, II, III, IV et V tels que définis par la carte auto-organisatrice de Kohonen sont présentées à la figure 36. La répartition des espèces du groupe I est influencée par la température. En ce qui concerne les espèces du groupe II, leur distribution est caractérisée par le pH. Quant aux espèces des groupes III et IV, elles sont influencées par la conductivité. La répartition des espèces du groupe V est déterminée par l'oxygène dissous, la température et les profondeurs.

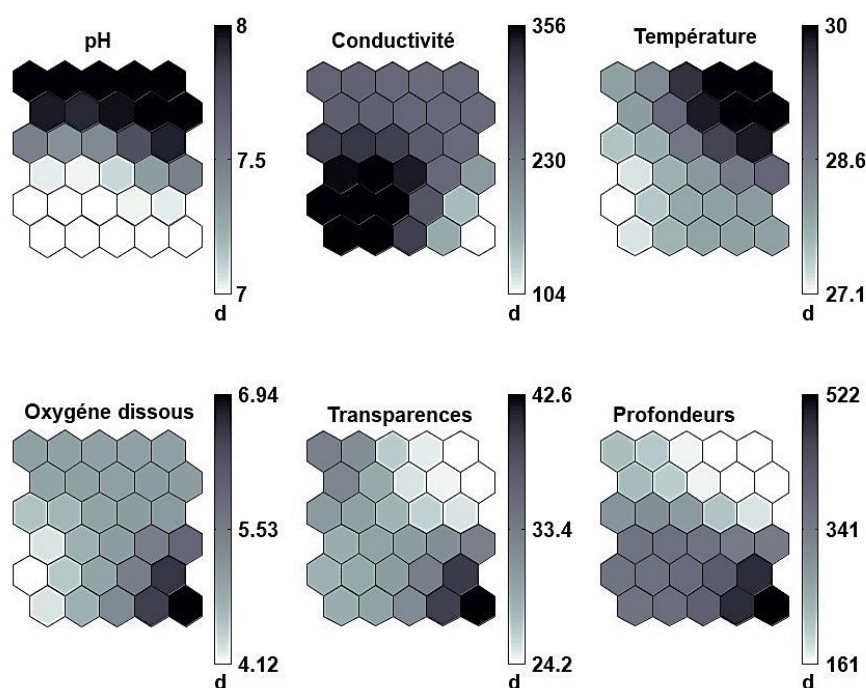


Figure 36 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à V : couleur sombre = sites des paramètres abiotiques de gradient très élevé ; d = échelle

3.2.1.1.5. Analyse globale des embranchements du phytoplancton

Les proportions des embranchements du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro à partir de leurs abondances sont présentées par la figure 37. Les embranchements des Cyanobactéries et des Chlorophycées sont les plus abondants. Les Cyanobactéries comptent 457.610.850 ind./L, soit 36 % de l'effectif total. Quant aux Chlorophycées, ils comptent 338.174.100 ind./L, soit 27 %. Les embranchements les moins abondants sont ceux des Bacillariophycées avec 188.705.690 ind./L et des Dinophycées avec 20.910.310 ind./L, soit respectivement 15 % et 2 % de l'effectif total du phytoplancton.

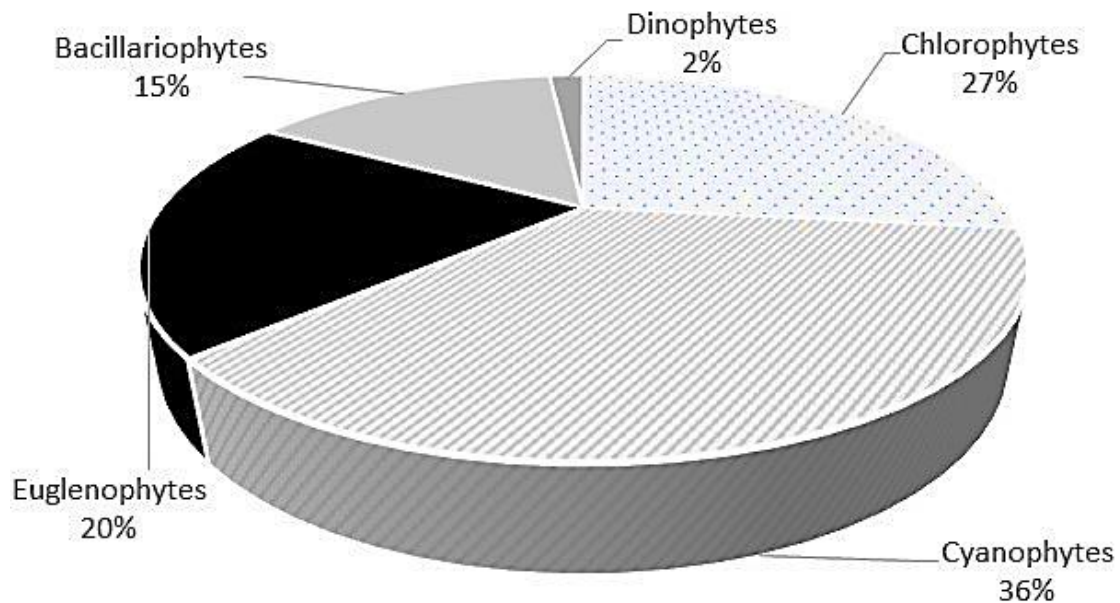


Figure 37 : Contributions quantitatives des Embranchements de phytoplancton dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.1.6. Variations spatiales et saisonnières de la densité volumique en phytoplancton

La variation spatiale de la densité volumique présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre les lacs. La valeur médiane de la densité volumique est plus élevée ($5 \cdot 10^7$ ind./L) dans les lacs 1 et 3 (Figure 38). En revanche, la plus faible valeur médiane (10^7 ind./L) a été notée dans le lac 6.

S'agissant de la variation saisonnière de la densité volumique, elle ne diffère pas significativement d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). Les valeurs médianes oscillent entre $1,6 \cdot 10^7$ ind./L (lac 6) en saison sèche et $6 \cdot 10^7$ ind./L (lacs 1 et 3) durant la saison pluvieuse (Tableau VI).

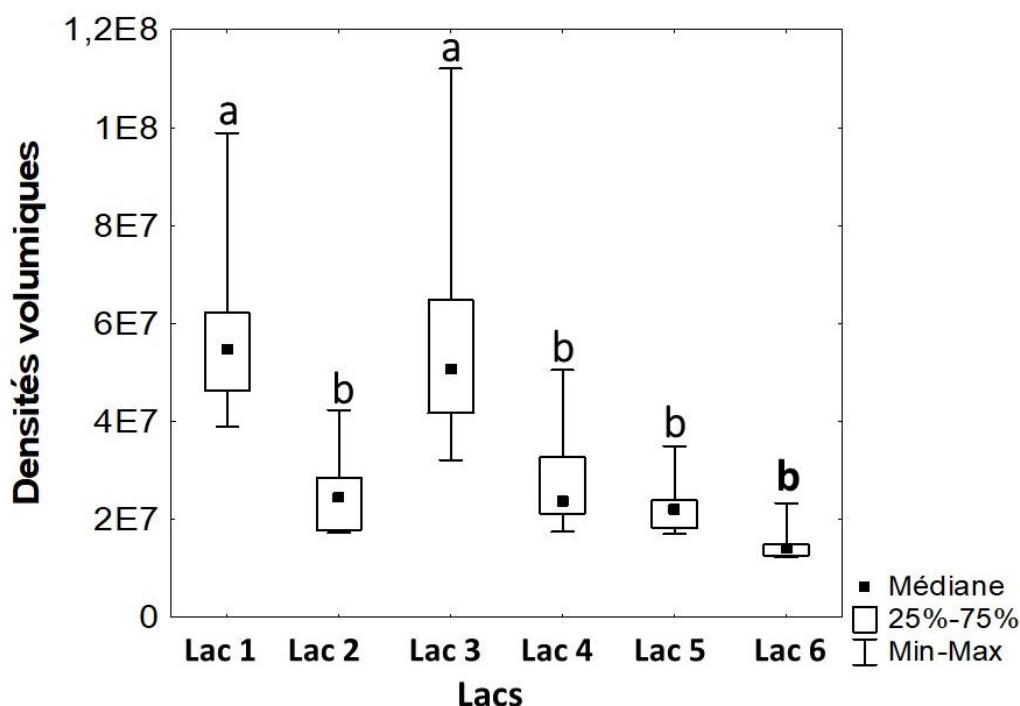


Figure 38 : Variation spatiale de la densité volumique du phytoplancton des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau VI : Variation saisonnière de la densité volumique en phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	4.10 ⁷	2.10 ⁷	3.10 ⁷	1,9.10 ⁷	1,9.10 ⁷	1,5.10 ⁷
	Méd	3.10 ⁷	2,5.10 ⁷	4.10 ⁷	2,1.10 ⁷	2.10 ⁷	1,6.10⁷
	Max	6.10 ⁷	3.10 ⁷	7.10 ⁷	3.10 ⁷	2,5.10 ⁷	1,8.10 ⁷
Saison des pluies	Min	5.10 ⁷	2,1.10 ⁷	5.10 ⁷	2,8.10 ⁷	2,4.10 ⁷	1,8.10 ⁷
	Méd	6.10⁷	3.10 ⁷	6.10⁷	3.10 ⁷	2,6.10 ⁷	2.10 ⁷
	Max	10 ⁸	4.10 ⁷	1,1.10 ⁸	5.10 ⁷	3,5.10 ⁷	3.10 ⁷

La densité volumique maximale et minimale sont en gras

3.2.1.1.7. Biomasses du phytoplancton

Les biomasses des espèces phytoplanctoniques récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau VII. Dans le lac 1, la biomasse la plus élevée $6,18.10^{-7}$ Kg/L est enregistrée par *Oscillatoria limosa* avec un nombre de 15452000 individus, tandis que la plus faible $6,28.10^{-8}$ Kg/L est obtenue par *Snowella pusillum* soit 1570900 individus. Dans le lac 2, *Oscillatoria major* avec 9943070 individus a la plus forte biomasse ($3,98.10^{-7}$ Kg/L). En revanche, *Ankistrodesmus* sp. (3.10^{-8} Kg/L), enregistre la plus faible biomasse avec 749000 individus. Dans le lac 3, *Merismopedia glauca* présent avec 18232600

individus a une forte biomasse ($7,3 \cdot 10^{-7}$ Kg/L) par contre, *Coelomoron* sp. avec 1337660 individus a la plus faible biomasse ($5,4 \cdot 10^{-8}$ Kg/L). Concernat le lac 4, la biomasse la plus élevée ($6 \cdot 10^{-7}$ Kg/L) est obtenue avec *Merismopedia tenuissima* soit 17513500 individus. Par contre, la plus faible biomasse (10^{-10} Kg/L) est enregistrée par *Ulnaria* sp. présent avec 3000 individus. Dans les lacs 5 et 6, les biomasses les plus importantes sont observées pour *Oscillatoria* sp. (10609800 individus lac 5) et *Pseudanabaena crassa* (7577000 individus lac 6) avec des biomasses respectives de $4,2 \cdot 10^{-7}$ Kg/L et $3,2 \cdot 10^{-7}$ Kg/L. En revanche, les plus faibles biomasses $4 \cdot 10^{-8}$ Kg/L et $8 \cdot 10^{-8}$ Kg/L sont enregistrées respectivement par *Tabularia fasciculata* (1230000 individus) sur le lac 5 et *Echinosphaerella limnetica* (2098800 individus) sur le lac 6.

Tableau VII : Biomasses en Kg/L des espèces du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Biomasse des espèces (Kg/L)	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total général
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lager.	3E-07						0,00000028
<i>Anabaena</i> sp.	4E-07			2E-07	1E-07		0,00000063
<i>Anabaena affinis</i> Lemm.					4E-07	2E-07	0,000000613
<i>Anabaena constricta</i> Lemm.	4E-07		4,2E-07				0,00000083
<i>Anabaena spiroides</i> Kleb.	2E-07		8,2E-08				0,000000296
<i>Anabaenopsis</i> sp.	2E-07			6E-07	1E-07		0,000000856
<i>Ankistrodesmus</i> sp.		3E-08					0,00000003
<i>Aphanocapsa castagnei</i> (Breb.)	5E-07						0,000000491
<i>Aphanocapsa grevillei</i> Lemm.			6,8E-07				0,000000679
<i>Aphanotheca salina</i> Dan.				4E-07			0,000000429
<i>Aphanotheca smithii</i> Koma				4E-07			0,000000418
<i>Aylindospermopsis raciborskii</i> Wolos.	8E-08		5,8E-08				0,000000138
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz) Næg.	8E-08		2,9E-07				0,000000367
<i>Closterium acutum</i>			1,1E-07	4E-07	7E-08		0,000000524
<i>Closterium acutus</i> Comp.			1E-07				0,000000102
<i>Closterium cornu</i> Chod.			1E-07				0,00000001
<i>Coelastrum astroideum</i> De Not.	3E-07	2E-07	2,3E-07				0,000000661
<i>Coelastrum indicum</i> De Not.	3E-07			3E-07			0,000000552
<i>Coelastrum microporum</i> Næg.			2,3E-07				0,000000023
<i>Coelastrum quadricellulare</i> Dang.	2E-08						0,000000023
<i>Coelomoron</i> sp.			5,4E-08				0,000000054
<i>Coelosphaerium aeruginosa</i> (Kütz.)	5E-07		7,2E-07				0,000000121
<i>Coscinodiscus</i> sp.		3E-07	2,5E-07	2E-07	3E-07	3E-07	0,000000129
<i>Cosmarium retusiforme</i>			8,8E-08		8E-08		0,000000164
<i>Cosmarium trilobulatum</i> Reinsch.				3E-07			0,000000028
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.)					1E-07		0,000000013
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Woll.) Kom.	3E-07			3E-07	1E-07		0,000000072
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	3E-07	2E-07	2,6E-07	4E-10	4E-07	2E-07	1,3204E-06

Tableau VII : (Suite)

Biomasse des espèces (Kg/L)	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total général
<i>Cylindrospermum muscicola</i> Gard.					3E-07	3E-07	0,00000056
<i>Dictyosphaerium cf. tetrachotonum</i>			1,6E-07				0,00000016
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>			1,7E-07				0,00000017
<i>Echinosphaerella limnetica</i> G. M. S.						8E-08	0,000000084
<i>Euglena oxyuris</i>	4E-07		2,9E-07	7E-08			0,00000077
<i>Euglena polymorpha</i> Dang.	4E-07		3,7E-07	6E-08	2E-07		0,000001
<i>Euglena proxima</i> (Dang.) Lemm.	4E-07				1E-07		0,00000057
<i>Euglena</i> sp.	5E-07		4E-07			2E-07	0,00000102
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.)						1E-07	0,00000014
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.	4E-07	2E-07	3,3E-07	4E-07		2E-07	0,00000143
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.		2E-07	3,3E-07	3E-07			0,00000079
<i>Gyrosigma</i> sp.				4E-10			4E-10
<i>Hyaloraphydium contortum</i>			2,3E-07				0,00000023
<i>Kirchneriella lunaris</i> Kirc.			2,7E-07				0,00000027
<i>Lepocinclis caudata</i> Defl.			2,7E-07		1E-07		0,0000004
<i>Lepocinclis fusiformis</i> Ehrenb.					1E-07		0,00000014
<i>Lepocinclis nayali</i> Conr.			2,4E-07				0,00000024
<i>Lepocinclis ovum</i> Ehrenb.			1,4E-07	8E-08		2E-07	0,000000387
<i>Lepocinclis teres</i> Con.	4E-07	3E-07	1,7E-07		2E-07		0,00000102
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	3E-07	2E-07	2,7E-07	1E-07	2E-07	3E-07	0,00000141
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Näg.	5E-07		7,3E-07				0,00000125
<i>Merismopedia marssonii</i> Hind.	6E-07	0,00000036					0,00000057
<i>Merismopedia punctata</i> Mey.		3E-07					0,00000031
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lem.	5E-07	3E-07	7E-07	6E-07			0,00000209
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	5E-07	3E-07					0,00000079
<i>Monoraphidium arcuatum</i> Kors.	4E-07	2E-07	2,2E-07	3E-07			0,00000108
<i>Monoraphidium indicum</i> Hind.		2E-07	2,4E-07		1E-07		0,000000559
<i>Oocystis borgei</i> J. Sno.			1,7E-07				0,00000017
<i>Oocystis cf. gigas</i> W. Arch.				3E-07	6E-08		0,000000316
<i>Oocystis tainoensis</i> Kom.			1,8E-07	3E-07			0,00000045
<i>Oscillatoria limosa</i> (Dill.)	6E-07						0,00000062
<i>Oscillatoria major</i> Gom. Vau.	6E-07	4E-07		8E-08			0,000001038
<i>Oscillatoria ornata</i> var. <i>ornata</i> Kütz.				8E-08			0,000000084
<i>Oscillatoria princeps</i> Vau. Ex Gom.			4,2E-07		4E-07		0,00000084
<i>Oscillatoria sancta</i> Kütz ex Gom.				9E-08			0,000000089
<i>Oscillatoria</i> sp.		4E-07		6E-08	4E-07	4E-07	0,000001314
<i>Pediastrum duplex</i> Mey.	3E-07				1E-07		0,00000045
<i>Pediastrum tetras</i> Raben.	3E-07						0,00000028
<i>Peridinium</i> sp.	2E-07	1E-07	2,3E-07	1E-07	1E-07	1E-07	0,000000859
<i>Phacus acuminatus</i>				6E-08		2E-07	0,000000206
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenb.) Duj.		3E-07		7E-08			0,00000035

Tableau VII : (Suite et fin)

Biomasse des espèces (Kg/L)	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total général
<i>Phacus onyx</i> Pochm.			1,7E-07				0,00000017
<i>Phacus orbicularis</i> Hübn.				6E-08			0,000000064
<i>Phacus platylea</i> Drez. Major De Pouq.			1,8E-07			1E-07	0,00000032
<i>Phacus pleuronectes</i> Pochm.	4E-07		2,6E-08		1E-07	2E-07	0,000000726
<i>Phacus tropicalis</i> Conforti.			2E-07	5E-08			0,000000247
<i>Phacus undulatus</i> (SKv.)			2,5E-07	5E-08	1E-07		0,000000441
<i>Phormidium bohneri</i> Gard.	8E-08		8,8E-08		4E-07		0,000000515
<i>Phormidium simplissimum</i> (Gom.)	7E-08						0,000000073
<i>Pinnularia</i> sp.		2E-07		1E-07		2E-07	0,00000049
<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemm.)	3E-07		7,3E-08				0,000000403
<i>Pseudanabaena biceps</i> Böch.	6E-07		3,2E-07	1E-07			0,0000001
<i>Pseudanabaena crassa</i> Agard. Ex Gom.			3,2E-07			2E-07	0,00000053
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.	3E-07	3E-07	2,9E-07	4E-07			0,00000124
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	4E-07			4E-07			0,00000075
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turp.) Kuetz.			3,1E-07				0,00000031
<i>Scenedesmus obliquus</i> Kütz.	4E-07		3,3E-07	3E-07	4E-07		0,0000014
<i>Scenedesmus parisiensis</i> Chod.	4E-07	3E-07					0,00000065
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chod.	4E-07						0,00000038
<i>Snowella pusillum</i> (Van Goo.) Kom	6E-08		6,1E-08				0,000000124
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh)	8E-08	2E-07	5,8E-08	5E-08	5E-08	1E-07	0,000000563
<i>Tetraedron trigonum</i> (Näg.) Hans.		3E-07					0,00000025
<i>Trachelomonas abrupta</i>					1E-07		0,00000013
<i>Trachelomonas acanthostoma</i>			2E-07				0,00000002
<i>Trachelomonas cf. dubia</i> Defl.					2E-07	1E-07	0,00000029
<i>Trachelomonas hispidia</i> Defl.					2E-07		0,00000016
<i>Trachelomonas lacustris</i> var. <i>ovalis</i> Lemm.					2E-07		0,00000016
<i>Trachelomonas planctonica</i> Swir.		2E-07					0,00000018
<i>Trachelomonas volvocina</i>		2E-07	2,6E-07			1E-07	0,00000055
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>		2E-07	2,6E-07				0,00000041
<i>Tetraedron triangulare</i> (Chod.) Kom.			3,3E-07				0,00000033
<i>Ulnaria</i> sp.		2E-07		1E-10			1,8013E-07
Biomasse totale (Kg/L)	1E-05	6E-06	1,4E-05	7E-06	6E-06	4E-06	5,11599E-05

Kg/L = Kilogramme par litre, les biomasses maximales et minimales sont en gras

3.2.1.1.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité

La valeur médiane de l'indice de diversité de Shannon (H') est plus élevée (3,6 à 3,8 bit/ind.) au niveau des lacs 1 et 3 (Figure 39). Cependant, la valeur médiane est plus faible (2,85 bit/ind.) dans le lac 6. Les variations des valeurs médianes de cet indice présentent des différences significatives entre les lacs étudiés (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Il y a une différence significative entre les lacs à l'exception des lacs 4 et 5.

La valeur médiane de l'indice d'équitabilité de Pielou (J) indique que la communauté du phytoplancton est équitablement répartie dans tous les lacs (Figure 39). Cependant, cette communauté est plus équilibrée (0,94 à 0,98) au niveau des lacs 1, 2, 3, 5 et 6 que dans le lac 4 (0,92). La variation spatiale de cet indice présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences significatives sont observées entre le lac 4 et les autres lacs.

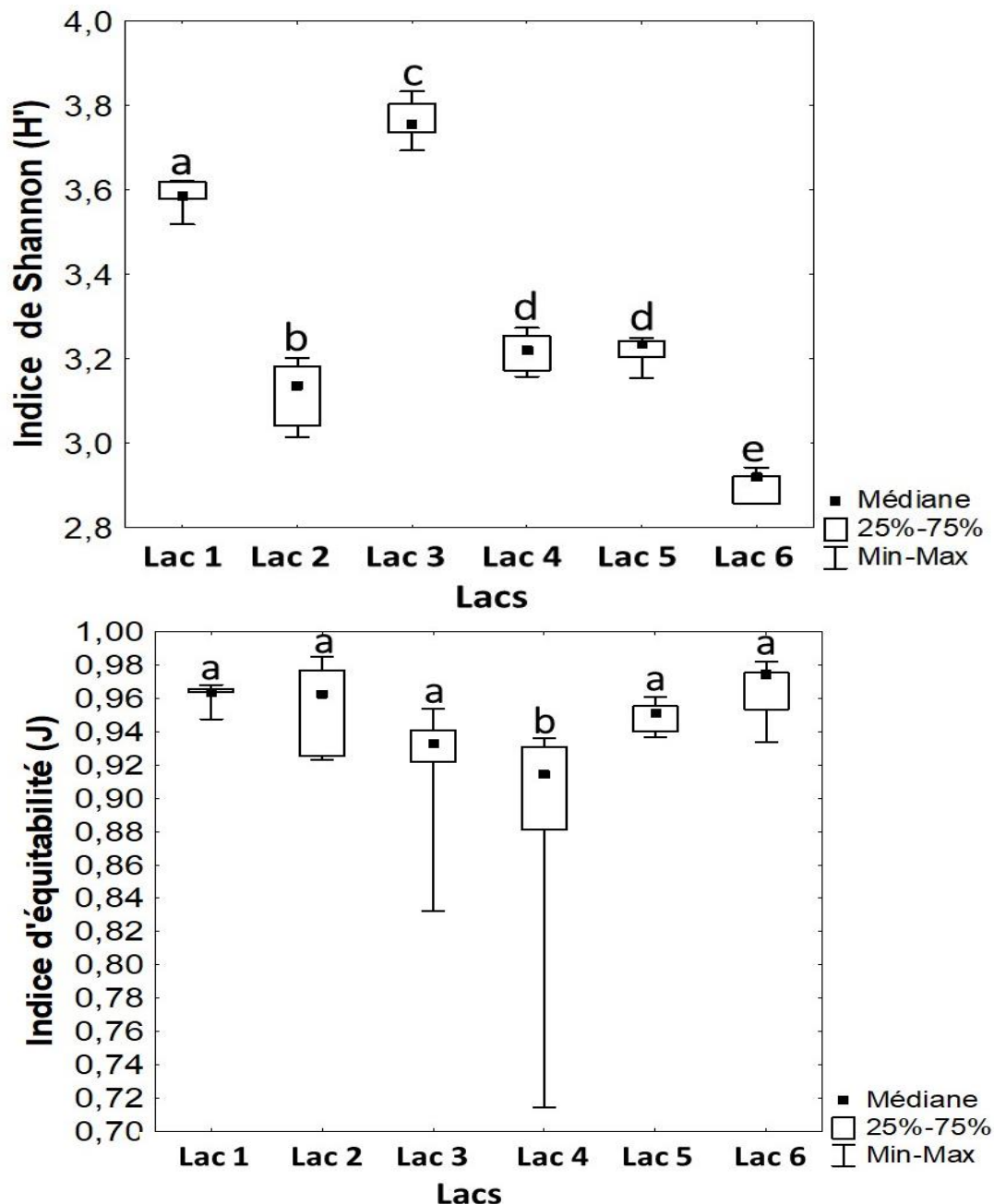


Figure 39 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b ; c ; d ; e) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

3.2.1.1.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité

La variation saisonnière de l'indice de diversité de Shannon (H') ne diffère pas significativement entre les deux saisons (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). Les valeurs médianes de l'indice de diversité sont comprises entre 2,8 bit/ind. (lac 6) en saison sèche et 3,8 bit/ind. (lac 3) en saison des pluies (Tableau VIII).

La variation saisonnière de l'indice d'équitabilité de Piélou (J) montre que la communauté du phytoplancton est équitablement répartie dans tous les lacs (Tableau IX). Les valeurs médianes de cet indice ne varient pas de façon significative d'une saison à l'autre (Mann-Whitney, $p > 0,05$). Les valeurs médianes de l'indice de Piélou se situent entre 0,98 (lac 2) en la saison des pluies et 0,91 (lac 4) en saison sèche.

Tableau VIII : Variation saisonnière de l'indice de diversité (H') du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	3,5	3	3,6	3,2	3,1	2,7
	Méd	3,6	3,1	3,7	3,3	3,1	2,8
	Max	3,7	3,2	3,8	3,3	3,2	2,8
Saison des pluies	Min	3,6	3,1	3,7	3,2	3,2	2,8
	Méd	3,7	3,2	3,8	3,3	3,3	2,9
	Max	3,8	3,3	3,9	3,4	3,3	2,9

Les valeurs médianes extrêmes sont en gras

Tableau IX : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité de Piélou (J) du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,95	0,96	0,85	0,72	0,92	0,92
	Méd	0,96	0,98	0,93	0,91	0,93	0,95
	Max	0,96	0,98	0,94	0,92	0,93	0,95
Saison des pluies	Min	0,96	0,97	0,95	0,9	0,93	0,94
	Méd	0,97	0,98	0,95	0,92	0,95	0,95
	Max	0,97	0,99	0,96	0,93	0,94	0,98

Les valeurs médianes extrêmes sont en gras

3.2.1.2. Analyses des données du zooplancton récolté dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.2.1. Compositions taxonomiques globales du zooplancton

Les compositions taxonomiques et les occurrences des espèces du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro sont consignées dans le tableau X. Au total, 31 espèces réparties entre 17 familles, et 4 groupes ont été récoltés dans l'ensemble des lacs. Les groupes rencontrés sont les Rotifères, les Copépodes, les Cladocères et les Ostracodes. Parmi ces groupes, les Rotifères comptent le plus grand nombre d'espèces avec 23 espèces. Ensuite, viennent les Copépodes avec 4 espèces, les Cladocères avec 3 espèces. Enfin, les Ostracodes avec 1 espèce (Figure 40). La distribution de la richesse spécifique du zooplancton en fonction des lacs indique que le lac 1 regorge plus d'espèces (21 espèces). Par contre, le lac 4 avec 10 espèces compte moins d'espèces.

L'analyse des occurrences montre que trois (3) espèces sont communes et constantes à tous les lacs. Il s'agit de *Brachionus angularis angularis*, *Mesocyclops leuckarti leuckarti* et *Tropodiatomus* sp.

Tableau X : Compositions taxonomiques et occurrences des espèces de zooplancton dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Groupes	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Cladocères	Bosminidae	<i>Bosmina longirostris</i>	Blo	***	**	***	*	0	***
	Chydoridae	<i>Leydigia acanthocercoides</i>	Lac	0	**	***	0	0	**
	Daphniidae	<i>Simocephalus</i> sp.	Ssp	***	0	0	0	0	*
Copépodes	Diaptomidae	<i>Tropodiaptomus</i> sp.	Tsp	***	***	*	**	**	*
	Pseudodiaptomidae	<i>Pseudodiaptomus gordioides</i>	Pgo	0	0	0	0	0	**
	Cyclopidae	<i>Mesocyclops leuckarti leuckarti</i>	Mle	***	*	***	**	**	***
		<i>Nauplii</i> sp.	Nsp	***	**	**	***	0	**
Rotifères	Conochilidae	<i>Conochilus hippocrepsis</i>	Chi	0	**	**	*	**	***
	Filiniidae	<i>Filinia opoliensis</i>	Fop	0	*	*	0	0	*
	Testudinellidae	<i>Testudinella patina patina</i>	Tpa	*	0	*	0	*	*
	Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i> sp.	Asp	***	**	0	0	**	0
		<i>Anuraeopsis fissa</i>	Afi	***	*	*	0	0	0
	Brachionidae	<i>Brachionus angularis angularis</i>	Ban	**	**	**	***	*	*
		<i>Brachionus caudatus</i>	Bca	0	*	0	0	0	0
		<i>Brachionus forticula</i>	Brf	0	0	0	0	**	0
		<i>Brachionus plicatilis</i>	Bpl	*	0	0	**	**	0
		<i>Brachionus urceolaris urceolaris</i>	Bur	0	0	0	*	*	0
		<i>Platytas quadridentatus quadridentatus</i>	Pqu	**	0	0	0	0	0
		<i>Lecane bulla bulla</i>	Lbu	***	0	*	**	***	*
	Lecanidae	<i>Lecane furcata</i>	Lfu	**	0	0	0	0	0
		<i>Lecane lunaris</i>	Llu	*	0	**	0	0	*
	Lepadellidae	<i>Colurella uncinata</i>	Cun	0	0	*	0	0	0

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau X : (Suite et fin)

Groupes	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Rotifères	Notommatidae	<i>Cephalodella gibba</i>	Cgi	0	*	0	0	0	0
	Philodinidae	<i>Philodina vorax</i>	Pvo	*	0	*	0	*	0
		<i>Rotaria neptunia</i>	Rne	***	*	*	0	0	*
	Trichocercidae	<i>Trichocerca capucina</i>	Tca	*	0	*	0	0	*
		<i>Trichocerca longiseta</i>	Tlo	*	0	0	0	0	0
		<i>Trichocerca pusila</i>	Tpu	***	**	0	0	0	0
		<i>Trichocerca similis similis</i>	Tsi	0	**	***	0	0	***
		<i>Trichocerca weberi</i>	Twe	**	*	0	*	0	0
Ostracodes	Cyprididae	<i>Hemicypris anomala</i>	Han	*	0	0	0	*	0
Total = 4	17	31		21	16	17	10	12	16

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

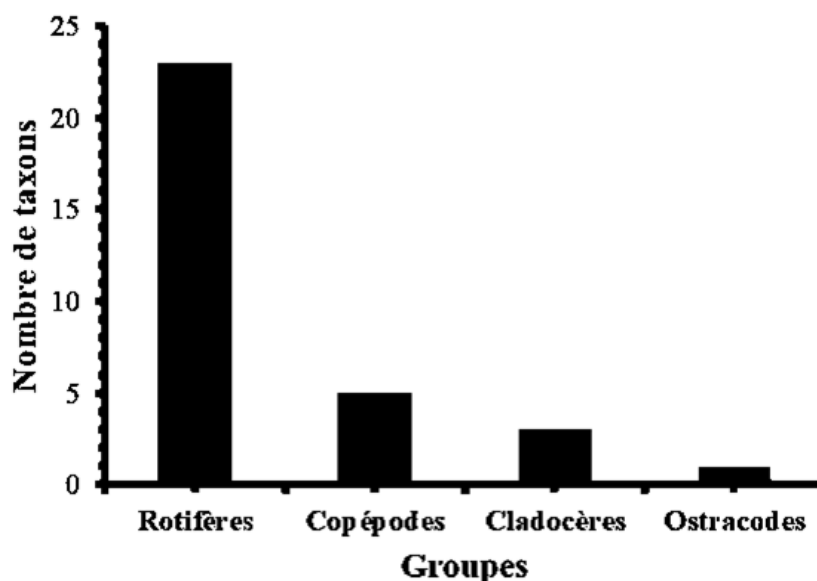


Figure 40 : Nombre des espèces collectées en fonction des Groupes du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.2.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse taxonomique du zooplancton

La variation spatiale de la richesse taxonomique présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre les lacs. Ces différences significatives sont observées entre le lac 1 et les autres lacs (Figure 41). La valeur médiane la plus élevée de la richesse taxonomique (12 espèces.) a été relevée dans le lac 1. En revanche, la plus faible valeur (4 espèces) a été enregistrée dans le lac 3.

La variation saisonnière de la richesse taxinomique ne varie pas de façon significative d’une saison à l’autre (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). La valeur médiane oscille entre 13 espèces enregistrées dans le lac 1 durant la saison des pluies et 3 espèces obtenues dans les lacs 2 et 4 pendant la saison sèche (tableau XI).

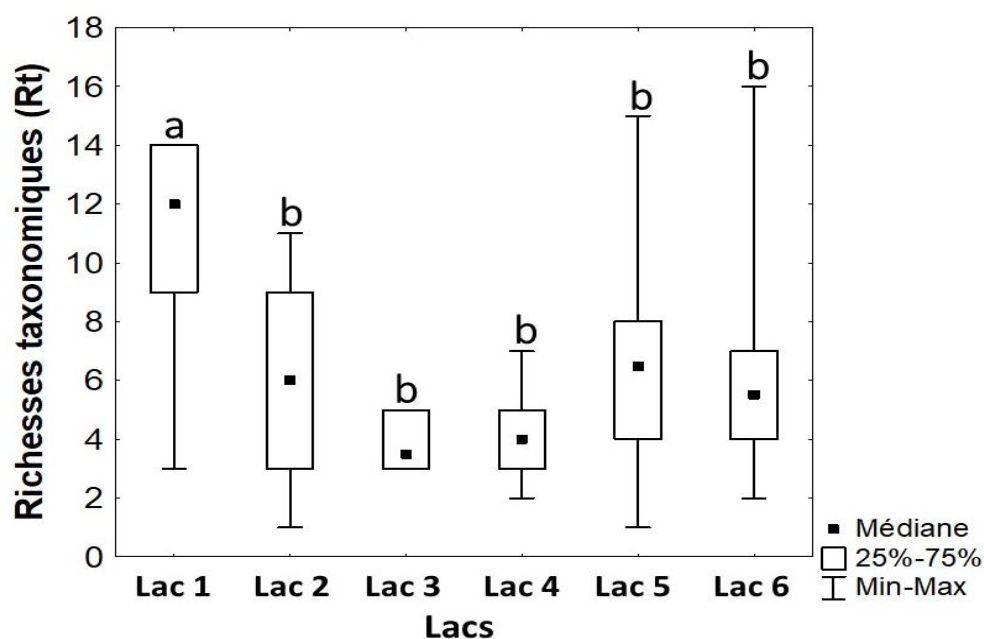


Figure 41 : Variation spatiale de la richesse taxonomique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau XI : Variation saisonnière de la richesse taxonomique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Lacs urbains de Yamoussoukro							
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	3	1	3	2	1	2
	Méd	9	3	5	3	4	4
	Max	13	11	6	7	13	16
Saison des pluies	Min	12	4	3	4	6	5
	Méd	13	8	4	5	7	6
	Max	14	9	5	6	8	7

La richesse taxonomique maximale et minimale sont en gras

3.2.1.2.3. Profil de répartition du zooplancton

La SOM (Self-Organizing Map) effectuée, a permis de classer les 36 échantillons (6 lacs x 6 campagnes) en tenant compte de la matrice présence/absence des espèces du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro. Cette classification a été faite selon la répartition et la probabilité d’occurrence des espèces. Cela a permis de retenir la carte de 30 cellules (5 lignes x 6 colonnes) pour lesquelles les erreurs de topographie et de quantification sont les plus faibles (Tableau XII).

Tableau XII : Différentes tailles de carte et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes. La taille retenue en gras

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
6x5	1,204	0,000
10x3	1,227	0,000
5x5	1,279	0,000

Quatre groupes (I à IV) ont été déterminés grâce aux cellules de la carte auto-organisatrice suite à l'examen détaillé de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec la méthode Ward et de la distance euclidienne. Différentes figurines sur la carte de Kohonen ont permis d'illustrer les groupes (Figures 42 et 43). Ainsi, les échantillons récoltés dans les lacs 3 et 4 constituent le groupe I. Il représente 9,67 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Le groupe II est caractérisé par les échantillons provenant du lac 1. Il représente 38,7 % des échantillons (test G : $p < 0,05$). Le groupe III regroupe les échantillons issus des lacs 5 et 6. Il représente 19,35% de l'ensemble des échantillons. Quant au groupe IV, il renferme les échantillons du lac 2. Ce groupe représente 32,25 % des échantillons (test G : $p < 0,05$).

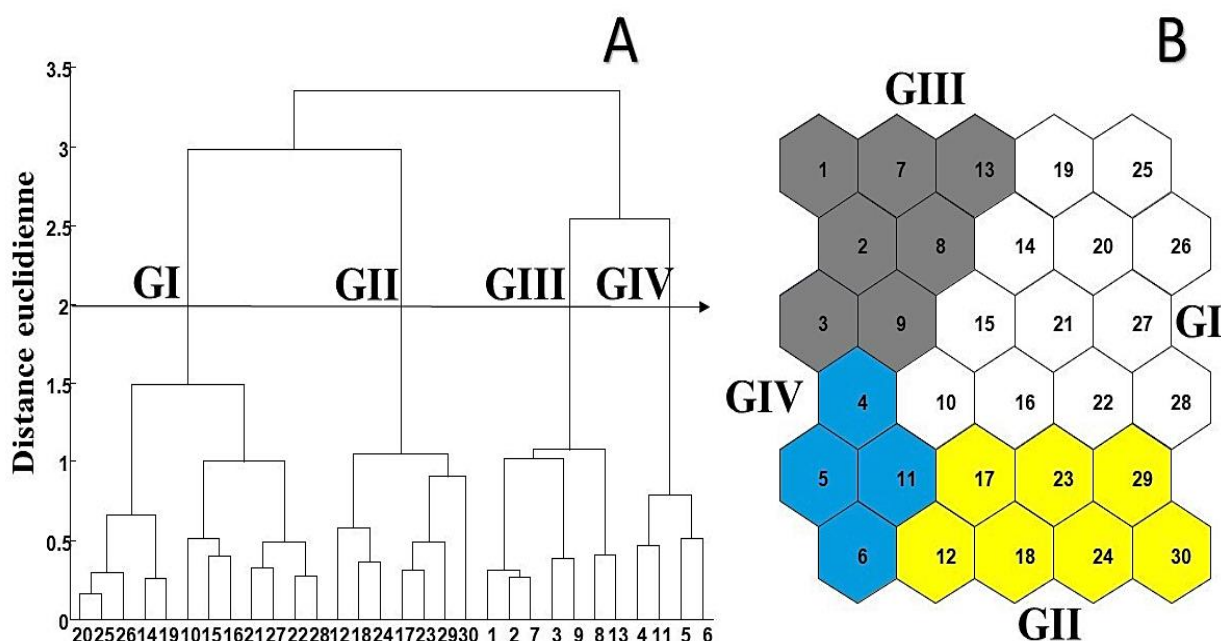


Figure 42 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules sur la base des espèces du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : **A** = Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d'assemblage (les nombres [1 à 30] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; les chiffres romains [I à V] représentent les groupes retenus). **B** = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 30

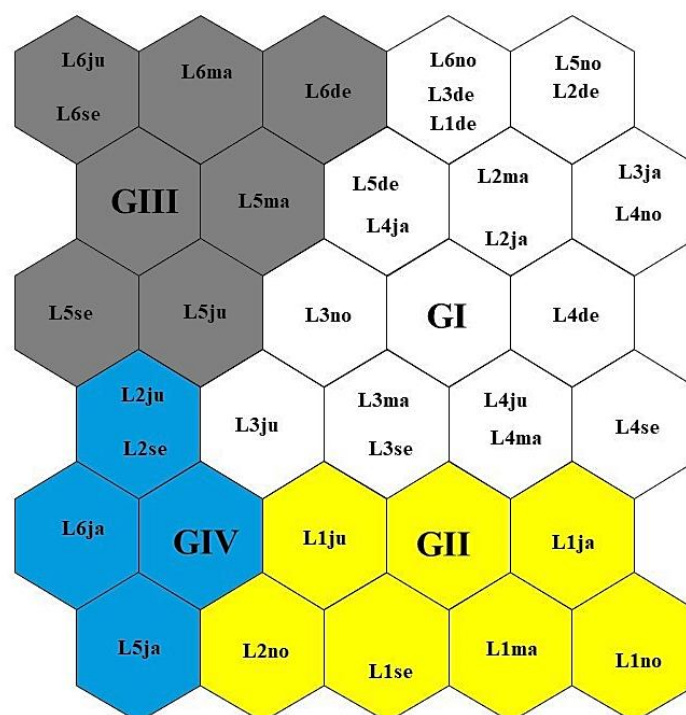


Figure 43 : Répartition des échantillons selon les données de présence/absence des espèces du zooplancton récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les chiffres romains (I à IV) représentent les groupes définis ; les chiffres arabes de (1 à 9) désignent les lacs, no = novembre, de = décembre, ja = janvier, ma = mai, ju = juillet, se = septembre

La distribution de chacun des espèces du zooplancton dans chaque groupe défini par la SOM est présentée par la figure 44. La répartition est faite à partir de l'analyse de la contribution de chaque espèce dans le groupe (Figure 45). Le groupe I, le moins diversifié comprend 3 espèces. Le groupe II, le plus diversifié renferme 12 espèces. Quant au groupe III, il est constitué de 6 espèces. Le groupe IV compte 10 espèces. Le nombre des espèces enregistrées dans les différents groupes diffère de façon significative d'un groupe à l'autre (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

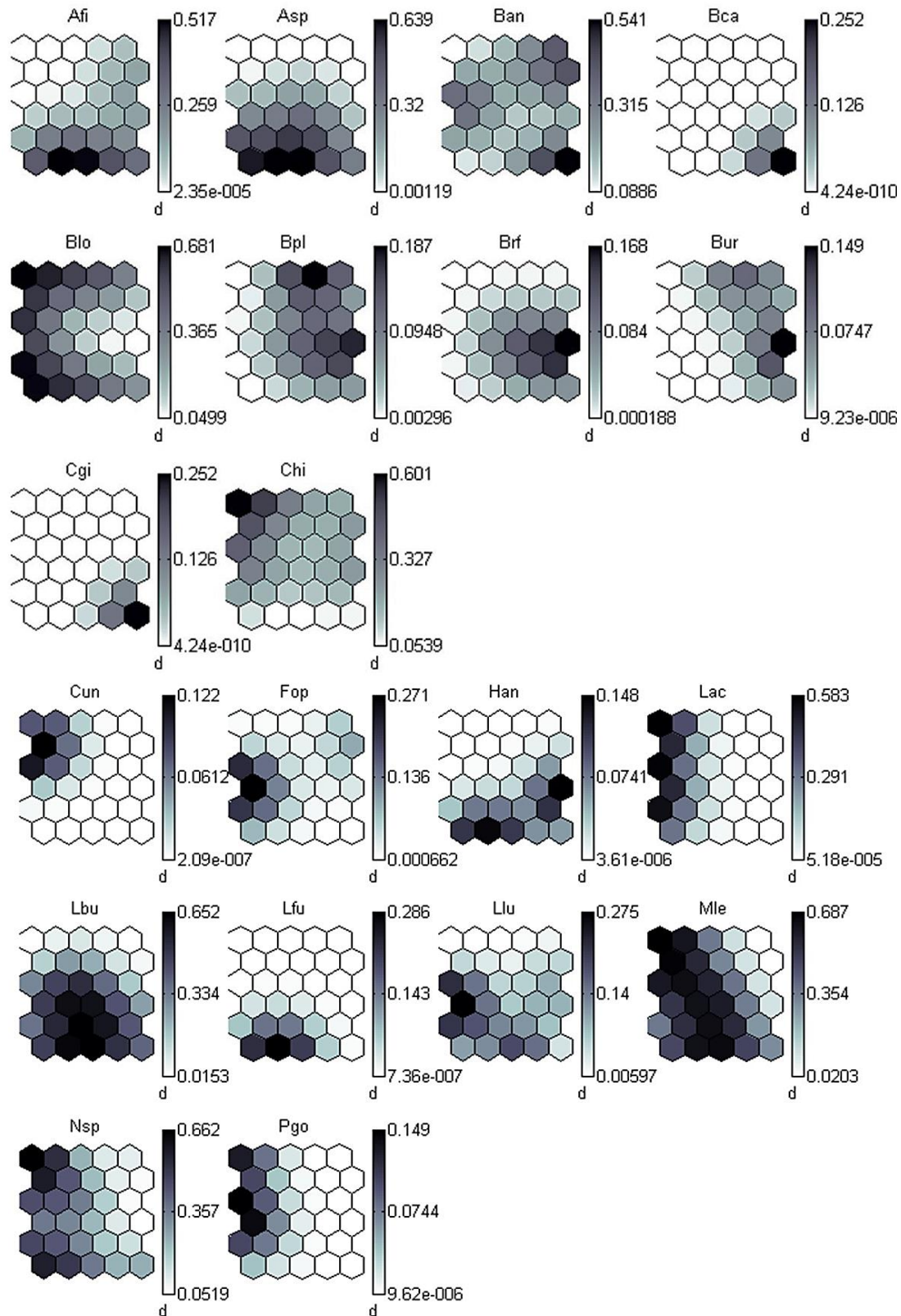


Figure 44 : Patron de Répartition des espèces du zooplancton sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces du zooplancton récoltées dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

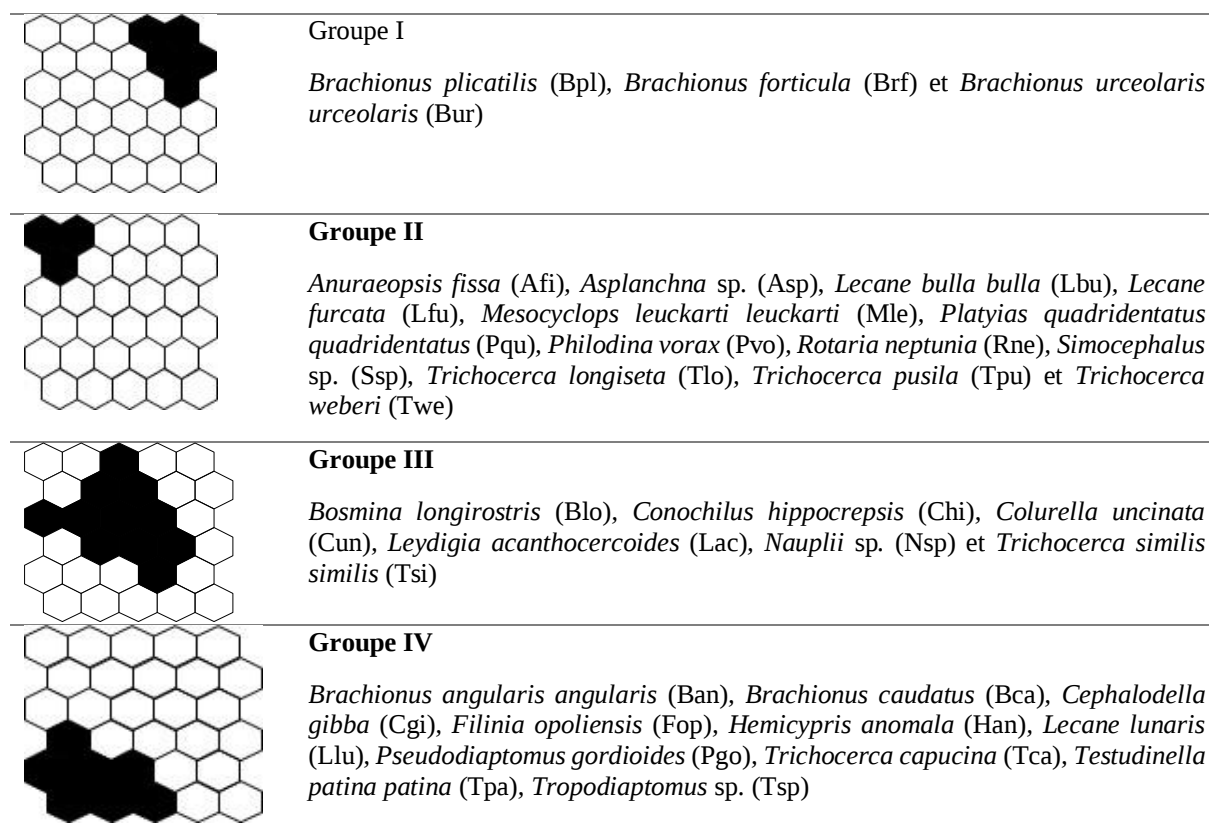


Figure 45 : Répartition des espèces du zooplancton récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022, dans les quatre (4) groupes définis par la SOM : couleur foncée= fréquence élevée ; couleur claire= faible fréquence, voire absence

3.2.1.2.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition du zooplancton

Les variations du pH, de la conductivité, de la température, de l’oxygène dissous, de la transparence et des profondeurs au niveau des groupes I à IV définis par la carte auto-organisatrice de Kohonen sont illustrées par la figure 46. La répartition des espèces du groupe I est déterminée par la température. Celle des espèces du groupe II est caractérisée par l’oxygène dissous, la transparence et les profondeurs. Quant aux espèces du groupe III, leur distribution est influencée par le pH. En ce qui concerne la répartition des espèces du groupe IV, elle est déterminée par la conductivité.

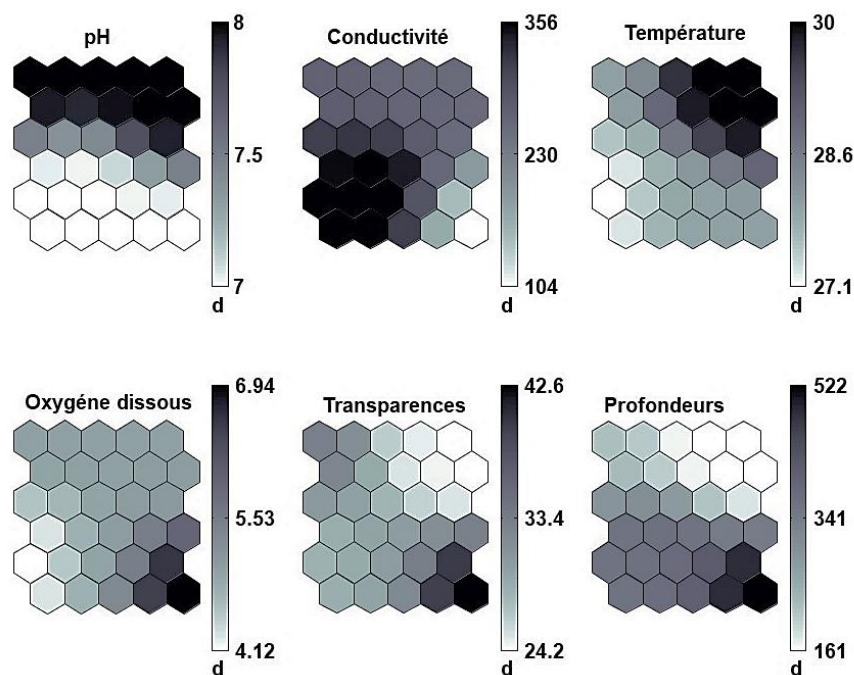


Figure 46 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à IV : couleur sombre = sites des paramètres abiotiques de gradient très élevé ; d = échelle

3.2.1.2.5. Analyse globale des groupes du zooplancton

Les proportions des groupes du zooplancton récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro à partir de leurs abondances sont présentées par la figure 47. Le groupe des Rotifères (57 %) est le plus abondant. Le groupe le moins abondant est celui des Ostracodes 1 %.

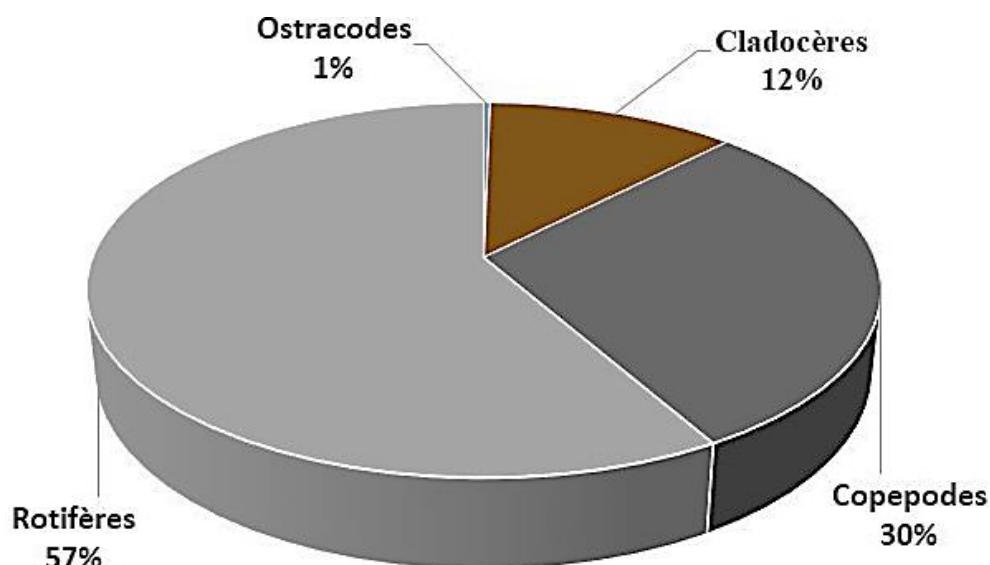


Figure 47 : Contributions quantitatives des groupes du zooplancton récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.2.6. Variations spatiales et saisonnières de la densité volumique du zooplancton

La figure 48 illustre la variation spatiale de la densité volumique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro. La densité la plus élevée (6000 ind./L) a été enregistrée au niveau du lac 1. Par contre, la plus faible valeur de la densité (1000 ind./L) a été obtenue dans le lac 4. La variation des valeurs médianes de la densité volumique présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences sont observées entre le lac 1 et les autres lacs (test de Man-Whitney, $p < 0,05$).

La variation saisonnière de la densité du zooplancton ne varie pas significativement d'une saison à l'autre (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$). Les valeurs médianes de la densité volumique oscillent entre 600 ind./L obtenues au niveau du lac 4 pendant la saison des pluies et 7000 ind./L enregistrées dans le lac 1 durant la saison sèche (Tableau XIII).

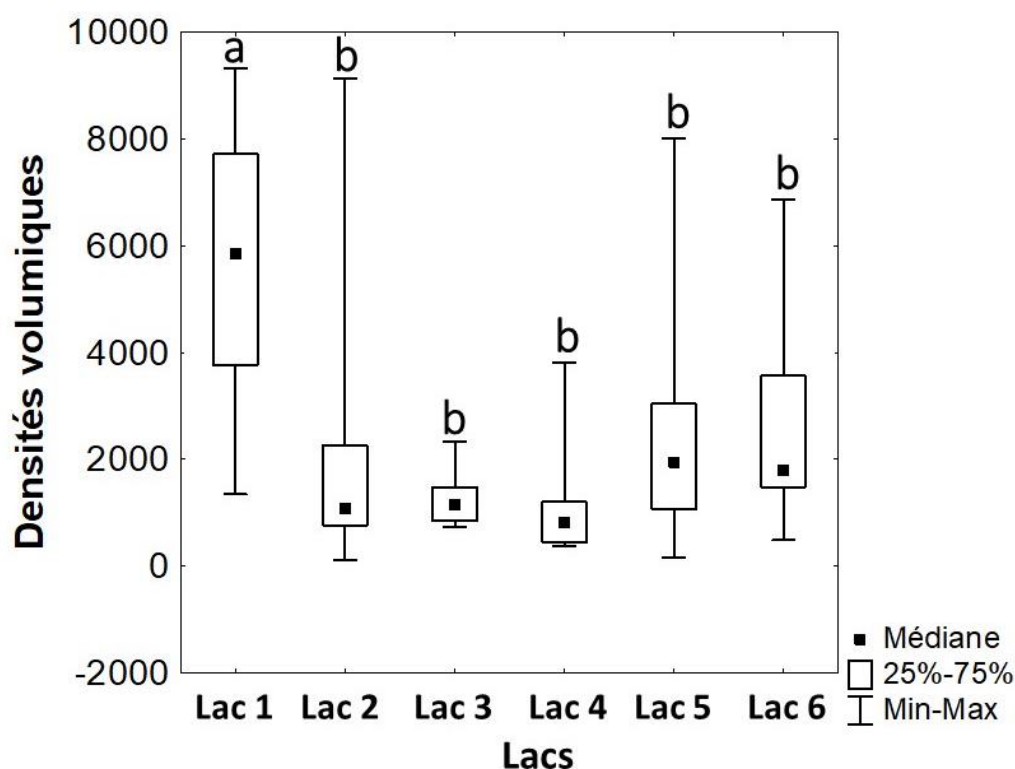


Figure 48 : Variation spatiale des densités volumiques du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022. Les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau XIII : Variation saisonnière de la densité volumique du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Lacs urbains de Yamoussoukro							
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	2000	100	1000	500	100	500
	Méd	7000	1050	1150	800	3000	2000
	Max	9000	9000	2500	4000	8000	7000
Saison des pluies	Min	4000	1000	1000	500	2000	1800
	Méd	5000	1000	1100	600	1000	1800
	Max	8000	2500	1200	1000	3500	4000

Les valeurs médianes extrêmes sont en gras

3.2.1.2.7. Biomasse du zooplancton

Les biomasses des espèces zooplanctoniques récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau XIV. Dans l'ensemble des lacs étudiés, la biomasse totale est de $9,27 \cdot 10^{-5}$ Kg/L. la plus forte biomasse ($3,3 \cdot 10^{-5}$ Kg/L) a été notée dans le lac 1. En revanche, la plus faible biomasse ($7,4 \cdot 10^{-6}$ Kg/L) a été enregistrée dans le lac 4. L'espèce *Lecane bulla* enregistre la plus forte valeur de biomasses parmi le zooplancton inventorié dans les lacs urbains. Alors que l'espèce *Trichocerca longiseta* avec $2 \cdot 10^{-7}$ Kg/L a la plus faible valeur de la biomasse.

Tableau XIV : Biomasses en Kg/L des espèces du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Biomasse des espèces (Kg/L)	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total général
<i>Anuraeopsis fissa</i>	9,2E-07	2,8E-07			8,4E-07		0,00000204
<i>Asplanchna</i> sp.	1,44E-06	1,6E-06		3,6E-07			0,00000344
<i>Bosmina longirostris</i>	9,2E-07	5,2E-07	8,4E-07		2,4E-06	3,4E-06	0,00000804
<i>Brachionus angularis angularis</i>	2,84E-06	3,8E-06	1,28E-06	1,6E-07	3,2E-07	2,8E-07	0,00000872
<i>Brachionus caudatus</i>		3,2E-07					0,00000032
<i>Brachionus forticula</i>				3,8E-07			0,000000382
<i>Brachionus plicatilis</i>	8,4E-07		5,6E-07	1,5E-06			0,00000288
<i>Brachionus urceolaris urceolaris</i>			1,2E-07	1,4E-06			0,00000152
<i>Cephalodella gibba</i>		8,8E-07					0,00000088
<i>Colurella uncinata</i>					1,2E-07		0,00000012
<i>Conochilus hippocrepsis</i>		4E-07	8,4E-07	3,6E-07	1,6E-06	2E-06	0,00000516
<i>Filinia opoliensis</i>		1,6E-07			3,2E-07	2,4E-07	0,00000072
<i>Hemicypris anomala</i>	1,6E-07			1,2E-07			0,00000028
<i>Lecane bulla bulla</i>	9,05E-06		1,44E-06	1,8E-06	2E-07	2E-07	0,00001265
<i>Lecane furcata</i>	2,4E-07						0,00000024
<i>Lecane lunaris</i>	1,4E-07				3,2E-07	8E-08	0,00000054

Tableau XIV : (suite et fin)

Biomasse des espèces (Kg/L)	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total général
<i>Leydigia acanthocercoides</i>		2,4E-07			8,4E-07	8,4E-07	0,00000192
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	3,56E-06	6E-07	6,4E-07	4,4E-07	3,4E-06	3,1E-06	0,00001174
<i>Nauplii</i> sp.	3,48E-06	6,4E-07	9,2E-07		6E-07	6,4E-07	0,00000628
<i>Philodina vorax</i>	1,2E-07			2,4E-07	2,6E-07		0,00000062
<i>Platylabus quadridentatus</i>	5E-07						0,0000005
<i>Pseudodiaptomus gordioides</i>						3,4E-07	0,000000342
<i>Rotaria neptunia</i>	7,4E-07	6,2E-07			7,6E-07	5,2E-07	0,00000264
<i>Simocephalus</i> sp.	9,6E-07					3,2E-07	0,00000128
<i>Testudinella patina patina</i>	2,6E-07			1,2E-07	2E-07	2E-07	0,00000078
<i>Trichocerca capucina</i>	1,6E-07				1,3E-06	8,4E-07	0,00000226
<i>Trichocerca longiseta</i>	2E-07						0,0000002
<i>Trichocerca pusila</i>	2,36E-06	5,2E-07					0,00000288
<i>Trichocerca similis similis</i>		5,6E-07			1,8E-06	1,8E-06	0,00000412
<i>Trichocerca weberi</i>	2,4E-07	2E-07	2E-07	2E-07			0,00000084
<i>Tropodiaptomus</i> sp.	3,9E-06	2,3E-06	7,6E-07	4,2E-07	3,2E-07	6,4E-07	0,00000832
Biomasse totale (Kg/L)	3,3E-05	1,4E-05	7,6E-06	7,4E-06	1,6E-05	1,5E-05	0,000092654

Kg/L = Kilogramme par litre, les biomasses maximales et minimales sont en gras

3.2.1.2.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité

Les variations spatiales des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro sont illustrées par la figure 49. Les valeurs médianes de ces indices ne présentent pas de différences significatives entre les lacs (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les valeurs médianes de l'indice de diversité se situent entre 2 bit/ind. (lac 1) et 1,2 bit/ind. (lacs 3 et 4). Quant à celles de l'indice d'équitabilité, elles oscillent entre 0,83 (lac 1) et 0,98 (lac 4).

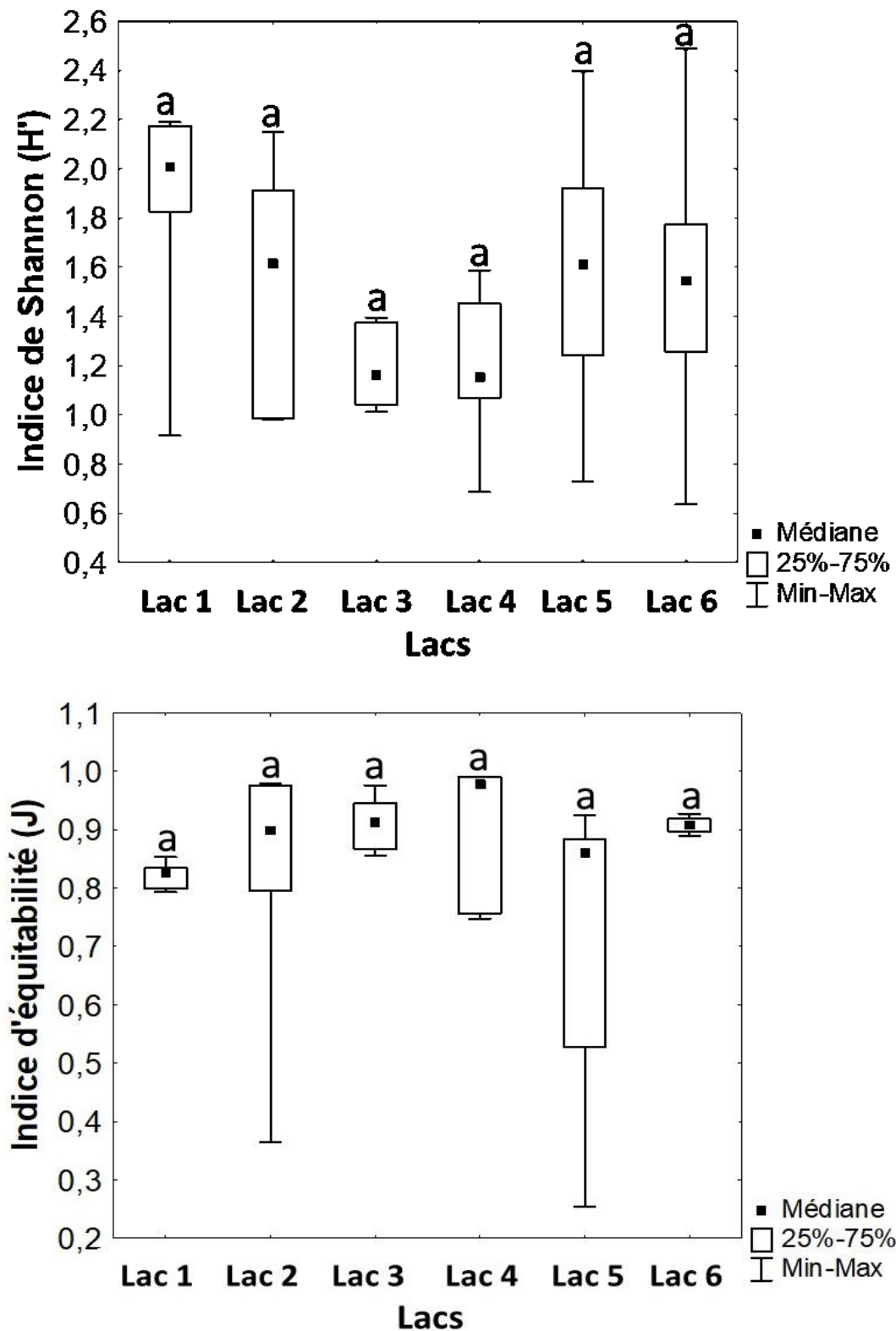


Figure 49 : Variations spatiales des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022. L'unique lettre alphabétique (a) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les boîtes ($p > 0,05$, test de Mann-Whitney)

3.2.1.2.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité

Les variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou ne diffèrent pas de façon significative d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). Le tableau XV indique que les valeurs médianes de l'indice de diversité de Shannon sont comprises entre 1 bit/ind. (lacs 2 et 3) et 2 bit/ind. (lac 1). S'agissant du tableau XVI, il montre que la communauté de zooplancton est équitablement répartie dans tous les lacs. De plus, les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité de Piélou se situent entre 0,8 (lacs 1, 2 et 5) et 0,95 (lac 3).

Tableau XV : Variation saisonnière de l'indice de diversité du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	1,9	1,4	1,1	0,7	0,8	0,7
	Méd	2	1,8	1,3	1,2	1,6	1,7
	Max	2,2	2,1	1,4	1,5	2,4	2,5
Saison des pluies	Min	1	1	0,8	1,1	1,3	1,2
	Méd	1,9	1	1	1,1	1,5	1,4
	Max	2	1,9	1,3	1,6	1,9	1,8

Les valeurs extrêmes sont en gras

Tableau XVI : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,82	0,9	0,9	0,8	0,85	0,9
	Méd	0,85	0,93	0,95	0,9	0,9	0,92
	Max	0,87	0,97	0,98	0,98	0,95	0,95
Saison des pluies	Min	0,78	0,4	0,84	0,75	0,3	0,88
	Méd	0,8	0,8	0,87	0,9	0,8	0,92
	Max	0,85	0,9	0,98	0,98	0,9	0,95

Les valeurs extrêmes sont en gras

3.2.1.3. Analyses des données des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.3.1. Compositions taxonomiques globales des macrophytes

La composition taxonomique et l'occurrence des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro sont consignées dans le tableau XVII. L'inventaire a permis de recenser 19 espèces de macrophytes réparties entre 11 familles, 9 ordres et 3 classes. Il s'agit de la classe des Filicopsides, des Liliopsides et des Magnoliopsides (Figure 50). La classe des Magnoliopsides qui comprend 4 ordres, 5 familles et 6 espèces est moins riche en espèces. En revanche, la classe des Liliopsides, avec 3 ordres, 4 familles et 11 espèces est la plus riche en espèces.

La répartition des espèces en fonction des lacs visités indique que le lac 5, avec 10 espèces regorge plus d'espèces. Par contre, le lac 2 avec (trois) 3 espèces contient moins d'espèces.

L'analyse des occurrences des macrophytes montre que *Nymphaea lotus* et *Echinochloa pyramidalis* sont les espèces constantes et communes à tous les lacs de Yamoussoukro.

Tableau XVII : Compositions taxonomiques et occurrences des macrophytes récoltés sur des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Filicopsides	Polypodiales	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris palustris</i>	Tpa	-	-	-	***	***	-
	Salviniales	Salviniaceae	<i>Silvinia minima</i>	Smi	-	-	-	***	***	-
Liliopsides	Arales	Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	Pst	***	-	***	***	-	-
	Liliales	Pontederiaceae	<i>Eichlornia crassipes</i>	Ecr	***	-	***	***	***	-
	Poales	Cyperaceae	<i>Carex riparia</i>	Cri	-	-	***	-	-	-
			<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Sla	***	-	***	-	-	-
		Poaceae	<i>Arundo donax</i>	Ado	-	-	-	-	-	***
			<i>Cyperus esculentus</i>	Ces	-	-	***	-	-	-
			<i>Echinochloa pyramidalis</i>	Epy	***	***	***	***	***	***
			<i>Imperata cylindrica</i>	Icy	-	-	-	-	***	-
			<i>Miscanthus giganteus</i>	Mgi	-	***	-	-	***	-
			<i>Panicum repens</i>	Pre	***	-	-	-	-	***
			<i>Pennisetum pedicellatum</i>	Ppe	-	-	-	-	***	-
Magnoliopsides	Haloragales	Halogaceae	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Msp	-	-	-	-	***	-
	Nymphaeales	Nelumbonaceae	<i>Nelumbo nucifera</i>	Nnu	-	***	***	***	***	-
		Nymphaeaceae	<i>Nymphaea lotus</i>	Nlo	***	***	***	***	***	***
	Polygonales	Polygonaceae	<i>Persicaria lapathifolia</i>	Pla	***	-	-	***	-	-
			<i>Polygonum Senegalensis</i>	Pse	***	-	-	***	-	-
	Sonlanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea aquatica</i>	Iaq	-	-	***	***	-	***
Total = 3	9	11	19		8	3	9	9	10	5

- = Absence des espèces, *** = Espèces constantes

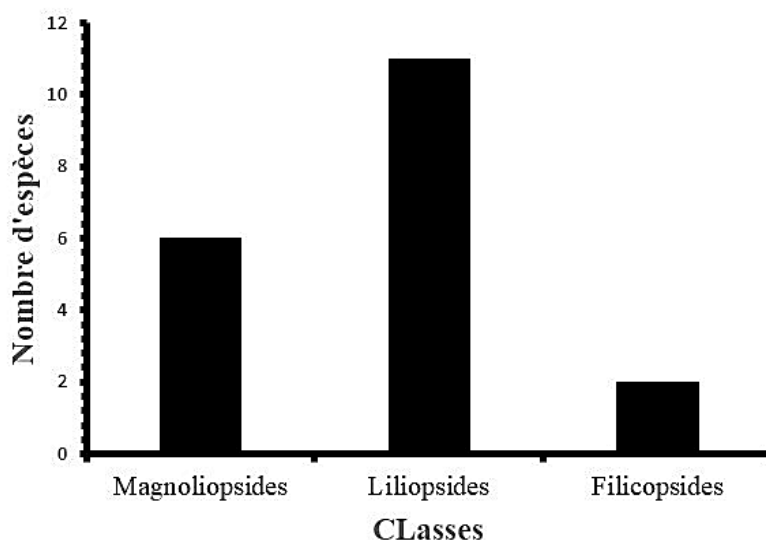


Figure 50 : Nombre d'espèces collectées en fonction des classes de macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.3.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique des macrophytes

La variation spatiale de la richesse spécifique des macrophytes présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences sont significatives entre les lacs 3 ; 4 et les autres lacs. La plus faible valeur médiane de la richesse spécifique (3 espèces) a été enregistrée dans le lac 2 (Figure 51). Par contre, la valeur plus élevée (10 espèces) a été obtenue dans le lac 5.

La variation saisonnière de la richesse taxonomique ne présente pas de différences significatives entre les deux saisons (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). La valeur médiane de la richesse est comprise entre 10 espèces obtenues dans le lac 5 durant la saison sèche et 2 espèces notées durant la saison des pluies dans le lac 2 (Tableau XVIII).

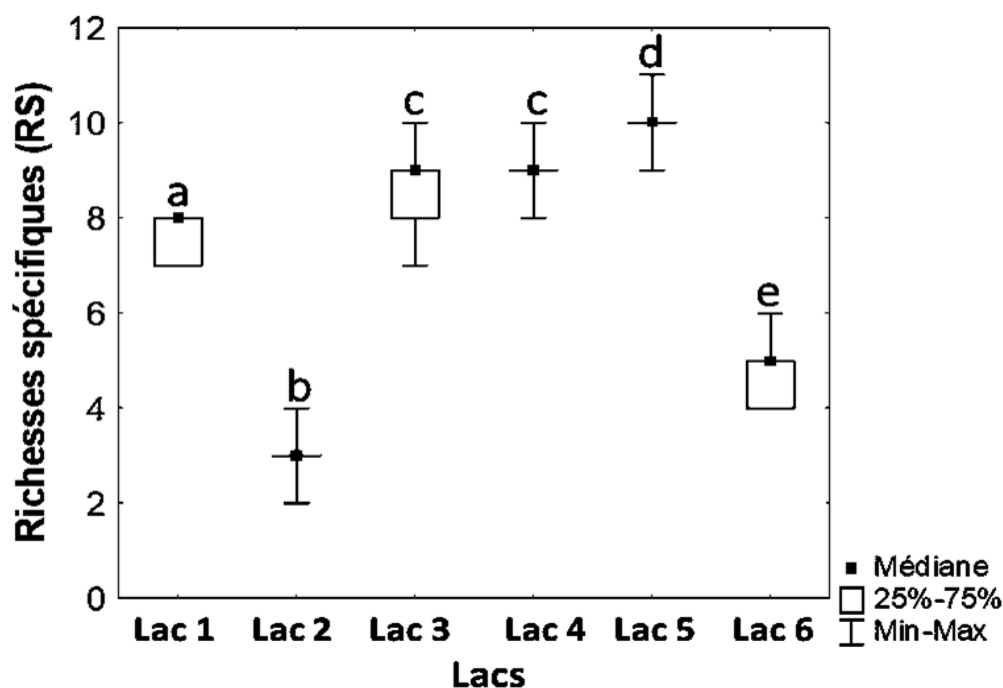


Figure 51 : Variation spatiale de la richesse spécifique des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b ; c ; d ; e) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau XVIII : Variation saisonnière de la richesse spécifique des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	7	3	7	9	10	4
	Méd	8	3	8	9	10	5
	Max	8	4	9	10	11	5
Saison des pluies	Min	7	2	9	2	9	4
	Méd	8	2	9	3	10	5
	Max	8	3	10	3	10	6

La richesse taxonomique maximale et minimale sont en gras

3.2.1.3.3. Profil de répartition des macrophytes

La SOM (Self-Organizing Map) effectuée en tenant compte de la présence/absence des espèces de macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro a permis de classer les 36 échantillons (6 lacs x 6 campagnes). Cela a été rendu possible en tenant compte de la distribution et de la probabilité d’occurrence des espèces. Les erreurs de topographie et de quantification ont été retenues pour la carte de 30 cellules (5 lignes x 6 colonnes), où ces erreurs sont les plus faibles (Tableau XIX).

Tableau XIX : Différentes tailles de la carte de Kohonen et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes. La taille retenue en gras

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
5×5	0,33	0,00
6×5	0,12	0,00
7×4	0,17	0,00

Trois groupes (I à III) ont pu être identifiés suite à l'analyse de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec la méthode Ward et la distance euclidienne. Différentes figurines sur la carte représentent ces groupes (Figures 52 et 53).

Les échantillons provenant des lacs 2 et 6 constituent le groupe I. Ce groupe I a une proportion de 15,79 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Pour les échantillons provenant des lacs 1 et 4, ils forment le groupe II. Ce groupe a une proportion de 31,58 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Quant aux échantillons issus des lacs 3 et 5, ils forment le groupe III qui représente 52,63 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$).

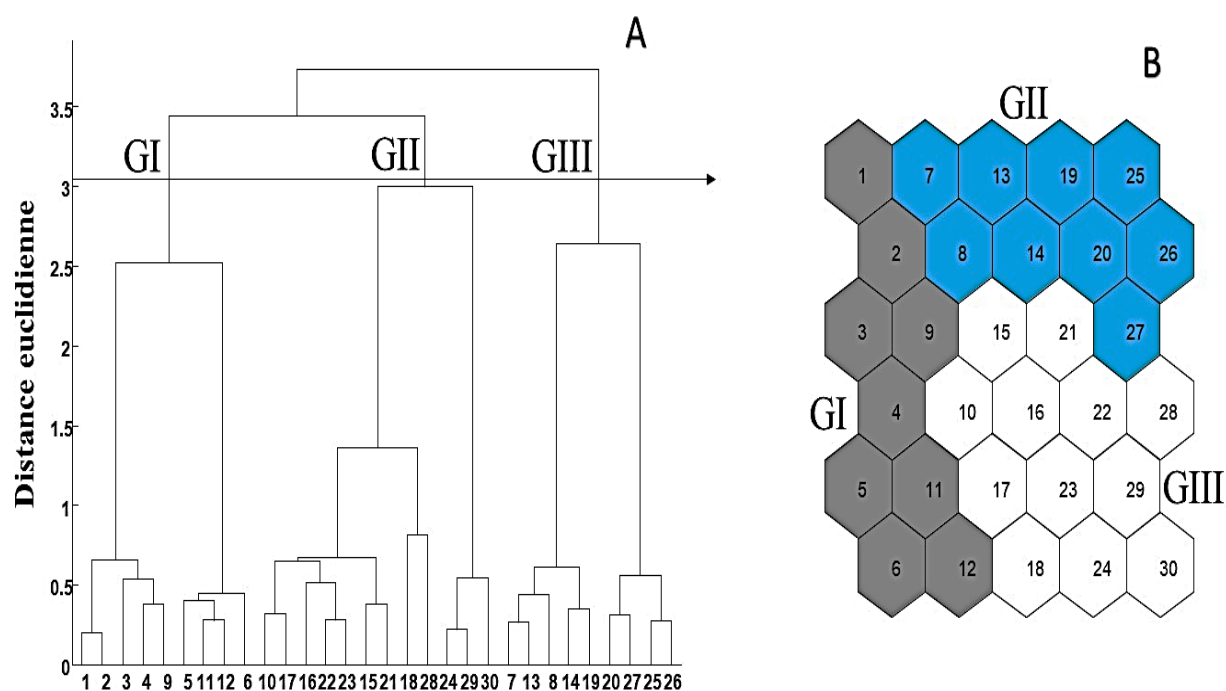


Figure 52 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la SOM sur la base des espèces de macrophytes dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : **A** = Classification Ascendante Hiérarchique des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d'assemblage (les nombres [1 à 30] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; les chiffres romains [I à III] représentent les groupes retenus). **B** = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 30

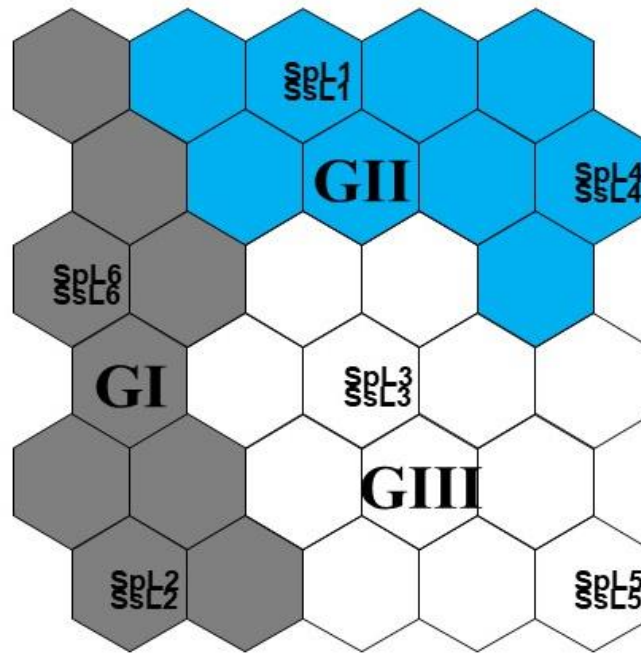


Figure 53 : Répartitions des échantillons dans la SOM à partir des données de présence/absence des espèces de macrophytes récoltées dans des lacs de Yamoussoukro (Côte d’Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les chiffres romains (I à III) représentent les groupes définis ; les chiffres arabes de (1 à 9) désignent les lacs, Sp = saison de pluie, Ss = saison sèche

La SOM a permis la répartition de chacune des espèces de macrophytes dans chaque groupe (Figure 54). Cette répartition a été effectuée à partir de l’analyse de la contribution de chaque espèce dans chaque groupe (Figure 55). Ainsi, le groupe I est celui qui a moins d’espèces (3 espèces). Le groupe II renferme 6 espèces. Quant au groupe III, il détient plus d’espèces (10 espèces). Le nombre d’espèces dans les différents groupes diffère significativement d’un groupe à l’autre (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

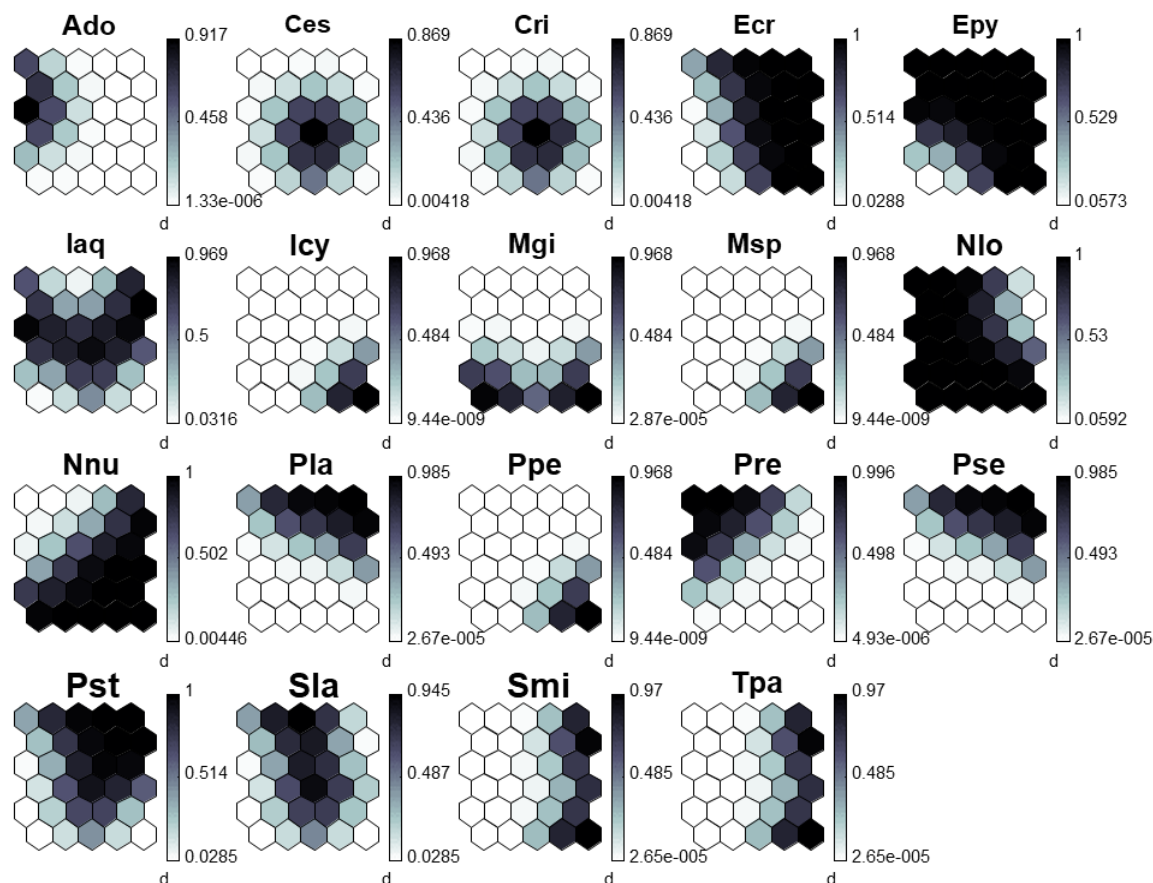


Figure 54 : Patrons de distribution de chaque espèce de macrophytes sur la carte de Kohonen basée sur les données de présence/absence des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

	Groupe I <i>Arundo donax</i> (Ado), <i>Nymphaea lotus</i> (Nlo) et <i>Panicum repens</i> (Pre)
	Groupe II <i>Echinochloa pyramidalis</i> (Epy), <i>Eichlornia crassipes</i> (Ecr), <i>Persicaria lapathifolia</i> (Pla), <i>Polygonum senegalensis</i> (Pse), <i>Pistia stratiotes</i> (Pst) et <i>Schoenoplectus lacustris</i> (Sla)
	Groupe III <i>Cyperus esculentus</i> (Ces), <i>Carex riparia</i> (Cri), <i>Ipomoea aquatica</i> (Iaq), <i>Imperata cylindrus</i> (Icy), <i>Miscanthus gigantus</i> (Mgi), <i>Myriophyllum spicatum</i> (Msp), <i>Nelumbo nucifera</i> (Nnu), <i>Pennisetum pedicellatum</i> (Ppe) et <i>Silvinia minima</i> (Smi)

Figure 55 : Distribution des espèces de macrophytes aquatiques récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022, dans les trois (3) groupes définis par la SOM. (Couleur foncée= fréquence élevée ; couleur claire= faible fréquence, voire absence)

3.2.1.3.4. Facteurs abiotiques déterminant la répartition des macrophytes

La figure 56 illustre les variations du pH, de la conductivité, de la température, de l'oxygène dissous, de la transparence et de la profondeur au niveau des groupes I, II et III définis par la SOM. La conductivité et le pH caractérisent les espèces du groupe I. En ce qui concerne les espèces du groupe II, elles sont influencées par la température. Quant aux espèces du groupe III, elles sont influencées par l'oxygène dissous, la transparence et la profondeur.

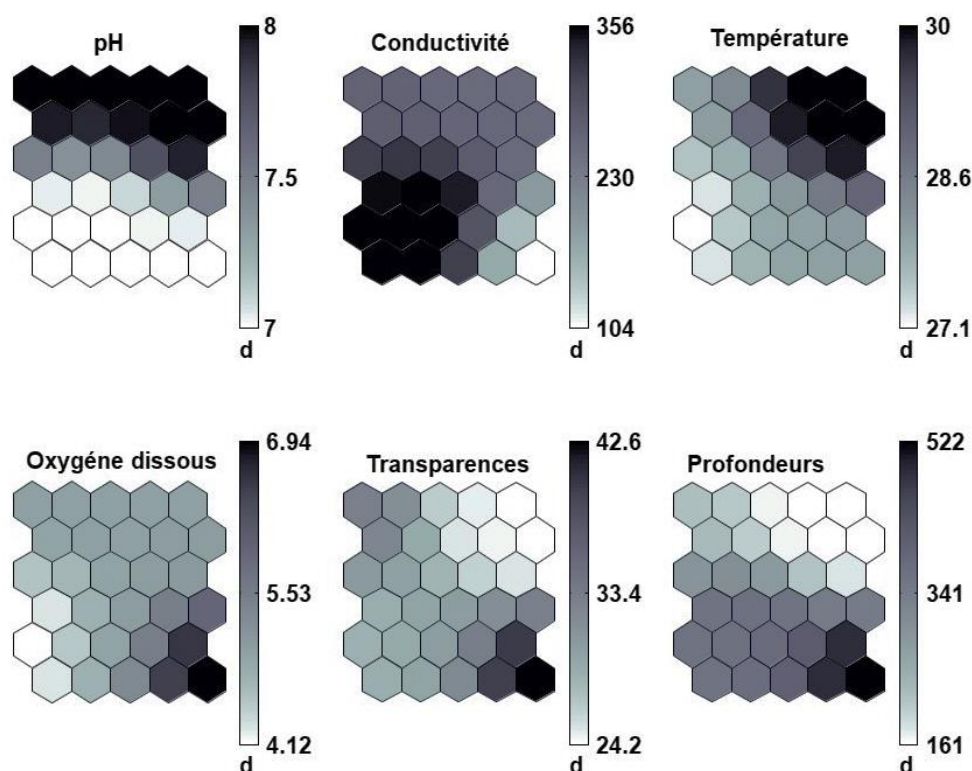


Figure 56 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à III. (Couleur sombre = sites des paramètres abiotiques de gradient très élevé ; d = échelle)

3.2.1.3.5. Analyse globale des classes de macrophytes

Les proportions des classes de macrophytes dans les lacs urbains de Yamoussoukro à partir de leurs abondances sont présentées par la figure 57. Sur un effectif de 81864 individus récoltés, la classe des Magnoliopsides est la plus abondante. Elle compte 46640 individus, soit 73 % de l'effectif total. La classe la moins abondante est celle des Filicopsides qui, avec 4576 individus représente 6 % de l'abondance.

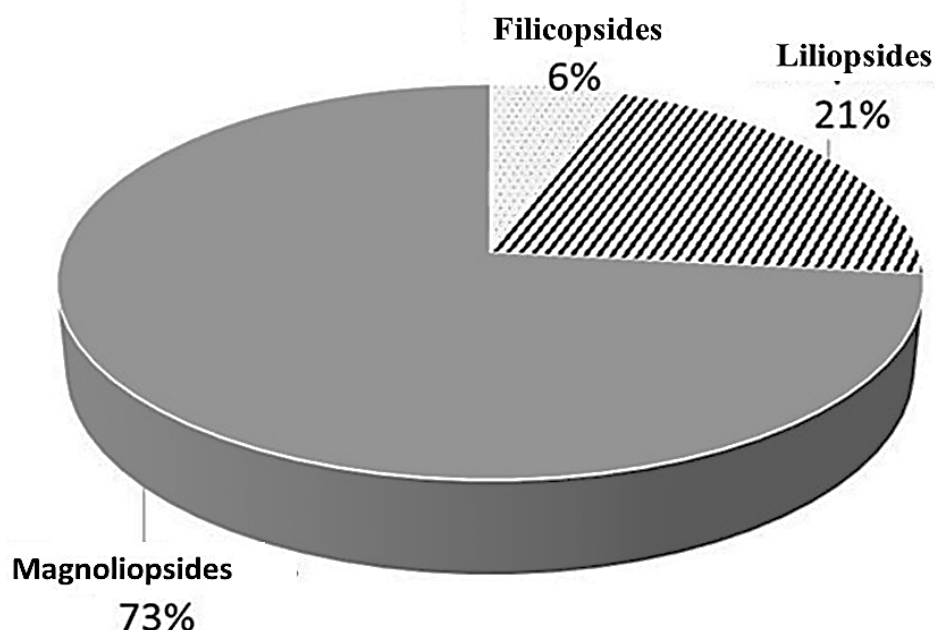


Figure 57 : Contributions quantitatives des classes de macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.3.6. Variations spatiales et saisonnières des abondances de macrophytes

La variation spatiale de l'abondance diffère de façon significative entre les lacs (tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). A l'exception des lacs 1 et 3, il existe une différence significative entre tous les lacs étudiés (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$). Les macrophytes sont abondants dans le lac 5 avec une valeur médiane de 16000 individus (Figure 58). La faible abondance (2000 individus) a été relevée au niveau du lac 6.

La variation saisonnière de l'abondance des macrophytes présente des différences significatives (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$). Dans l'ensemble des lacs, l'abondance de macrophytes est élevée durant la saison pluvieuse (Tableau XX). La plus forte valeur médiane a été obtenue dans le lac 5 (16000 ind.). En revanche, cette abondance est plus faible en saison sèche au niveau du lac 6 (1475 ind.).

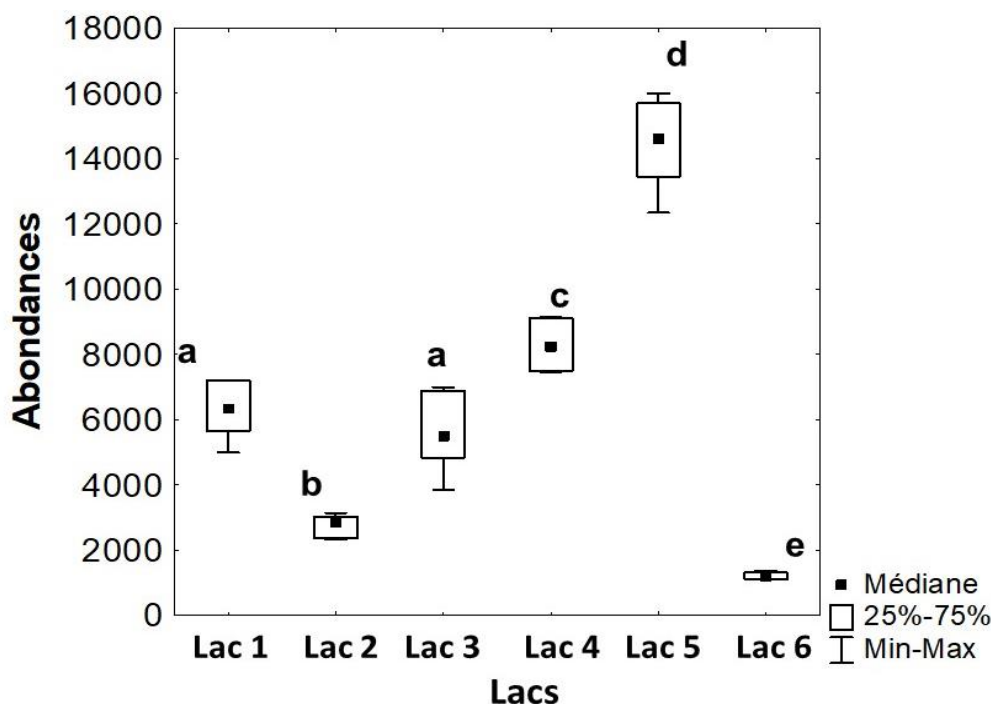


Figure 58 : Variation spatiale de l'abondance des macrophytes dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b ; c ; d ; e) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau XX : Variation saisonnière de l'abondance des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Lacs urbains de Yamoussoukro							
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	5000	3000	4000	7800	12500	1470
	Méd	5800	3000	4450	7850	13000	1475
	Max	58100	3010	4500	7900	13050	1480
Saison des pluies	Min	7510	3800	7000	9010	16000	1500
	Méd	7550	3810	7550	9015	16000	1510
	Max	7600	3820	7600	9020	16010	1515

L'abondance maximale et minimale sont en gras

3.2.1.3.7. Biomasses des macrophytes

Les biomasses des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau XXI. Sur l'ensemble des lacs, la biomasse totale de macrophytes est estimée à $196,02 \text{ kg/m}^2$. La biomasse élevée ($73,62 \text{ kg/m}^2$) a été obtenue dans le lac 5. En revanche, la faible biomasse ($2,94 \text{ kg/m}^2$) a été enregistrée dans le lac 6. Parmi les macrophytes recensés dans les différents lacs, l'espèce *Eichlornia crassipes* a la plus grande biomasse ($56,28$

Kg/m²). Par contre les espèces *Carex riparia*, *Imperata cylindrica* et *Pennisetum pedicellatum* sont moins présents (0,01 Kg/m²) dans les lacs urbains de Yamoussoukro.

Tableau XXI : Biomasses en Kg/m² des espèces de macrophytes récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Biomasses des espèces Kg/m ²	Lac 1	Lac 2	Lac 2	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total
<i>Arundo donax</i>	-	-	-	-	-	0,66	0,66
<i>Carex riparia</i>	-	-	0,01	-	-	-	0,01
<i>Cyperus esculentus</i>	-	-	0,02	-	-	-	0,02
<i>Echinochloa pyramidalis</i>	0,04	-	0,05	0,04	0,05	0,01	0,19
<i>Eichlornia crassipes</i>	14,28	-	6,51	19,32	16,17	-	56,28
<i>Imperata cylindrica</i>	-	-	-	-	0,01	-	0,01
<i>Ipomoea aquatica</i>	-	-	2,7	2,79	-	1,98	7,47
<i>Miscanthus giganteus</i>	-	1,15	-	-	1,92	-	3,07
<i>Myriophyllum spicatum</i>	-	-	-	-	1,94	-	1,94
<i>Nelumbo nucifera</i>	-	5,77	4,73	12,18	23,31	-	45,99
<i>Nymphaea lotus</i>	8,35	4,17	4,54	-	13,97	0,29	31,32
<i>Panicum repens</i>	0,01	-	-	-	-	0,01	0,02
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	-	-	-	-	0,01	-	0,01
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0,02	-	-	0,04	-	-	0,06
<i>Pistia stratiotes</i>	0,53	-	0,16	0,39	-	-	1,08
<i>Polygonum Senegalensis</i>	0,32	-	-	0,61	-	-	0,92
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	5,6	-	7,22	-	-	-	12,82
<i>Silvinia minima</i>	-	-	-	0,01	0,01	-	0,02
<i>Thelypteris palustris</i>	-	-	-	17,92	16,24	-	34,16
Biomasses totales (Kg/m²)	29,15	11,10	25,91	53,29	73,62	2,94	196,02

Kg/m² = Kilogramme par mètre carré, les biomasses maximales et minimales sont en gras

3.2.1.3.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macrophytes

La variation spatiale de l'indice de diversité des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro est présentée par la figure 59. La communauté des macrophytes est plus riche en espèces (1,8 à 2 bit/ind.) dans les lacs 3 et 4. Par contre, elle est moins riche dans le lac 2 (0,57 bit/ind.). Les variations des valeurs médianes de l'indice de diversité (H') des macrophytes présentent des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre les lacs étudiés.

La communauté des macrophytes est stable et équilibrée (0,8 à 0,85) dans les lacs 3, 4 et 6 (Figure 59). Par contre, elle n'est pas équilibrée (0,7 à 0,77) dans les lacs 1, 2 et 5. Les variations des valeurs médianes de l'indice de Pielou (J) des macrophytes présentent des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences sont significatives entre les lacs 1 ; 2 ; 5 et les lacs 3 ; 4 ; 6 (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

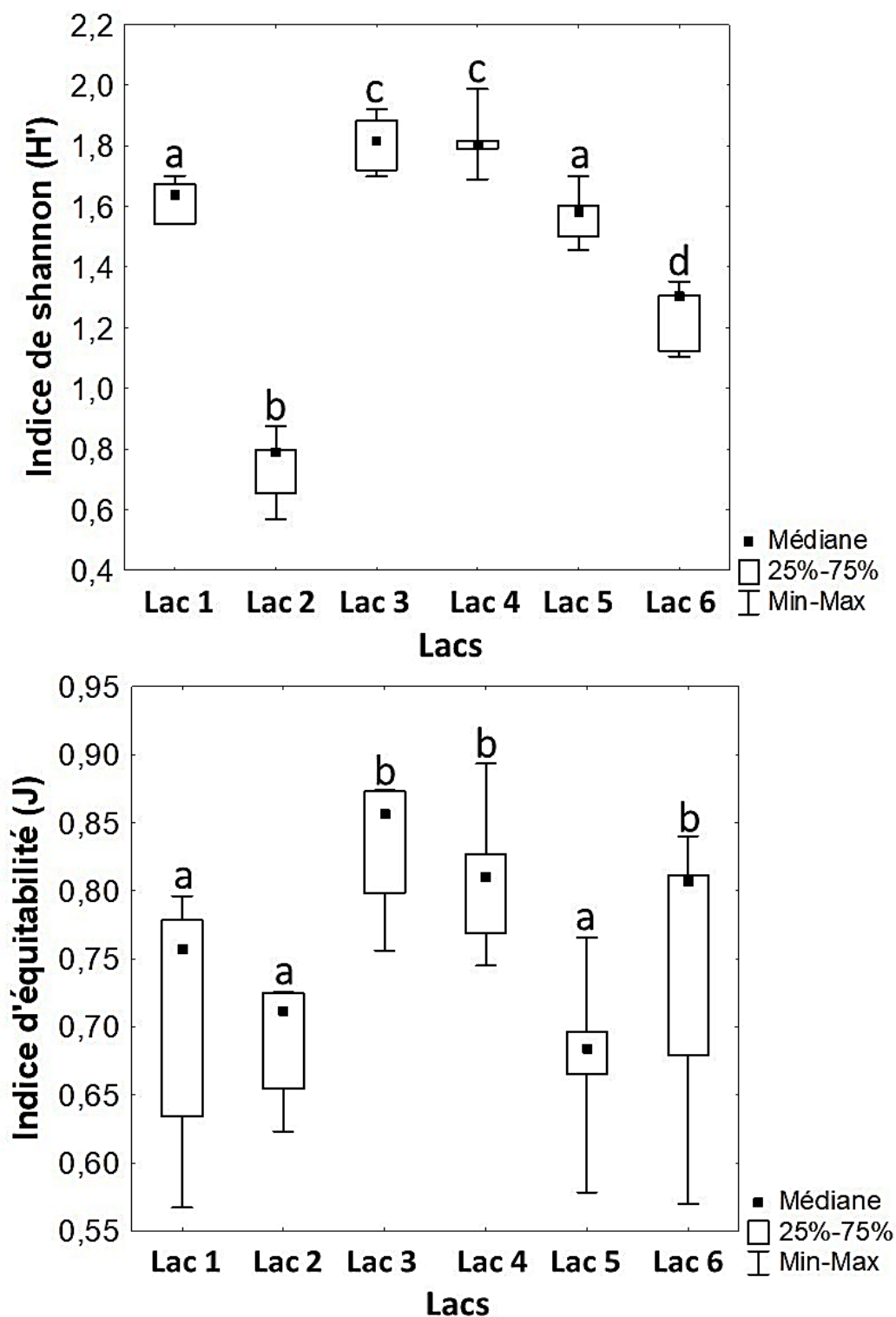


Figure 59 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité du peuplement des macrophytes dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b ; c ; d) sur les boîtes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

3.2.1.3.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité des macrophytes

Les tableaux XXII et XXIII montrent que dans l'ensemble des lacs étudiés, les variations des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Pielou (J) ne présentent pas de différences significatives d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). La valeur médiane de l'indice de diversité se situe entre 1,82 bit/ind. obtenue dans le lac 4 pendant la saison des pluies et 0,6 bit/ind. enregistrée dans le lac 2 pendant la saison sèche. Concernant l'équitabilité, la valeur médiane est comprise entre 0,82 notée dans les lacs 3 et 6 pendant la saison sèche et 0,63 obtenue dans le lac 1 pendant la même saison sèche.

Tableau XXII : Variations saisonnières de l'indice de diversité des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	1,58	0,6	1,75	1,7	1,5	1,25
	Méd	1,65	0,7	1,78	1,8	1,55	1,3
	Max	1,7	0,8	1,9	1,8	1,58	1,31
Saison des pluies	Min	1,6	0,8	1,78	1,8	1,6	1,1
	Méd	1,65	0,8	1,8	1,82	1,6	1,2
	Max	1,73	0,9	1,91	2	1,7	1,3

L'indice de diversité maximal et minimal sont en gras

Tableau XXIII : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité des macrophytes récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,57	0,67	0,8	0,75	0,66	0,81
	Méd	0,63	0,7	0,82	0,83	0,68	0,82
	Max	0,8	0,73	0,85	0,85	0,77	0,83
Saison des pluies	Min	0,76	0,63	0,77	0,78	0,6	0,58
	Méd	0,77	0,72	0,81	0,8	0,7	0,68
	Max	0,79	0,73	0,82	0,88	0,7	0,84

L'indice de Pielou maximal et minimal sont en gras

3.2.1.4. Analyses des données des macroinvertébrés récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.4.1. Compositions taxonomiques globales des macroinvertébrés

Les compositions taxonomiques et les occurrences des espèces de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau XXIV. Au total, 78 espèces appartenant à 40 familles, 19 ordres et 4 classes (Arachnides, Clitellates, Insectes et Gastéropodes) ont été récoltés. La classe des Insectes comptant 10 ordres, 26 familles et 56 espèces est la plus riche. Ensuite, viennent les classes des Gastéropodes (6 ordres, 7 familles et 13 espèces) et des Arachnides (1 ordre, 4 familles et 5 espèces). Enfin, les Clitellates (2 ordres et 3 familles et 4 espèces) sont moins riches en espèces (Figure 60).

La distribution de la richesse taxonomique des macroinvertébrés en fonction des lacs montre que les lacs 6 et 4, avec respectivement 33 et 30 espèces hébergent le plus grand nombre d'espèces. En revanche, le lac 1 (22 espèces) et le lac 2 (21 espèces) regorgent moins d'espèces. L'analyse des occurrences des macroinvertébrés indique que les espèces *Biomphalaria pfeifferi*, *Melanoides tuberculata*, *Aplexa marmorata* et *Diplonychus* sp. sont communes et constantes dans tous les lacs étudiés.

Tableau XXIV : Compositions taxonomiques et occurrences des espèces de macroinvertébrés récoltées sur des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Arachnides	Trombidiformes	Lycosidae	<i>Arectina aquatica</i>	Aaq	-	-	*	-	-	-
		Pisauridae	<i>Thalassius spinosissimus</i>	Tsp	-	*	-	-	*	-
			<i>Thalassius</i> spp.	Tha	-	-	**	*	*	**
		Pontarachnidae	<i>Litarachna lopezea</i>	Llo	-	-	*	-	-	*
		Tetragnathidae	<i>Tetragnatha</i> sp.	Tea	-	-	-	-	-	*
Clitellates	Haplotaxides	Lumbricidae	<i>Eisenia</i> sp.	Eis	*	-	-	*	-	-
		Turbificidae	<i>Ophidonais serpentina</i>	Ose	*	-	*	**	*	*
	Rhynchobdellides	Glossiphoniidae	<i>Alboglossiphonia</i> sp.	Alb	-	-	*	-	-	-
			<i>Helobdella europaea</i>	Heu	**	*	-	**	-	-
Insectes	Coléoptères	Dryopidae	<i>Strina promontorii</i>	Spo	-	-	-	-	-	*
			<i>Canthydrus xanthinus</i>	Cxa	-	-	-	*	-	-
			<i>Capelatus</i> sp.	Cap	-	*	-	-	*	-
		Dytiscidae	<i>Dytiscus marginalis</i>	Dma	-	-	-	**	-	-
			<i>Hydroglyphus</i> sp.	Hyd	*	*	-	**	*	-
			<i>Laccophilus luctuosus</i>	Lac	-	*	-	-	*	-
		Hydrophilidae	<i>Amphiops</i> sp.	Amp	**	-	***	-	*	-
			<i>Anacaena</i> sp.	Ana	-	-	-	*	-	-
			<i>Enochrus</i> sp.	Eno	-	-	-	*	-	**
			<i>Grenitis</i> sp.	Gre	-	-	-	-	**	-
			<i>Laccobius</i> sp.	Lst	-	-	-	-	-	*
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomus formosipennis</i>	Cfo	*	-	-	-	-	-
			<i>Cricotopus</i> sp.	Cri	-	*	-	-	-	-
			<i>Nilodorum brevipalpis</i>	Nbr	-	-	*	-	-	-
			<i>Nilodorum rugosun</i>	Nru	*	-	-	-	-	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau XXIV : (Suite)

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Insectes	Diptères	Chironomidae	<i>Nilodorum</i> sp.	Nil	-	-	-	-	-	-
			<i>Polypedilum fuscipenne</i>	Pof	-	-	-	-	-	**
			<i>Polypedilum laterale</i>	Pla	*	-	-	-	-	-
			<i>Polypedilum</i> sp.	Pab	-	-	-	-	-	*
			<i>Stenochironomus</i> sp.	Ste	-	-	-	-	*	-
			<i>Stictochironomus cafferarius</i>	Sti	-	-	-	*	-	-
			<i>Tanytarsus</i> sp.	Tay	-	-	-	-	-	**
		Culicidae	<i>Culex quinquefasciatus</i>	Cqu	-	-	-	*	-	-
		Dixidae	<i>Dixa</i> sp.	Dix	-	*	-	-	-	-
		Muscidae	<i>Limnophora</i> sp.	Lmn	-	-	-	*	-	-
			<i>Lispe</i> sp.-	Mus	-	-	-	*	-	-
		Psychodidae	<i>Clogmia</i> sp.	Clo	**	*	-	**	*	-
		Tabanidae	<i>Tabanus</i> sp.	Tab	*	-	**	**	-	-
	Ephéméroptères	Baetidae	<i>Claeon</i> sp.	Cla	-	**	*	-	-	***_
			<i>Labiobaetis</i> sp.	Lab	-	-	-	*	*	**_
		Leptophlebiidae	<i>Adenophlebia</i> sp.	Asp	-	-	-	*	-	**_
			<i>Pelocarantha titan</i>	Pti	-	-	-	-	*	***_
	Hémiptères	Belostomatidae	<i>Appasus</i> sp.	App	***	**	*	**	***	-
			<i>Belostoma élégans</i>	Del	-	-	-	-	-	-
			<i>Diplonychus</i> sp.	Dip	***	***	***	***	***	***
		Corixidae	<i>Micronecta scutellaris</i>	Msc	-	**	*	-	**	-
			<i>Eurymetra</i> sp.	Eur	-	-	-	-	-	-
			<i>Gerisella</i> sp.	Ger	-	-	-	-	-	**
		Gerridae	<i>Limnogonus chopardi</i>	Lch	-	-	-	-	-	**
			<i>Hydrometra</i> sp.-	Hem	*	*	-	-	-	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau XXIV : (Suite)

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Insectes	Hémiptères	Mesoveliidae	<i>Mesovelia vittigera</i>	Mvi	-	-	-	-	-	-
		Naucoridae	<i>Naucoris</i> sp.	Nau	-	-	*	-	-	*
		Nepidae	<i>Laccotrephes ater</i>	Lat	*	-	-	-	-	-
			<i>Laccotrephes</i> sp.	Lcc	*	**	-	*	-	**
			<i>Ranatra</i> sp.	Rsp	**	-	*	*	-	**
			<i>Anisops sarclea</i>	Asa	-	-	-	-	-	**
		Notonectidae	<i>Anisops</i> sp.	Ani	**	*	**	-	**	**
			<i>Enithares</i> sp.	Eni	-	-	-	**	*	-
			<i>Rhagovelia reitteri</i>	Rhr	-	-	-	-	-	*
		Veliidae	<i>Rhagovelia reitteri</i>	Rhr	-	-	-	-	-	*
	Hyménoptères	Formicidae	<i>Solenopsis</i> sp.	Sol	*	-	-	-	-	*
	Lépidoptères	Pyralidae-	<i>Elophila</i> sp.-	Lep	-	-	-	*	-	-
	Odonates	Coenagrionidae	<i>Ceriagrion</i> sp.	Cer	-	**	*	**	**	*
		Corduliidae	<i>Hemicordulia</i> sp.	Hemi	-	-	-	*	-	-
		Libellulidae	<i>Parazyxomma flavicans</i>	Pfl	-	-	*	-	-	-
			<i>Zyxomma petiolatum</i>	Zpe	-	-	*	-	**	-
	Trichoptères	Leptoceridae	<i>Leptocerus</i> sp.	Lus	-	-	-	-	*	****
Gastéropodes	Architaenioglosses	Ampullariidae	<i>Lanistes neavei</i>	Nea	-	-	-	*	-	-
			<i>Lanistes ovum</i>	Ovu	*	-	-	-	-	-
		Physidae	<i>Aplexa marmorata</i>	Ama	***	***	***	***	***	***
	Basommatophores	Physidae	<i>Aplexa waterloti</i>	Awa	-	-	*	-	*	*
			<i>Afrogyrus rodriguezensis</i>	Aro	-	-	-	-	-	**
		Planorbidae	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	Bpf	***	***	***	***	***	***
			<i>Bulinus natalensis</i>	Bna	-	-	-	*	-	-
			<i>Bulinus tropicus</i>	Btr	-	-	-	-	-	-

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

Tableau XXIV : (Suite et fin)

Classes	Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Gastéropodes	Littorinimorphes	Pomatiopsidae	<i>Tomichia ventricosa</i>	Tve	-	-	-	-	-	*
			<i>Tomichia zwellendamensis</i>	Tzw	-	*	-	-	-	*
	Mésogastéropodes	Bithyniidae	<i>Liminitesta sulcata</i>	Lsu	-	-	*	-	-	-
	Neotaenioglosses	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i>	Mtu	***	***	***	***	***	***
	Sorbeoconches	Hydrobiidae	<i>Claopatra bulimoides</i>	Cbu	-	*	-	-	-	-
Total = 4		19	40	78	22	21	23	30	24	33

* = Espèces accidentelles, ** = Espèces accessoires, *** = Espèces constantes, - = Absence des espèces

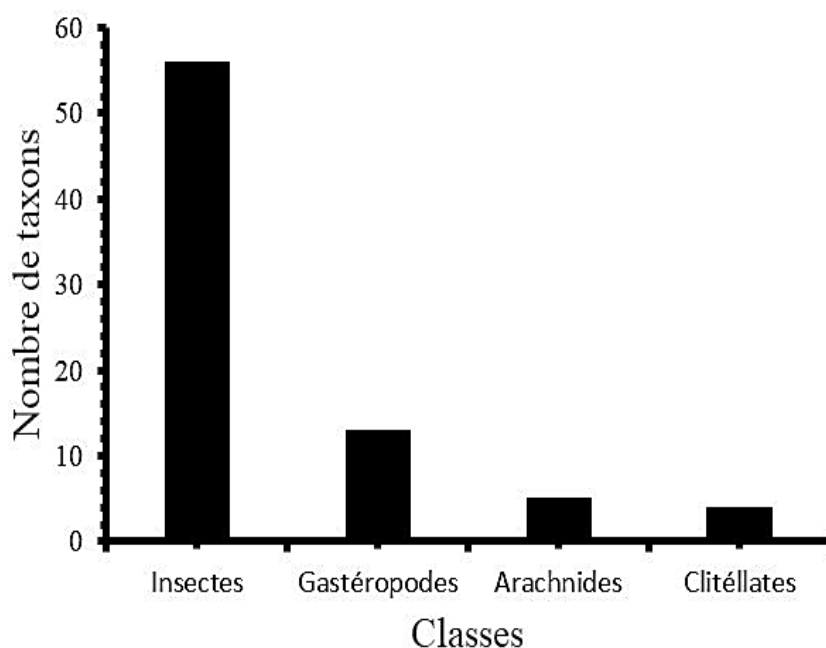


Figure 60 : Nombre des espèces collectées dans les classes de macroinvertébrés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.4.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse taxonomique des macroinvertébrés

La variation spatiale de la richesse taxonomique des macroinvertébrés ne diffère pas significativement (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) entre les lacs prospectés (Figure 61). La valeur médiane de la richesse taxonomique se situe entre 6 espèces (lacs 2 et 3) et 10 espèces a (lacs 4 et 6).

Le tableau XXV présente la variation saisonnière de la richesse taxonomique des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro. La valeur médiane la plus élevée (12 espèces) a été obtenue durant la saison sèche dans le lacs 6. Par contre, la plus faible valeur médiane (2 espèces) a été également enregistrée en saison sèche dans le lac 2. A l'exception du lac 6, il n'y a pas de différences significatives entre les lacs (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

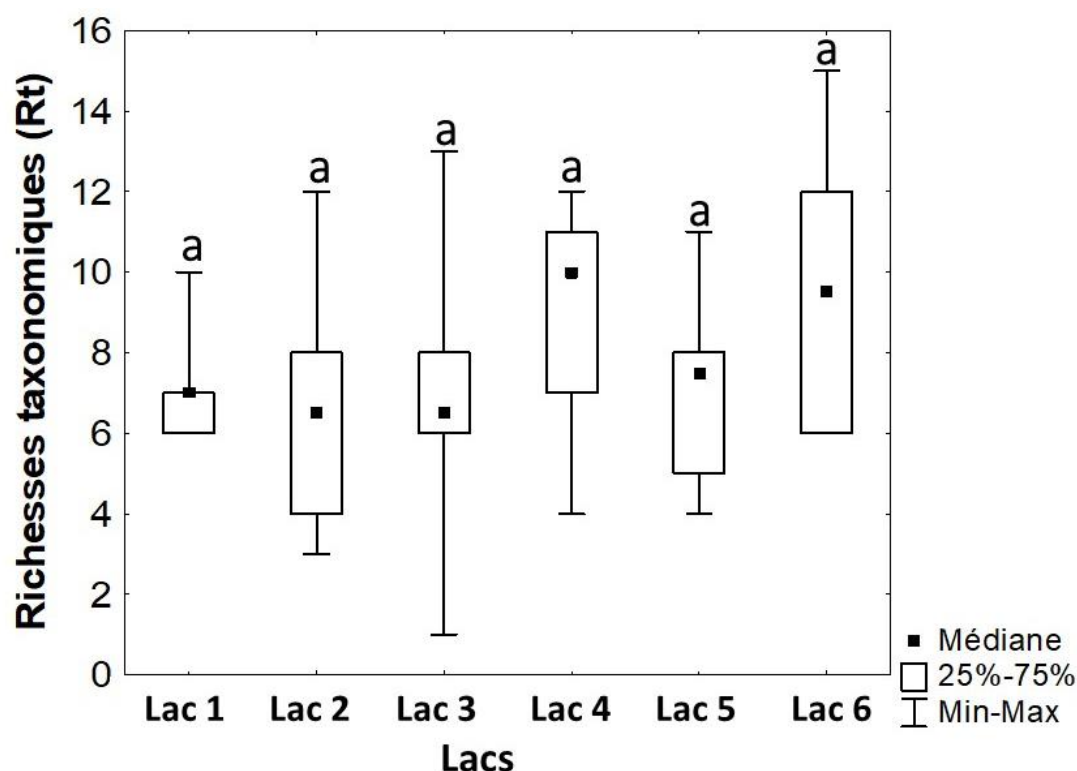


Figure 61 : Variation spatiale de la richesse taxonomique de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022. L'unique lettre alphabétique (a) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les boîtes (tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$)

Tableau XXV : Variation saisonnière de la richesse taxonomique des macroinvertébrés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Lacs urbains de Yamoussoukro						
Saisons	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	6	4	6	8	7
	Méd	7	5	7	10	8
	Max	8	8	8	12	8
Saison des pluies	Min	7	3	2	4	5
	Méd	8	8	6	10	6
	Max	10	12	12	11	10

La richesse taxonomique maximale et minimale sont en gras

3.2.1.4.3. Profil de répartition des macroinvertébrés

La SOM (Self-Organizing Map) effectuée sur la base présence/absence des espèces de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro, a permis de classer les 36 échantillons (6 lacs x 6 campagnes). Cette classification s'est faite selon la répartition et la probabilité d'occurrence des espèces. Les erreurs de topographie et de quantification les plus faibles ont été retenues pour la carte de 30 cellules (5 lignes x 6 colonnes) (Tableau XXVI).

Tableau XXVI : Différentes tailles de la carte de Kohonen et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes. La taille retenue en gras

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
6×5	1,804	0,000
5×5	1,872	0,000
7×4	1,833	0,000

Trois groupes (I à III) ont été identifiés à partir de l'examen détaillé de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec la méthode Ward et la distance euclidienne. Les groupes sont représentés par des figurines sur la carte (Figures 62 et 63). Les échantillons provenant en grande partie des lacs 1 et 2 constituent le groupe I. Ce groupe I a une proportion de 20,51 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Le groupe II est constitué des échantillons provenant du lac 6. Il représente 42,3 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Quant au groupe III, il représente 37,17 % de l'ensemble des échantillons. Ce groupe renferme majoritairement les échantillons des lacs 3, 4 et 5 qui s'associent significativement (test G : $p < 0,05$).

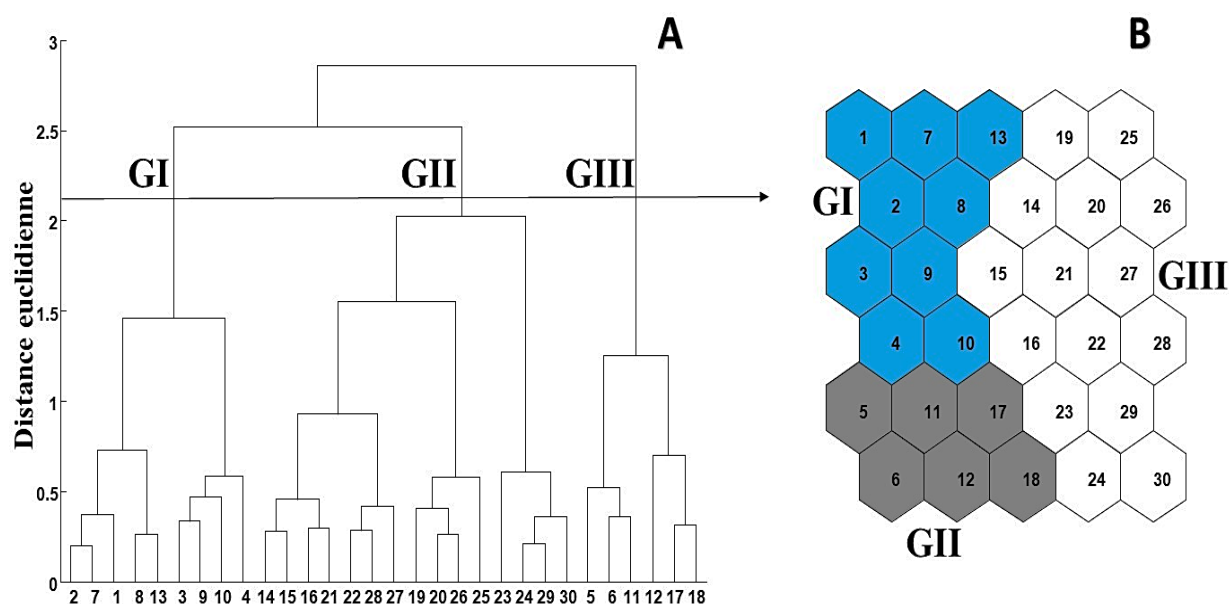


Figure 62 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la SOM sur la base des espèces de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : **A** = Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d'assemblage (les nombres [1 à 30] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; les chiffres romains [I à III] représentent les groupes retenus). **B** = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 30

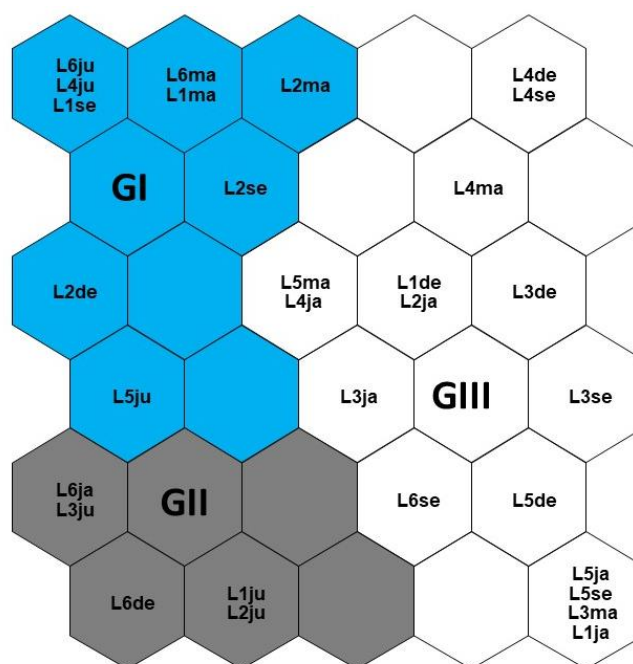


Figure 63 : Répartition des échantillons d'étude sur la carte à partir des données de présence/absence des espèces de macroinvertébrés récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les chiffres romains (I à III) représentent les groupes définis ; les chiffres arabes de (1 à 9) désignent les lacs

La SOM illustrée par la figure 64 présente la répartition de chacune des espèces de macroinvertébrés aquatiques dans chaque groupe. Cette répartition a été faite à partir de l'examen détaillé de la contribution de chaque espèce dans le groupe (Figure 65). Le groupe I compte moins d'espèces (16 espèces). Le groupe II a plus d'espèces que les deux autres groupes (33 espèces). Quant au groupe III, il rassemble 29 espèces. Le nombre d'espèces enregistrées dans les différents groupes diffère significativement d'un groupe à l'autre (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Les groupes II et III sont les plus diversifiés en espèces comparativement au groupe I (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

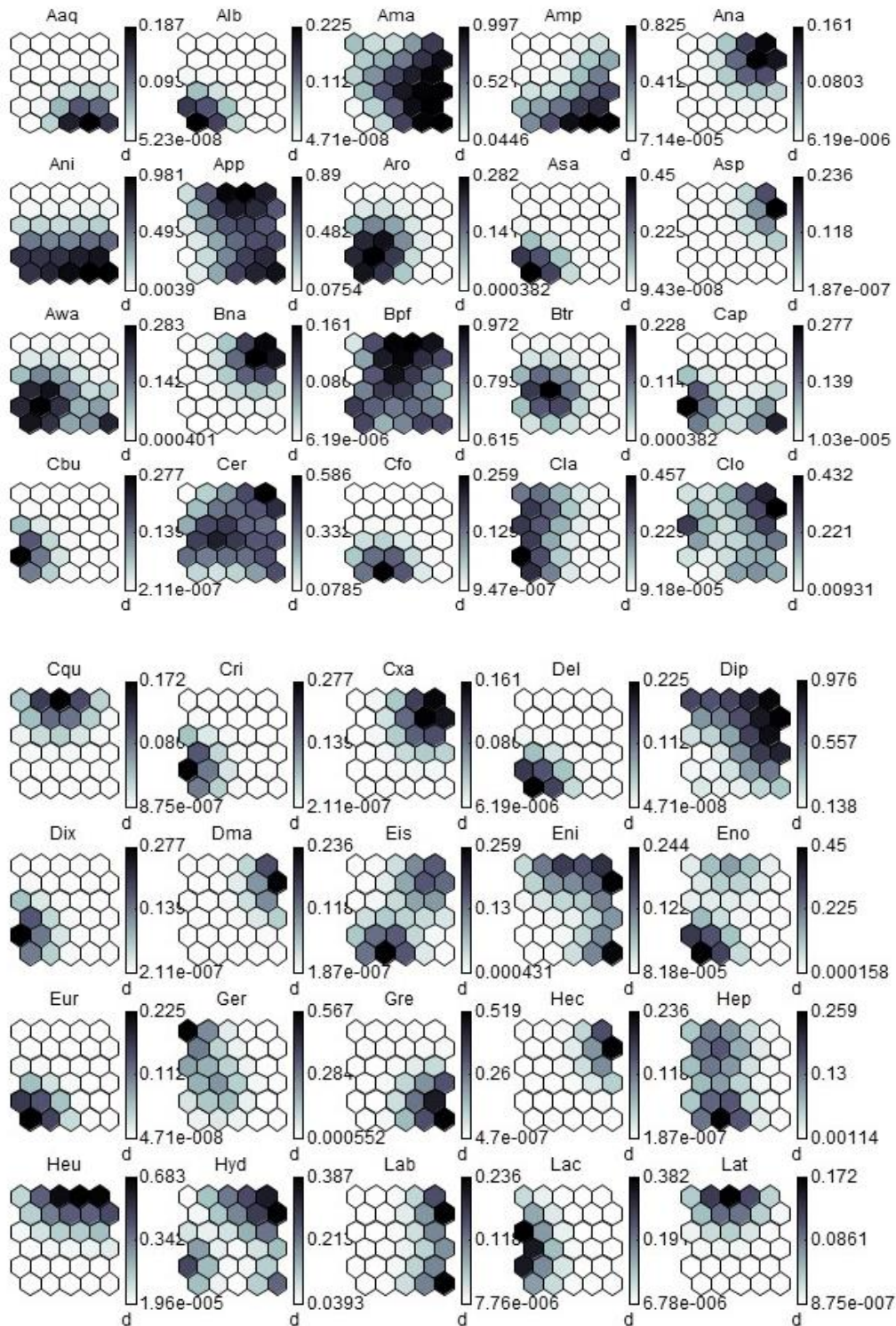


Figure 64 : Patrons de répartition des espèces de macroinvertébrés sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces de macroinvertébrés récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

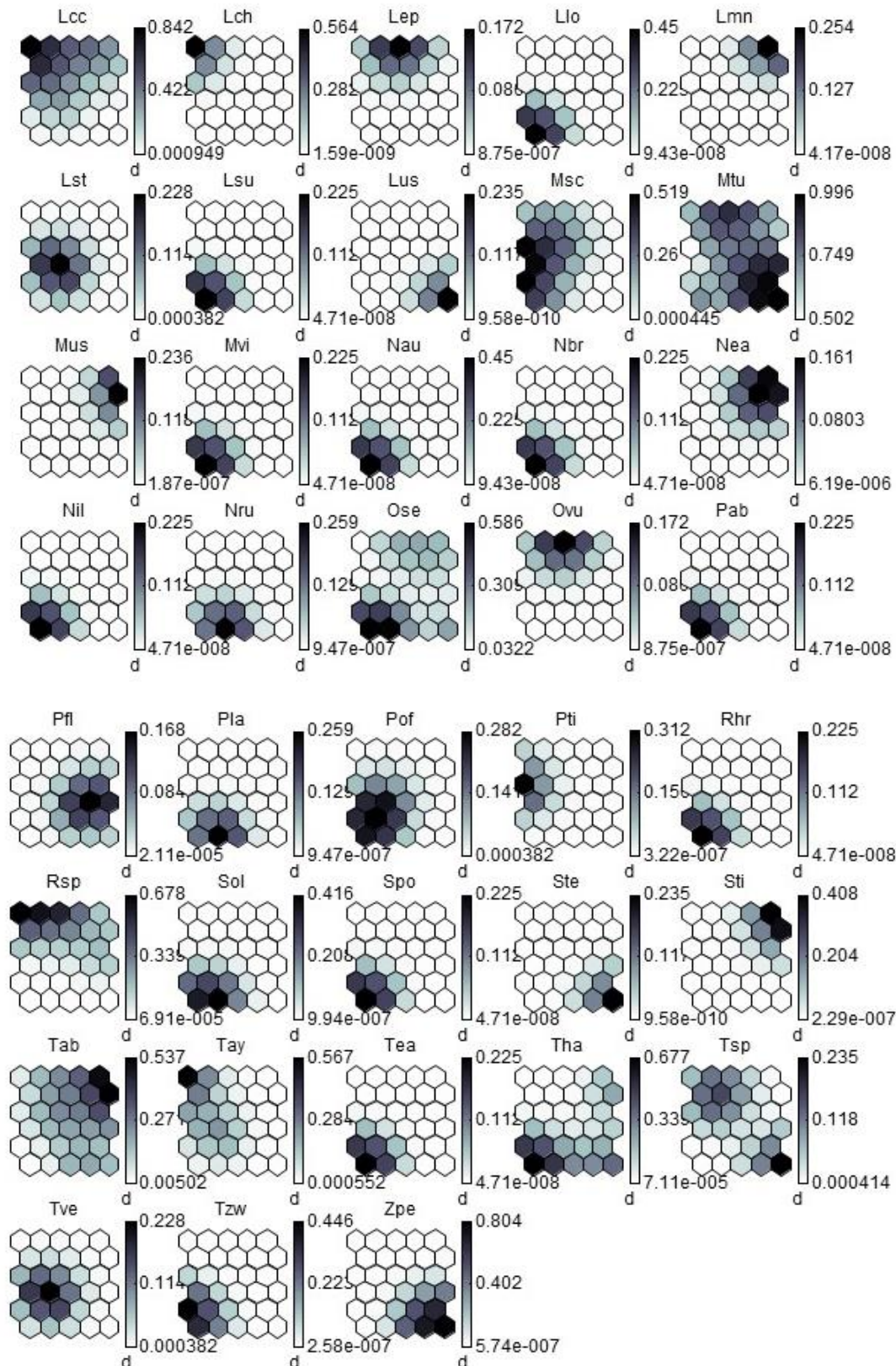


Figure 64 : (Suite et fin) : Patrons de répartition des espèces de macroinvertébrés sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces de macroinvertébrés récoltées dans des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

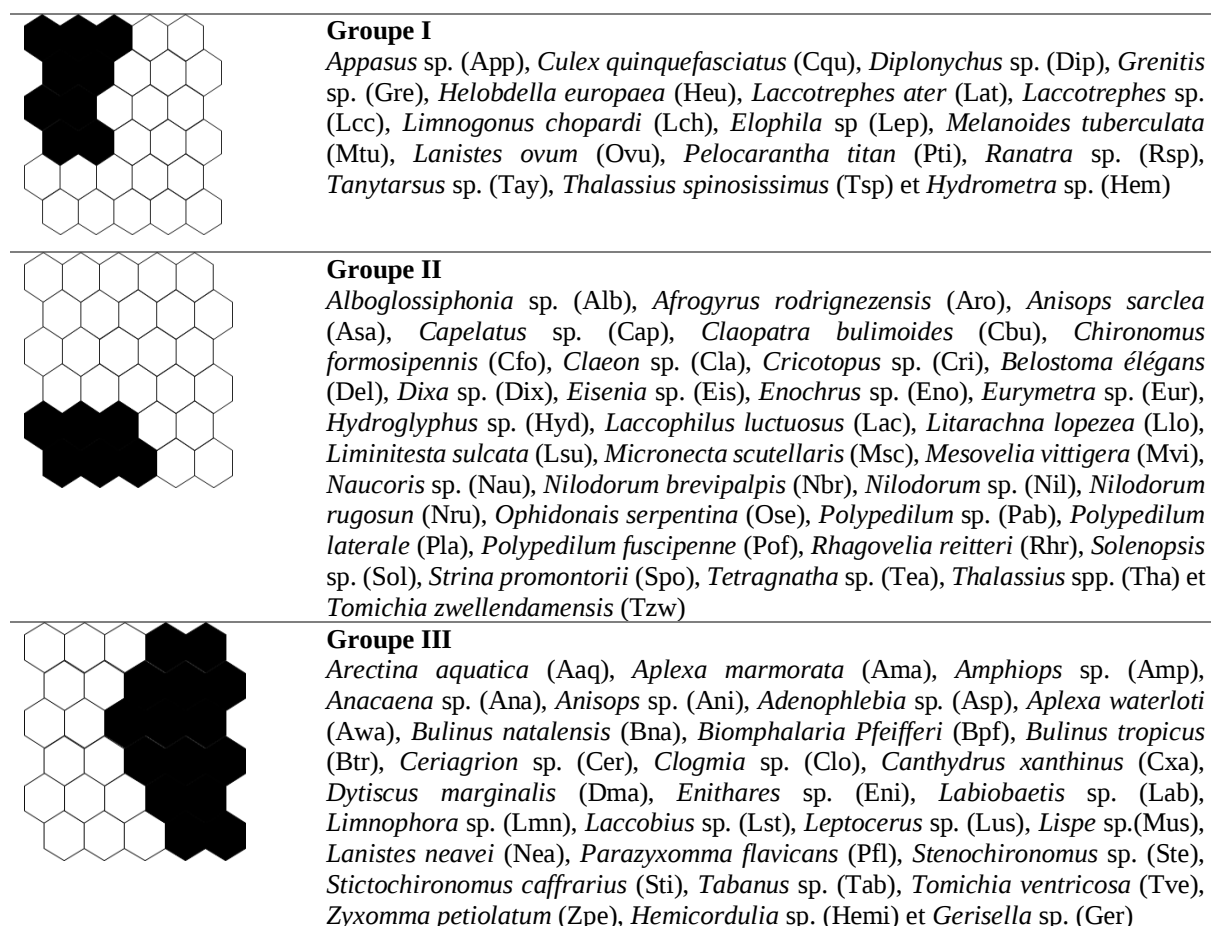


Figure 65 : Répartition des espèces de macroinvertébrés récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro, dans chaque groupe défini par la SOM
 (Couleur foncée= fréquence élevée ; couleur claire= faible fréquence, voire absence)

3.2.1.4.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition des macroinvertébrés

Les variations du pH, de la conductivité, de la température, de l'oxygène dissous, de la transparence et des profondeurs au niveau des groupes I, II et III définis par la carte auto-organisatrice de Kohonen sont présentées à la figure 66. Les espèces du groupe I prolifèrent aisément dans les lacs où le pH est basique (entre 7,2 et 8,5). Pour les espèces du groupe II, elles sont influencées par la conductivité (230-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la température (27°C-29°C). Quant aux espèces du groupe III, elles sont caractérisées par la température (27°C-29°C), l'oxygène dissous (6-9 mg/L), la transparence (27,5-60 cm) et la profondeur (0,4-0,5 m).

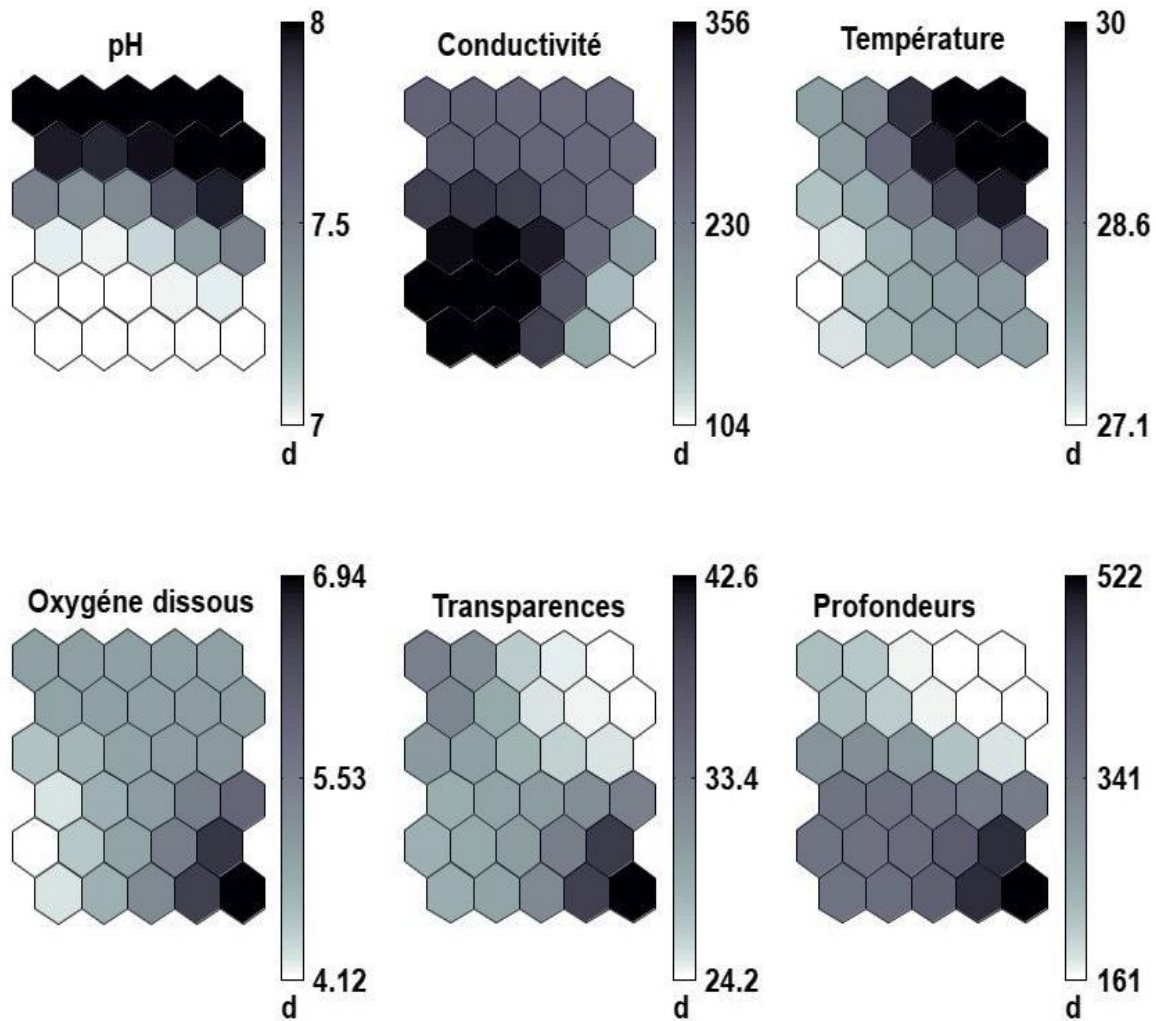


Figure 66 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à III. (Couleur sombre = sites des paramètres abiotiques de gradient très élevé ; d = échelle)

3.2.1.4.5. Analyse globale des classes de macroinvertébrés

La figure 67 illustre les proportions des différentes classes de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro selon leurs abondances. Les classes des Gastéropodes (4357 individus, soit 83 % des individus) et des Insectes (843 individus, soit 16 % des individus) sont les plus abondantes. En revanche, les classes des Clitellates et des Arachnides, 30 individus chacun sont les moins abondants, soit 0,5 % des individus chacun.

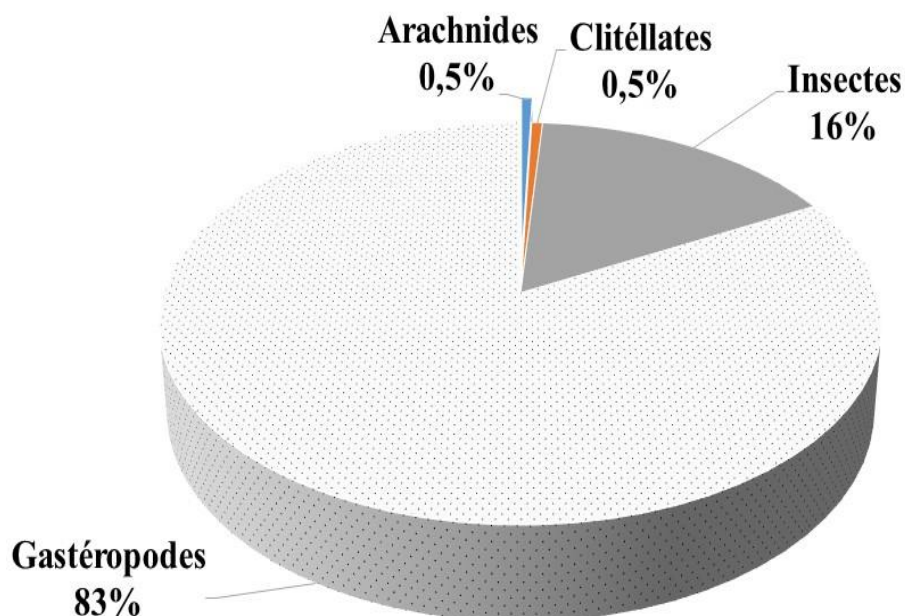


Figure 67 : Contributions quantitatives des classes de macroinvertébrés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.4.6. Variations spatiales et saisonnières des abondances de macroinvertébrés

La variation spatiale des valeurs médianes de l'abondance des macroinvertébrés ne varient pas de façon significative (tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) entre les lacs (Figure 68). L'abondance est comprise entre 250 ind. (lac 1) et 80 ind. (lacs 2 et 6).

Le plus grand nombre d'individus (550 ind.) a été obtenu dans le lac 1 durant la saison sèche (Tableau XXVII). Par contre, le plus petit nombre (10 ind.) a été enregistré sur le lac 2 pendant la saison de pluie. A l'exception du lac 4, les valeurs médianes de l'abondance dans les autres lacs ne diffèrent pas significativement d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

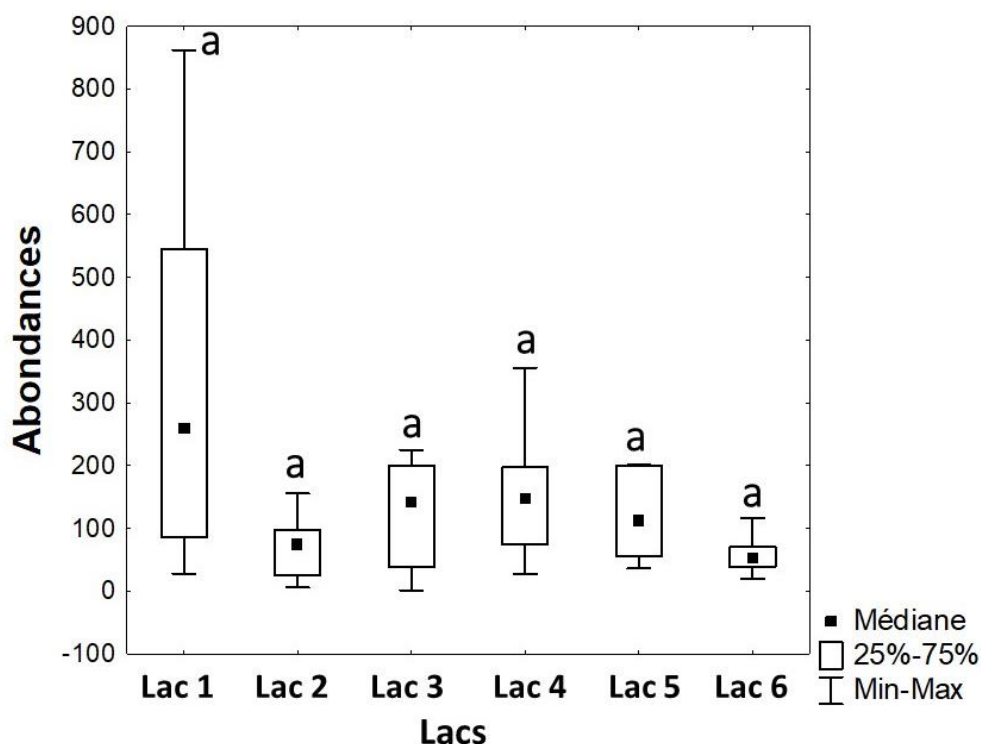


Figure 68 : Variation spatiale de l'abondance des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juin 2021 à mai 2022 : l'unique lettre alphabétique (a) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les boîtes (tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$)

Tableau XXVII : Variations saisonnières de l'abondance des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet à mai 2022

Lacs urbains de Yamoussoukro							
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	250	80	120	200	30	50
	Méd	550	100	150	205	50	80
	Max	850	110	210	350	200	100
Saison des pluies	Min	50	3	5	50	100	20
	Méd	80	10	20	80	120	30
	Max	250	180	200	100	200	60

L'abondance maximale et minimale sont en gras

3.2.1.4.7. Biomasses des macroinvertébrés

Les valeurs des biomasses des espèces de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau XXVIII. La biomasse totale obtenue dans l'ensemble des lacs est estimée à 33,79 Kg/m². Parmi les espèces collectées, *Aplexa marmorata* a enregistré la plus forte biomasse (17,36 Kg/m²) dans les lacs étudiés. En revanche, *Arectina aquatica*, a la plus faible biomasse (0,42 Kg/m²). Par ailleurs, les macroinvertébrés ont une forte biomasse dans le lac 1 avec 9,14 Kg/m². Par contre, la biomasse est plus faible (3,65 Kg/m²) dans le lac 2.

Tableau XXVIII : Biomasses des espèces de macroinvertébrés récoltées dans des lacs urbains de Yamoussoukro

Biomasse des espèces (Kg/m ²)	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total général
<i>Amphiops sp.</i>	0,59		0,4	0,63			1,42
<i>Aplexa marmorata</i>	2,74	0,5	0,74	3,8	8,84	0,94	17,36
<i>Aplexa waterloti</i>			3,28	0,9		1,4	5,58
<i>Appasus sp.</i>	1,357	0,51	1,23	0,8	0,89		4,687
<i>Arectina aquatica</i>				0,42			0,42
<i>Biomphalaria Pfeifferi</i>	0,75	0,4	0,52	0,72	0,53	0,71	3,53
<i>Canthydrus xanthinus</i>					0,43		0,43
<i>Capelatus sp.</i>		0,32	0,42				0,74
<i>Ceriagrion sp.</i>					0,65	0,72	1,37
<i>Diplonychus sp.</i>	0,98	0,6	0,76	0,96	1,3	0,66	5,26
<i>Dytiscus marginalis</i>					0,53		0,53
<i>Enochrus sp.</i>					0,62	0,56	1,18
<i>Grenitis sp.</i>			0,62				0,62
<i>Hydroglyphus sp.</i>	0,53	0,49	0,5		0,75		2,17
<i>Laccobius sp.</i>						0,72	0,72
<i>Laccophilus luctuosus</i>		0,44	1,76				2,2
<i>Litarachna lopezea</i>						0,74	0,74
<i>Melanoides tuberculata</i>	2,94	0,89	0,56	0,97	0,74	0,8	6,9
<i>Strina promontorii</i>						0,52	0,52
<i>Tetragnatha sp.</i>						0,63	0,63
<i>Thalassius spp.</i>			0,33	0,43	0,63	0,64	2,03
<i>Zygomma petiolatum</i>			0,33				0,33
Biomasse Kg/m ²	9,137	3,65	6,7	5,3	6,18	6,7	37,667

Kg/m² = Kilogramme par mètre carré, les biomasses maximales et minimales sont en gras

3.2.1.4.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés

La figure 69 montre que les variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés ne diffèrent pas significativement entre les lacs (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les valeurs médianes de l'indice de diversité oscillent entre 0,8 bit/ind. (lacs 1) et 1,8 bit/ind. (lac 6). S'agissant de l'indice d'équitabilité de Pielou (J), ses valeurs médianes se situent entre 0,45 (lac 1) et 0,85 (lac 6).

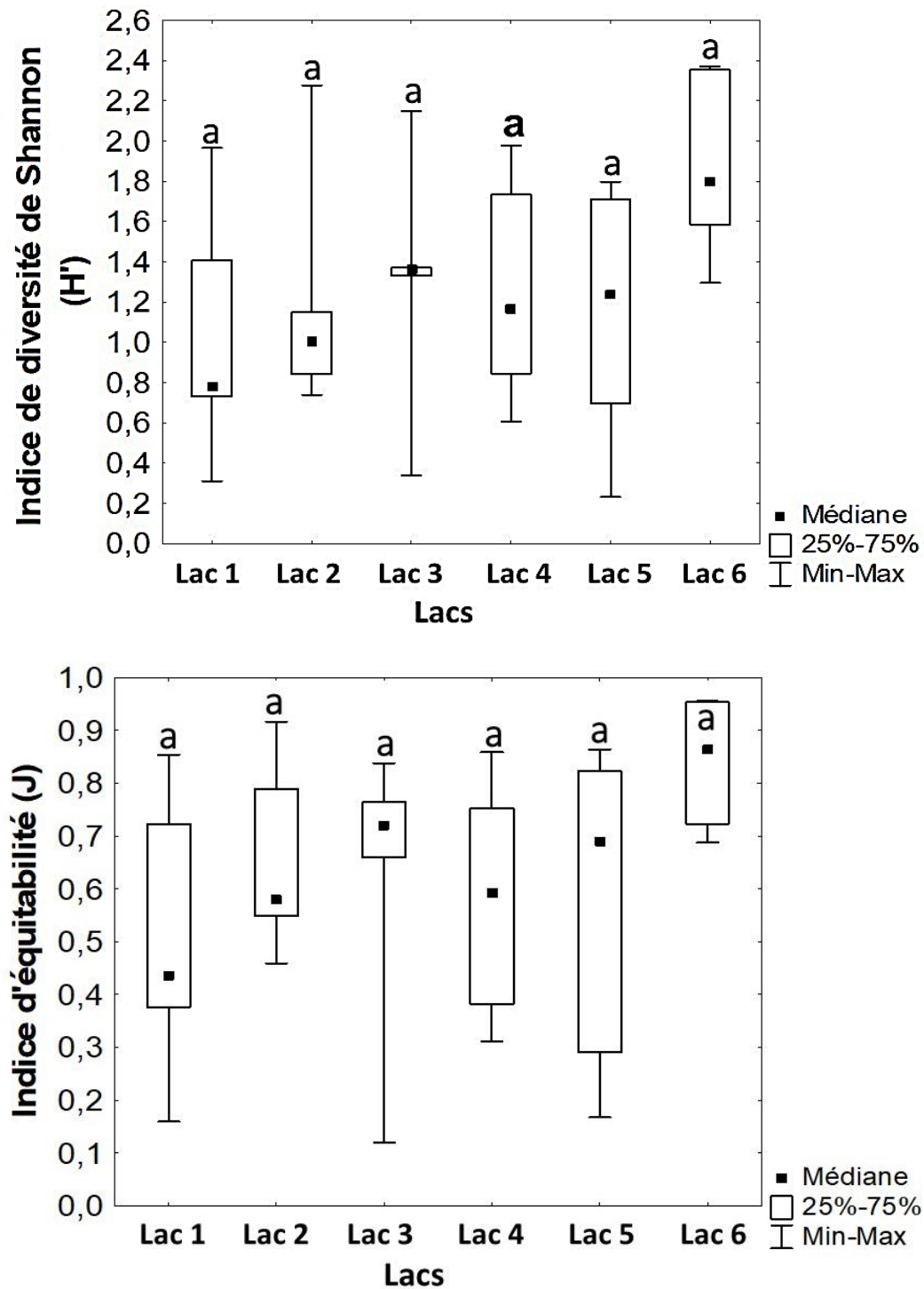


Figure 69 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : l'unique lettre alphabétique (a) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les boîtes (tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$)

3.2.1.4.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité des macroinvertébrés

Dans le lac 6, la communauté des macroinvertébrés est plus diversifiée (2,3 bit/ind.) durant la saison sèche (Tableau XXIX). Par contre, cette communauté est moins diversifiée (0,3 bit/ind.) dans le lac 1 pendant la saison des pluies. La variation des valeurs médianes de la diversité de Shannon (H') présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,005$) d'une saison à l'autre. Ces différences significatives sont observées entre le lac 5 et les autres lacs.

La variation saisonnière de l'indice de Pielou (J) présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences significatives sont observées entre le lac 5 et les autres lacs (Tableau XXX). La communauté des macroinvertébrés est plus stable et équilibrée (0,82 à 0,9) pendant la saison sèche dans les lacs 5 et 6. En revanche, cette communauté est moins stable et équilibrée durant la même saison sèche dans les lacs 1, 2, 3 et 4.

Tableau XXIX : Variation saisonnière de l'indice de diversité des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,4	0,8	1,3	0,6	1,5	1,6
	Méd	0,7	0,9	1,35	0,9	1,7	2,3
	Max	1,4	1,2	1,4	1,7	1,8	2,4
Saison des pluies	Min	0,8	0,9	0,4	0,9	0,3	1,3
	Méd	1	1,2	1,4	1,4	0,7	1,7
	Max	2	2,2	2,2	2	0,9	1,9

L'inde de diversité maximal et minimal sont en gras

Tableau XXX : Variation saisonnière de l'indice d'équitabilité de Pielou des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,2	0,5	0,64	0,3	0,8	0,7
	Méd	0,4	0,57	0,7	0,4	0,82	0,9
	Max	0,7	0,6	0,75	0,75	0,85	0,95
Saison des pluies	Min	0,3	0,6	0,2	0,6	0,2	0,75
	Méd	0,5	0,8	0,75	0,62	0,3	0,9
	Max	0,85	0,85	0,8	0,82	0,6	0,95

L'inde de diversité maximal et minimal sont en gras

3.2.1.5. Analyses des données des poissons récoltés dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.5.1. Compositions spécifiques globales des poissons

L'échantillonnage de 1032 poissons a permis de recenser 14 espèces regroupées en 4 ordres, 6 familles et 1 classe (Actinoptérygiens). Parmi les ordres rencontrés, l'ordre des Perciformes avec 2 familles et 8 espèces est le plus diversifié. Dans cet ordre, la famille des Cichlidae est la plus riche en espèces (7 espèces). L'ordre des Perciformes est suivi de celui des Siluriformes qui compte 4 espèces. Les ordres les moins riches en espèces sont ceux des Characiformes et des Ostéoglossiformes regroupant chacun 1 espèce.

La répartition des espèces de poissons en fonction des lacs visités indique que le lac 6, avec 12 espèces héberge un grand nombre d'espèces. En revanche, les lacs 1, 2, 3 et 4, avec trois (3) espèces chacun regorgent moins d'espèces. L'analyse des occurrences de l'ichtyofaune montre que *Oreochromis niloticus* est constant dans l'ensemble des lacs (Tableau XXXI).

Tableau XXX1 : Compositions spécifiques et occurrences de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Ordres	Familles	Espèces	Codes	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Characiformes	Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	Hod	-	-	-	-	-	**
Ostéoglossiformes	Ostéoglossidae	<i>Heterotis niloticus</i>	Hni	-	-	-	**	-	*
Perciformes	Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	Pob	-	-	-	-	-	***
	Cichlidae	<i>Coptodon guineensis</i>	Cgu	-	-	-	-	-	*
		<i>Coptodon hybride</i>	Chy	-	-	-	-	-	***
		<i>Coptodon zillii</i>	Czi	**	*	***	***	**	***
		<i>Hemichromis fasciatus</i>	Hfa	**	***	-	-	**	-
		<i>Oreochromis niloticus</i>	Oni	***	***	***	***	***	***
		<i>Sarotherodon galilaeus</i>	Sga	-	-	-	-	***	**
		<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Sme	-	-	-	-	*	-
Siluriformes	Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	Can	-	-	*	-	-	***
		<i>Clarias gariepinus</i>	Cga	-	-	-	-	-	**
	Claroteidae	<i>Chrysichthys maurus</i>	Cma	-	-	-	-	-	**
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	Cni	-	-	-	-	-	**
4	6	14		3	3	3	3	5	12

* = Espèces accidentelles ; ** = Espèces accessoires ; *** = Espèces constantes

3.2.1.5.2. Variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique des poissons

La variation spatiale de la richesse présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences significatives sont observées entre le lac 6 et les autres lacs (Figure 70). La valeur médiane la plus élevée de la richesse spécifique des poissons (6 espèces) a été enregistrée dans le lac 6. Par contre, la plus faible richesse spécifique a été obtenue dans les lacs 1, 2, 3 et 4 (deux espèces chacun

La variation saisonnière de la richesse spécifique des poissons ne diffère pas significativement (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$) entre les deux saisons dans l'ensemble des lacs étudiés (Tableau XXXII).

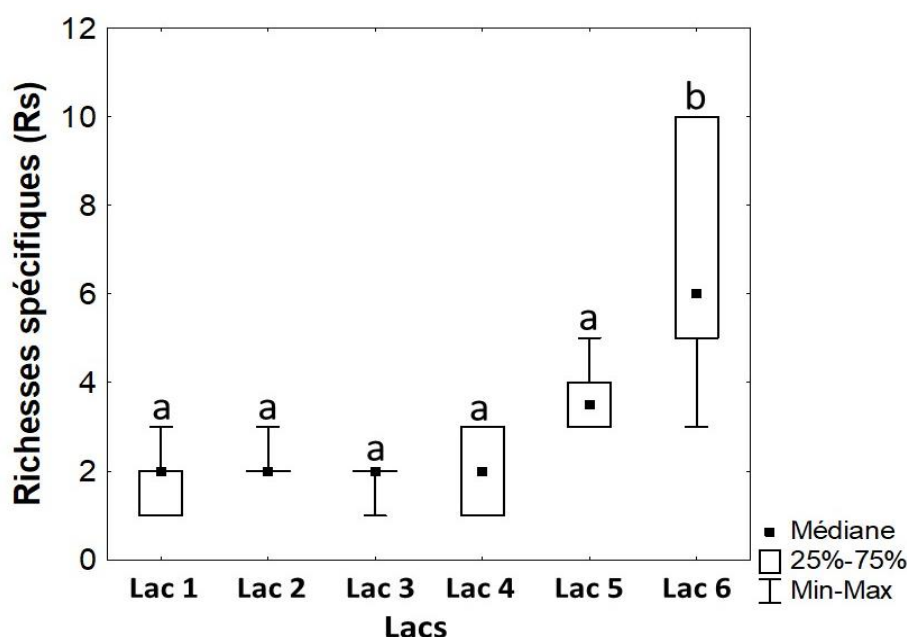


Figure 70 : Variation spatiale de la richesse spécifique de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

Tableau XXXII : Variation saisonnière de la richesse spécifique des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Lacs urbains de Yamoussoukro							
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	1	2	1	1	3	3
	Méd	1	2	2	2	3	5
	Max	2	2	2	3	4	6
Saison des pluies	Min	2	2	3	1	3	5
	Méd	2	2	3	2	4	10
	Max	3	3	3	3	5	10

La richesse taxonomique maximale et minimale sont en gras

3.2.1.5.3. Profil de répartition de l'ichtyofaune

La SOM (Self-Organizing Map) effectuée, a permis de classer les 36 échantillons (6 lacs x 6 campagnes) sur la matrice présence/absence des espèces de poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro. Cette classification a été faite selon la répartition et la probabilité d'occurrence des espèces. En définitive, la carte a permis de retenir 30 cellules (5 lignes x 6 colonnes) pour lesquelles les erreurs de topographie et de quantification sont les plus faibles (Tableau XXXIII).

Tableau XXXIII : Différentes tailles de carte et les erreurs de topographie et de quantification correspondantes. La taille retenue est en gras

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
6×5	0,432	0,029
5×5	0,497	0,000
7×4	0,514	0,059

Les cellules de la carte auto-organisatrice ont été classées en trois groupes (I à III) à partir de l'examen détaillé de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec la méthode Ward et la distance euclidienne. Les groupes sont illustrés par différentes figurines sur la carte de Kohonen (Figures 71 et 72). Le groupe I rassemble les échantillons provenant majoritairement des lacs 1, 2, 3 et 4. Ce groupe représente 21,43 % de l'ensemble des échantillons. Cette dominance est significative (test G : $p < 0,05$). Le groupe II, significativement caractérisé par les échantillons provenant du lac 5 représente 14,29 % de l'ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Quant au groupe III, il représente 64,28 % de l'ensemble des échantillons. Ce groupe renferme majoritairement les échantillons du lac 6, qui s'associent significativement (test G : $p < 0,05$).

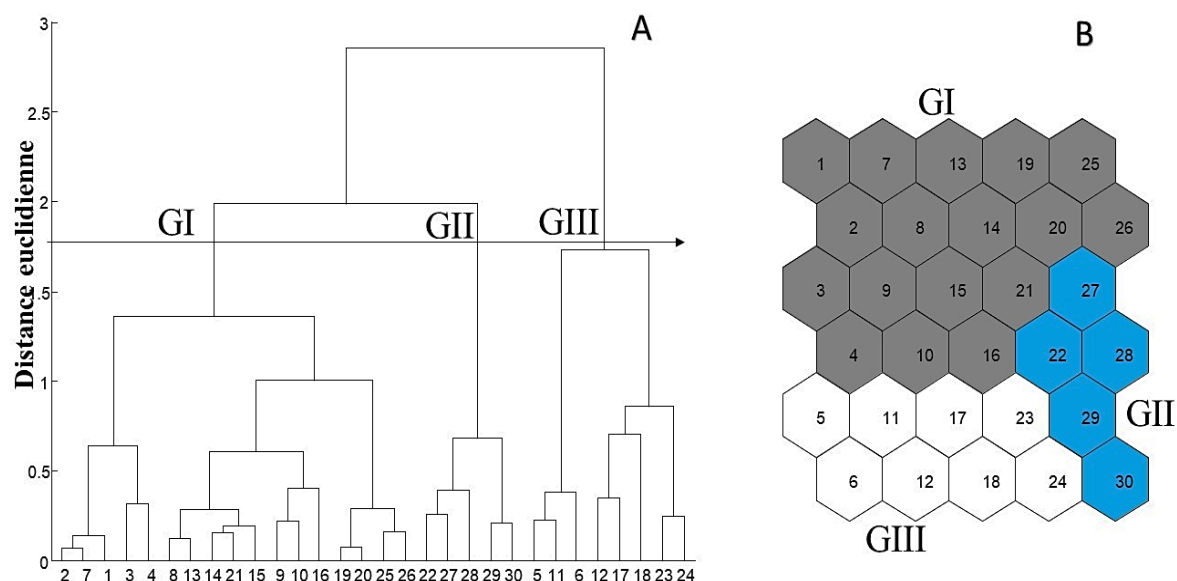


Figure 71 : Classification Ascendante Hiérarchique des cellules sur la base des espèces de poissons des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : **A** = Hiérarchique Ascendante des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d'assemblage (les nombres [1 à 30] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; les chiffres romains [I à III] représentent les groupes retenus). **B** = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 30

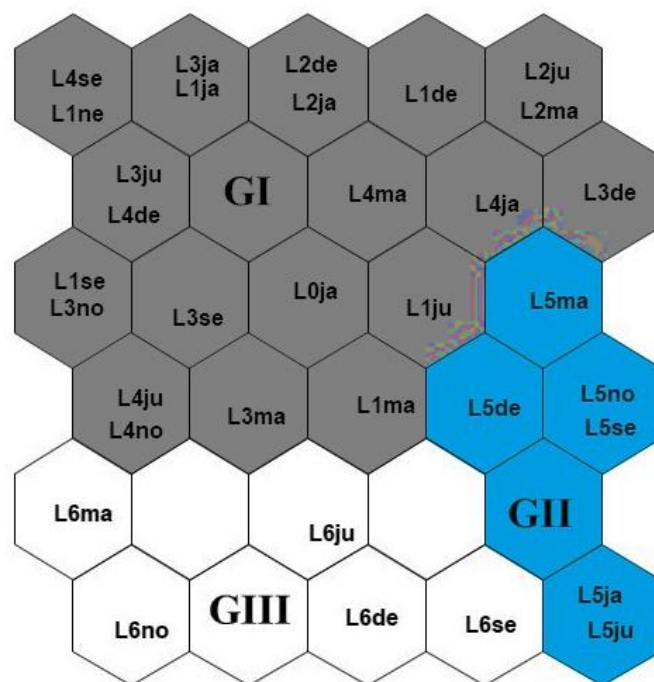


Figure 72 : Répartitions des échantillons selon la base des données de présence/absence des espèces de poissons récoltées dans des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les chiffres romains (I à III) représentent les groupes définis ; les chiffres arabes de (1 à 9) désignent les lacs, no = novembre, de = décembre, ja = janvier, ma = mai, ju = juillet, se = septembre

La répartition de chacune des espèces de poissons dans chaque groupe est illustrée par la figure 73. La répartition est faite à partir de l'analyse de la contribution de chaque espèce dans le groupe (Figure 74). Le groupe I comprend trois (3) espèces. Le groupe II est le groupe qui comprend moins d'espèces (2 espèces). Le groupe III est celui qui a le plus grand nombre d'espèces (9 espèces). Le nombre d'espèces enregistré dans les différents groupes diffère significativement d'un groupe à l'autre (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

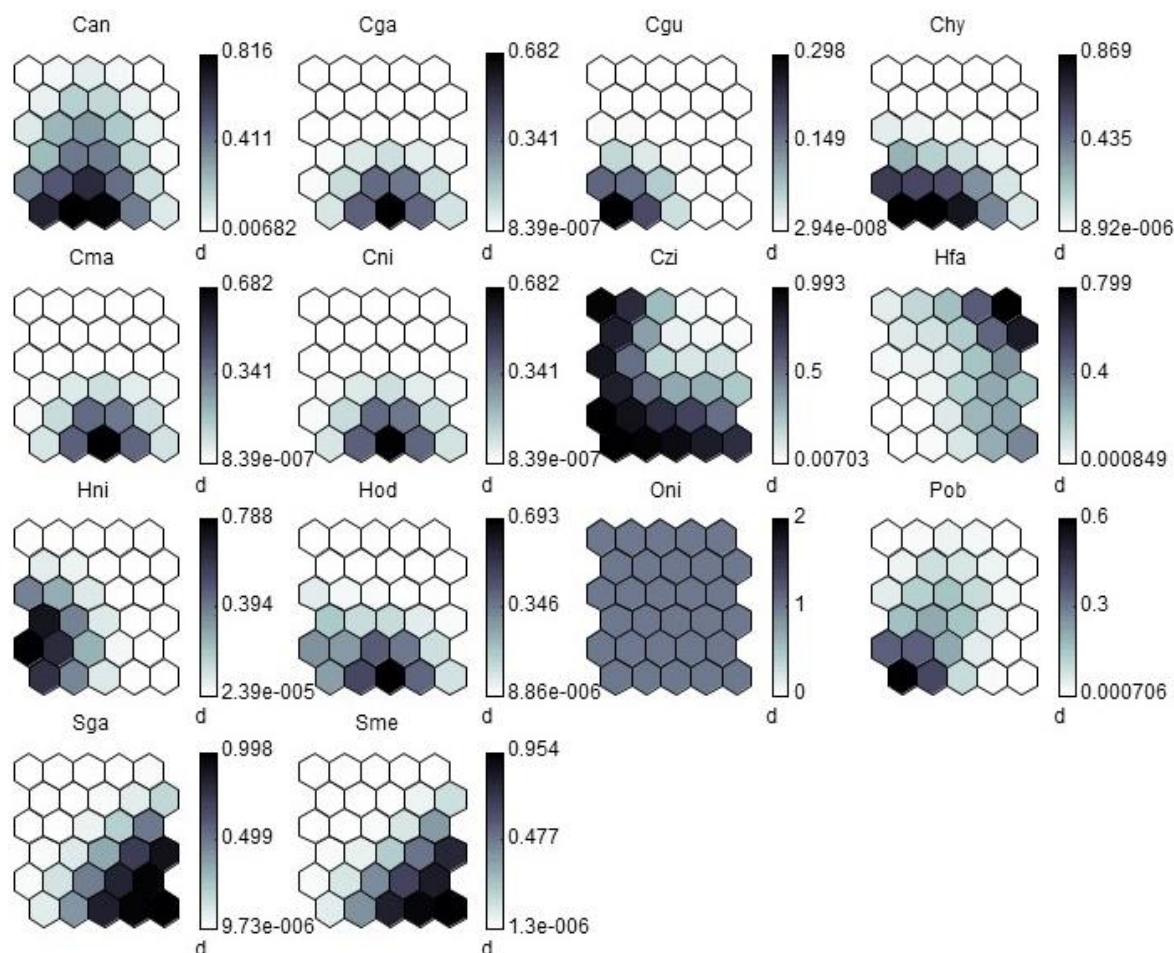


Figure 73 : Patrons de répartition des espèces de poissons sur la carte basée sur les données de présence/absence des espèces poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

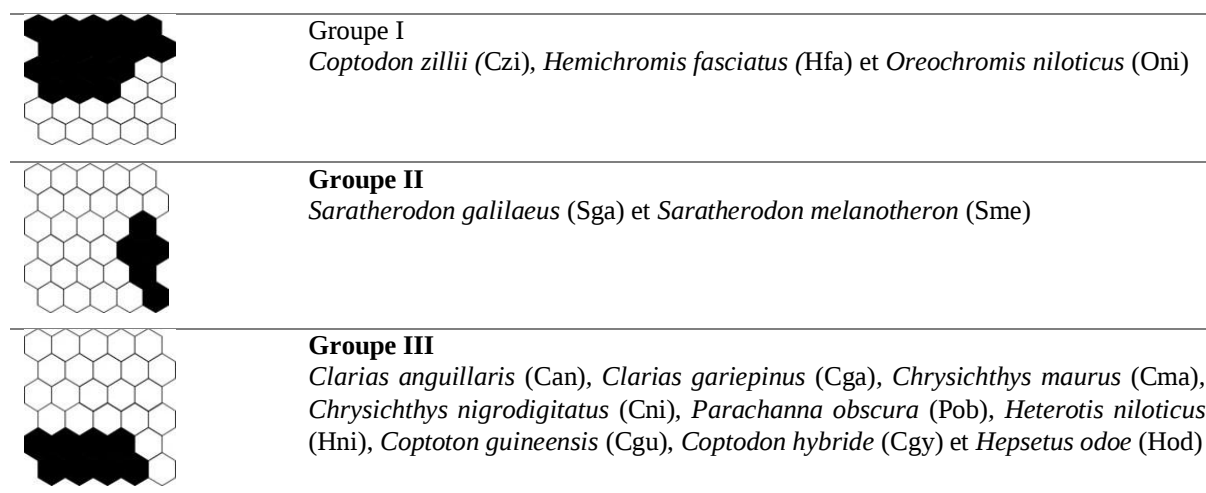


Figure 74 : Répartitions des espèces de poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022, dans les trois groupes définis par la SOM : couleur foncée= fréquence élevée ; couleur claire= faible fréquence, voire absence

3.2.1.5.4. Paramètres abiotiques déterminant la répartition de l'ichtyofaune

Les variations du pH, de la conductivité, de la température, de l'oxygène dissous, de la transparence et des profondeurs au niveau des groupes I, II et III définis par la carte auto-organisatrice de Kohonen sont présentées sur la figure 75. La répartition des espèces du groupe I est influencée par le pH et la température. Quant aux espèces du groupe II, leur répartition est caractérisée par la transparence, les profondeurs et l'oxygène dissous. En ce qui concerne les espèces du groupe III, leur distribution est déterminée par la conductivité.

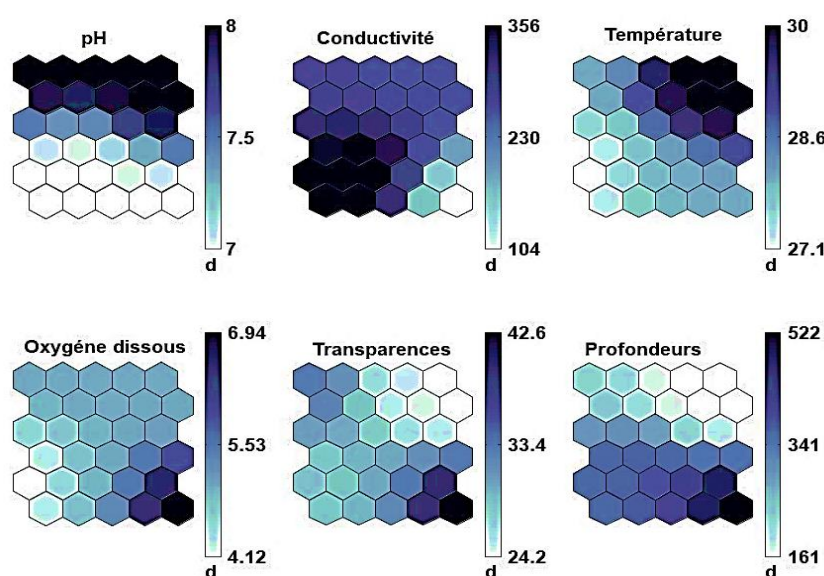


Figure 75 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations des paramètres abiotiques dans les groupes I à III : couleur sombre = sites ayant des paramètres abiotiques de gradient très élevé ; d = échelle

3.2.1.5.5. Variations spatiales et saisonnières de l'abondance des poissons

Les variations spatiales et saisonnières des poissons ne diffèrent pas de façon significative (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) entre les lacs (Figure 76 et Tableau XXXIV). L'abondance des poissons est comprise entre 20 ind. (lac 3). et 30 ind. (lacs 5 et 6). Quant à la variation saisonnière, l'abondance se situe entre 38 ind. observée en saison des pluies dans le lac 6 et 15 ind. notée dans le lac 3 en saison sèche.

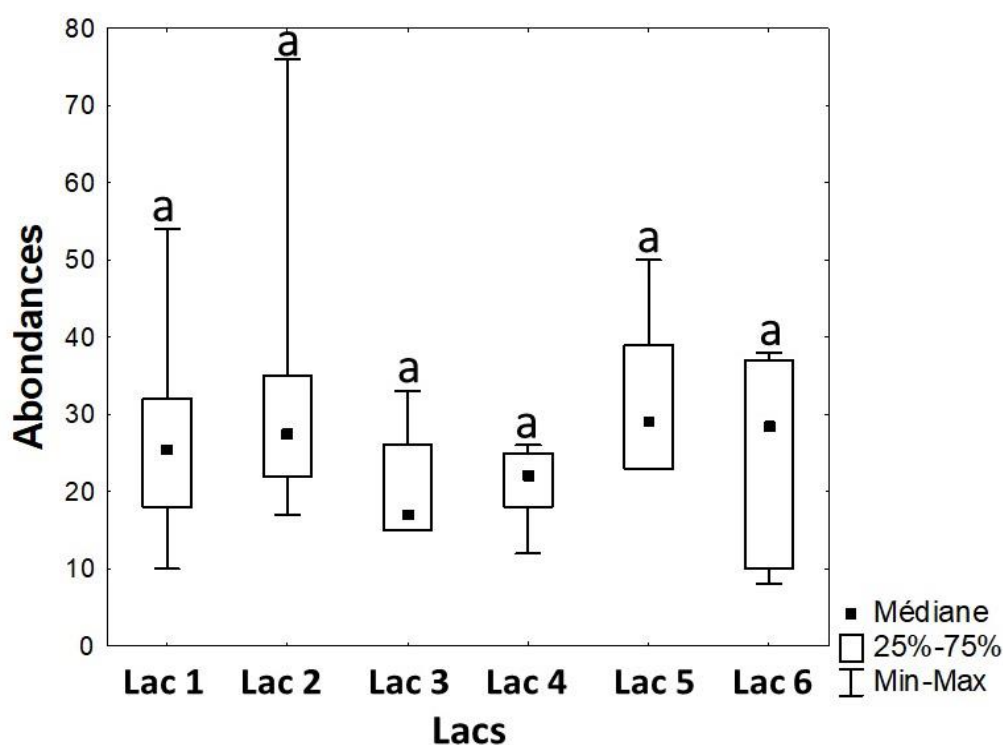


Figure 76 : Variation spatiale de l'abondance des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : l'unique lettre alphabétique (a) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les boîtes (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$)

Tableau XXXIV : Variation saisonnière de l'abondance des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	20	18	14	15	24	10
	Méd	24	21	15	18	25	28
	Max	25	22	18	20	26	30
Saison des pluies	Min	10	30	15	24	32	12
	Méd	30	35	25	25	35	38
	Max	55	75	35	26	50	40

L'abondance maximale et minimale sont en gras

3.2.1.5.6. Biomasse de l'ichtyofaune

Les biomasses de l'ichtyofaune récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées dans le tableau XXXV. La biomasse de l'ichtyofaune est plus élevée (21,55 Kg/m²) dans le lac 6. En revanche, cette biomasse est plus faible (4,05 Kg/m²) dans le lac 1. Parmi les poissons échantillonnés, deux ont une biomasse totale élevée dans tous les lacs. Il s'agit de *Oreochromis niloticus* et de *Coptodon zillii* avec une biomasse de 10,37 Kg/m² et 9,04 Kg/m² respectivement.

Tableau XXXV : Biomasses de l'ichtyofaune des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Biomasse Kg/m ²	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6	Total
<i>Chrysichthys maurus</i>	-	-	-	-	-	0,91	0,91
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	-	-	-	-	-	0,71	0,71
<i>Clarias anguillaris</i>	-	-	2,05	-	-	2,11	4,16
<i>Clarias gariepinus</i>	-	-	-	-	-	2,01	2,01
<i>Coptodon guineensis</i>	-	-	-	-	-	1,79	1,79
<i>Coptodon hybride</i>	-	-	-	-	-	1,42	1,42
<i>Coptodon zillii</i>	1,37	1,53	1,18	1,87	1,96	1,13	9,04
<i>Hemichromis fasciatus</i>	1,12	1,27	-	-	1,1		3,49
<i>Hepsetus odoe</i>	-	-	-	-	-	2,76	2,76
<i>Heterotis niloticus</i>	-	-	-	-	-	2,35	2,35
<i>Oreochromis niloticus</i>	1,56	1,87	2,14	2,32	1,16	1,32	10,37
<i>Parachanna obscura</i>	-	-	-	-	-	2,47	2,47
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	-	-	-	-	1,93	1,3	3,23
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	-	-	-	-	1,31	1,27	2,58
Total Biomasses Kg/m²	4,05	4,67	5,37	4,19	7,46	21,55	47,2

Kg/m² = Kilogramme par mètre carré, les biomasses maximales et minimales sont en gras

3.2.1.5.7. Répartitions spatiales des abondances relatives des principales espèces de poissons

Le tableau XXXVI présente les répartitions spatiales des abondances relatives des principales espèces de poissons récoltées dans les lacs de Yamoussoukro. Ces espèces sont celles qui représentent au moins 9 % du total de poissons échantillonnés sur un des 6 lacs au moins. Il s'agit de *Chrysichthys maurus*, *Clarias anguillaris*, *Coptodon zillii*, *Hemichromis fasciatus*, *Oreochromis niloticus*, *Parachanna obscura*, *Sarotherodon galilaeus* et *Sarotherodon melanotheron*. *Oreochromis niloticus* enregistre les plus grandes valeurs de l'abondance

relative des poissons sur les lacs 1, 2, 3 et 4. Ces valeurs sont respectivement de 87,88 %, 74,14 %, 91,06 %, 91,06 % et 40,93 %. En revanche, sur ces lacs, *Coptodon zillii* obtient les plus faibles abondances relatives, qui sont de 3,64 % dans le lac 1, de 0,49 % dans le lac 2, de 8,94 % dans le lac 4 et de 6,74 % dans le lac 5. En outre, *Clarias anguillaris* est moins abondant sur le lac 3, avec 0,81 %. En ce qui concerne le lac 6, *Coptodon zillii* a la plus importante valeur de l'abondance relative, avec 34,38 %. Par contre, *Sarotherodon melanotheron* (1,55 %) y est moins abondant.

Tableau XXXVI : Abondances relatives des 8 principales espèces de poissons récoltées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Espèces	Abondances relatives (%)					
	Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
<i>Chrysichthys maurus</i>	-	-	-	-	-	10,94
<i>Clarias anguillaris</i>	-	-	0,81	-	-	11,72
<i>Coptodon zillii</i>	3,64	0,49	8,13	8,94	6,74	34,38
<i>Hemichromis fasciatus</i>	8,48	25,37	-	-	9,33	-
<i>Oreochromis niloticus</i>	87,88	74,14	91,06	91,06	40,93	18,75
<i>Parachanna obscura</i>	-	-	-	-	-	11,72
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	-	-	-	-	27,97	10,94
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	-	-	-	-	15,03	1,55

La valeur maximale et la valeur minimale sont en gras

3.2.1.5.8. Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des poissons

La variation spatiale de l'indice de diversité (H') présente une différence significative entre les lacs étudiés (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Cette différence significative est observée entre le lac 6 et les autres lacs (test U de Mann-Whitney, $p < 0,05$). La communauté des poissons est plus diversifiée (1,4 bit/ind.) dans le lac 6 (Figure 77). Cependant, elle est moins diversifiée (0,4 à 1 bit/ind.) dans les autres lacs.

La variation spatiale de l'indice d'équitabilité de Pielou (J) présente des différences significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces différences significatives sont observables dans les lacs 1, 3, 4 et les lacs 2, 5 et 6. La communauté des poissons est stable et équilibrée (0,9) dans les lacs 2, 5 et 6 (Figure 77). Par contre, elle est moins stable et équilibrée (0,5 à 0,6) dans les lacs 1, 3 et 4.

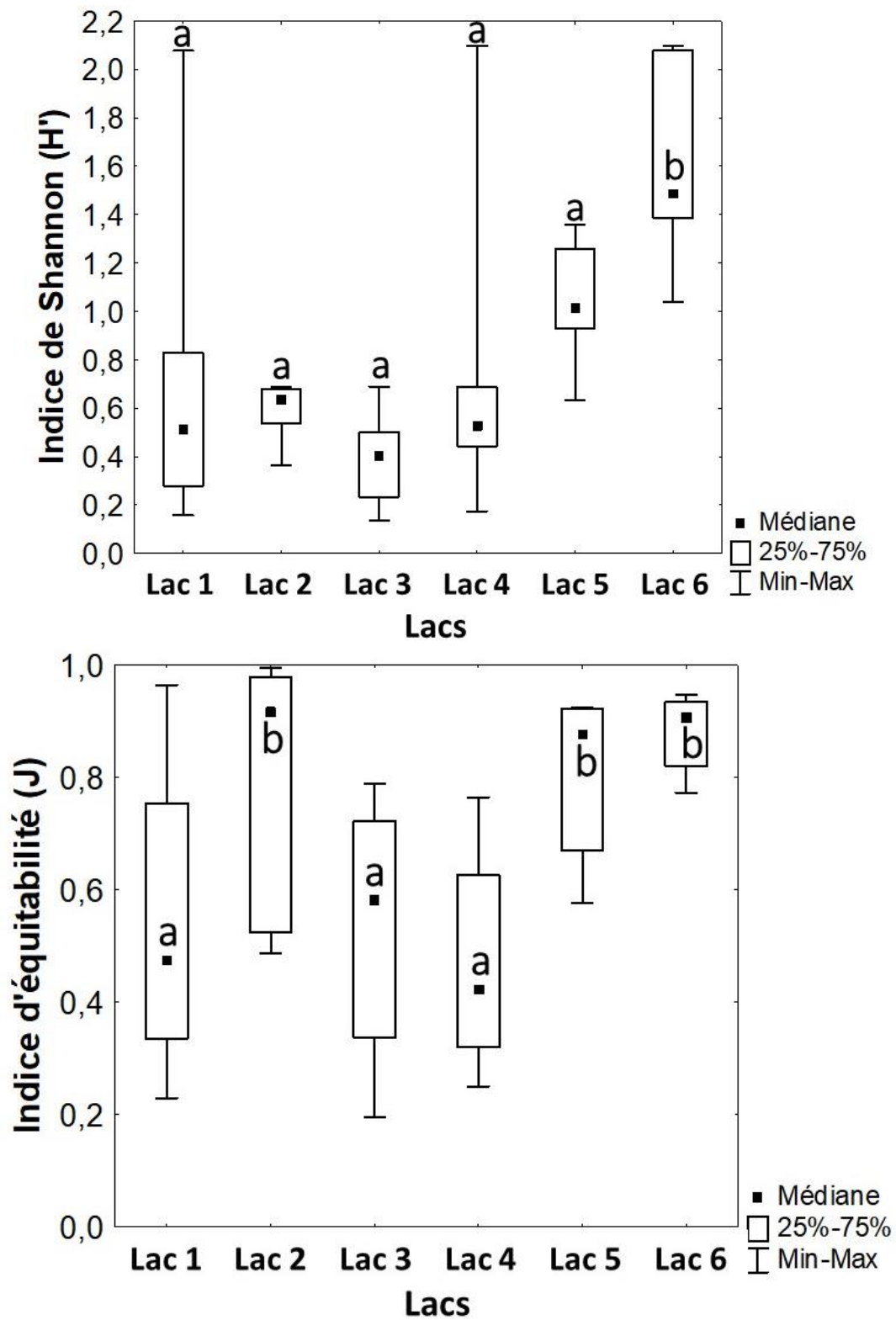


Figure 77 : Variations spatiales des indices de diversité et d'équitabilité des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : les différentes lettres alphabétiques (a ; b) sur les boîtes indiquent une différence significative ($p < 0,05$, test de Kruskal-Wallis) entre les lacs

3.2.1.5.9. Variations saisonnières des indices de diversité et d'équitabilité des poissons

La variation saisonnière de l'indice de Shannon (H') est significative (test U de Mann-Whitney $p < 0,05$). Il existe des différences significatives entre les deux saisons dans les lacs 1, 3 et 6. En revanche, il n'existe pas de différences significatives de ce paramètre dans les lacs 2, 4 et 5 (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$). Pendant la saison pluvieuse, l'indice de diversité est plus élevé (2 bit/ind.) au niveau du lac 6 (Tableau XXXVII). Par contre, cet indice est très bas (0,2 bit/ind.) en saison des pluies dans le lac 3.

Le tableau XXXVIII montre la variation saisonnière de l'indice de Pielou (J) de la communauté des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro. La variation de cet indice ne diffère pas significativement d'une saison à l'autre (test U de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

Tableau XXXVII : Variation saisonnière de l'indice de diversité des poissons dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,3	0,6	0,5	0,59	0,7	1,2
	Méd	0,5	0,7	0,55	0,6	1,3	1,4
	Max	0,8	0,8	0,6	0,7	1,4	1,5
Saison des pluies	Min	0,2	0,3	0,2	0,2	1	1,5
	Méd	0,4	0,5	0,3	0,5	1,1	2
	Max	2,3	0,8	0,4	2	1,2	2,1

L'indice de diversité maximal et minimal sont en gras

Tableau XXXVIII : Variation saisonnière de l'indice de Pielou des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

		Lacs urbains de Yamoussoukro					
Saisons		Lac 1	Lac 2	Lac 3	Lac 4	Lac 5	Lac 6
Saison sèche	Min	0,4	0,85	0,65	0,3	0,6	0,78
	Méd	0,7	0,97	0,7	0,65	0,85	0,83
	Max	0,95	0,99	0,9	0,78	0,9	0,92
Saison des pluies	Min	0,25	0,5	0,2	0,25	0,7	0,9
	Méd	0,3	0,55	0,3	0,4	0,88	0,93
	Max	0,5	0,95	0,5	0,43	0,9	0,95

Les valeurs médianes extrême de l'indice de Pielou sont en gras

3.2.1.5.10. Structures en tailles des huit principales espèces de poissons

Les distributions des fréquences en tailles des huit espèces de poissons prépondérantes dans les lacs urbains de Yamoussoukro sont présentées par la figure 78. Chez *Sarotherodon melanotheron*, 30 individus ont été analysés. Les longueurs standards des poissons de cette espèce varient entre 7,4 et 13,8 cm LS, avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $12,95 \pm 2,23$ cm LS. La structure de la population de *Sarotherodon melanotheron* a une distribution bimodale. Les échantillons récoltés présentent un plus grand nombre de spécimens pour les tailles comprises entre 10,5 et 11 cm LS puis entre 11,4 et 12 cm LS. Concernant *Sarotherodon galilaeus*, les analyses ont porté sur 71 individus. Les longueurs standards de poissons chez cette espèce varient entre 7,7 et 18,1 cm LS avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $12,92 \pm 2,3$ cm LS. La structure de la population de cette espèce a une distribution trimodale. Les échantillons présentent un plus grand nombre de spécimens pour les tailles comprises entre 11 et 11,4 cm LS, entre 13,5 et 14 cm LS puis entre 14,8 et 15,5 cm LS. Pour *coptodon zillii*, 84 spécimens ont été examinés. Les longueurs standards oscillent entre 7,3 et 23 cm LS avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $12,58 \pm 2,12$ cm LS. La structure de la population de cette espèce de poissons présente une distribution unimodale. Les plus grandes tailles rencontrées chez les spécimens de cette espèce sont comprises entre 15,7 et 23 cm LS. Quant à *Hemichromis fasciatus*, les analyses ont été effectuées sur 100 spécimens. Les longueurs standards se situent entre 6,1 et 15,7 cm avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $12,7 \pm 3,05$ cm LS. La structure de la population de *Hemichromis fasciatus* a une distribution unimodale. Les échantillons récoltés présentent un plus grand nombre de spécimens pour les tailles comprises entre 10,7 et 11,3 cm LS. En ce qui concerne *Oreochromis niloticus*, 642 spécimens ont été analysés. Les longueurs standards oscillent entre 7,9 et 27 cm LS avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $12,61 \pm 2,02$ cm LS. La structure de la population d'*Oreochromis niloticus* a une distribution bimodale. Les échantillons récoltés présentent un plus grand nombre de spécimens pour les tailles comprises entre 10,9 et 11,4 cm LS, puis entre 11,9 et 12,4 cm LS. La structure de taille du peuplement de *Parachanna obscura* a été analysée à partir de 16 spécimens. Les longueurs standards oscillent entre 23 et 25,3 cm LS avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $13,28 \pm 1,42$ cm LS. La structure de la population de *Parachanna obscura* a une distribution unimodale. Les échantillons récoltés présentent un plus grand nombre de spécimens pour les tailles comprises entre 24 et 24,5 cm LS. Pour *Chrysichthys maurus*, 13 spécimens ont été examinés. Les longueurs standards oscillent entre 12,5 et 19,6 cm LS avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $12,98 \pm 3,12$ cm LS. La structure de la population de cette espèce présente une distribution bimodale. Les plus grandes tailles rencontrées chez les spécimens de cette espèce sont

comprises entre 14,5 et 15,5 cm LS et entre 16,5 et 17,5 cm LS. Enfin, l'analyse de la structure de taille du peuplement de *Clarias anguilaris* a concerné 16 spécimens. Les longueurs standards de poissons de cette espèce varient entre 16 et 34,4 cm LS avec une moyenne ($\pm$ écart type) de $13,01 \pm 1,3$ cm LS. La structure de la population de cette espèce a une distribution unimodale. Les échantillons présentent un plus grand nombre de spécimens pour les tailles comprises entre 16 et 19 cm LS.

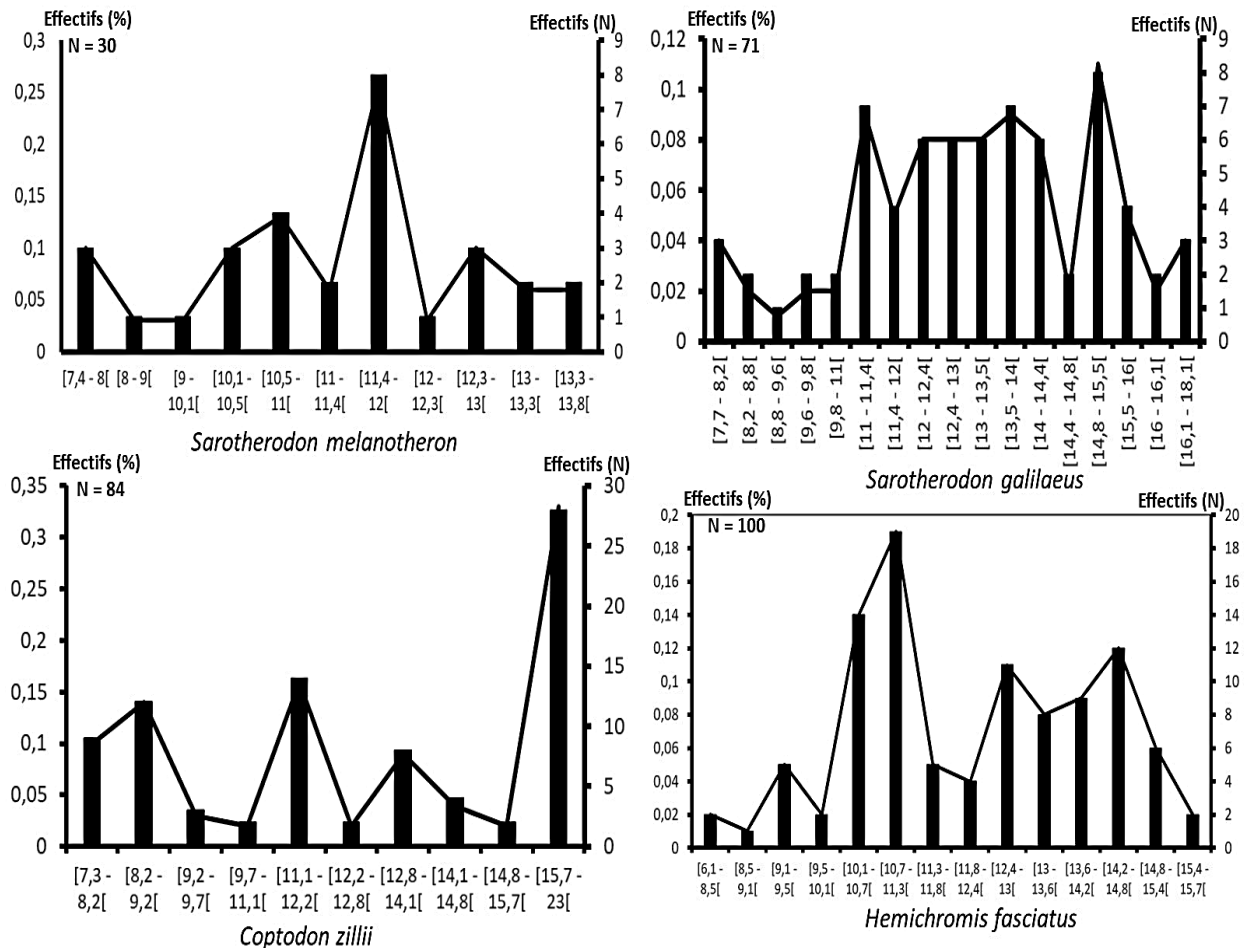


Figure 78 : Distributions globales des fréquences de tailles (Ls) des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

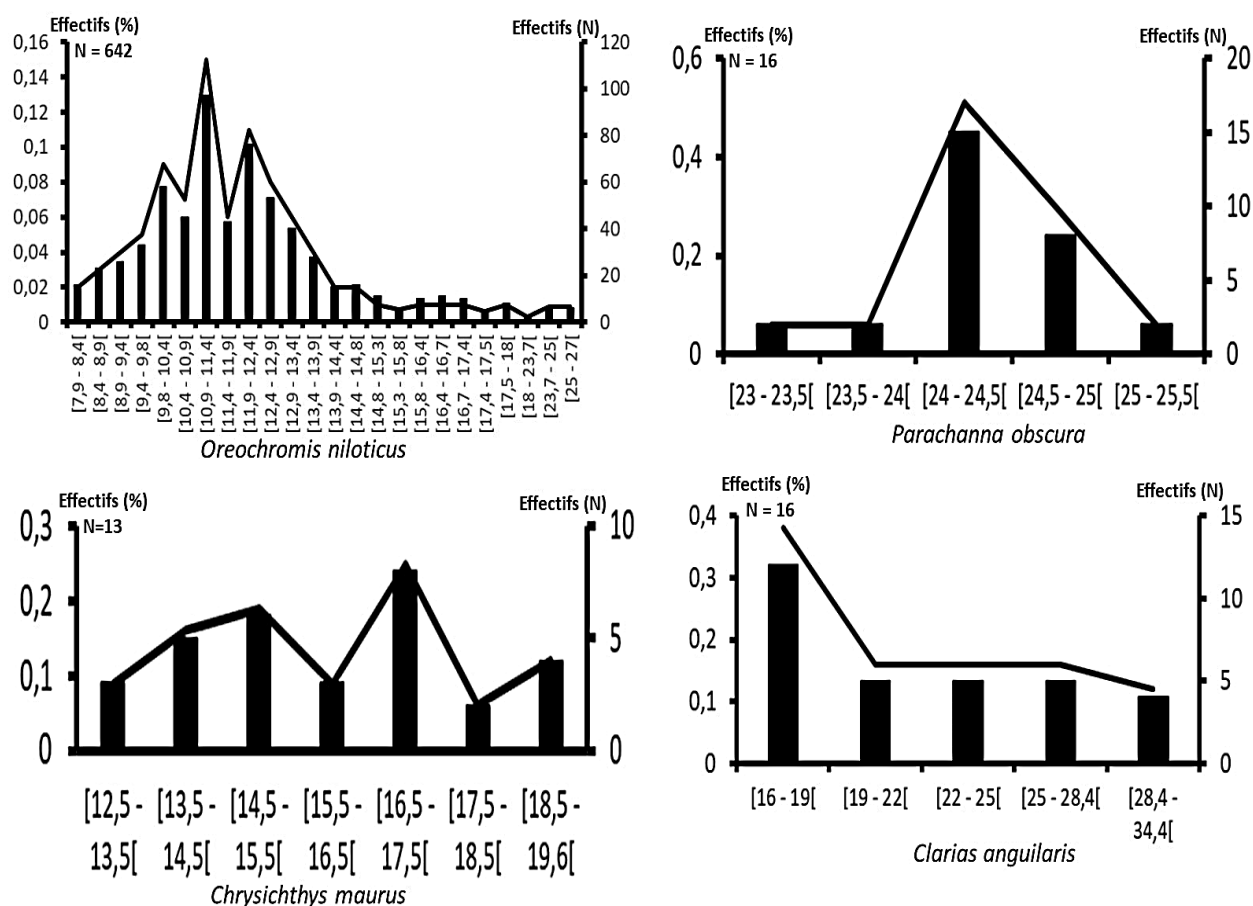


Figure 78 (suite et fin) : Distributions globales des fréquences de tailles (Ls) des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.2.1.5.11. Relations longueur-poids des huit espèces prépondérantes

La figure 79 présente les relations longueur-poids des populations de *Parachanna obscura*, *Sarotherodon melanotheron*, *Sarotherodon galilaeus*, *Coptodon zillii*, *Hemichromis fasciatus*, *Oreochromis niloticus*, *Clarias angularis* et *Chrysichthys maurus*, espèces prédominantes dans les lacs de Yamoussoukro. Les régressions sont hautement significatives avec un coefficient de corrélation $r = 0,99$ pour *Parachanna obscura*, *Sarotherodon melanotheron*, *Sarotherodon galilaeus* et *Oreochromis niloticus*, $r = 0,98$ pour *Hemichromis fasciatus* et *Coptodon zillii*, $r = 0,97$ pour *Clarias angularis* et $r = 0,88$ pour *Chrysichthys maurus* (Tableau XXXIX).

La valeur du coefficient d'allométrie (b) est de 3,01 pour *Parachanna obscura*. Cette valeur étant sensiblement égale à 3 (valeur seuil) (Test t de student ; $p < 0,05$), *Parachanna obscura*, a une allométrie isométrique ($b \approx 3$). Par conséquent, cette espèce croît aussi bien en taille qu'en poids. Par ailleurs, les valeurs du coefficient d'allométrie (b) sont de 0,11 pour *Sarotherodon melanotheron*, de 0,18 pour *Sarotherodon galilaeus*, *Hemichromis fasciatus* et *Oreochromis*

niloticus, de 0,23 pour *Coptodon zillii*, de 0,96 pour *Clarias anguilaris* et de 1,91 pour *Chrysichtys maurus*. Ces valeurs étant toutes significativement inférieures à 3 (valeur seuil) (Test *t* de student ; $p < 0,05$), *Saratherodon melanotheron*, *Saratherodon galilaeus*, *Copton zillii*, *Hemichromis fasciatus*, *Oréochromis niloticus*, *Clarias anguilaris* et *Chrysichtys maurus* ont une allométrie négative ($b < 3$). Par conséquent, ces espèces croissent plus en taille qu'en poids (Tableau XXXIX).

Les valeurs de facteur de condition *K* sont de 2,47 pour *Parachanna Obscura*, de 12,40 pour *Saratherodon melanotheron*, de 13,94 pour *Saratherodon galilaeus*, de 9,83 pour *Coptodon zillii*, de 6,95 pour *Hemichromis fasciatus*, de 13,76 pour *Oreochromis niloticus* et de 5,09 pour *Clarias anguilaris*. Ces espèces ont des valeurs de facteur de condition positives ($K > 1$). Par contre, le facteur de condition *Chrysichtys maurus* est inférieur à 1 ($K = 0,91$).

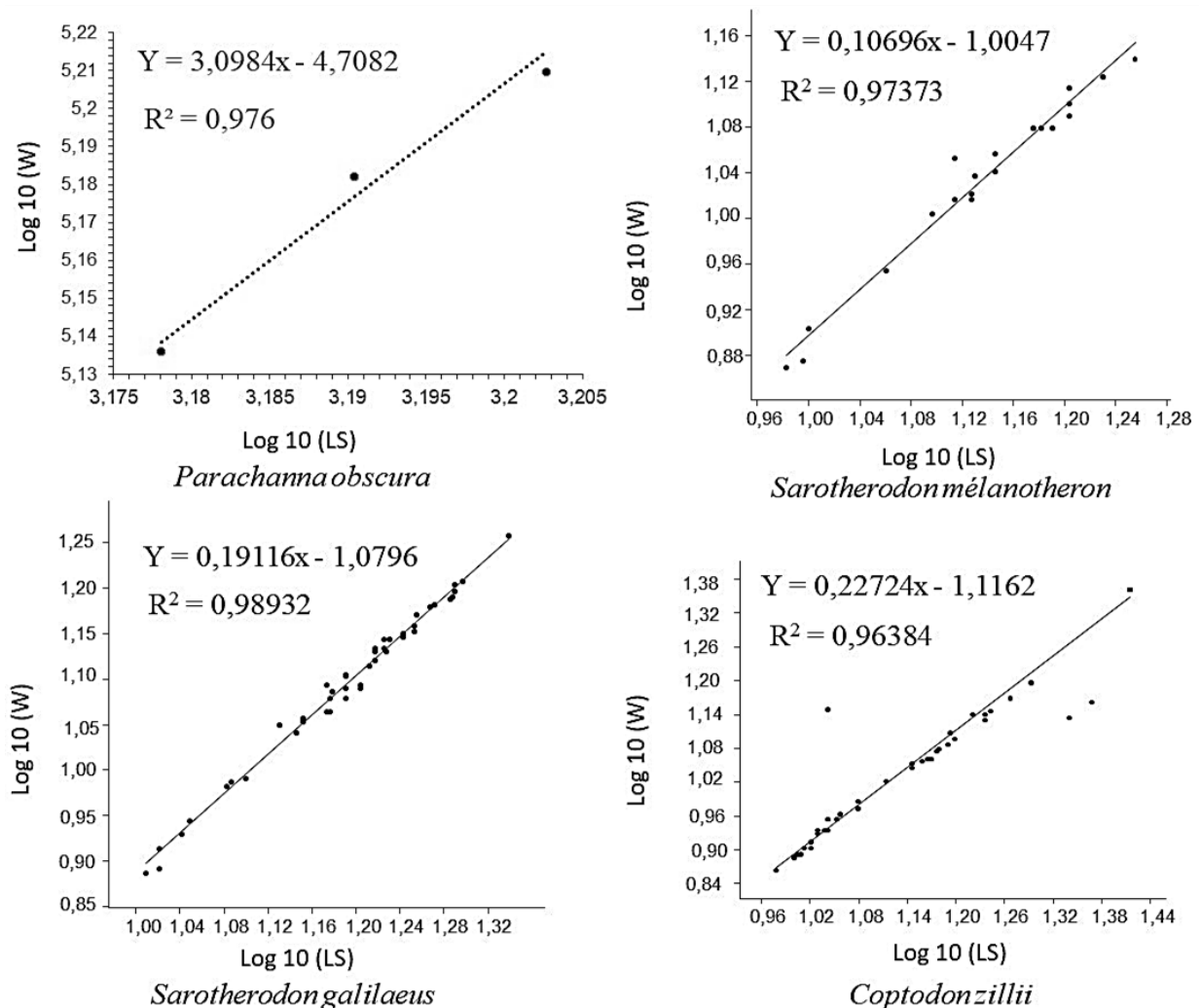


Figure 79 : Régressions entre la longueur et le poids des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : **Log10** = Logarithme à base 10 ; **LS** = Longueur standard ; **W** = Poids

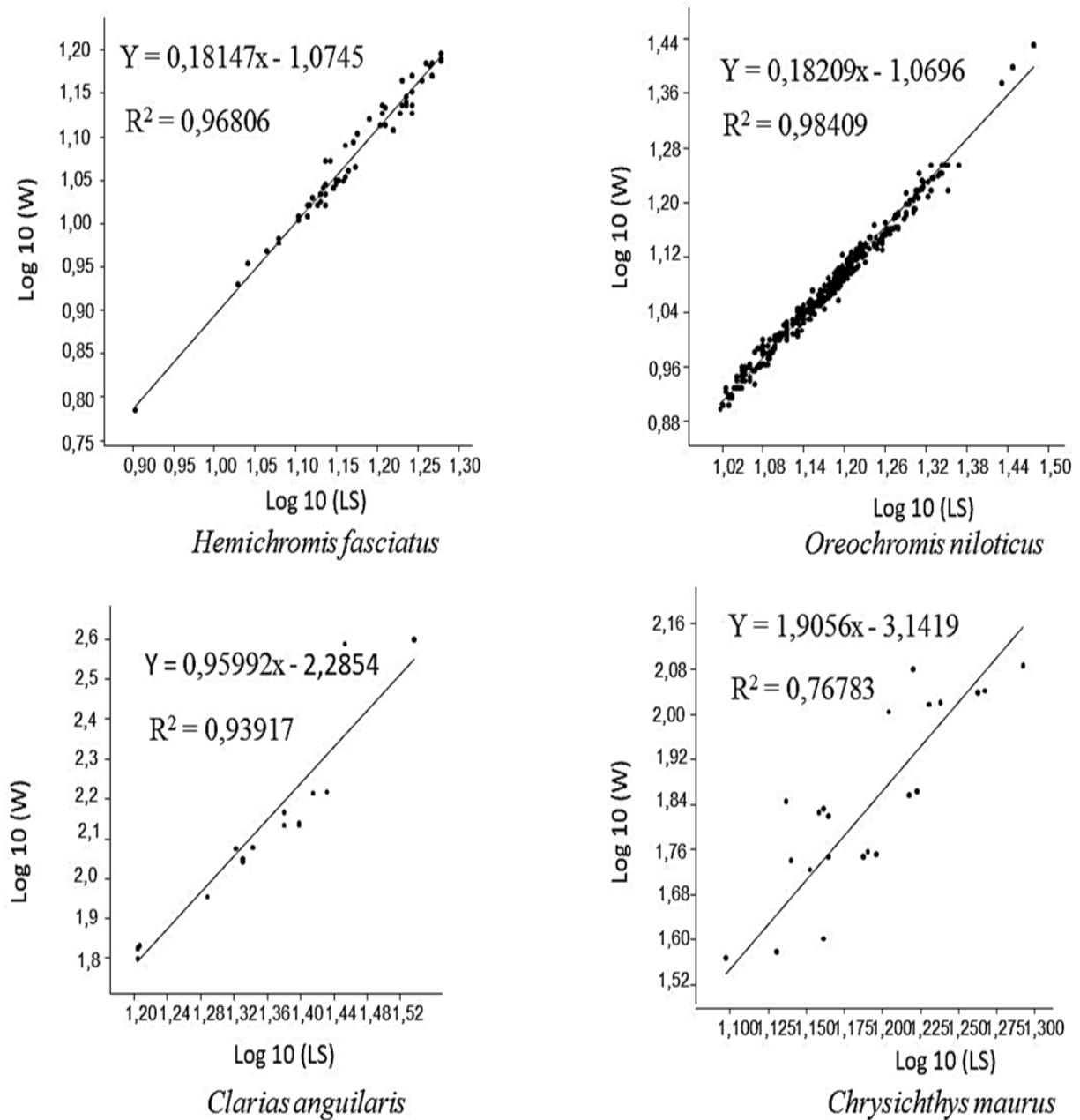


Figure 79 (Suite et fin) : Régressions entre la longueur et le poids des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022 : **Log10** = Logarithme à base 10 ; **LS** = Longueur standard ; **W** = Poids

Tableau XXXIX : Paramètres des relations longueur-poids des 8 principales espèces de poissons collectées dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Espèces	Nbr	Longueurs LS (cm)			Poids (g)			a	b	ES (b)	r	K	Cr
		Min	Moy	Max	Min	Moy	Max						
<i>Parachanna obscura</i>	16	24	13,28	24,6	170	75,04	183	-1,99	3,01	0,11	0,99	2,47	I
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	30	7,4	12,95	13,8	16,13	72,3	101	1,71	0,11	0,0012	0,99	12,40	A-
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	71	7,7	12,92	18,1	22,3	72,04	173	1,64	0,18	0,0003	0,99	13,94	A-
<i>Coptodon zillii</i>	84	7,3	12,58	23	17,74	68,79	127,47	1,60	0,23	0,0008	0,98	9,83	A-
<i>Hemichromis fasciatus</i>	100	6,1	12,7	15,7	10,43	69,91	115	1,64	0,18	0,0005	0,98	6,95	A-
<i>Oreochromis niloticus</i>	642	7,9	12,61	27	19,86	69,65	304,32	1,65	0,18	3,95	0,99	13,76	A-
<i>Clarias angularis</i>	16	16	13,01	34,4	63	72,98	398	0,43	0,96	0,02	0,97	5,09	A-
<i>Chrysichthys maurus</i>	13	12,5	12,98	19,6	38	72,68	122	0,42	1,91	0,11	0,88	0,91	A-

Nbr = Nombre de spécimens, **Min** = minimum, **Max** = maximum, **Moy** = moyenne, **a** = constance de proportionnalité, **b** = Coefficient d'allométrie, **ES** = erreur standard, **K** = Facteur de condition, **r** = Coefficient de corrélation, **Cr** = type de croissance, **A-** = allométrie négative et **I** = allométrie isométrique

3.2.2. Discussion

La communauté phytoplanctonique des lacs urbains de Yamoussoukro est composée de 99 espèces réparties entre 26 familles, 14 ordres et 5 Embranchements. Cette diversité taxonomique est inférieure à celle rapportée par Nangoh (2019) qui a inventorié 191 espèces réparties en 31 familles, 15 ordres 5 embranchements dans les lacs urbains de Yamoussoukro. Cette faible diversité taxonomique s'expliquerait d'une part, par une différence du nombre de lacs échantillonnés et d'autre part, par le nombre de campagnes menées. En effet, les travaux de Nangoh ont été réalisés dans 8 lacs urbains de Yamoussoukro avec 12 campagnes menées sur deux ans (2015 à 2017). Par contre, la présente étude n'a été menée que dans 6 lacs urbains avec 6 campagnes réalisées. De plus, ces deux études n'ont que 5 lacs en commun, à savoir les lacs urbains 1, 2, 3, 4 et 5. Cependant, la présente richesse phytoplanctonique des lacs urbains de Yamoussoukro est supérieure à celle enregistrée par Kouassi *et al.* (2021) sur le lac Bacon au Sud de la Côte d'Ivoire, où ces auteurs ont inventorié 69 espèces.

La distribution de la richesse taxonomique en fonction des lacs montre que le lac 3 est le plus riche en espèces (55 espèces) alors que le lac 6 est pauvre en espèces (20 espèces). La richesse en espèces du lac 3 s'expliquerait par le fait qu'il est le plus grand lac urbain, moins couvert de végétaux aquatiques et renferme beaucoup de niches. En effet, la luminosité atteignant la colonne d'eau y favoriserait le développement du phytoplancton dans ce lac par rapport aux autres lacs qui sont plus couverts de macrophytes. De plus, ce lac enregistre un pH basique, une faible transparence et une faible profondeur, des conditions qui favorisent le développement du phytoplancton. Ce résultat confirme celui de Nangoh (2023) obtenu sur ce même lac.

La richesse taxonomique est élevée (entre 40 et 55 espèces) pendant les deux saisons dans les lacs 1 et 3. Cela se justifie par le fait que ces deux lacs situés au centre-ville sont moins profonds, peu transparents et peu recouverts par les végétaux aquatiques. Ces lacs reçoivent donc des eaux pluviales avec les effluents domestiques entraînant un enrichissement du milieu en sels nutritifs favorisant la poussée algale. La richesse taxonomique est faible (20 espèces) pendant la saison sèche dans le lac 6. Cela est dû au fait que ce lac a une profondeur élevée et transparent. La communauté phytoplanctonique des lacs urbains de Yamoussoukro est dominée en termes d'espèces par les Chlorophycées (33 espèces) et les Cyanobactéries (30 espèces). La forte prolifération de ces embranchements caractéristiques des milieux pollués (Reynolds *et al.*, 2000) serait liée à l'augmentation de la conductivité, du pH et de la profondeur en période de crue. En termes d'individus, on note une prédominance des Cyanobactéries (36% des individus) suivi des Chlorophycées (27% des individus). Cette dominance de ces deux embranchements est due à leur ubiquité, du fait de leur grande plasticité écologique (Nangoh 2023). Concernant

les Cyanobactéries, Thomas (2003) explique leur prolifération dans les plans d'eau par les rejets dans ces milieux d'importantes quantités d'eaux usées domestiques non traitées et par des stratégies développées pour éviter d'être la cible des brouteurs (zooplancton et poissons phytophages). Selon Kouassi (2013), ces stratégies consisteraient soit :

- *en la libération des composés chimiques leur procurant un « mauvais goût » ;
- *en leur association en grandes colonies pour passer à travers les mécanismes de filtration des brouteurs ;
- *en la production de toxines, non seulement pour éliminer les compétiteurs qui se disputent les mêmes ressources, mais aussi, pour se protéger contre la prédation par le zooplancton.

L'agglutination en colonies et la toxicité des Cyanobactéries, les rendent difficilement consommables par une grande partie du plancton animal. Ainsi, privé de nourriture, le zooplancton s'appauvrit. S'ensuit un déficit pour toute la chaîne alimentaire des lacs urbains de Yamoussoukro. Cette prolifération de Cyanobactéries pourrait également représenter un risque sanitaire élevé pour l'homme, les mammifères (bovins, ovins et chiens), les mollusques et les poissons. En effet, l'ingestion des toxines sécrétées dans l'eau (hépatotoxine, anatoxine, nodularine, microcystine, cylindrospermopsine, et saxitoxine) pourrait provoquer leur accumulation dans les organes de ces animaux affectant ainsi le réseau trophique (Levi *et al.*, 2006).

L'indice d'équitabilité de Pielou est significativement élevé dans tous les lacs urbains. Ces lacs offriraient un environnement propice (pH acide ou basique, température relativement élevée, faible profondeur et faible transparence en général) pour le développement d'un grand nombre de phytoplancton. La communauté de phytoplancton est influencée par la température (27°C à 30,5°C), faible profondeur (160 à 270 cm), faible transparence (25 à 33 cm) et le pH (6 à 8). Selon Nangoh (2023), la température est l'un des facteurs régulant la croissance et la succession du phytoplancton. L'évolution de la densité volumique du phytoplancton dans les lacs est similaire aux résultats de la biomasse. Les valeurs élevées de la densité et de la biomasse ont été notées dans les lacs 1 et 3. Cet état de fait se justifierait par l'enlèvement périodique des végétaux aquatiques flottants. Cet enlèvement des macrophytes favoriserait la pénétration de la lumière et par conséquent les activités photosynthétiques par les algues. Par ailleurs, ces lacs situés au centre-ville, reçoivent assez de nutriments provenant des eaux usées domestiques et des activités agricoles.

L'échantillonnage du zooplancton dans les lacs urbains de Yamoussoukro a permis de collecter 31 espèces. Cette richesse taxonomique est identique à celle observée par Fofana *et al.* (2019)

dans le lac Kaby à l'Est de la Côte d'Ivoire (31 espèces) et par Adandedjan *et al.* (2017) sur lac Nokoué au Sud du Bénin (31 espèces). Cela s'expliquerait par le fait que tous ces lacs soient en agglomération subissant ainsi des rejets domestiques pouvant entraîner la pollution du milieu. La répartition de la richesse taxonomique en fonction des groupes montre que les Rotifères (57% des espèces inventoriées) dominent largement le peuplement zooplanctonique. Pour Margalef (1983), ce groupe zooplanctonique serait le plus abondant en eau douce. Ils peuvent consommer des particules fines, comme les bactéries et les détritiques organiques abondants dans les écosystèmes aquatiques eutrophes. Il finit pour dire en substance que la prédominance des Rotifères en milieu dulçaquicole serait un signe de son eutrophisation (Margalef, 1983). Cette prédominance des Rotifères pourrait enfin s'expliquer par le fait qu'ils se reproduisent préférentiellement par parthénogenèse en milieu dégradé (Flot *et al.*, 2013). Ce groupe est suivi des Copépodes (30%) puis des Cladocères (12%). Ces résultats corroborent ceux de Fofana *et al.* (2019) obtenus sur le lac Kaby.

La richesse taxonomique et la densité volumique du zooplancton des lacs ne varient pas significativement d'une saison à l'autre. Ceci s'explique par la disponibilité de ressources nutritives apportées en toutes saisons. En effet, autour de ces lacs s'exercent des cultures maraîchères à chaque période de l'année, en plus les eaux pluviales rejettent des effluents domestiques dans ces lacs entraînant un enrichissement du milieu en sels nutritifs favorisant la poussée algale, premier maillon alimentaire du zooplancton.

Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou sont significatives dans tous les lacs urbains de Yamoussoukro. Ces lacs offriraient un environnement favorable pour le développement d'un grand nombre de zooplancton.

L'inventaire des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro a permis de recenser 19 espèces réparties entre 11 familles, 9 ordres et 3 classes : Filicopsides, Liliopsides et Magnoliopsides. Parmi ces classes, les Liliopsides détiennent un grand nombre d'espèces. En effet, la richesse en espèces des Liliopsides s'explique par le fait que cette classe est bien représentée dans la zone tropicale humide de transition et que les espèces de cette classe bouclent leur cycle rapidement, possèdent une particularité très importante celle de la multiplication végétative par tallage. La présente richesse taxonomique (19 espèces inventoriées) est supérieure aux 5 espèces de macrophytes inventoriées sur les lacs de Yamoussoukro par Etien & Arfi (1996) lors de leurs travaux sur les eaux continentales ivoiriennes. Cette différence de espèces s'expliquerait par la forte anthropisation des lacs liée à l'urbanisation et à la prolifération sur les bassins versants de maraîchers fortement dépendant

d'engrais et de pesticides agricoles. Les activités agricoles et le bétail participent sans doute à la dissémination des diaspores des macrophytes (par anthropochorie et zoochorie), (Michel *et al.*, 2011). En outre, cette situation serait due au manque de curages réguliers du fond de ces lacs urbains. Pour Galvez-Cloutier *et al.* (2002), la prolifération de macrophytes serait due à la minéralisation des eaux. De plus, la décomposition de ces macrophytes pourrait être une source potentielle élevée d'azote organique qui entraînerait les baisses très importantes d'oxygène dissous dans le milieu.

La répartition de la richesse taxonomique et les variations spatiales de l'abondance des macrophytes dans les lacs de Yamoussoukro indiquent que le lac 5 héberge un plus grand nombre d'espèces (10 espèces) et a une abondance en macrophytes élevée (16001 individus). Cette situation s'expliquerait par le fait que ce lac reçoit plus d'apports exogènes en éléments nutritifs du fait du rejet des produits phytosanitaires, du déversement des vidanges de latrines et autres déchets. Cela favoriserait la prolifération d'un grand nombre d'espèces de macrophytes à sa surface. Au niveau saisonnier, les plus grandes abondances de macrophytes (16001 individus) sont observées durant la saison pluvieuse sur le lac 5. Cette observation serait liée au drainage accru d'éléments nutritifs et à la baisse de la température pendant cette saison qui favoriseraient la forte croissance des végétaux aquatiques. En revanche, la faible abondance de ces végétaux sur le lac 2 durant la saison sèche serait le fait de l'été. Pour Chatenet *et al.* (2000), les changements qui surviennent au sein d'une phytocénose dans les milieux aquatiques reflèteraient la modification du niveau hydrique de ces milieux. Sur l'ensemble des lacs urbains de Yamoussoukro, les Magnoliopsides sont les plus abondantes (73% des espèces inventoriées). Cette abondance se justifierait par leur capacité à s'adapter à des niveaux élevés de nutriments (eutrophisation) et liée aussi à une pollution organique (Kimba *et al.*, 2023) d'où la grande abondance de *Nelumbo nucifera* et *Nymphaea lotus* sur les lacs urbains de Yamoussoukro. Pour ces auteurs l'abondance des Magnoliopsides a des implications trophiques significatives, car ces plantes influencent directement les réseaux alimentaires et la dynamique des écosystèmes aquatiques. En effet, la forte abondance des Magnoliopsides augmente la production primaire dans les lacs. Cela fournit une source d'énergie supplémentaire pour les herbivores aquatiques, tels que les invertébrés et certains poissons. En favorisant ces herbivores aquatiques, elles pourraient indirectement influencer les niveaux trophiques supérieurs, comme les prédateurs piscivores.

Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité sont élevés sur les lacs 3 et 4. Ces lacs ont un environnement favorable (abondance de matières organiques et lacs peu profonds) au développement des macrophytes.

Quant à l'inventaire des communautés de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro, il fait état de la présence de 78 espèces de 40 familles, 19 ordres et 4 classes (Arachnides, Clitellates, Insectes et Gastéropodes). La présente composition taxonomique est inférieure à celle rapportée par Tapé (2020) qui a inventorié 107 espèces réparties entre 52 familles, 13 ordres et 6 classes dans huit (8) lacs urbains de Yamoussoukro. En effet, comme Nangoh (2019), Tapé (2020) a effectué 12 campagnes dans huit lacs urbains de Yamoussoukro. Par ailleurs, le peuplement de macroinvertébrés aquatiques est dominé par les insectes qui représentent 56 espèces sur 78 inventoriées (soit 71,79 %). Ce résultat est relativement similaire aux conclusions des études menées en Côte d'Ivoire par Kouamé (2014), dans le lac du barrage de Taabo et Tapé (2020) dans les lacs urbains de Yamoussoukro. D'une part, cette grande importance des insectes serait liée à leur prédominance dans les communautés de macroinvertébrés à cause de leur grande plasticité écologique. D'autre part, selon Gagnon et Pedneau (2006), les insectes représentent près de 95 % des organismes présents dans les milieux aquatiques d'eau douce. La faible richesse en espèces des Ephéméroptères (2 espèces) et des Trichoptères (1 espèce) traduirait une mauvaise qualité des eaux à l'exception du lac 6. Ces organismes sont en effet réputés vivre dans des milieux bien oxygénés et de bonne qualité (Djéné, 2019) d'où leur forte abondance dans le lac 6. Selon Tapé (2020), la faible présence de ces macroinvertébrés polluo-sensibles dans les lacs urbains (lacs 1, 2, 3, 4 et 5) de Yamoussoukro serait liée au fait que certains lacs soient envahis par des macrophytes. Ces derniers utilisent en effet, une part importante de l'oxygène dissous disponible dans le milieu au cours de leur respiration. Ce qui réduit considérablement la quantité d'oxygène utilisable par les autres organismes aquatiques notamment les macroinvertébrés polluo-sensibles.

Les gastéropodes sont la deuxième classe riche en espèces (13 espèces soit 16,16%) mais sont surtout la classe qui détient un grand nombre d'individus avec 4357 individus, soit 83 % des individus inventoriés. Cette observation corrobore les travaux de Tapé (2020) qui a enregistré une forte abondance des gastéropodes dans les lacs de Yamoussoukro. En effet, les engrais organiques et chimiques utilisés pour les cultures maraîchères sur les berges des lacs sont transportés dans le milieu aquatique qu'ils enrichissent, boostant la production des algues et des macrophytes (Kaboré *et al.*, 2016) qui constituent une source importante de nourriture pour de nombreux gastéropodes (Strong *et al.*, 2008). Pour Kouamé (2014), la prolifération des végétaux aquatiques constitue des habitats appropriés pour les mollusques gastéropodes qui n'ont pas une grande exigence écologique. Par ailleurs, la constance du gastéropode *Biomphalaria pfeifferi*, hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni* qui transmet la bilharziose intestinale et de l'insecte *Diplonychus* sp., agent vecteur de l'Ulcère de burili dans l'ensemble

des lacs visités représenterait des risques sanitaires élevés de la transmission de ces maladies pour les populations. Pour Dreyfuss & Rondelaud (2011), la dégradation de la qualité des eaux favoriserait le développement et la prolifération d'hôtes intermédiaires et d'agents vecteurs qui hébergent des formes larvaires d'agents pathogènes, dont ils assurent la maturation jusqu'à leur stade infestant.

Sur un effectif de 78 espèces inventoriées, quatre sont constantes dans tous les lacs. Parmi ces espèces, trois sont des gastéropodes et un insecte (Hémiptère). Selon Tapé (2020), cela pourrait s'expliquer par l'existence de transferts interbassins du fait de la proximité des bassins versants des lacs étudiés. L'indice de Shannon et l'équitabilité de Pielou sont plus élevés au niveau du lac 6 (lac témoin). La communauté de macroinvertébrés est riche en espèces et mieux organisée dans ce lac en saison sèche. Ce lac situé à l'extrémité Sud de la ville de Yamoussoukro et peu anthropisé offrirait un environnement idéal pour le développement des macroinvertébrés. En revanche, ces indices sont faibles dans le lac 5 en saison de pluie. Cela traduit une faible richesse en espèces et une mauvaise organisation. Ces faibles valeurs de ces indices seraient liées à la forte couverture de ce lac de végétaux aquatiques, une conductivité élevée, le rejet des produits des cultures maraîchères et au déversement des vidanges. Ces résultats corroborent ceux de Tapé (2020) qui a souligné l'impact négatif qu'ont les activités anthropiques sur la communauté de macroinvertébrés. La conductivité, le pH et la transparence sont les paramètres qui influencent le plus, les principales espèces. Dans l'ensemble, le nombre des Mollusques gastéropodes augmente avec la conductivité, un pH alcalin et des eaux peu transparentes. Ces mollusques auraient une préférence pour des eaux à forte conductivité où prolifèrent une forte communauté de macrophytes.

L'inventaire des poissons dans les lacs urbains de Yamoussoukro a permis de recenser 14 espèces regroupées en quatre (4) ordres, six (6) familles et une (1) classe (Actinoptérygiens). Cette richesse spécifique est inférieure à celles rapportées par les travaux de Konan *et al.* (2016), qui ont inventoriés 36 espèces dans le lac Kossou, pourtant situé sur le même bassin versant du Bandama. Cette différence en nombre d'espèces serait liée d'une part, à l'étendue du lac Kossou et au fait qu'il soit situé en zone rurale, donc moins exposé à l'anthropisation. D'autre part, à la méthode d'échantillonnage qui a été utilisée. En effet, deux approches de capture ont été utilisées à savoir la pêche expérimentale (pêche électrique, pêche avec le filet maillant et la nasse) et la pêche artisanale.

La famille des Cichlidae (Perciformes) avec sept (7) espèces est la plus riche. Ce résultat corrobore celui de Koné *et al.*, (2003), qui ont montré que la création des lacs est souvent

accompagnée de la colonisation des espèces de la famille des Cichlidae. Selon Greenwood (1981), les Cichlidae seraient l'une des familles de poissons les plus riches en espèces dans l'ensemble des bassins dans le monde. Cette famille exploiterait presque toutes les ressources alimentaires disponibles dans les milieux aquatiques (Lowe-McConnell, 1987). Cette plasticité leur permettrait de s'adapter à un grand nombre de niches écologiques.

Les variations saisonnières de l'abondance des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro indiquent que les plus grandes abondances de poissons (25 à 30 individus) sont observées durant la saison pluvieuse dans les lacs 2, 5 et 6. Cette observation serait due à la mise en circulation d'éléments nutritifs, la croissance rapide de macrophytes et la disponibilité accrue d'autres sources d'aliments, telles que les feuilles, les insectes et les mollusques qui servent de ressources alimentaires complémentaires durant la période des pluies (Allouko, 2019). De plus, cette période correspond à la période de ponte des femelles de poissons (Lévêque *et al.*, 1983). Les analyses des valeurs de facteur de condition des huit espèces prépondérantes de poissons dans les lacs urbains de Yamoussoukro traduisent une meilleure condition de vie des poissons échantillonnés. Par ailleurs, le résultat relatif à l'organisation du peuplement de poissons indique une faible diversité de la faune piscicole des lacs urbains de Yamoussoukro, pour des valeurs de l'indice de Shannon comprises entre 0,14 et 2,09 bit/ind. Cela conclut d'un état écologique perturbé et peu diversifié. Par contre, l'état d'embonpoint ($K > 1$) des espèces de *Parachanna obscura*, *Sarotherodon melanotheron*, *Sarotherodon galilaeus*, *Coptodon zillii*, *Hemichromis fasciatus*, *Oréochromis niloticus* et *Clarias anguilaris*, malgré les conditions environnementales dégradées des lacs de Yamoussoukro s'expliquerait par le fait que ces espèces ont développé des stratégies d'adaptation pouvant leur permettre de se nourrir dans tous les milieux (Djidohokpin *et al.*, 2017).

3.2.3. Conclusion partielle

La variation spatio-temporelle des organismes aquatiques des lacs urbains diffère globalement. L'inventaire de ces organismes aquatiques ont permis de révéler 5 embranchements (99 espèces) de phytoplancton qui sont dominés par les Chlorophytes et les Cyanophytes. S'agissant du zooplancton, 4 groupes ont été recensés dominés les Rotifères. La prédominance des Chlorophytes et des Cyanophytes chez le phytoplancton et des Rotifères chez le zooplancton traduit un état d'eutrophisation avancé des lacs urbains. L'échantillonnage a également permis d'inventorier 3 classes (19 espèces) de macrophytes dont les plus abondants sont les Magnoliopsides. La forte prolifération des Magnoliopsides est liée à la présence de matières organiques dans ces lacs. Quant à l'inventaire des macroinvertébrés, il fait état de la

présence de 4 classes (78 espèces). Parmi ces classes, les gastéropodes qui caractérisent les milieux pollués sont les plus abondants.

Quant à l'inventaire de la faune piscicole des lacs urbains de Yamoussoukro, il a permis de recenser 14 espèces regroupées en 4 ordres. L'ordre des Perciformes (8 espèces), auquel appartient la famille des Cichlidae (7 espèces) sont les plus diversifiés et les plus abondants. Les analyses des paramètres de croissance des huit espèces prépondérantes de poissons dans les lacs urbains de Yamoussoukro révèlent que seul, *Chrysichtys maurus* vit dans de mauvaises conditions, contrairement aux 7 autres espèces. Par ailleurs, les analyses relatives aux relations longueur-poids de ces espèces montrent une allométrie isométrique pour *Parachanna obscura* mais négative pour les 7 autres espèces.

3.3. Caractéristiques des relations trophiques entre les organismes aquatiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire)

3.3.1. Résultats

3.3.1.1. Chaîne trophique au sein des communautés de macroinvertébrés

3.3.1.1.1. Structure trophique des macroinvertébrés

La figure 80 présente les proportions taxonomiques des quatre groupes trophiques collectés dans les lacs urbains de Yamoussoukro. Les Prédateurs avec 47 espèces (soit 60 %) dominent les communautés de macroinvertébrés. Ils sont suivis des Herbivores qui comptent 24 espèces, soit 31 %. Les Détritvores (5 espèces) et les Filtreurs (4 espèces) sont moins importants et ne représentent respectivement que 5 % et 4 % des espèces récoltées.

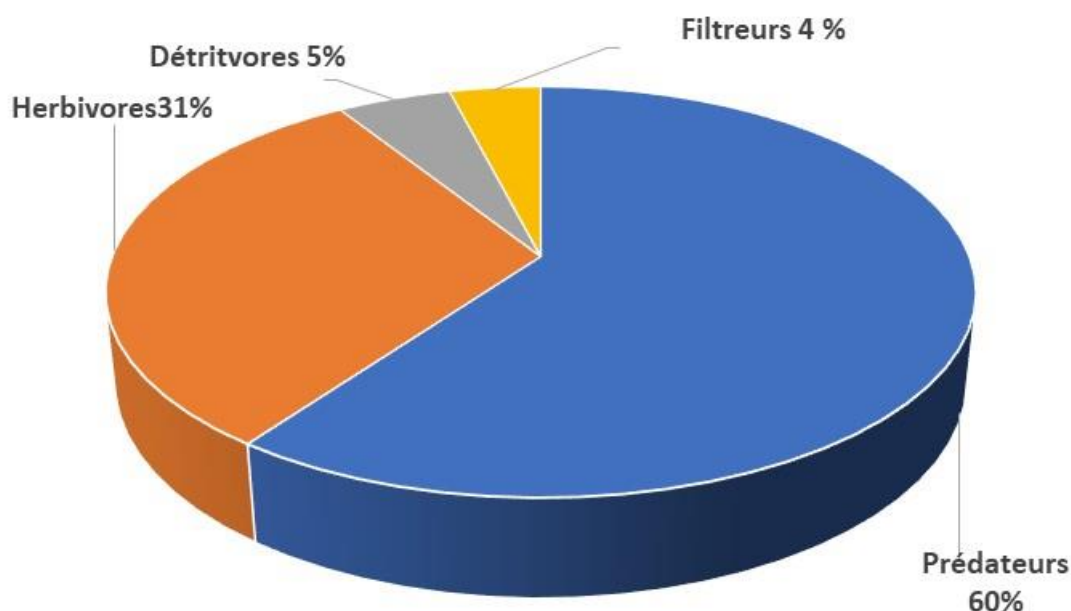


Figure 80 : Répartitions des groupes trophiques de macroinvertébrés récoltés dans les lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.3.1.1.2. Réseau trophique entre plancton, macrophytes et macroinvertébrés

La figure 81 présente le réseau trophique entre les communautés planctoniques, de macrophytes aquatiques et de macroinvertébrés.

Au sein de la communauté de macroinvertébrés, la chaîne trophique est dominée par les Prédateurs qui consomment les Détritvores, les Filtreurs et les Herbivores. En outre, les Détritvores assurent la décomposition des Filtreurs, des Prédateurs et des Herbivores après leur mort.

Dans le réseau trophique, les producteurs sont représentés par les macrophytes et le phytoplancton. Les consommateurs primaires sont constitués du zooplancton et des

macroinvertébrés (Prédateurs, Herbivores et Filtreurs). Les Détritivores, qui représentent les consommateurs secondaires assurent la décomposition des consommateurs primaires et des producteurs après leur mort.

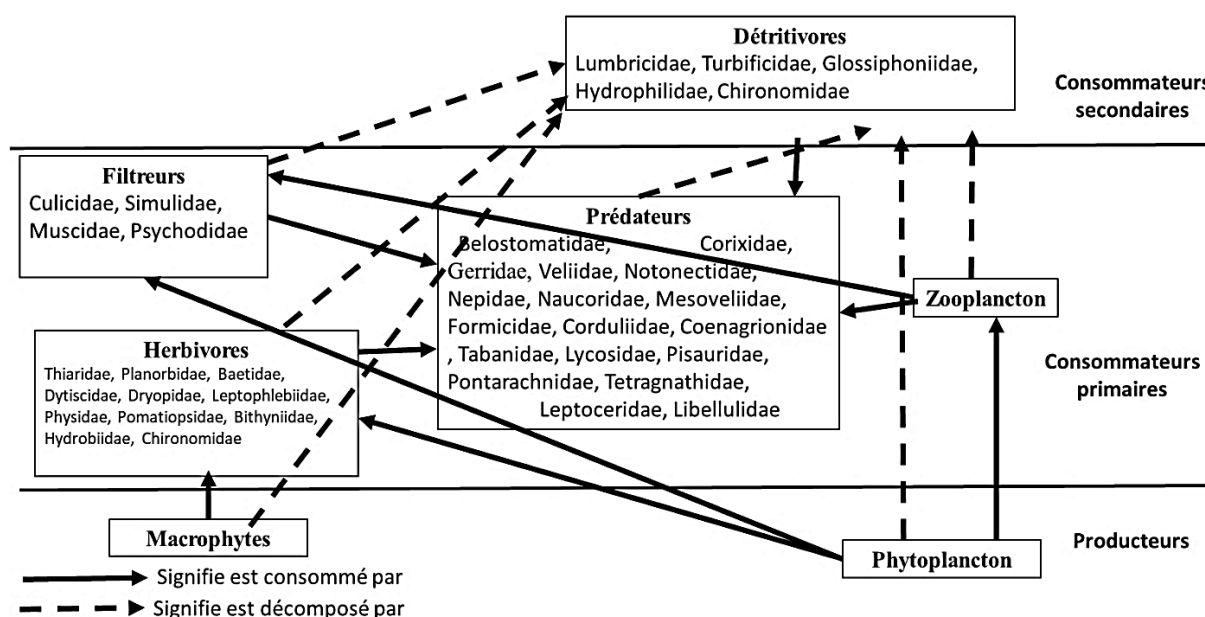


Figure 81 : Réseau trophique entre les communautés planctoniques, de macrophytes et de macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

3.3.1.2. Régimes alimentaires de l'ichtyofaune

Dans cette étude, un total 887 estomacs pleins ont été examinés. Ces estomacs appartiennent à cinq (5) espèces : *Sarotherodon melanotheron* (n=30), *Sarotherodon galilaeus* (n=68), *Hemichromis fasciatus* (n=81), *Coptodon zillii* (n=84) et *Oreochromis niloticus* (n=624). Toutes ces espèces appartiennent à la famille des Cichlidae. Les régimes alimentaires des différentes espèces ont été décrits à l'aide de l'indice de prépondérance (Ip).

3.3.1.2.1. Compositions des proies consommées par les poissons

Les compositions des contenus stomacaux des 5 espèces de poissons sont illustrées dans le tableau XL. L'analyse révèle 5 catégories de proies à savoir le phytoplancton, le zooplancton, les macroinvertébrés, les poissons et autres. Le phytoplancton est constitué des Dinophytes, des Cyanophytes, des Euglénophytes et des Chlorophytes. Le zooplancton est composé des Rotifères, des Copépodes, des Cladocères et des Ostracodes. Les macroinvertébrés sont représentés par les Arachnides, les Clitellates et les Mollusques (Bivalves et Gastéropodes). Les poissons sont représentés par les alevins. Dans la catégorie autre, figure les macrophytes qui sont représentés par les fragments de feuilles et de bois, les graines, les fruits et les débris végétaux. *Coptodon zillii*, *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* ont un régime

alimentaire riche en macroinvertébrés aquatiques, phytoplancton, zooplancton et en macrophytes, que celui de *Hemichromis fasciatus* et de *Sarotherodon melanotheron*. Par contre, les alevins font partie du régime alimentaire de *Hemichromis fasciatus*.

Tableau XL : Différentes proies identifiées dans les contenus stomacaux des 5 espèces de poissons disséquées et examinées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Espèces/Proies	Contenus stomacaux													
	Phyto.					Zoo.				Macroinvert.			Pois.	Aut.
	Di	Cy	Eu	Ch	Ro	Co	Cl	Os	Ar	Cli	Mo	Ins	Al	Ma
<i>Coptodon zillii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
<i>Hemichromis fasciatus</i>	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-
<i>Oreochromis niloticus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+

+ = Présence de proies ; - = Absence de proies

3.3.1.2.2. Occurrences des proies des poissons

Le tableau XLI présente les fréquences d'occurrence (F) des proies des 5 espèces de poissons examinés. Le phytoplancton constitue une proie fréquente chez *Oreochromis niloticus* ($F = 76\%$), chez *Coptodon zillii* ($F = 65,2\%$), *Sarotherodon galilaeus* ($F = 78,4\%$) et *Sarotherodon melanotheron* ($F = 70,3\%$) et une proie accidentelle, chez *Hemichromis fasciatus* ($F = 17,1\%$). Le zooplancton est une proie accessoire chez *Coptodon zillii* ($F = 20,4\%$) et accidentelle chez *Oreochromis niloticus* ($13,9\%$), *Sarotherodon galilaeus* ($F = 18,4\%$), *Sarotherodon melanotheron* ($F = 13\%$) et *Hemichromis fasciatus* ($F = 9,3\%$). En ce qui concerne, les macroinvertébrés aquatiques, ils sont une proie accidentelle, chez les espèces étudiées. Il en est de même pour les macrophytes.

3.3.1.2.3. Prépondérances des proies dans les régimes alimentaires

Les importances des proies dans le régime alimentaire des 5 espèces de poissons examinées sont illustrées dans le tableau XLI. Le phytoplancton constitue la principale ressource alimentaire de *Oreochromis niloticus* ($IP = 74,9\%$), *Sarotherodon galilaeus* ($IP = 70\%$), *Sarotherodon melanotheron* ($IP = 70\%$) et *Coptodon zillii* ($IP = 44,4\%$). En revanche, il est une ressource alimentaire accessoire pour *Hemichromis fasciatus* ($IP = 2,7\%$). Le zooplancton représente une proie importante pour *Coptodon zillii* ($IP = 30\%$), secondaire chez *Oreochromis*

niloticus ($IP = 19,1 \%$), chez *Sarotherodon galilaeus* ($IP = 17 \%$), *Sarotherodon melanotheron* ($IP = 15,7 \%$) et *Hemichromis fasciatus* ($IP = 10 \%$). Les macroinvertébrés sont des proies secondaires chez *Sarotherodon galilaeus* ($IP = 11,3 \%$) et chez *Sarotherodon melanotheron* ($IP = 13,2 \%$). Ils sont des proies accessoires chez *Oreochromis niloticus* ($IP = 0,9 \%$), *Coptodon zillii* ($IP = 5,6 \%$) et chez *Hemichromis fasciatus* ($IP = 2,3 \%$). L'analyse des pourcentages obtenus montre que les poissons sont les proies principales de *Hemichromis fasciatus* ($IP = 85 \%$). Les débris végétaux (macrophytes) sont accessoires chez les cinq (5) espèces de poissons.

Tableau XLI : Occurrences des proies (% F) et Indices de Prépondérance (% Ip) des proies consommées par les 5 espèces de poissons disséquées et examinées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Espèces/ Proies	Phytoplancton			Zooplancton			Macroinvertébrés			Poissons			Autres		
	FC	P	IP	FC	P	IP	FC	P	IP	F C	P	IP	FC	P	IP
<i>Coptodon zillii</i>	65,2	19,2	60	20,4	70,3	30	2,4	0,7	5,6	0	0	0	12	10	4,4
<i>Hemichromis fasciatus</i>	17,1	4,18	3	9,3	16,4	10	4,7	0,3	2,3	69	80	85	0	0	2,3
<i>Oreochromis niloticus</i>	76	29,3	75	13,9	68,5	19,1	5,4	0,6	1,9	0	0	0	4,7	2	4,1
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	78,4	46,7	70	18,4	40	17	0,1	12,4	11,3	0	0	0	3,1	1	1,7
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	70,3	52	70	13	46,2	15,7	14,5	0,2	13,2	0	0	0	2,2	2	1,1

3.3.1.2.4. Chevauchements alimentaires des poissons

Le tableau XLII présente les valeurs de l'indice de chevauchement alimentaire ($C\lambda$) des régimes alimentaires des 5 espèces examinées dans les lacs de Yamoussoukro. Les valeurs de l'indice de chevauchement alimentaire ($C\lambda$) calculé à partir des valeurs de l'indice de prépondérance (Cf Tableau XLI) sont toutes supérieures à 0. Les régimes alimentaires des espèces sont fortement significatifs pour les couples :

- *Coptodon zillii* et *Oreochromis niloticus* (0,85), *Coptodon zillii* et *Sarotherodon galilaeus* (0,77), *Coptodon zillii* et *Sarotherodon melanotheron* (0,72). La principale ressource partagée est le phytoplancton (Dinophycées, Cyanobactéries, Euglénophycées et Chlorophycées) et la secondaire est le zooplancton (Rotifères, Copépodes et Cladocères) ;
- *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* (1), *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* (0,98). La principale ressource partagée est le phytoplancton (Dinophycées, Cyanobactéries et Euglénophycées) et la seconde est le zooplancton (Rotifères, Copépodes et Cladocères) ;

- *Sarotherodon galilaeus* et *Sarotherodon melanotheron* (1). La principale ressource partagée est le phytoplancton (Dinophycées et Cyanobactéries) et la secondaire est le zooplancton (Rotifères, Copépodes et Cladocères).

Tableau XLII : Indices de chevauchement alimentaire (CI) des régimes alimentaires des 5 espèces de poissons disséquées et examinées dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

	Czi	Hfa	Oni	Sga
Czi				
Hfa	0,11			
Oni	0,85	0,07		
Sga	0,77	0,06	1	
Sme	0,72	0,05	0,98	1

Les valeurs significatives sont en gras, **Hfa** = *Hemichromis fasciatus*, **Czi** = *Coptodon zillii*, **Oni** = *Oreochromis niloticus*, **Sga** = *Sarotherodon galilaeus* et **Sme** = *Sarotherodon melanotheron*, les valeurs significatives sont en gras

3.3.1.3. Réseaux trophiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Les réseaux trophiques obtenus avec les espèces de poissons et les autres communautés (plancton, macrophytes et macroinvertébrés) collectés dans les lacs urbains de Yamoussoukro sont présentés par les figures 82, 83 et 84. Quatre (4) niveaux trophiques à savoir les producteurs, les consommateurs primaires, les consommateurs secondaires et les consommateurs tertiaires ont été identifiés.

Les producteurs sont composés des macrophytes, du phytoplancton et des débris végétaux. Les consommateurs primaires sont constitués des macroinvertébrés (Filtreurs, Prédateurs et Brouteurs) et du zooplancton. Les consommateurs secondaires sont différents selon le réseau trophique et sont majoritairement constitués d'espèces planctophages. Les consommateurs secondaires issus des lacs du groupe I sont constitués des poissons (*Coptodon zillii*, *Oreochromis niloticus* et *Clarias anguillaris*). Quant aux consommateurs secondaires des lacs du groupe II, ils regorgent les poissons (*Coptodon zillii*, *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galilaeus* et *Sarotherodon melanotheron*). *Hemichromis fasciatus* représente le consommateur tertiaire de ce réseau. Les consommateurs secondaires du groupe III renferment les poissons (*Parachanna obscura*, *Clarias anguillaris*, *Clarias gariepinus*, *Chrysichthys maurus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Coptodon guineensis*, *Coptodon hybride*, *Coptodon zillii*, *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus*).

Le consommateur tertiaire du réseau trophique des lacs du groupe I est *Hemichromis fasciatus*. Dans le réseau trophique des lacs du groupe II, les consommateurs tertiaires sont *Hemichromis fasciatus* et *Heterotis niloticus*. S'agissant du réseau trophique du groupe III, les consommateurs tertiaires sont *Hepsetus odoe* et *Heterotis niloticus*.

L'ensemble des producteurs, des consommateurs primaires, secondaires et tertiaires sont décomposés par les macroinvertébrés Détritviores après leur mort. Par ailleurs, ces différents réseaux trophiques sont dominés par les consommateurs secondaires.

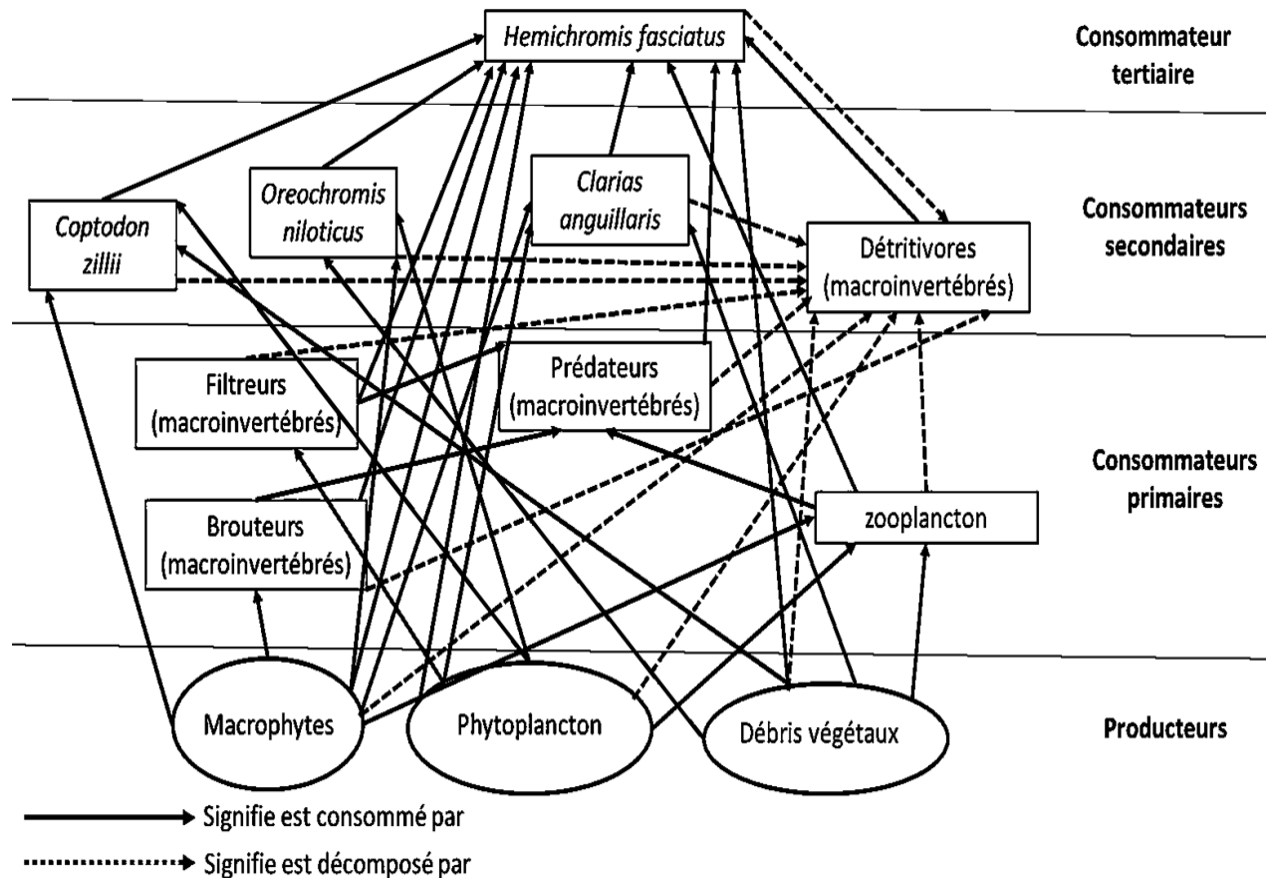


Figure 82 : Schéma du réseau trophique du groupe I (lacs 1, 2 et 3) défini par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

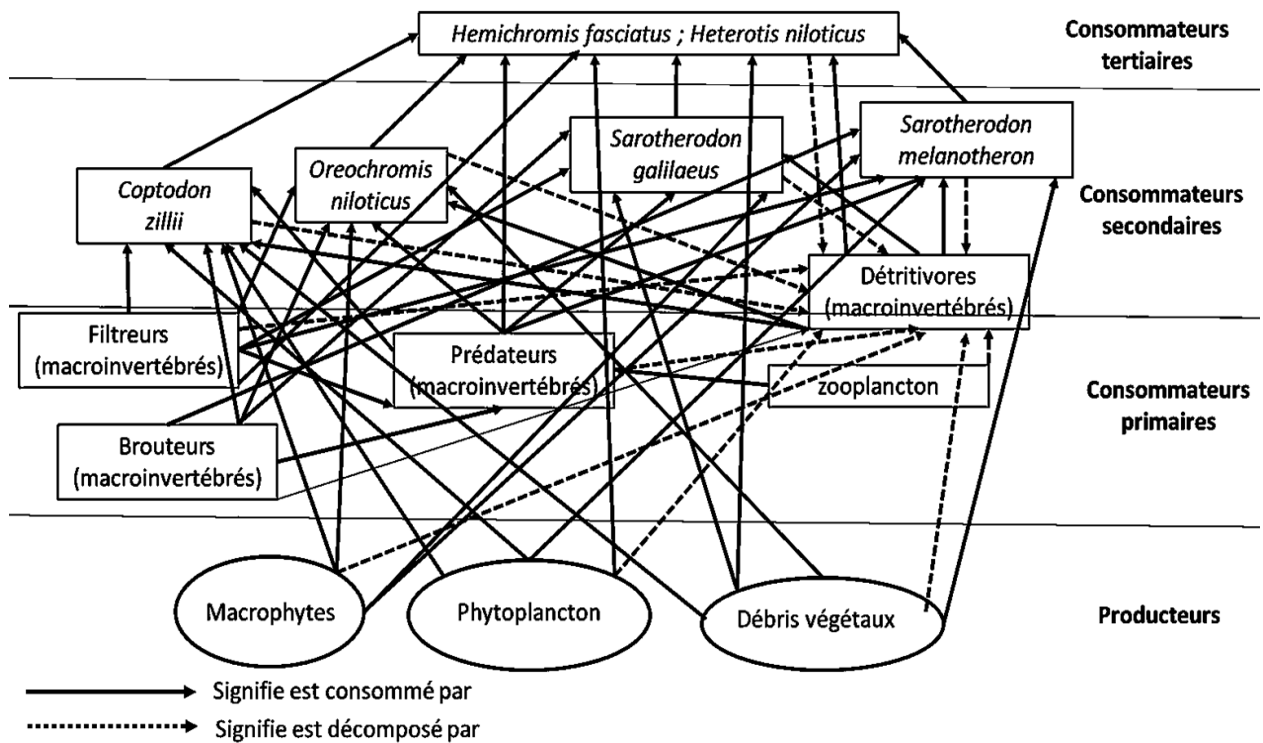


Figure 83 : Schéma du réseau trophique du groupe II (lacs 4 et 5) défini par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

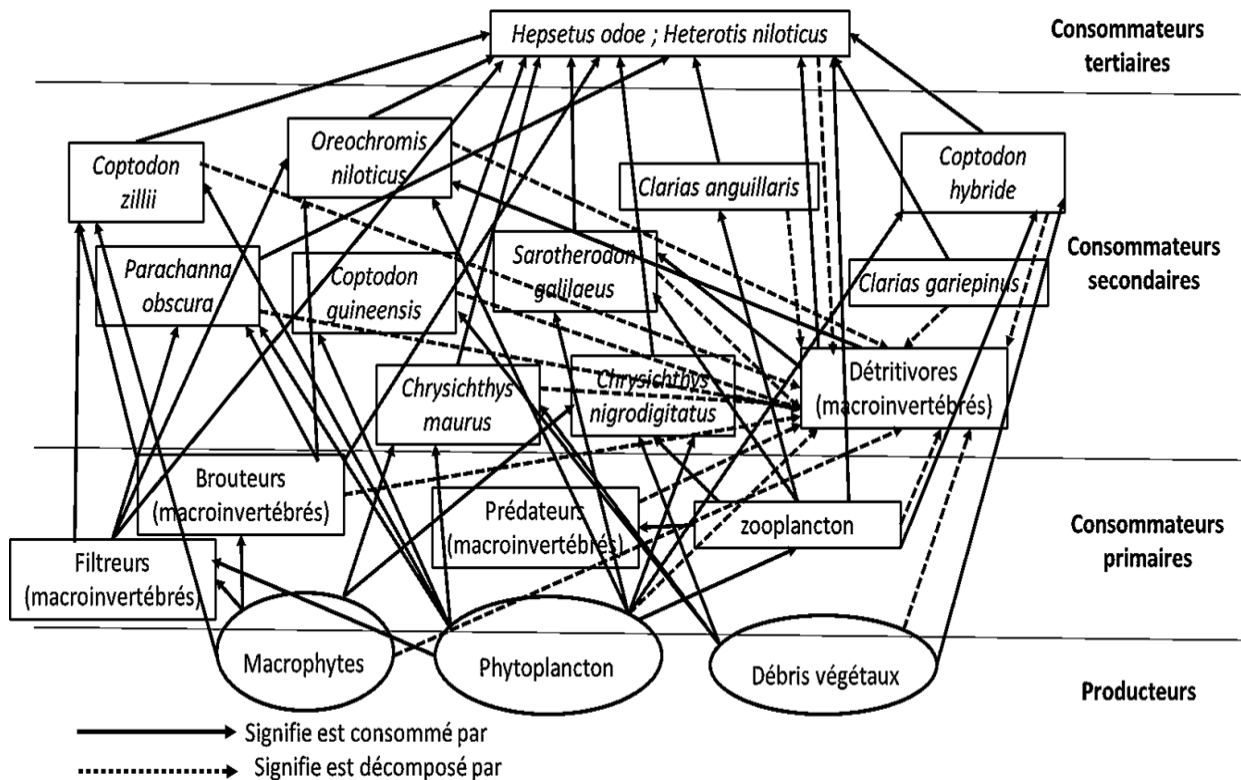


Figure 84 : Schéma du réseau trophique du groupe III (lac 6) défini par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

3.3.1.4. Pyramides des biomasses des quatre niveaux trophiques

Le tableau XLIII présente les biomasses des quatre niveaux trophiques des trois (3) groupes de lacs définis par la Classification Hiérarchique ascendante (CHA). La biomasse des producteurs est plus élevée (19,8 kg/m²) dans les lacs du groupe I. En revanche, elle est basse (10 kg/m²) dans le lac appartenant au groupe III. Concernant les consommateurs primaires, leur biomasse est plus élevée (10 kg/m²) dans les lacs du groupes II. Alors qu'elle est faible (5 kg/m²) dans le lac du groupe III. S'agissant des consommateurs II, leur biomasse est grande (8,9 kg/m²) dans les lacs du groupe II. Par contre, cette biomasse est petite (2 kg/m²) dans le lac du groupe III. Quant aux consommateurs III, leur biomasse est élevée (2 kg/m²) dans les lacs du groupe II, mais faible (0,5 kg/m²) dans le lac du groupe III.

Les pyramides des biomasses (Figure 85) des trois (3) groupes définis par la CHA montrent que les sommets sont aplatis pour les pyramides des groupes I et II, mais effilés au niveau du groupe III. La base de la pyramide du groupe III est plus large que celle des groupes I et II. Au niveau des pyramides des groupes I et II, la transition entre les consommateurs I et II est faible. Par contre, cette transition est élevée au niveau de la pyramide du groupe III. Dans l'ensemble, il y a une grande biomasse des producteurs.

Tableau XLIII : Biomasses des quatre niveaux trophiques dans les lacs urbains de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) de juillet 2021 à mai 2022

Biomasses des espèces en Kg/m ² dans les lacs urbains			
Niveaux trophiques	Groupe I	Groupe II	Groupe III
Producteurs	19,8	15	10
Consommateurs I	6,2	10	5
Consommateurs II	5,2	8,9	2
Consommateurs III	1	2	0,5

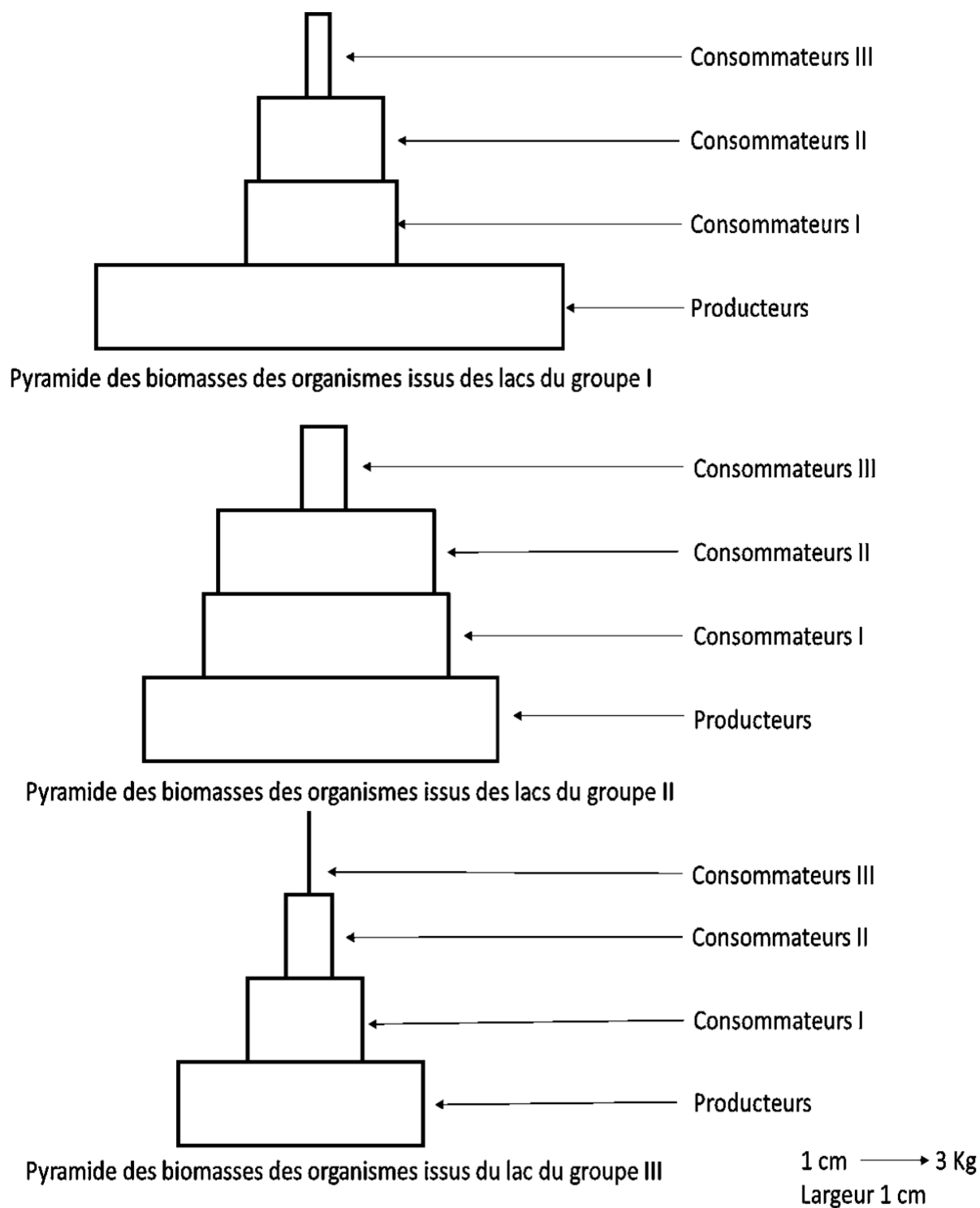


Figure 85 : Pyramides des biomasses des quatre niveaux trophiques dans les trois (3) groupes de lacs urbains définis par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) de juillet 2021 à mai 2022

3.3.2. Discussion

L'analyse des compositions trophiques du peuplement de macroinvertébrés des lacs de Yamoussoukro montrent une prédominance des prédateurs (60 % des organismes). Cette même observation a déjà été faite par Kouamé (2014) et Djéné (2019). Ces auteurs, ont mis en évidence une dominance des prédateurs respectivement dans le lac Taabo et dans les quatre (4) lacs urbains (lacs Gbédji, Gbati, Bra Kanon 1 et 2) de Daloa. Ces observations s'expliqueraient par la grande disponibilité des proies dans ces milieux. En effet, selon Kouamé (2014) les organismes prédateurs se reproduiraient proportionnellement à la disponibilité de la nourriture. De plus, ces prédateurs sont en majorité des insectes. Ces derniers représentent environ 95 % des êtres vivants des milieux dulçaquicoles (Gagnon & Pedneau, 2006).

Les analyses des régimes alimentaires des cinq (5) espèces de poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro a permis de mettre en la dominance des espèces planctophages. Cette observation corrobore les résultats de Zamblé (2023), sur le fleuve Bandama dans la réserve de faune et de flore du Haut-Bandama, qui appartient au même bassin versant que les lacs de Yamoussoukro. Par ailleurs, *Coptodon zillii*, *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron* et *Sarotherodon galilaeus* ont un régime alimentaire diversifié que *Hemichromis fasciatus*. Selon Balcombe *et al.* (2005) et Djidohokpin *et al.* (2017), ces espèces se nourriraient de ce qu'elles trouvent dans le milieu qu'ils fréquentent et que leurs régimes alimentaires pourraient changer d'un milieu aquatique à un autre ou d'une saison à l'autre. Par ailleurs, Blé *et al.* (2008), font remarquer que ces espèces seraient capables d'adapter leur mode d'alimentation en fonction des conditions du milieu. Quant à *Hemichromis fasciatus*, nos données indiquent que cette espèce se nourrit principalement de poissons. Ce résultat est similaire aux travaux de Gooré (2009) dans les systèmes aquatiques de la zone côtière au Sud de la Côte d'Ivoire, où cet auteur a également montré que cette espèce est piscivore.

Les faibles proportions des macroinvertébrés aquatiques dans le contenu stomacal des poissons seraient dues à l'abondance des macrophytes sur ces lacs. En effet, la présence massive de ces végétaux constituerait des microhabitats pour ces macroinvertébrés. Ces microhabitats leur servent de lieux de cachettes, ainsi ils sont à l'abri des prédateurs (Bailey & Litterick, 1993).

En outre, le calcul des valeurs de l'indice de chevauchement alimentaire entre les 5 espèces de poissons dans les lacs urbains de Yamoussoukro indique un chevauchement significatif ($C\lambda > 0$) pour l'acquisition du phytoplancton et du zooplancton. Cette observation traduit une forte compétition entre ces espèces pour se procurer ces ressources (Greenberg, 1991). Hutchinson (1967) fait remarquer que lorsque deux espèces exploitent les mêmes ressources, l'une finit par exclure l'autre. Cela pourrait expliquer la faible richesse de la faune piscicole de ces lacs. La

forte prépondérance des planctophages dans les lacs urbains de Yamoussoukro serait liée aux abondances des ressources du phytoplancton (Zamblé, 2023). Selon Paugy & Lévêque (1999), les poissons sont capables d'adapter leurs préférences alimentaires en fonction de la disponibilité des proies dans le milieu.

L'analyse des réseaux trophiques des trois groupes de lacs définis par la Classification Hiérarchique ascendante (CHA) fait ressortir quatre (4) niveaux trophiques à savoir les producteurs, les consommateurs primaires, secondaires et tertiaires. Parmi les consommateurs, ce sont les consommateurs secondaires qui dominent tous les réseaux trophiques. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Da costa & Tito (2007), sur les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. En effet, la prédominance des consommateurs secondaires composés majoritairement de Cichlidae dans les lacs de Yamoussoukro serait due au fait qu'ils s'adaptent facilement aux conditions des milieux. En outre, Zamblé (2023) relève que la prédominance des espèces planctophages permettrait le contrôle de la biomasse algale. Selon ce même auteur, les variations saisonnières des ressources alimentaires dans les milieux aquatiques influenceraient également l'intensité de la compétition interspécifique entre les consommateurs secondaires. Par ailleurs, Koné et Teugels (2003), indiquent que lorsque les proies préférentielles des poissons sont limitées, ils se nourriraient de tous types d'aliments disponibles dans le milieu. La prédominance des espèces planctophages de la famille des Cichlidae dans les lacs de Yamoussoukro serait également en rapport avec la présence chez ces espèces d'un grand nombre de branchiospines. Ces branchiospines font d'elles des filtreurs en pleine eau. En effet, les filtreurs ne détectent pas individuellement les proies, mais retiennent le plancton sur leurs filtres branchiaux. Elles sélectionnent donc le plancton de manière passive. L'efficacité de la filtration dépend en grande partie de la structure du filtre branchial et de la taille des particules (Lévêque & Paugy, 2006). Par ailleurs, les filtreurs peuvent également se nourrir aux dépens de la pellicule détritique du fond riche en algue sédimentées (Lévêque & Paugy, 2006). Tout ceci traduirait un déséquilibre du réseau trophique, ce qui pourrait provoquer une perte de la biodiversité et une diminution de la qualité de l'eau des lacs urbains de Yamoussoukro.

L'analyse des pyramides des biomasses des quatre (4) niveaux trophiques indique que les producteurs et les consommateurs tertiaires des groupes I et II ont des biomasses plus importantes que ceux du groupe III. Ces fortes biomasses des producteurs s'expliqueraient par la forte pression exercée par les consommateurs tertiaires sur les niveaux trophiques inférieurs. Par ailleurs, ces différentes pyramides de biomasses traduisent un contrôle de type bottom-up.

En effet, une forte production primaire favorise le contrôle bottom-up (Travers, 2009). Pour Pinel *et al.* (1998), le transfert d'énergie dans un réseau trophique de type bottom-up suit un processus où l'énergie circule des producteurs primaires vers les consommateurs primaires, puis vers les consommateurs secondaires et tertiaires. Le processus est le suivant :

- les producteurs utilisent les nutriments pour croître et produire de la matière organique via la photosynthèse,
- les consommateurs primaires se nourrissent des producteurs, transférant l'énergie à un niveau trophique supérieur,
- les consommateurs secondaires et tertiaires se nourrissent des consommateurs primaires, intégrant l'énergie dans leurs propres biomasses.

3.3.3. Conclusion partielle

La composition trophique du peuplement de macroinvertébrés des lacs de Yamoussoukro est dominée par les prédateurs. Les analyses des régimes alimentaires des 5 espèces de poissons récoltées dans les lacs urbains de Yamoussoukro, pour lesquelles au moins 30 estomacs pleins ont été disséqués et examinés révèlent que les ressources alimentaires sont constituées du phytoplancton, du zooplancton, des macroinvertébrés, des alevins et autres. Les réseaux trophiques des lacs de Yamoussoukro présentent quatre (4) niveaux trophiques dominé par les consommateurs secondaires. Les différentes pyramides des biomasses des quatre niveaux trophiques présentent d'importantes biomasses des consommateurs tertiaires et des producteurs dans les lacs des groupes I et II. Cela pourrait indiquer un déséquilibre dans les réseaux trophiques des lacs des groupes I et II. De plus l'analyse de ces pyramides traduit un contrôle de type bottom-up dans les lacs de Yamoussoukro.

CONCLUSION

Les lacs urbains de Yamoussoukro subissent de fortes pressions anthropiques qui ont conduit à leur eutrophisation. Cet état de fait a suscité la présente étude dans l'optique de comprendre le fonctionnement trophique de ces lacs anthropisés.

A l'issue de l'étude, les résultats relatifs à la caractérisation de l'environnement abiotique des lacs urbains de Yamoussoukro révèlent une très grande variabilité spatiale et saisonnière des paramètres mesurés. La discrimination des lacs urbains de Yamoussoukro en fonction du degré d'anthropisation et de la situation géographique réalisée à partir de l'Analyse en Composante Principale (ACP), indique une forte alcalinité et une température relativement élevée des eaux des lacs du groupe I (lacs 1, 2 et 3) situés en agglomération ; une forte minéralisation des lacs du groupe II (lacs 4 et 5) situés respectivement aux extrémités Est et Ouest de la ville et une forte oxygénation et transparence du lac du groupe III (lac 6) qui est à l'extrémité Sud.

L'inventaire et la dynamique spatio-temporelle des organismes aquatiques (plancton, macrophytes, macroinvertébrés et poissons) des lacs urbains de Yamoussoukro ont permis de recenser 99 espèces de 26 familles appartenant à 5 Embranchements, pour le phytoplancton et 31 espèces de 17 familles appartenant à 4 groupes, pour le zooplancton. Les lacs urbains de Yamoussoukro sont fortement eutrophisés du fait de la forte diversité des espèces appartenant aux Chlorophytes et aux Cyanophytes, chez le phytoplancton et aux Rotifères, chez le zooplancton. De plus, la forte prolifération des Cyanophytes dans ces eaux pourrait occasionner des symptômes gastro-intestinaux pour les populations urbaines et même la mort de certains animaux. Chez les macrophytes, 19 espèces de 11 familles, 9 ordres appartenant à 3 classes ont été inventoriés. Parmi ces classes, les Magnoliopsides sont les plus abondantes. Cette classe prolifère plus dans les eaux riches en matière organique. Quant à l'inventaire du peuplement de macroinvertébrés aquatiques, il indique la présence de 78 espèces de 40 familles, 19 ordres et 4 classes. La classe la plus riche en espèces est celle des insectes. Par contre, la plus abondante est celle des gastéropodes. Par ailleurs, les lacs urbains de Yamoussoukro représentent des risques sanitaires élevés de transmission de la bilharziose intestinale et de l'Ulcère de Burili du fait de la présence répandue de *Biomphalaria pfeifferi* hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni* qui transmet la Bilharziose intestinale et de *Diplonchus* sp. vecteur de l'Ulcère de Burili.

L'ichtyofaune récoltée dans les lacs urbains de Yamoussoukro se compose de 14 espèces de 4 ordres, 6 familles et 1 classe. L'ordre des Perciformes renferme le plus d'espèces. Les poissons sont plus abondants dans ces lacs durant la saison pluvieuse.

Les valeurs $K > 1$ pour l'ensemble des poissons à l'exception de *Chrysichtys maurus* indique de bonnes conditions de vie pour les poissons. De plus, l'analyse des relations longueur-poids

montre une allométrie isométrique pour *Parachanna obscura* et négative pour les 7 autres espèces.

La caractérisation des relations trophiques entre les communautés aquatiques des lacs urbains de Yamoussoukro indique que chez les macroinvertébrés les groupes trophiques sont dominés par les prédateurs.

Les résultats relatifs aux régimes alimentaires des 5 espèces de poissons montrent une prépondérance des espèces planctophages.

La structuration des réseaux trophiques dans les lacs de Yamoussoukro présente quatre (4) niveaux trophiques dominé par les consommateurs secondaires.

Enfin, les pyramide des biomasses des quatre niveaux trophiques indiquent les lacs urbains de Yamoussoukro sont productifs. A l'exception du lac du groupe III (lac 6), les lacs appartenant au groupe I (lacs 1, 2, 3) et au groupe II (lacs 4 et 5) sont déséquilibrés. De plus, ces pyramides de biomasses illustrent un contrôle de type bottom-up.

L'aspect général des lacs urbains de Yamoussoukro et leur mauvais fonctionnement suscitent de grandes inquiétudes. C'est pourquoi l'adoption d'une bonne stratégie de restauration et de réhabilitation est urgente. Par ailleurs, cette étude devrait s'étendre à l'ensemble des lacs urbains et péri-urbains de la ville de Yamoussoukro, pour en déterminer l'état trophique. De même qu'une étude devrait être menée sur ces poissons en vue d'évaluer leur qualité et le risque que la population encourt en les consommant.

Les recommandations suivantes sont faites à l'endroit des populations et des autorités.

Aux populations, il faut :

- ✓ Utiliser les fosses septiques ;
- ✓ Empêcher les animaux de s'abreuver dans ces lacs ;
- ✓ Ne plus jeter les ordures et faire sa lessive dans ces lacs.

Aux autorités, il faut :

- ✓ Interdire les pêches sur ces lacs ;
- ✓ Restaurer et réhabiliter ces plans d'eau en construisant des stations de traitement des eaux avant leur arrivée dans les lacs ;
- ✓ Réglementer et contrôler l'utilisation d'engrais et des pesticides dans les cultures maraîchères autour des bassins versants afin d'assurer une meilleure politique de conservation et de gestion durable de ces milieux lacustres
- ✓ Imposer des taxes aux habitants, hôtels, restaurants et autres commerces qui polluent ces lacs.

BIBLIOGRAPHIE

- Adallal R. (2019). Variabilité environnementale des lacs du moyen atlas marocain : fonctionnement hydrogéochimique, hydrologique et réponse au changement climatique. Thèse de doctorat, spécialité : Géosciences de l'Environnement, Université d'Aix-Marseille (France), 192 p.
- Adandedjan D., Makponse E., Lambert C. & Hinvi L.P. (2017). Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué, Bénin. *Journal of applied biosciences*, 115 : 11476-11489.
- Adon M.P. (2013). Variations spatiale et saisonnière du phytoplancton de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire) : composition, structure, biomasse et production primaire. Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 129 p.
- Aguilar I. A. (2004). Les communautés de poissons comme outil pour la gestion de la qualité environnementale du réseau hydrographique de la Garonne. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques, Institut National Polytechnique, Toulouse (France), 178 p.
- Aka C.A. (2016). Caractérisation bathymétrique, hydrologique et sédimentologique d'un environnement lacustre du littoral de Côte d'Ivoire : cas du lac M'bakré. Thèse de doctorat, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Felix Houphouet Boigny de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 336 p.
- Aka-Koffi N.M., Pagano M., Cecchi P. & Corbin D. (2010). Identification de quelques Copépodes des petits lacs de barrages de Nord de la Côte d'Ivoire. *Fiches techniques et documents de vulgarisation*, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan (Côte d'Ivoire), pp. 1-6.
- Allan J. D. & Johnson L. B. (1997). Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems USA. *Freshwater Biology*, 37 : 107-111.
- Allouko J.R. (2019). Diversité des communautés de macroinvertébrés et contribution à l'évaluation de la qualité des eaux de la lagune Aghien (Sud-est, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 183 p.
- Amblard C. (1987). Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre, USA. *International Journal of limnology*, 26 : 1-34.
- Amoros C. (1984). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises – 5 : Crustacés et Cladocères, France. *Bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon*, 53 : 120-144.

- Amundsen P.A., Gabler H.M. & Staldvik J.J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data. Modification of the Castello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, 48 : 607-614.
- Angelier E. (2000). Ecologie des eaux courantes, Edition Lavoisier, Tec & Doc, Paris (France), 199 p.
- Anonyme 1 (2017). Mise en œuvre du Rasop-Africa dans la ville de Yamoussoukro en République de Côte d'Ivoire. Rapport d'audit et de Plan d'Amélioration des Performances (PAP), Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), 60 p.
- Anonyme 2 (2016). Mise en œuvre du Rasop-Africa dans la ville de Yamoussoukro en République de Côte d'Ivoire. Rapport d'évaluation initiale des performances, Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), 51 p.
- Attoungre K.S. (2021). Caractérisation de la qualité écologique des lacs Dohou (Duékoué) et Buyo (Guéssabo) dans le bassin du Sassandra (Ouest, Côte d'Ivoire) à partir du peuplement phytoplanctonique. Thèse de doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire) 142 p.
- Azam F. & Malfatti F. (2007). Microbial Structuring of marine ecosystems nature. *Reviews Microbiology*, 5 : 782-791.
- Bailey R.G. & Litterick M.R. (1993). The Macroinvertebrate fauna of water hyacinth fringes in the Sud Swamps (River Nile, Southern Sudan). *Hydrobiologia*, 250: 97-103.
- Baláži, P., Hrivnák, R., & Ot'Ahelová, H. (2014b). The relationship between macrophyte assemblages and selected environmental variables in reservoirs of Slovakia examined for the purpose of ecological assessment. *Polish Journal of Ecology*, 62(3), 541–558.
- Balcombe S.R., Bunn S.E., Mckenzie Smith F.J. & Davies P.M. (2005). Variability of fish diets between dry and flood periods in an arid zone floodplain river. *Journal of Fish Biology*, 67 : 1552-1567.
- Banse K. (1995). Zooplankton : Pivotal role in the control of ocean production. *Journal of Marine Science*, 52 : 265-277.
- Barbe J., Lafont M., Mouthon J. & Philippe M. (2003). Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau. Rapport Cemagref, Lyon (France), 30 p.
- Barbot V. 2012. Implication des levures du genre *Candida* et des amibes libres dans le risque infectieux lié à l'eau-contexte des soins dentaires. Thèse de doctorat, Physiologie, biologie des organismes, populations et interactions, Université de Poitiers (France), 92p.
- Behrenfeld M.J., Randerson J.T., McClain C.R., Feldman G.C., Los S.O., Tucker C.J., Falkowski P.G., Field C.B., Frouin R., Esaias W.E., Kolber D.D. & Pollack N.H. (2001).

- Biospheric primary production during an ENSO transition. *Cairn Science*, 291 : 2594-2597.
- Bellemare M.C., Richard R., Garand G. & Beisner P.D. (2013). Rapport de caractérisation du cours d'eau Papineau-Lavoie de Laval. *GRIL-UQAM*, Québec (Canada), 27 p.
- Berté S. (2009). Biologie et écologie de *Distichodus rostratus* (Günther, 1864) dans un hydrosystème particulier en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 180 p.
- Blanchet G., Legenedre P. & Borcard D. (2008). Sélection en avant des variables explicatives. In : *Ecologie. Société écologique d'Amérique* (Eds), Sherbrook (Canada), pp. 2623-2632.
- Blé M.C., Alla Y.L. & Kervarec F. (2008). Régimes alimentaires de trois principales espèces piscicoles élevées, Côte d'Ivoire). *Fiches techniques et documents de vulgarisation*, Centre de Recherches Océanologiques (Abidjan, Côte d'Ivoire), 15-20 pp.
- BNETD. (1997). Plan directeur d'urbanisme de la ville de Yamoussoukro. Rapport technique. *Journal officiel de la république de Côte d'Ivoire*, Abidjan (Côte d'Ivoire), 90 p.
- Bony K.Y. (2005). Biodiversité et écologie des mollusques Gastéropodes en milieu continental ivoirien (bassins de la Mé, de l'Agnéby et du Banco). Traits d'histoire de vie d'une espèce invasive *Indoplanorbis exustus* (Deshayes, 1834). Thèse de doctorat, Hydrobiologie, Université d'Abobo-Adjamè (Abidjan, Côte d'Ivoire), 218 p.
- Borcard D. (2011). La corrélation. Bio-2042. Département de sciences biologiques, Université de Montréal (Canada), 9 p.
- Bourrelly P. (1985). Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Tome III. Les algues Vertes. Editions Boubée N. & Cie, Paris (France), 345 p.
- Brown D.S. (1979). Biogeographical aspects of African Freshwater gasteropods. *Malacologia*, 18: 79-102.
- Brown D.S. (2005). Freshwater Snails of Arica and their Medical Importance. Edition Taylor and Francis Ltd, London (England), 673 p.
- Canter-Lund H. & Lund J.W.G. (1995). Freshwater Algae : Their microscopic world explored. Biopress Limited, Bristol, Paris (France), 360 p.
- Capo-chichi H.B.P., Adandedjan D., Houelome M.A. & Laleye P. (2022). Physico-chimie et pollution organique du lac Nokoué au Sud du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 170 : 17752-17775.
- Carpenter S.R. & Kitchell J.F. (1993). The trophic cascade in Lakes. *Cambridge Studies in Ecology*. 385 p.

- Carty S. (2003). Dinoflagellates. In : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr J.D. & Sheath R.G. Edition Academic Press, San Diego (USA) : 685-714.
- Charnov E.L. (1976). Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9 : 129-136.
- Cherifi O. & Loudiki M. (2023). Variations de la structure trophique du lac-réservoir oligotrophe Bin El Ouidane (Maroc). *Revue des sciences de l'eau*, 15 (1) : 193-208.
- Chatenet P., Botineau M., Haury J. & Ghestem A. (2000). Typologie de la végétation des rivières et affluents de la Vienne et de la Gartempe, France. *Acta botanica gallica*, 147 : 151-164.
- Cheruvilil K.S., Soranno P.A., Madsen J.D. & Roberson M.J. (2002). Plant architecture and epiphytic macroinvertebrate communities: the role of an exotic dissected macrophytes. *Journal of the North American Benthological Society*, 21(2): 261-277.
- Chisholm S.W., Olson R.J., Zettler E.R., Goericke R., Waterbury J.B. & Welschmeyer N.A. (1988). A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature*, 6180 : 340-343.
- Chorus I. & Bartram J. (1999). Toxic Cyanobacteria in Water : a Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon, London (Angleterre), 416 p.
- Christensen V. & Pauly D. (1998). Changes in models of aquatic ecosystems approaching carrying capacity. *Ecological Applications*, 8 (1) : 104-109.
- Clément V. & Ouimet G. (2004). Programme d'évaluation et de surveillance des lacs. Rapport présenté par Biofilia pour la ville de Mont-tremblant (France), dossier 2004 -1144, 26 p.
- Colyer C.L., Kinkade C.S., Viskari P.J. & Landers J.P. (2005). Analysis of cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382 : 559-569.
- Corliss O. 2002. Biodiversity and biocomplexity of the protists and an overview of their resisting bacteria in a drinking water treatment plant, *Environmental Microbiology*, 10 (10): 2728-2745.
- Cummins K.W., Merritt R.W. & Andra P.C.N. (2005). The use of invertebrate functional group to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 40 (1) : 69-89.

- Da Costa K.S. & Tito de Morais L. (2007). Structures trophiques des peuplements de poissons dans les petits barrages. *In* : L'eau en partage, les petits barrages de Côte d'Ivoire, Cecchi P. (Eds.), éditions IRD, Paris (France) : 153-164.
- Daget J. (1976). Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris (France), 200 p.
- Daget P. & Godron M. (1995). La végétation des pâturages en pastoralisme, troupeaux, espace et société. Volume 1 Hatier, Paris (France), 510 p.
- Dajoz R. (2000). Précis d'Ecologie. 7ème édition Ecologie fondamentale et appliquée, Dunod, Paris (France), 615 p.
- De Moor I.J., Day J.A. & De Moor F.C. (2003). Freshwater invertebrates of southern Africa. Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera and Lepidoptera. WRC Report, Volume 8 : Insecta II, 209 p.
- De Reviers B. (2003). Biologie et phylogénie des algues. Collection Sup Sciences, Tome 2, Paris (France), 255 p.
- Déjoux C., Elouard J.M., Forge P. & Maslin J.L. (1981). Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. Rapport ORSTOM, Bouaké (Côte d'Ivoire), 178 p.
- Dibong K., Ndjouondo J.A. & Biosci A. (2014). Inventaire et écologie des macrophytes aquatiques de la rivière Kambo à Douala, Cameroun. *Journal of applied biosciences* 80 : 7147-7160.
- Dierl W. & Ring W. (1992). Guide des Insectes : Description, Habitat et Moeurs. Delachaux et Nestlé, Paris (France), 237 p.
- Dietoa Y.M., Gourene G. & Ouattara A. (2007). Habitudes alimentaires de *Brycinus longipinnis* dans le complexe fluvio-lacustre de la Bia, Côte d'Ivoire. *Belgium journal zoology*, 137 (1) : 3-9.
- Djakou R. & Thanon S.Y. (1988). Ecologie Afrique intertropicale. Edition Bordas, Paris (France), 191 p.
- Djéné 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), 207 p.
- Djidohokpin G., Fiogbe D.E., Adite A., Houndotossi E.S., Honfo M. & Sossoukpe E. (2017). Guildes trophiques relatives de l'ichtyofaune de la rivière Tovè, Bénin. *Afrique Sciences*, 13 (1) : 75-90.

- Dreyfuss G. & Rondelaud D. (2011). Les mollusques dans la transmission des helminthoses humaines et vétérinaires. *Bulletin de l'académie vétérinaire de France*, tome 164, 1 : 13-20
- Druart J.C. & Rimet F. (2008). Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. Rapport INRA-Thonon, Paris (France), 96 p.
- Dufrêne M. (1992). Biogéographie et écologie des communautés de Caradidae an Wallonie. Thèse de Doctorat, département des Sciences de l'Environnement et Ecologie, Université Catholique, Louvain (Belgique), 194 p.
- Durand J.R. & Lévêque C. (1991). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelo-soudanienne (Tome II). ORSTOM, Paris (France), 483 p.
- Dussart B.H. (1980). Copépodes. *In* : Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelo-soudanienne. ORSTOM, Tome I, Paris (France) : 333 - 356.
- Dussart B (1967). Les Copepodes des eaux continentales d'Europe occidentale 1. Calanoides et Harpacticoides. Edition Boubée & Cie, Paris (France), 500 p.
- Elouard J.M. (1981). Diptères : caractères généraux, clés systématiques et familles peu importantes. *In* : Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahelosoudanienne Tome II. Editions Durand J. R. & Lévêque C., Paris (France) : 553-567.
- Elser J.J., Bracken M.E.S., Cleland E.E., Gruner D.S., Harpole W.S., Hillebrand H., Ngai J.T., Seabloom E.W., Shurin J.B. & Smith J.E. (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 10 : 1135-1142.
- Espinasse B. (2012). Distribution et structure des communautés zooplanctoniques dans deux écosystèmes côtiers. Analyse de l'impact des facteurs physiques et trophiques sur les distributions spatiales et les spectres de taille du zooplancton. Thèse de doctorat, Spécialité des Sciences de l'environnement et Océanographie, Université Aix-Marseille (France), 170 p.
- Etebaai I. (2009). L'environnement actuel et le fonctionnement hydroclimatique de quelques systèmes lacustres dans le Moyen Atlas marocain : Cas des lacs Ifrah, Iffer et Afourgagh. Thèse de doctorat, UFR Océanologie et Climatologie de part et d'autre du Déroit de Gibraltar, Université Abdelmalek Essaadi, (Tanger, Maroc), 291 p.
- Etien N. & Arfi R. (1996). Macrophytes aquatiques dans les eaux continentales ivoiriennes. Centre de recherches oceanologiques abidjan. Volume XV, Archives scientifiques, Abidjan (Côte d'Ivoire), 25 p.

- FAO (2019). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Les écosystèmes aquatiques continentaux d'Afrique et leur contribution à l'amélioration de la sécurité alimentaire et de la nutrition. Nature et Faune, éditeur Ndiaga Guèye, volume 32, N°2, 112 p.
- Flot J-F., Hespeels B., Li X., Noel B., Arkhipova I., Danchin E.G.J., Hejnol A., Henrissat B., Koszul R., Aury J-M., Barbe V., Barthelemy R-M., Bast J., Bazykin G.A., Chabrol O., Couloux A., Da Rocha M., Da Silva C., Gladyshev E., Gouret P., Hallatschek O., Hecox-Lea B., Labadie K., Lejeune B., Piskurek O., Poulain J., Rodriguez F., Ryan J.F., Vakhrusheva O.A., Wajnberg E., Wirth B., Yushenova I., Kellis M., Kondrashov A.S., Welch D.B.M., Pontarotti P., Weissenbach J., Wincker P., Jaillon O. & Van Doninck K. (2013). Genomic evidence for ameiotic evolution in the bdelloid rotifer *Adineta vaga*. *Nature*, 500 : 453-457.
- Fofana M.N., Etile N.R. & Goore B.G. (2019). Répartition saisonnière du zooplancton en relation avec les caractéristiques environnementales dans le lac kaby, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 140 : 14256 -14267.
- Forcellini M., Mathieu C. & Merigoux S. (2011). Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion. Office de l'eau de la réunion-CNRS, Paris (France), 137 p.
- Frontier S. & Pichod-Viale D. (1998). Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Dunod, Paris (France), 447 p.
- Gagnon E. & Pedneau J. (2006). Surveillance Volontaire (SurVol) Benthos, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB, Québec (Canada), 25 p.
- Galvez-Cloutier R., Ize S. & Arsenault S. (2002). La détérioration des plans d'eau : Manifestations et moyen de lutte contre l'eutrophisation, Gestion de l'eau. *Vecteur Environnement*, 35: 18-37.
- Gautier E. & Touchart L. (1999). Fleuves et lacs, édition A. Colin, Paris (France), 96 p.
- 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: 329-339.
- Gliwicz Z. (2004). Zooplankton. In : The Lakes Handbook : Limnology and Limnetic Ecology. O'sullivan P.E. & Reynolds C.S. (Eds.), Oxford (England) : 461-516.
- Goloma S. & Symoens J.J. (1990). Caractéristiques physiques et chimiques de quelques cours d'eau de Kisangani (Zaïre). *Bulletin des Séances Académiques Royales*, 35 (2) : 145-157.

- Goore B.G. (2009). Impact des activités humaines sur les communautés de poissons dans les systèmes aquatiques de la zone côtière ivoirienne : Établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique (IIB). Thèse de doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphuet-Boigny Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 176 p.
- Greenberg L.A. (1991). Habitat use and feeding behavior of thirteen species of benthic stream fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 31 : 389-401.
- Greenwood P.H. (1981). Species-flocks and explosive evolution. In : Chance, change and challenge – the evolving biosphere. Greenwood P. H. & Forey P. L. Editions Cambridge University Press, London (Angleterre) : 265-322.
- Groga N. (2012). Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Spécialité écologie fonctionnelle, Université de Toulouse (France), 224 p.
- Hajisamae S., Chou L.M. & Ibrahim S. (2003). Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 89-98.
- Halle B. & Bruzon V. (2006). Profil environnemental de la Côte d'Ivoire. Rapport final, Consortium AGRIFOR, Abidjan (Côte d'Ivoire), 127 p.
- Hartmann, G. & Guillaume M. (1996). Classe des Ostracodes. In : Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie. Grassé P.P. (Eds), Paris (France), pp. 755-839 pp.
- Haury J., Peltre M.C., Muller S., Thiebaut G., Tremolières M., Demars B., Barbe J., Dutartre A., Daniel H., Bernez I., Guerlesquin M. & Lambert E. (2001a). Les macrophytes aquatiques bioindicateurs des systèmes lotiques. Intérêts et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau. Etudes Sur l'Eau En France N°87, Metz (France), 101 p.
- Haury J., Daniel H. & Adam B. (2015). Impact des piscicultures sur les peuplements macrophytiques en rivières en Salmonidés ; Comparaisons éco-régionales et évolutions temporelles sur la période 1981-2002. *Aquaculture et Environnement*, 26 : 88-101.
- Horn H.S. (1966). Measurement of « overlap » in comparative ecological studies, USA. *The American Naturalist*, 100 : 419-424.
- Horne D.J., Cohen A. & Martens K. (2002). Espèceomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda, In The Ostracoda: Applications in Quaternary Research.. Edité par Holmes J.A. & Chivas A.R., American Geophysical Union, Geophysical Monographs, Washington DC (USA), 5-36.

- Hutchinson G.E. (1967). A treatise on limnology. Introduction to lake biology and limnoplankton. Volume II, édition John Wiley and sons, New York (USA), 1115 p.
- Hyslop E.J. (1980). Stomach contents analysis, a review of methods and their application, Afrique du sud. *Journal of Fish Biology*, 17 : 411-429.
- Ikeya, N., Tsukagoshi A. & Horne D. (2005). Preface: The phylogeny, fossil record and ecological diversity of ostracod crustaceans. *Hydrobiologia*, 538, 7-13.
- Jackson J., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal A., Botsford L.W., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R., Erlandson J., Estes J., Hughes T.P., Kidwell S., Lange C., Lenihan H.S., Pandolfi J.M., Peterson C.H., Steneck R.S., Tegner M.J. & Warner R.R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293 : 629-638.
- João C., Benetti A.P.B. & Garrido J. (2012). Ecological Water Quality. Water Treatment and Reuse. Edition Voudouris, Madrid (Espagne), 496 p.
- John D.M., Whitton B.A. & Brook A.J. (2011). The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae, University press, Cambridge (Angleterre), 878 p.
- Kaboré I., Moog O., Alp M., Guenda W., Koblinger T., Mano K., Ouéda A., Ouédraogo R., Trauner D. & Melcher A.H. (2016). Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. *Hydrobiologia*, 766 (1) : 57-74.
- Kaiser M.J. & Hughes N.F. (1993). Factors affecting the behavioural mechanisms of diet selection in fishes. In: Behavioural Ecology of Fishes. Huntingford F.A. & Torricelli P. (Eds.), Marine Behaviour and Physiology, Erice, Sicily (Italy): 105-118.
- Kanangire C.K. (2001). Effet de l'alimentation des poissons avec Azolla sur l'écosystème agropiscicole au Rwanda. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Universitaire Notre Dame Namur (Namur, Belgique), 220 p.
- Kimba B.S., Inoussa M.M., Souley A.H., Amoudé A.I., Hamani N.A.L., Douma S., Bakasso Y. & Mahamane A. (2023). Diversité floristique et écologiques des plantes aquatiques du fleuve Niger (Régions de Tillabéry et Niamey). *International journal of Biological and Chemical Sciences*, 17 (7) : 2711-2723.
- Klaus A. (2001). The biology of Decapod crustacean larvae. *Balkema publishers*, 14: 14-20.
- Kofoed C.A. (1909). On Peridinium steinii Jörgensen, with a note on the nomenclature of the skeleton of the Peridinidae. *Archiv für Protistenkunde*, 16: 25-47.
- Kohonen T. (1995). Self-Organizing Maps. *Journal of classification*, 12: 165-190.

- Kohonen T. (2001). Self-Organizing Maps (3rd Edition). Springer-Verlag, Berlin (Germany), 501 p.
- Komoé K. (2010). Distribution du phytoplancton dans le complexe lagunaire de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 282p.
- Konan K.F. (2008). Composition, structure et déterminisme de la diversité ichthyologique des rivières côtières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Soumié - Eholié - Ehania - Noé). Thèse de Doctorat, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé Abidjan (Côte d'Ivoire), 169 p.
- Konan K.F., Bony K.Y., Adon M.P. & Potgieter J. (2016). Etude hydrobiologique du bassin du Bandama dans la zone d'influence du projet aurifère de Yaourè. Projet aurifère, Côte d'Ivoire, 103 p.
- Konan E.M., Yaokokore-Beibro K.H. & Odoukpe K.S.G. (2015). Species richness and abundance of birds of ten urban lakes in the city of Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10 (1) : 217-225.
- Konan E.S. (2014). Distribution spatio-temporelle du peuplement phytoplanctonique en relation avec les facteurs abiotiques de la lagune de Fresco (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 154 p.
- Koné T. & Teugels G.G. (1999). Reproduction of an estuarine tilapia (*Sarotherodon melanotheron*, Ruppel 1852) in a West African coastal basin. *Hydrobiologia*, 490 : 75-85.
- Koné T. & Teugels G.G. (2003). Food habits of brackish water tilapia *Sarotherodon melanotheron* in riverine and lacustrine environments of a west African coastal basin. *Hydrobiologia*, 103 : 75-85.
- Koné T., Teugels G.G., N'douba V., Gooré B.G & Kouamelan E.P. (2003). Premières données sur l'inventaire et la distribution de l'ichtyofaune d'un petit bassin côtier Ouest Africain : rivière Gô (Côte d'Ivoire). *Cybium*, 27 (2) : 101-106.
- Koné T., Kouamélan E.P., Ouattara N.I. & Kicho A.V. (2007). Régime alimentaire de *Pomadasys jubelini* (Pisces, Haemulidae) dans une lagune Ouest Africaine : lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 4 (1) : 65-73.
- Kouakou K.A., Aw S., Adamou M.M., Siaka S. & Savane I. (2014). Caractérisation des sédiments du système lacustre de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) et spéciation de leurs phosphores. *Journal Mater Environnemental Sciences*, 5 : 1013-1020.

- Kouamé K.M. (2014). Diversité, structure et réponse fonctionnelle des macroinvertébrés à l'invasion du lac de Taabo (Côte d'Ivoire) par la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach, 1883. Thèse de doctorat, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan (Côte d'Ivoire), 201 p.
- Kouamélan E.P. (1999). L'effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des Poissons Mormyridae (Teleostei, Osteoglossiformes). Thèse de Doctorat, Spécialité Hydrobiologie, Katholieke Universiteit, Leuven (Belgique), 221p.
- Kouamélan P.E., Teugels G.G., Gourène G., Thys Van Den Audenaerde D.F.E. & Ollevier F. (2000). Habitudes alimentaires de *Mormyrops anguilloides* (Mormyridae) en milieux lacustre et fluvial d'un bassin Ouest-africain. *Cybium*, 24 (1) : 67-79.
- Kouassi B.A.T. (2013). Taxinomie, composition floristique et dynamique spatio-saisonnières des algues périphytiques de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët- Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 206 p.
- Kouassi B.A.T., Komoé K. & Coulibaly N.S. (2021). Composition spécifique et diversité des microalgues de la retenue de Bacon, Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 48 : 8712-8721.
- Kressou A. (2020). Diversité, structure des communautés de macroinvertébrés aquatiques et état d'intégrité écologique des milieux aquatiques de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (Centre-nord, Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 155 p.
- Labat F. (2021). Facteurs environnementaux déterminants des communautés d'invertébrés et de macrophytes des petits plans d'eau peu profonds de France continentale. Thèse de doctorat, Ecologie et Evolution, Université de Rennes 1 (Rennes, France), 256 p.
- Labonne J., Allouche S. & Gaudin P. (2010). Use of a generalised linear model to test habitat preferences: The example of *Zingel asper*, an endemic endangered percoid of the River Rhône. *Freshwater Biology*, 48(4), 687–697
- Lacaze J.C. (1996) : Eutrophisation des eaux marines et continentales. Ellipses, paris (France), 191 p.
- Lacroix G. & Danger M. (2008). Des réseaux trophiques au fonctionnement des écosystèmes lacustres : vers une intégration de l'hétérogénéité et de la complexité. *Journal of water*, 21 (2) : 155-172.
- Laë R. & Lévêque C. (1999). La pêche. In : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. Editions IRD, Paris (France) : 385-423.

- Lambinon J. & Verloove F. (2012). Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes). 6^{ème} édition Meise : Jardin botanique national de Belgique, Paris (France), 1195 p.
- Lampert W. & Sommer U. (2007). Limnoecology. Oxford University Press, Oxford (Angleterre), 84 P.
- Laplace-Treyture C., Peltre M.C., Lambert E., Rodriguez S., Vergon J-P. & Chauvin C. (2014). Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Editions Irstea, Bordeaux (France), 204 p.
- Lavoie I., Hamilton P., Campeau S., Grenier M. et Dillon P.J. (2006). Guide d'identification des Diatomées des rivières de l'Est du Canada. Presse de l'Université du Québec (Canada), 241 p.
- Lee S.J., Park J.H. & Ro T.H. (2006). Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keumho Berger. *Entomological Research*, 36: 98-106.
- 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.
- Lévêque C. & Paugy D. (2006). Les poissons des eaux continentales Africaines. Editions IRD, Paris (France), 564 p.
- Lévêque C. (1980). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne. In : Aquatic animals. Edition IRD, Paris (France) : 18-73.
- Lévêque C., Dejoux C. & Iltis A. (1983). Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. *Hydrobiologia*, 100 : 113-141.
- Levi Y., Harvey M., Cervantes P., Deschamps M.C. & Riquier A. (2006). Risques sanitaires liés à la présence de Cyanobactéries dans l'eau. Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de Cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et aux activités récréatives. Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Paris (France), 227 p.
- Lhote A. (2000). Critères d'évaluation de la qualité de l'eau d'un système tropical : approche statistique. Thèse de doctorat, Spécialité Chimie et Microbiologie de l'eau, Université Poitiers (France), 154 p.
- Lowe-McConnell R. (1987). Tilapias in fish communities. In : The biology and culture of Tilapias. Pullin & LowMcConnell (Eds.), Londre (Angleterre) : 83-113.

- Lynda E. Tchirioua E. Jules N. & Toussaint D. (2011). Variations temporelles des paramètres physicochimiques et biotiques de deux écosystèmes aquatiques de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 58 : 414-422.
- Maddi F.A. (2014). Contribution à l'inventaire de la flore dulçaquicole de la Martinique : les « espèces exotiques envahissantes ». L'Herminier, Nantes (France), 30 p.
- Madomguia D. (2018). Hydrobiologie de deux cours d'eau temporaires en zone soudano-sahélienne : macroinvertébrés benthiques du Mayo Tsanaga et du Mayo Kaliao (Extrême-Nord, Cameroun). Thèse de doctorat, Hydrobiologie et Environnement, Université de Yaoundé 1 (Cameroun), 177 p.
- Mahan N.C. (2002). Influence de l'hydroclimat sur la contamination microbienne des lacs de Yamoussoukro. Thèse de doctorat, Spécialité Génie Énergétique et Industriel, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 183 p.
- Margalef R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *In* : Perspectives in marine biology. Buzzati-Traverso A.A. (Eds.), Berkeley (USA) : 323-349.
- Margalef R. (1983). Limnologie. Editions Omega, Barcelone (Espagne), 1010 p.
- Martin J.W. & Davis G.E. (2001). An updated classification of the recent Crustacea. Sciences serie, 39, Los Angeles (USA), 1-124.
- Mary N. (2000). Guide d'identification des macroinvertébrés benthiques des rivières de la Nouvelle-Calédonie. Ministère de l'Environnement, Service de l'Eau, Nouvelle-Calédonie (France), 92 p.
- MDDELCC (2016). Protocole de détection et de suivi des Plantes Aquatiques Exotiques Envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiatures du Québec. Direction de l'information sur les milieux aquatiques, Montréal (Canada), 54 p.
- Mélanie L.J., Stiassny G.G., Teugels C.D. & Hopkins (2007). Poissons d'Eaux Douces et Saumâtres de Basse Guinée, Ouest de l'Afrique Centrale. Faune et Flore Tropicales, tome 42, vol. 1 et 2. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (France), 1456p.
- Mériaux J.L. (2003). Guide pratique de détermination des plantes aquatiques à l'état végétatif du Bassin Artois-Picardie. Agence de l'eau Artois-Picardie, Paris (France), 93 p.
- Michel L., Jocelyne O., Valérie D. & Thierry L. (2011). Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. Ifremer, Corse (France), 77 p.
- Moisan J. (2010). Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau du Québec -Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Quebec (Canada), 82 p.

- Montcho S.A. (2011). Diversité et Exploitation des poissons de la rivière Pendjari (Bénin, Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 201p.
- Morin P.J. & Jiang L. (2010). L'étendue du régime alimentaire des prédateurs influence l'importance du contrôle ascendant et descendant de la biomasse et de la diversité des proies, USA. *Le naturaliste américain*, 3 : 36-65.
- Mouthon, J. (2001). Mollusques dulcicoles et pollutions biodégradables des cours d'eau : échelle de sensibilité des espèces, genres et familles *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 26 : 3 - 15.
- Mouthon J. & Kuiper J.G. (1987). Inventaire des Sphaeriidae de France. SFF, Paris (France). 60 p.
- Mur L.R., Skumberg O.M. & Utkilen H. (1999). Cyanobacteria in the Environment. *In* : Toxic Cyanobacteria in water : A guide to their public Health consequences, monitoring and management. Chorus I. & Bartram J. (Eds.), pp. 41-111.
- Naeem F. (2002). Autotrophic – heterotrophic interactions and their impacts on biodiversity and ecosystem function. *In*: The functional consequences of biodiversity: Empirical progress and theoretical expectations. Kinzing A.P. & Pacala S.W. (Eds.), Londre (Angleterre): 96-119.
- Nangoh K.M., Adon M.P., Edia O.E., Niamien E.J.E. & Ouattara A. (2019). Phytoplankton composition of the urban man-made lakes of Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* 140 : 14281 – 14292.
- Nangoh K.M. (2023). Communauté phytoplanctonique et état trophique des lacs urbains de yamoussoukro (Côte d'ivoire). Thèse de doctorat, Hydrobiologie, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 155 p.
- Natarajan A.V. & Jhingran A.G. (1961). Index of preponderance - a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes. *Indian Journal of Fisheries*, 8 : 54-59.
- N'dah E. & Arfi R. (1996). Macrophytes aquatiques dans les eaux continentales ivoiriennes. Volume XV, C.R.O, Abidjan (Côte d'Ivoire), 25 p.
- N'do B.B.V. (2025). Diversité des organismes zooplanctoniques et leur impact sur la production piscicole à Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 192 p.
- N'guessan K.A., Kouassi A.M., Gnaboa R., Traore K.S. & Houenou P.V. (2014). Analyse de phénomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé : cas de la ville de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Larhyss Journal*, 17 : 135-154.

- Niang D.F. (2010). Intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement en Afrique : mobilisation de l'information et sites de démonstration. Ministère de l'Environnement, Banjul (Gambie), 62 p.
- Norf H., Foissner W. 2010. A new flagship peritrich (Ciliophora, Peritrichida) from the River Rhine, Germany: *Apocarchesium arndtin. sp.* The Journal of Eukaryotic Microbiology, 57 (3): 250-264.
- Nozaki H. (2003). Flagellated Green Algae. In : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr J.D. & Sheath R.G. (Eds.), Tokyo (Japon), pp. 225-252.
- Oberdorff T., Pont D., Hugueny B. & Chessel D. (2001). A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers : a framework for environmental assessment. *Freshwater Biology*, 46 : 399 - 415.
- Odjohou E., Amani M., Soro G. & Monde S. (2020). Caractérisation physico-chimique des eaux d'un système lacustre du cordon littoral ivoirien : cas du lac Labion, Côte d'Ivoire. *International Journal Biological Chemical Sciences*, 14 : 1878-1892.
- Ouattara A. (2000). Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, facultés des Sciences Morphologique, Systématique et Ecologie des plantes, Katholieke Universiteit, Leuven (Belgique), 207 p.
- Ouéda A. (2009). Zooplancton et alimentation des poissons des lacs artificiels de bagre et de loubila. Thèse de doctorat, département de Biologie et Physiologie Animales, l'Université Joseph Zerbo, Ouagadougou (Burkina Faso), 156 p.
- Ott D.W. & Oldham-Ott C.K. (2003). Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. In : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr, J.D. & Sheath R.G. (Eds.), Californie (USA), pp. 423 - 469.
- Padisak J. (2004). Phytoplankton. In : The Lakes Handbook : Limnology and Limnetic Ecology. O'sullivan P.E. & Reynolds C.S. (Eds), Oxford (Angleterre), pp. 251-308.
- Parinet B., Lhote A., Legube B. & Gbongue M.A. (2000). Étude analytique et statistique d'un système lacustre soumis à divers processus d'eutrophisation. *Revue des sciences de l'eau*, 13 : 237-267.
- 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.
- Partensky F., Hess W.R. & Vaultot D. (1999). Prochlorococcus, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63 : 106-124.

- Patoine A. (2001). Effets de la coupe forestière et des feux de forêt sur la structure des communautés zooplanctoniques des lacs du Bouclier boreal canadien. Thèse de doctorat Faculté des Sciences, Université de Montréal (Montréal, Canada), 234 p.
- Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003a). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 1. Editions IRD, Paris (France), 457 p.
- Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003b). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. Editions IRD, Paris (France), 815 p.
- Paugy D. & Lévêque C. (2006). Régimes alimentaires et réseaux trophiques. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme. Editions Lévêque C. et Paugy D., Paris (France) : 191-216.
- Paugy D. & Lévêque C. (1999). Régimes alimentaires et réseaux trophiques. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme. Lévêque C. et Paugy D. (Eds.), Editions IRD, ISBN/ 2-7099-1432-8, pp. 167-190.
- Peltre M.C, Muller S., Dutartre A., Barbe J. (1997). Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Les études de l'agence de l'eau, n°68, 197-199 pp.
- Perrier V. (2007). Biodiversité et écologie des ostracodes myodocopes (Crustacea) du Silurien supérieur d'Europe. Thèse de doctorat, Paléontologie, Université Claude Bernard Lyon 1 (France), 289 p.
- Peyrusse V. & Bertrand M. (2001). Les Acariens aquatiques de France. *Insectes*, 123 : 3-6.
- Philippeau G., (1992). Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? Service des Etudes Statistiques, ITCF, Paris (France), 63 p.
- Pierre J.F. (2001). Catalogue des algues (du Nord -Est de la France et des régions attenantes 1959 - 2001). Bulletin de l'académie lorraine des sciences, Nancy (France), pp. 45 - 46.
- Pinel-Alloul B., Mazumber A., Lacroix G & Lazzaro X. (1998). Les réseaux trophiques lacustres: structure, fonctionnement, interactions et variations spatio-temporelles. *Journal of water sciences*, 11: 163-197.
- Pinto, R.L., Rocha C.E.F. & Martens K. (2004). On the genus *Penthesilenula* Rossetti and Martens 1998 (Crustacea, Ostracoda, Darwinulidae) from (semi-) terrestrial habitats in São Paulo State (Brazil), with the description of a new species. *Journal of Natural History*, 38, 2567-2589.
- Plounevez S. & Champalbert G. (2000). Diet, feeding behaviour and trophic activity of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Oceanologica Acta*, 23: 175-192.
- Pointier J.P., Guyard A. & Mosser A. (1989). Biological control of *Biomphalaria glabrata* and *B. straminea* by the competitor snail *Thiara tuberculata* in a transmission site of

- schistosomiasis in Martinique, French West Indies. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 83: 263-269.
- Pointier J.P. & McCulloch F. (1989). Biological control of the snail hosts of *Schistosoma mansoni* in the Caribbean area using *Thiara* spp. *Acta Tropica*, 46 : 147-155.
- Pourriot R. (1965). Recherches sur l'écologie des Rotifères. *Hydrobiologia* 3 : 21-224.
- Rafaëlli D. (2000). Trends in research on shallow water food webs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250: 223-232.
- Ramade F. (1994). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 2ème Edition Ediscience, Paris (France), 579 p.
- Ramade F. (2002). Dictionnaire encyclopédique d'écologie et des sciences de l'environnement. 2nd édition Dunod, Paris (France), 1075 p.
- Ramade F. (2003). Elément d'écologie In : Ecologie fondamentale. Edition Dunos, Paris (France) : 21-90.
- Ranarijaona H.L.T., Zaina F., Andriamanantena A.H. & Andrianasetra G.S. (2013). Evaluation de la prolifération de la jacinthe d'eau du lac Ravelobe Ankarafantsika et plan de restauration. *Open edition journal*, 13 :1-20.
- Reynolds C.S., Reynolds S.N., Munawar I.F. & Munawar M. (2000). The regulation of phytoplankton population dynamics in the world's largest lakes. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3 : 1-21.
- RGPH (2021). Résultats globaux, Institut National de la Statistique (Abidjan, Côte d'Ivoire), 37 p.
- Ricker W.E. (1980). Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bulletins de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada*, 33 : 350-409.
- Rosecchi E. & Nouaze Y. (1987). Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 49 : 111-123.
- Rosowski J.R. (2003). Photosynthetic Euglenoids. In : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Editions Wehr J.D. & Sheath R.G., Nebraska (USA) : 383-422.
- Rossi N. (2009). Ecologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers. Thèse de doctorat, Faculté d'Ecologie environnementale, Université du Sud Toulon (France), 287 p.

- Roy P.S., Williams R.J., Jones, A.R., Yassini I., Gibbs P.J. Coastes B., West R.J., Scanes P.R., Hudson J.P. & Nichol S. (2001). Structure and function of South-Eastern Australian estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53 : 351-384.
- Ruttner F. (1963). Fundamentals of Limnology. 3rd edition Toronto University Press, Toronto (Canada), 295 p.
- Sadat A., N'goran E.B.Z., Sorbo S. & Bernard P. (2011). Intérêt de l'analyse multidimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un système lacustre tropical : cas des lacs de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 38: 2573-2585.
- Safia M.T.T. (2022). Biodiversité et structure de la communauté zooplanctoniques (Rotifère, Cladocère, Copépode) du lac Léré au Tchad. Thèse de Doctorat, Facultés de Sciences en hydrobiologie et environnement, Université de Yaoundé (Yaoundé, Cameroun), 207 p.
- Scherrer B. (1984). Biostatistique volume 2. Éditions Gaëtan Morin, Boucherville (Canada), 850 p.
- Scott M.C. & Hall I.W. (1997). Fish assemblages as indicators of environmental degradation in Maryland coastal plain streams transactions of the American. *Fish Society*, 126 : 349 - 360.
- Sehili N. (2022). Contribution à l'étude d'un modèle de distribution spatio-temporelle du zooplancton en milieu lacustre (lagune El Mellah et le lac Oubeira). Thèse de doctorat, Environnement littoral, Université Badji Mokhtar – Annaba (Algérie), 205 p.
- Shannon C.E. & Weaver W. (1963). The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Illinois (USA), 127 p.
- Shapiro S.S., Wilk M.B. & Chen H.J. (1968). A comparative study of various tests of normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1343 - 1372.
- Sheath R.G. & Wehr J.D. (2003). Freshwater Algae of North America. Ecology and classification, California (USA), 918 p.
- Shiel R.J. (1995). A guide to identification of rotifers, cladocerans and copepods from Australian inland water : Co-operative Research centre for freshwater Ecology, Identification Guide N°3, Albury (Australie), 144 p.
- Shiklomanov I.A. & Rodda, J.C. (2003). World water resources at the beginning of the twenty-first century. Cambridge University Press, Cambridge (USA) 25 p.
- Sidibé A. (2003). Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université Ensa-Rennes (France), 320 p.

- Simberloff D. & Von Holle B. (1999). Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown ? *Biological Invasions*, 1 : 21-32.
- Sladecsek S.S. (1983). Rotifiers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100 : 169-201.
- Sommer U. (2008). Trophic Cascades in Marine and Freshwater Plankton. *International Review of Hydrobiology*, 93 : 506-516.
- Sonnenberg R. & Busch E. (2009). Description of a new genus and two new species of killifish (Cyprinodontiformes: Nothobranchiidae) from West Africa, with a discussion of the espèceomic status of *Aphyosemion maeseni* Poll, 1941. *Zootaxa*, 2294 : 1-22.
- Starmach K. (1985). Chrysophyceae und Haptophyceae. In : Süßwasserflora von Mitteleuropa. Editions Gustav F.V., Berlin (Allemagne) : 1-515.
- Stiassny M.L., Lamboj A., De Weirtd D. & Teugels G.G. (2008). Cichlidae. In : Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique Centrale. Volume 2, édition IRD, Paris (France): 270-269.
- Stickney H.L., Hood R.R. & Stoecker D.K. (2000). The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecology Model*, 125: 203-230.
- Strange E.M. & Foin T.C. (1999). Interaction of physical and biological processes in the assembly of stream fish communities. In : Ecological assembly rules : perspectives, advances, retreats. Weiher E. & Keddy P. (Eds.), Cambridge (Angleterre), pp. 311-337.
- Strong E.E., Gargominy O., Ponder W.F. & Bouchet P. (2008). Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595 (1) : 149-166.
- Sylla I., Koffi M., N'dri K.M., Bony K.Y., Assemian N.E., Konan K.F., Niamien-ebrottie J. Edia O.E. (2019). Evaluation de la diversité et de la charge parasitaire des lacs de la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 134 : 13630-13642.
- Tachet H., Bournaud M. & Richoux P. (1987). Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces, systématique élémentaire et aperçu écologique. Cnrs (Eds), Paris (France), 155p.
- Tachet H., Bournaud M., Richoux P. & Usseglio P.P. (2000). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Cnrs (Eds), Paris (France), 587 p.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio P.P. (2006). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Cnrs2e édition, Paris (France), 588 p.
- Talbot A. (2006). Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint-Laurent. Synthèse environnementale, Montréal (Canada), 215 p.

- Tano B.F., Abo K., Dembele A. & Fondio L. (2011). Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine : cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *International journal Biological Chemical Sciences*, 5 : 2317-2329.
- Tapé L.D., Edia O.E., Camara I.A., Bony K.Y., Ouattara A. (2018). Effects of macrophytes on aquatic macro-invertebrates in urban polluted lentic ecosystem: case of the man-made lakes of Yamoussoukro (Ivory Coast). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 12 : 89-106.
- Tapé L.D., Nangoh K.M., Edia O.E., Niamien-Ebrottié J.E. & Ouattara A. (2019). Physicochemical characterization and organic pollution status of tropical urban man-made lakes (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire). *International Journal of Latest Research in Agriculture and Veterinary Sciences*, 1 (1) : 15-24.
- Tape L.D. (2020). Réponses des macroinvertébrés aquatiques a la dégradation de la qualité écologique des lacs artificiels urbains (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire). Thèse de doctorant, Ecologie Aquatique, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 165 p.
- Thomas C.S. (2003). Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa. Université d'oxford, Angleterre. *Europen Journal Protistol* 39 : 338-348.
- Tilman D., 2005. Biodiversité et services écosystémiques : faut-il se préoccuper de l'érosion de la biodiversité ? In Actes de la Conférence internationale Biodiversité, science et gouvernance. MNHN, Paris (France) : 102 - 110.
- Tim T. (1982). Potential age of the aquatic Oligochaeta. In: Processing 2nd International Symposium Aquatic Oligochaeta Biology, 21–24 September 1982, Pallanza, Italy, 21-24 pp.
- Tison J.M. & De Foucault B. (2014). *Flora gallica* : Flore de France. Mèze : Biotope. Société botanique de France, Paris (France), 1196 p.
- Touzin D. (2008). Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. Mémoire de master, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec (Canada), 41 p.
- Travers M. (2009). Couplage des modèle trophiques et effets combinés de la pêche et du climat. Thèse de Doctorat, Spécialité Océanographie, Université Pierre et Marie Curie, Paris (France), 123 p.
- Troeh F.R., Hobbs J.A. & Donahue R.L. (2004). Soil and water conservation : for productivity and environmental protection. 4th Edition Prentice Hall, New Jersey (USA), 610 p.

- Vannier J., Abe K. & Ikuta K. (1998). Feeding in myodocopid ostracods: Functional morphology and laboratory observations from videos. *Marine Biology*, 132 : 391-408.
- Wallace R. L. & Snell T. W. (2001). Phylum Rotifera. In : Thorpe J.H. &ovich A.P. Eds. Second edition. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates.*, Academic Press, New-York. pp. 195 – 254.
- Walsby A.E., Ng G., Dunn C. & Davis P.A. (2004). Comparison of the depth where *Planktothrix rubescens* stratifies and the depth where the daily insolation supports its neutral buoyancy. *New Phytologist*, 162 : 133-145.
- Welch P.S. (1952). *Limnology*, Edition McGraw-Hill, New York (USA), 538 p.
- Wetzel R.G. (2001). *Limnology : Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition Academic Press, San Diego (USA), 850 p.
- Winemiller K.O. & Jepsen D.B. (1998). Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*, 53 : 267-296.
- Yao S.S. (2006). Etude de la diversité biologique et de l'écologie alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème ouest africain cas du bassin de la comoé (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 194 p.
- Young J.W., Duyet T.D., Bradford R.W. & Whitelaw A.W. (1997). Feeding ecology and interannual variations in diet of southern bluefin tuna, *Thynnus maccoyii* in relation to coastal and oceanic waters of eastern Tasmania, Australia. *Environmental Biology of Fishes*, 50 : 275-291.
- Ysebaert T., Herman P.M.J., Meire P., Craeymeersch J., Verbeek H. & Heip C.H.R. (2003). Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57 : 335-355.
- Zahradnik J. & Chvala M. (1991). *La Grande Encyclopédie des Insectes*. Collection Grund, Paris (France), 511 p.
- Zamblé B.T.T. (2023). Structure du réseau trophique de l'ichtyofaune du fleuve Bandama : implication dans le fonctionnement de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (Centre-Nord de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 169 p.
- Zaret T.M. & Rand A.S. (1971). Competition in tropical stream fishes : support for the competitive exclusive principle. *Ecology*, 52 : 336-342.
- Zebazé T.S.H. (2011). Zooplancton et eutrophisation d'un lac en zone tropicale : Structure de la communauté et eutrophisation du lac municipal de Yaoundé (Afrique Centrale). Editions Univentaire Européennes, Yaoundé (Cameroun), 228 p.

- Zeitzschel B. (1978). Why study phytoplankton? *In*: Phytoplankton manual monographs on oceanographic methodology. Sournia A. (Eds.), Geneve (Suisse): 1-6.
- Zubkov M.V. & Tarran G.A. (2008). High bacterivory by the smallest phytoplankton in the North Atlantic Ocean. *Nature*, 455 : 224-235.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Iconographie des macrophytes des lacs urbains de Yamoussoukro



Schoenoplectus lacustris



Eichlornia crassipes



Thelypteris palustris



Ipomoea aquatica



Persicaria lapathifolia



Nymphaea lotus



Nelumbo nucifera



Pistia stratiotes



Myriophyllum spicatum



Arundo donax



Pennisetum pedicellatum



Miscanthus giganteus

Annexe 2 : Iconographie des macroinvertébrés des lacs urbains de Yamoussoukro



Laccotrephes ater



Helobdella europaea



Aplexa waterloti



Cricotopus sp.



Tomichia rogersi



Melanoides tuberculata



Aplexa marmorata



Amphiops sp



Appasus sp.



Diplonychus sp.



Micronecta scutellaris



Zyxomma petiolatum



Arectina aquatica



Polypedilum fuscipenne

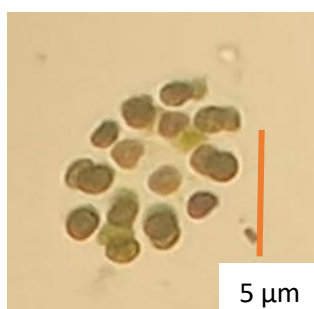


Tetragnatha sp.

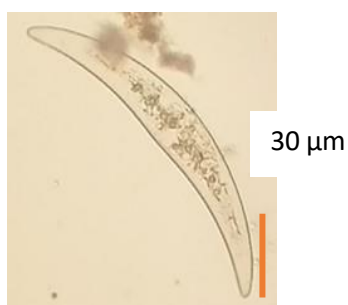


Enochrus sp.

Annexes 3 : Iconographie du phytoplancton des lacs urbains de Yamoussoukro



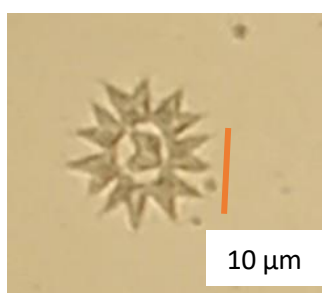
Merismopedia punctata



Closterium acutum



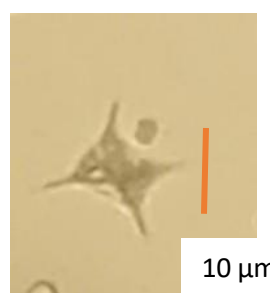
Tetraedron trigonum



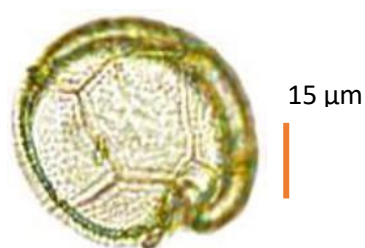
Pediatrum tetras



Gomphonema gracile



Tetraedron cf. incus



Peridinium sp.



Scenedesmus quadricauda



Scenedesmus dimorphus



Oscillatoria sp.



Euglena sp.



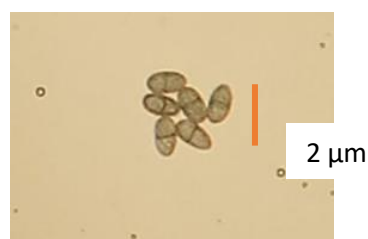
Phacus acuminatus



Phacus longicauda

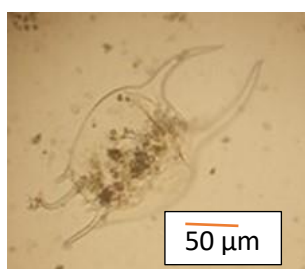


Planktolyngbya contorta

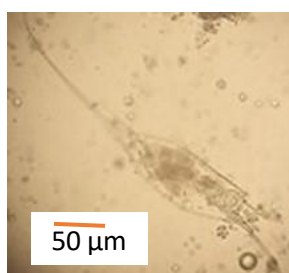


Aphanocapsa grevillei

Annexe 4 : Iconographie du zooplancton des lacs urbains de Yamoussoukro



Brachionus forticula



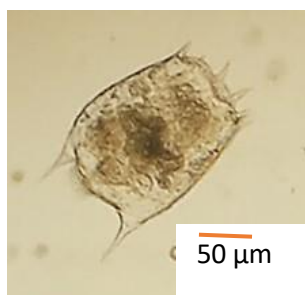
Trichocerca longiseta



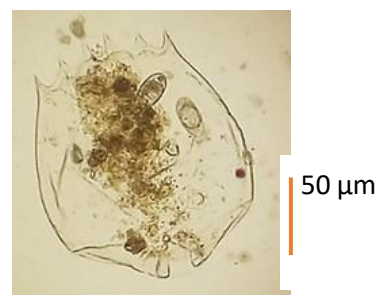
Lecane bulla



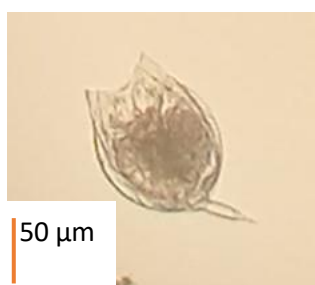
Trichocerca weberi



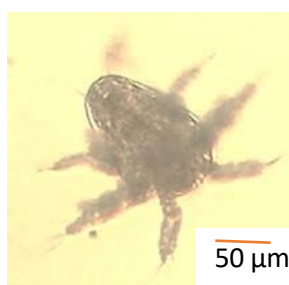
Platyas quadridentatus



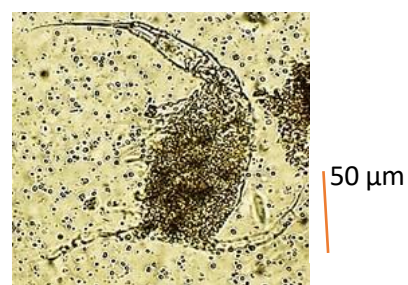
Brachionus plicatilis



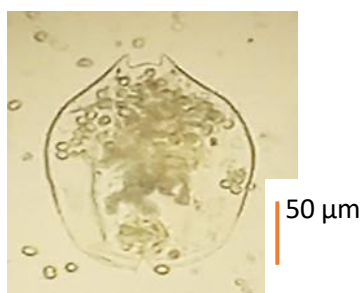
Lecane lunaris



Bosmina longirostris



Pseudodiaptomus gordioides



Brachionus angularis



Testudinella patina



Simocephalus sp.

Annexe 5 : Iconographie des poissons des lacs urbains de Yamoussoukro



Hemichromis fasciatus



Sarotherodon galilaeus



Sarotherodon melanothron



Coptodon guineensis



Coptodon zillii



Oreochromis niloticus



Chrysichtys nigrodigitatus



Parachanna obscura



Hepsetus odoe



Heterotis niloticus

Echelle : 1cm —→ 3,4 cm

PUBLICATION

Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences



An International Peer Review E-3 Journal of Sciences

Available online at www.jsbsc.org

Section D: Environmental Sciences

CODEN (USA): JCBPAT

Research Article

Aquatic macroinvertebrates diversity and assessment of potential health risks in anthropized urban lakes of Yamoussoukro (Centre, Côte d'Ivoire).

Kouakou Gnanmien Frédéric, Allouko Jean-Renaud*, Kressou Armand, Djéné Kouakou Roland, Gonsan Fredy Joë and Bony Kotchi Yves.

¹Laboratory of Biodiversity and Tropical Ecology, University Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire-BP 150 Daloa

Received: 24 September 2022; Revised: 13 October 2022; Accepted: 20 October 2022

Abstract : Yamoussoukro's urban lakes, which offer ecosystem services, are subject to anthropogenic pressures from urbanization and demography. Among the impacts of these pressures, there is the proliferation of some aquatic macroinvertebrates responsible for the transmission of diseases related to water use. This study was conducted between July 2021 and February 2022 to identify potential health risks associated with the proliferation of macroinvertebrates known to be parasitic hosts or vectors of pathogens in five lakes.. Macroinvertebrates were collected using a turbid net and a Van Veen bucket. 157 species belonging to 34 families, 13 orders and 4 classes were identified. The classes of Insects (68% of taxa) and Gastropods (18%) were the most diversified. In these classes, respectively Diptera and Architaenioglossa were the most preponderant. *Aplexa marmorata*, *Appasus* sp., *Diplonychus* sp. and *Ceriagrion* sp. and *Biomphalaria pfeifferi* were constantly encountered in the lakes. The macroinvertebrates communities of these lakes were not very diversified (0.70 to 2.56 bit), less stable and balanced. The environmental parameters (pH, Transparency, Dissolved Oxygen, Temperature and Conductivity) had influenced on the distribution of aquatic macroinvertebrates. The proliferation of *Diplonychus* sp. (17.23%) and *Biomphalaria pfeifferi* (78.46%) in these lakes is a high risk of transmission of Buruli ulcer and intestinal Bilharzia. However, the presence of *Culex quinquefasciatus* and *Bulinus natalensis* indicates potential risks of

infection with Bancroft's Filariasis and Urinary Bilharzia This result suggests that the ecological quality of Yamoussoukro's urban lakes should be monitored.

Keywords : Diversity, aquatic macroinvertebrates, health risks, Yamoussoukro's urban lakes, Côte d'Ivoire.

I. INTRODUCTION

Yamoussoukro's urban lakes, well inserted in the social fabric, contribute to the maintenance of the quality of the living environment and the beautification of the city, offer ecosystem services such as leisure activities and the control of urban runoff ^[1].

Today, due to the galloping demographic growth and the multiplicity of anthropic activities (market gardening, dwellings, businesses and industries) existing in their watersheds, these lakes have become receptacles for wastewater and domestic waste, chemical pollutants and all kinds of discharges ^[2].

These inputs of xenobiotic substances into these lakes lead to their heavy coverage by aquatic plants and algae, as well as their microbiological and parasitic contamination ^[3]. This organic and chemical pollution would favor the proliferation of certain aquatic macroinvertebrates vectors or hosts of parasites responsible for the transmission of certain diseases related to water use ^[4]. Therefore, this would represent a potential health risk for the populations of Yamoussoukro.

Also, health data indicates a preponderance of cases of water-related diseases such as Buruli Ulcer in the city of Yamoussoukro. However, data on macroinvertebrates of Yamoussoukro's lakes are almost non-existent. In view of this situation, the present study aimed to highlight the potential health risks associated with the proliferation of macroinvertebrates in urban lakes of Yamoussoukro.

2. METHODOLOGY

II.1. Study site : Yamoussoukro is located in central Côte d'Ivoire between 05°36' and 05°21' west longitude and 06°92' and 06°72' north latitude. The city covers an area of 9300 hectares with 14 districts ^[5]. This city is drained by an annual rainfall between 900 and 1100 millimeters and an annual temperature of 26°C ^[6]. The hydrographic network of Yamoussoukro is mainly made up of the Bandama River and its tributaries, but also of the N'Zi and Kan rivers on which numerous agropastoral dams have been built ^[7]. Also, Yamoussoukro's city is drained by lakes that are fed in part directly or indirectly by runoff from rainfall ^[6].

2.2. Data collection : The present study took place between July 2021 and February 2022 on five (05) anthropized urban lakes of Yamoussoukro (**Fig. 1**). These are Lake 1 to the east, Lake 6 to the west and Lakes 5, 8 and 9 in the city center.

The collection of macroinvertebrates in the lakes of Yamoussoukro was carried out in four (4) campaigns at a rate of two (02) campaigns per season. Pelagic organisms were collected with the help of a net over an area of 1 m² (2 m x 0.5 m). In addition, three (3) Van Veen sampling trips were carried out to collect the benthos (i.e., 0.15 m² of sampled area). Each sample, after a pre-sorting on a 500 µm mesh sieve, was preserved in 70°C alcohol. In the laboratory, the organisms were sorted in a petri dish, under a binocular magnifying glass and the different specimens identified using the keys and works of Dejoux *et al.* ^[8], J.A. Day *et al.* ^[9], R. Stals and I.J. De Moor ^[10].

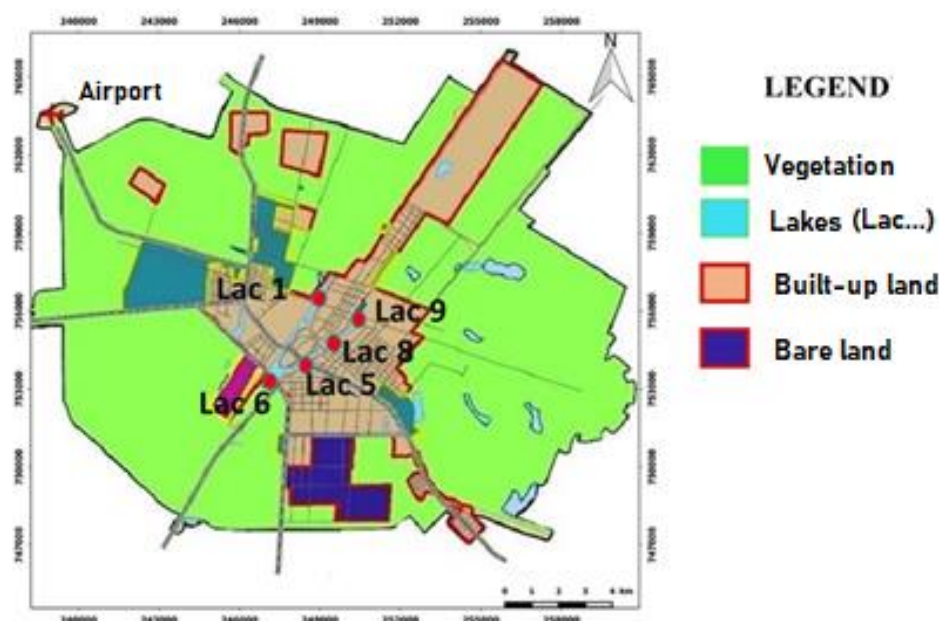


Fig. 1 : Location of sampling site selected on urban lakes in the city of Yamoussoukro.

2.3. Data analysis

- The frequency of occurrence "F" was used to highlight the habitat preferences of the taxa based on the ratio between the number of surveys "Fi" where the species "i" appears and the total number of samples "Ft". Its formula is: $F = 100 * Fi / Ft$ ^[11]. Where: $F > 50\%$ = Constant species (***) and $25\% \leq F \leq 50\%$ = Accessory species (**).
- Relative abundance has been used to show the taxonomic structure of lakes taxa and preponderant taxa of each lake^[12]. In this study, species representing at least 5% of the total number of organisms collected from at least one of the five (5) selected lakes are considered prevalent ^[13].
- ReDondance Analysis (RDA) performed using CANOCO 4.5 software, established the relationship between physicochemistry and relative abundances of major macroinvertebrate species in lakes^[14].
- The analysis of the diversity of the stands was done using the Shannon index (H') to quantify the diversity of the stands ($H' = - \sum pi * \log_2 pi$; With: pi represents the relative abundance of species i in the sample ($pi = ni/N$) and Pielou's equitability index (E), to assess the degree of equilibrium of the entomological stands. ($J = H' / \log_2 S$. with S was the number of species in samples) ^[13].

3. RESULTS

3.1. Specific compositions and occurrences of organisms: The specific composition of aquatic macroinvertebrates in urban lakes of Yamoussoukro are presented in **Table I**. A total of 157 species from 34 families, 13 orders and 4 classes (Arachnids, Insects, Clitellates, Molluscs and Gastropods) were inventoried. The classes of Insects (39 species, or 68%) and Gastropods (10 species, or 18%) were the most diverse.

Table I: Compositions and occurrences of aquatic macroinvertebrates of Yamoussoukro's urban lakes.** = Accessory species; *** = Constant species; - = No species; **Lac** = Study Lake

Class	Orders	Families	Species	Acronyms	Lac1	Lac5	Lac6	Lac8	Lac9
Arachnids	Trombidiformes	Lycosidae	<i>Arectina aquatica</i>	Aaq	-	**	-	-	-
		Pisauridae	<i>Thalassus spinosissimus</i>	Tsp	-	**	-	**	-
			<i>Thalassus</i> spp.	Tha	**	-	**	**	**
		Pontarachnidae	<i>Litarachna lopezia</i>	Llo	-	-	**	-	-
Clitellates	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Eisenia</i> sp.	Eis	-	-	***	-	-
		Turbificidae	<i>Ophidonais serpentina</i>	Ose	-	**	***	-	-
	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Alboglossiphonia</i> sp.	Alb	-	-	**	-	-
			<i>Helobdella europaea</i>	Hee	-	-	**	***	-
Gastropods	Architaenioglossa	Ampullariidae	<i>Lanistes neavei</i>	Lne	-	-	**	-	-
			<i>Lanistes ovum</i>	Lov	-	-	-	-	**
		Physidae	<i>Aplexa marmorata</i>	Ama	**	**	**	**	**
			<i>Aplexa waterloti</i>	Awa	-	**	-	-	**
	Planorbidae		<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	Bpf	**	***	***	***	***
			<i>Bulinus natalensis</i>	Bna	-	-	**	-	-
		Bithyniidae	<i>Limnitesa sulcata</i>	Lsu	-	-	**	-	-
			<i>Claopatra bulimoides</i>	Cbu	-	**	-	-	-
	Mesogastropoda	Pomatiopsidae	<i>Tomichia zwellendamensis</i>	Tzw	-	**	-	-	-
		Sorbeoconcha	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i>	Mtu	**	***	-	***
Insects	Coleoptera	Dytiscidae	<i>Canthydrus xanthinus</i>	Cxa	-	-	**	-	-
			<i>Capelatus</i> sp.	Cap	-	-	-	**	-
			<i>Dytiscus marginalis</i>	Dma	**	-	-	-	-
			<i>Hydroglyphus</i> sp.	Hyd	-	-	***	**	**
		Hydrophilidae	<i>Amphiops</i> sp.	Amp	***	**	-	**	**

Class	Orders	Families	Species	Acronyms	Lac1	Lac5	Lac6	Lac8	Lac9
	Diptera	Laccophilidae	<i>Enochrus</i> sp.	Eno	**	-	-	-	-
			<i>Grenitis</i> sp.	Gre	**	-	-	-	-
			<i>Laccophilus luctuosus</i>	Llu	**	**	**	-	-
		Chironomidae	<i>Chironomus formosipennis</i>	Cfo	-	-	**	-	-
			<i>Cricotopus</i> sp.	Cri	**	-	-	-	-
			<i>Nilodorum brevipalpis</i>	Nbr	-	-	**	-	-
			<i>Nilodorum rugosun</i>	Nru	-	-	**	-	-
			<i>Polypedilum laterale</i>	Pla	-	-	**	-	-
			<i>Stenochironomus</i> sp.	Ste	-	-	-	**	-
			<i>Stictochironomus cafferarius</i>	Sca	-	-	**	-	-
		Culicidae	<i>Culex quinquefasciatus</i>	Cqu	**	-	-	-	-

In contrast, the Arachnida and Clitellates classes (4 species, or 7% each) were the least diverse (**Figure 2**). In the class of Insects, Diptera order (12 species, 30.76%) were the best represented in species. While in the Gastropod Molluscs, Architaenioglossa were the most species rich (7 species, 70%) (**Table I**). The specific richness of the lakes in Yamoussoukro ranged from 15 species in Lake 9 to 32 species in Lake 6.

Regarding the taxa occurrences, *Aplexa marmorata*, *Appasus* sp., *Diplonychus* sp. and *Ceriagrion* sp. and *Biomphalaria pfeifferi* (Gastropod mollusc) populated all the urban lakes visited. In addition, *Aplexa marmorata* and *Ceriagrion* sp. were incidentally found in our lakes. *Biomphalaria pfeifferi*, was constantly seen in all the lakes except lake 1, where this species was incidental.

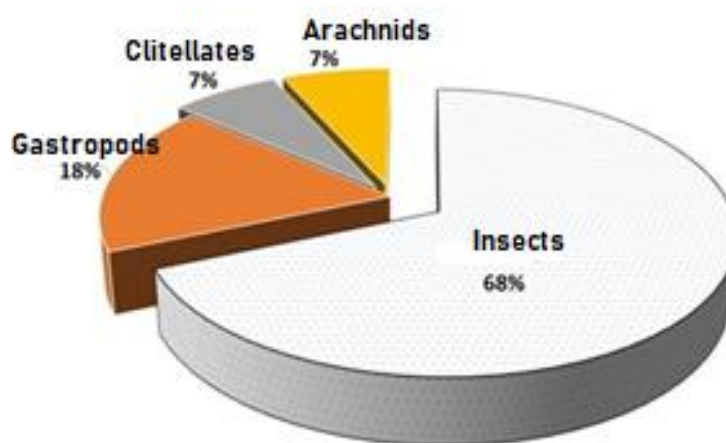


Figure 2: Proportions of aquatic macroinvertebrate classes collected in Yamoussoukro's urban lakes according to their specific richness.

3.2. Spatial distributions of Shannon and Equitability indices: Figure 3 shows the spatial distributions of Shannon and equitability indices of macroinvertebrate populations in Yamoussoukro lakes. Lake 1 was more diverse (2.56 bit), stable and balanced (0.81). In contrast, Lake 8 was less diverse (0.70 bit), less stable and balanced (0.23).

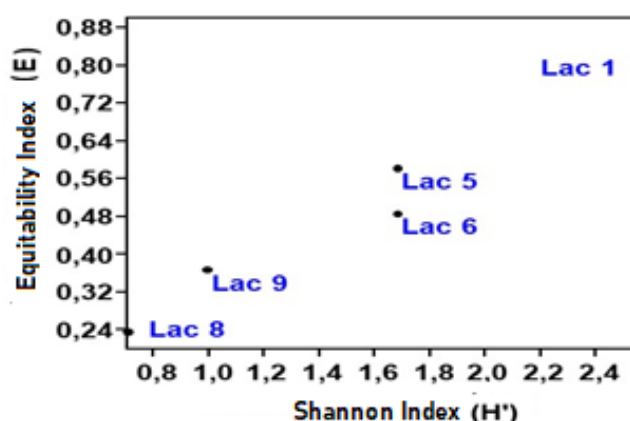


Figure 3: Spatial distributions of Shannon and Equitability indices of macroinvertebrates populations in Yamoussoukro's urban lakes.

3.3. Spatial distributions of relative abundances of major species: Spatial distributions of relative abundances of major aquatic macroinvertebrates species show that *Amphiops* sp. (30%) predominates in Lake 1. In Lake 5, *Aplexa waterloti* and *Melanoides tuberculata*, with 33% each, were more abundant. *Aplexa marmorata* (61%) was more abundant in lake 6, while lakes 8 and 9 were dominated by *Melanoides tuberculata* at 90 and 81.5% respectively.

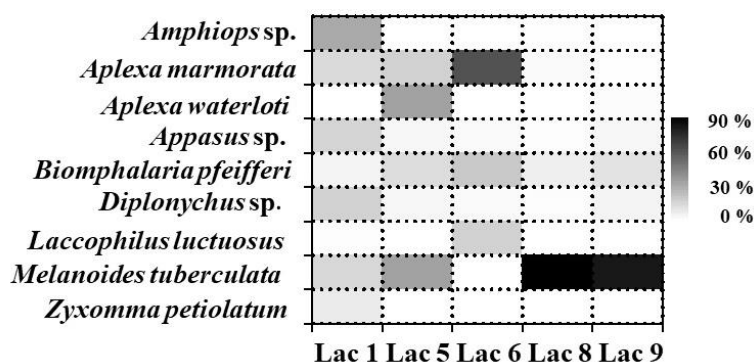
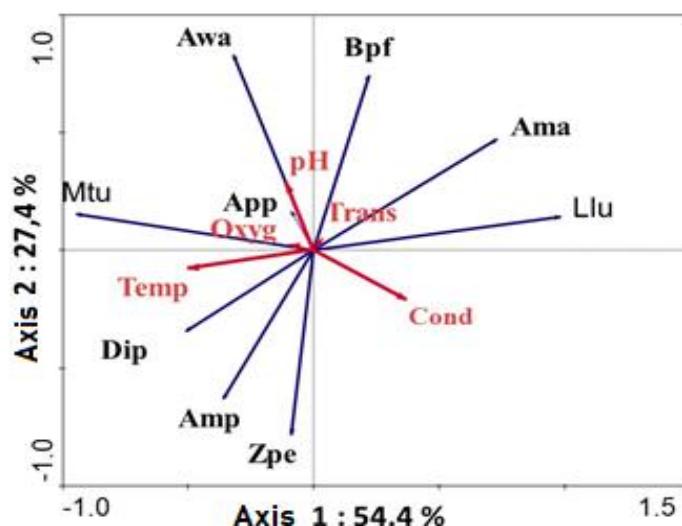


Figure 4: Spatial distributions of relative abundances of major macroinvertebrates species collected in Yamoussoukro's urban lakes.

3.4. Influence of physical chemistry parameters on the distribution of the main species: Figure 5 shows the influence of physical chemistry parameters on the distribution of the main macroinvertebrate species collected in urban lakes in Yamoussoukro. Redundancy Analysis (RDA) indicates that axis I and II express 54.4 and 27.4 % of the information respectively, for a total of 81.8 % of the variability.



Temp = Temperature; *Trans* = Transparency; *Oxyg* = Dissolved oxygen, *pH* = Hydrogen potential; *Cond* = Conductivity. *Amp* = *Amphiops* sp., *Ama* = *Aplexa marmorata*, *Bpf* = *Biomphalaria pfeifferi*, *Dip* = *Diplonychus* sp., *Mtu* = *Melanoides tuberculata*, *Zpe* = *Zyxomma petiolatum*, *Llu* = *Laccophilus luctuosus*, *App* = *Appasus* sp., *Awa* = *Aplexa waterloti*.

Fig. 5: Redundancy Analysis (RDA) of the nine (9) main species of aquatic macroinvertebrates collected in Yamoussoukro's lakes.

The projection of the main aquatic macroinvertebrate species on the vector axes of the environmental parameters (pH, Transparency, Dissolved Oxygen, Temperature and Conductivity), indicated that they were weakly correlated to all the studied parameters. In addition, on axis 1 *Aplexa marmorata* and *Laccophilus luctuosus* were influenced by conductivity. On the other hand, on this same axis, *Melanoides tuberculata* and *Diplonychus* sp. were negatively associated with temperature. As for axis 2, *Aplexa waterloti*, *Appasus* sp. and *Biomphalaria pfeifferi*, were positively associated with pH. *Amphiops* sp. and *Zyomma petiolatum* are opposed to high pH values.

3.5. Potential health risks of urban lakes in Yamoussoukro: The health risks caused by aquatic macroinvertebrates in urban lakes in Yamoussoukro are shown in Table 2. *Culex quinquefasciatus*, intermediate host of *Wuchereria bancrofti* and vector agent of Bancroft's Filariasis represents 0.62% of the infective organisms in urban lakes in Yamoussoukro. *Diplonychus* sp. (17.23%) and *Micronecta scutellaris* (2.46%) are intermediate hosts of *Mycobacterium ulcerans* and vectors of Buruli ulcer. *Bulinus natalensis* (1.23%) and *Biomphalaria pfeifferi* (78.46%) are respectively intermediate hosts of *Schistosoma haematobium* and *Schistosoma mansoni*, intermediate hosts of urinary and intestinal Bilharzia.

Table 2: Relative data of some water-related diseases transmissible by aquatic macroinvertebrates in Yamoussoukro's lakes.

Class	Species	Transmission modes	Vector agents / Intermediate highs	Diseases	Proportions (%)
Insects	<i>Culex quinquefasciatus</i>	Sting	<i>Wuchereria bancrofti</i>	Bancroft's Filariasis	0,62
	<i>Diplonychus</i> sp.		<i>Mycobacterium ulcerans</i>	Buruli Ulcer	17,23
	<i>Micronecta scutellaris</i>				2,46
Gastropods	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	Contact with contaminated water	<i>Schistosoma mansoni</i>	Intestinal Bilharzia	78,46
	<i>Bulinus natalensis</i>		<i>Schistosoma haematobium</i>	Urinary Bilharzia	1,23

4. DISCUSSION

During this study, the 157 species of aquatic macroinvertebrates recorded in the urban of Yamoussoukro lakes was lower than that reported by Djéné^[15], who inventoried 148 species from 61 families, 20 orders and 6 classes in four (4) of the urban lakes of Daloa. Although he used the same tools as this author, this low diversity could be explained by the duration and effort of sampling. Indeed, the study of Djéné^[15], spanned one-year (between 2015 and 2016), while this study lasted only six (6) months.

Moreover, the specific richness recorded in each of the urban lakes of Yamoussoukro were higher than those observed by E.W. Bationo^[16], in three (3) small dam lakes in the Sissili province of Burkina Faso. This author counted 11 species, in Zoro Lake; 18 species, in Bénaverou lake and 19 species, in Côtô. The low richness noted by E.W. Bationo^[16], attributable to the fact that this author used a troubled net with a mesh size of 1 mm² only and that he carried out a single sampling campaign. Diptera represent 30.76% of insects' specific richness in Yamoussoukro's urban lakes.

This result corroborated that of Djéné^[15], who also noted the predominance of this class (25%) in lakes in Daloa. The studied parameters (pH, Transparency, Dissolved Oxygen, Temperature and

Conductivity) had influenced on the distribution of the main macroinvertebrate species populating lakes in Yamoussoukro. These parameters were mainly inherent to the anthropic activities that take place in the watershed of these lakes.

The assessment of health risks from macroinvertebrates in the urban lakes of Yamoussoukro revealed a high risk of transmission of Buruli Ulcer and intestinal Bilharzia with *Diplonchus* sp. and *Biomphalaria pfeifferi* as intermediate hosts, respectively. The high proliferation of these organisms was linked to the degradation of the ecological integrity of the Yamoussoukro lakes under the influence of anthropic pressures.

Dreyfuss and D. Rondelaud ^[17] reported that this phenomenon would favor the colonization and proliferation of certain intermediate host macroinvertebrates and vector agents in the urban lakes of Yamoussoukro. These organisms would host larval forms of pathogens, which would ensure the maturation to the infesting stage.

V. CONCLUSION

The present study carried out in five (05) urban lakes of Yamoussoukro revealed 157 species of 34 families, 13 orders and 4 classes, of which the classes of insects (68%) and gastropods (18%) are the most diversified. Diptera (30.76%) and Architaenioglossa (70%) were respectively the most species-rich orders in these classes. The occurrences of the collected species indicated that, *Appasus* sp. and *Diplonchus* sp. were common to all the visited lakes. *Aplexa marmorata* and *Ceragrion* sp. were incidentally encountered and *Biomphalaria pfeifferi* was constantly seen in our lakes. Yamoussoukro's lakes macroinvertebrates communities were not very diversified, less stable and balanced, respectively for values of the Shannon index between 0.70 and 2.56 bit and equilibrium ranging from 0.23 to 0.91. The distribution of macroinvertebrates species in Yamoussoukro's lakes were influenced by environmental parameters.

The proliferation of *Diplonchus* sp. (17.23%) and *Biomphalaria pfeifferi* (78.46%) as intermediate hosts of *Mycobacterium ulcerans* and *Schistosoma mansoni*, respectively, in these lakes is thought to contribute to the high risk of transmission of Buruli ulcer and intestinal Bilharzia.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors of this study thank the Yamoussoukro's health district authorities of and the authorities of Jean Lorougnon Guédé University.

REFERENCES

1. B.F Tano., K. Abo, A. Dembele and L. Fondio, Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine : cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *International journal Biological Chemical Sciences*, 2011, 5(6), 2317-2329.
2. G.J. Sawadogo, A. Téko-agbo and Y. Akpo, Réutilisation des eaux usées en agriculture au Sénégal : impact sur la santé et l'environnement. Rapport de l'atelier-séminaire sur le traitement et la réutilisation des eaux usées, Rabat (Maroc), 2005, 14 p.
3. B.S. Diop, Traitement des eaux usées domestiques par voie naturelle, sous climat tropical. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondit (DEA) Environnement, Institut des Sciences de l'Environnement, Dakar (Sénégal), 1994, 322 p.

4. J.M.C. Doannio, K.L. Konan, F.N. Dosso, A.B. Koné, Y.L. Konan, Y. Sankaré, E. Ekaza, N.D. Coulibaly, K.P. Odéhour, M. Dosso, E.D. Sess, L. Marsollier and J. Aubry, *Micronecta* sp. (Corixidae) et *Diplonychus* sp. (Belostomatidae), deux hémiptères aquatiques hôtes et/ou vecteurs potentiels de *Mycobacterium ulcerans* agent pathogène de l'ulcère de Buruli en Côte d'Ivoire. *Médecine Tropicale*, 2011, 71, 53-57.
5. E.N. Wandan, N.J. N'goran, K.B. Kouadio and K.J.G. Beda, Perceptions des problèmes environnementaux dans la commune de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 2014, 10(8), 1857-7881.
6. K.A. N'guessan, A.M. Kouassi, R. Gnaboa, K.S. Traore and P.V. Houenou, Analyse de phénomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé : cas de la ville de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 2014, 17, 135-154.
7. H. Ouattara, Contribution à l'étude de la contamination du lac Kossou dans le District de Yamoussoukro par les activités d'orpaillage. Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua, Abidjan (Côte d'Ivoire), 2015, 86 p.
8. C. Dejoux, J.M. Elouard, P. Forge and J.L. Maslin, Catalogue iconographique des Insectes aquatiques de Côte d'Ivoire - Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Rapport ORSTOM, Paris (France), 1981, 178 p.
9. J.A. Day, B.A. Stewart and I.J. De Moor, Guide to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa. Volume 9: Diptera. Rapport N TI 2-1/-2 *Water Research Commission*, Jouanersbourg (South Africa), 2003, 200 p.
10. R. Stals and I.J. De Moor, Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa. Volume 10: Coleoptera. Rapport NTT 320/07 *Water Research Commission*, Jouanersbourg, (South Africa), 2007, 263 p.
11. R. Dajoz, Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée, Dunod, 7ème édition, Paris, France, 2000, 615 p.
12. Ramade, Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. Rapport d'étude en écologie, Paris, France, 2003, 190 p.
13. O.E. Edia, Diversité taxonomique et structure des peuplements de l'entomofaune des rivières côtières Soumié, Eholié, Ehania, Noé (Sud-est, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 2008, 171 p.
14. J.F. Ter Braak and P. Smilauer, CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York, 2002, 351 p.
15. K.R. Djéné, Diversité des macro-invertébrés et leur utilisation dans l'évaluation de la qualité écologique des écosystèmes aquatiques urbains de Daloa (Centre-ouest, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire), 2019, 207 p.
16. E.W. Bationo, Etude comparée de la distribution des macroinvertébrés de trois (3) petits lacs de barrages dans la province de la Sissili (Sud, Burkina Faso). Mémoire de fin de

- cycle de Master en analyse des populations des espaces Fauniques et Halieutiques (MFH). Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 2014, 57 p.
17. J. Dreyfuss and D. Rondelaud, Les mollusques dans la transmission des helminthoses humaines et vétérinaires. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 2011, 664(1), 13-20.

*** Corresponding author: Allouko Jean-Renaud,**

Laboratory of Biodiversity and Tropical Ecology, University Jean Lorougnon Guédé,
Daloa, Côte d'Ivoire-BP 150 Daloa

Online publication Date: 25.10.2022

RESUME :

La diversité, la dynamique spatio-temporelle et l'analyse du réseau trophique des organismes ont permis de mettre en évidence l'état trophique des lacs urbains de Yamoussoukro. Ces travaux se sont déroulés entre juillet 2021 et mai 2022, sur 6 lacs, suivant leurs localisations géographiques et anthropisations. Les organismes concernés sont les macrophytes, les macroinvertébrés, le plancton et l'ichtyofaune. Les macroinvertébrés aquatiques ont été échantillonnés à l'aide d'une benne Van Veen et d'un filet troubleau. Le plancton a été collecté à partir de la filtration au filet à plancton de 30 L d'eau. La collecte de l'ichtyofaune s'est faite à l'aide de filets maillants et d'éperviers. La physico-chimie des lacs montre certaines eaux sont plus alcalines, profondes, oxygénées et minéralisées durant la saison pluvieuse et d'autres plus chaudes et transparentes pendant la saison sèche. La discrimination de la physico-chimie en fonction de la localisation des lacs indique que les lacs situés en agglomération ont des eaux alcalines, ceux situés à l'extension de la ville sont fortement minéralisés tandis que, le lac isolé est plus oxygéné et transparent. L'inventaire des macrophytes se compose de 19 espèces de 3 classes, dont les plus diversifiés sont les Liliopsides mais les Magnoliopsides sont les plus abondants. Chez les macroinvertébrés aquatiques, 78 espèces de 04 classes ont été identifiées, dont les insectes qui sont les plus riches en espèces et les mollusques gastéropodes, les plus abondants. Le plancton est constitué de 99 espèces de 5 Embranchements pour le phytoplancton et 31 espèces appartenant à 4 groupes pour le zooplancton, avec la forte richesse en espèces caractéristiques des milieux dégradés appartenant aux Chlorophytes et aux Cyanophytes chez le phytoplancton et aux Rotifères chez le zooplancton. Quant aux poissons, ils comptent 14 espèces d'une classe. Des huit (8) principales espèces de poissons, seul *Chrysichthys maurus* a de mauvaises conditions de vie. Une allométrie isométrique a été identifiée, pour *Parachanna obscura* et négative pour les sept (7) autres. Les relations trophiques entre les communautés aquatiques indiquent une dominance des prédateurs chez les macroinvertébrés. Les régimes alimentaires des cinq (5) espèces de poissons indiquent une prépondérance des espèces planctophages. Les pyramides des biomasses des quatre (4) niveaux trophiques montrent une prédominance des consommateurs secondaires et une forte compétition entre ces derniers pour l'acquisition des proies du niveau inférieur, illustrant un contrôle de type bottom-up des lacs. L'analyse de ces pyramides montre que dans l'ensemble les lacs de Yamoussoukro sont productifs, mais ceux situés en agglomération sont plus déséquilibrés.

MOTS CLES : Diversité, dynamique, organismes aquatiques, implication trophique, lacs urbains de Yamoussoukro

ABSTRACT :

The diversity, spatio-temporal dynamics and analysis of the food network of organisms made it possible to highlight the trophic state of the urban lakes of Yamoussoukro. This work took place between July 2021 and May 2022, on 6 lakes, depending on their geographical locations and anthropizations. The organisms concerned are macrophytes, aquatic macroinvertebrates, plankton and ichthyofauna. Aquatic macroinvertebrates were sampled using a van Veen grab and a mud net. Plankton was collected from plankton net filtration of 30 L of water. The collection of ichthyofauna was carried out through experimental fishing catches using gill nets and cast nets. The physico-chemistry of the lakes shows more alkaline, deep, oxygenated and mineralized waters during the dry season. The discrimination of physico-chemistry according to the location of the lakes indicates that the lakes located in urban areas have alkaline waters, those located on the outskirts of the city are highly mineralized while the isolated lake (control) is more oxygenated and transparent. The inventory of macrophytes consists of 19 taxa of 3 classes, of which Liliopsids and Magnoliopsids are more diverse and abundant. Among aquatic macroinvertebrates, 78 taxa from 4 classes have been identified, including insects, which are more diverse, and abundant gastropod, molluscs. Plankton is made up of 99 taxa of 5 sub-kingdom, for phytoplankton and 31 taxa of 4 groups, for zooplankton, with the high diversity of taxa characteristic of degraded environments belonging to chlorophytes and Cyanobacteria, among phytoplankton and Rotifera, among zooplankton. As for fish, there are 14 species of 01 class. Of the 08 main species of fish, only *Chrysichthys maurus* has poor living conditions. An isometric allometry was identified for *Parachanna obscura* and negative for the 7 others. Trophic relationships between aquatic communities indicate predator dominance among aquatic macroinvertebrates. The diets of 05 fish species indicate a preponderance of planktivores. The biomass pyramid of the 04 trophic levels shows a preponderance of secondary consumers and a strong competition between them for the lower level, illustrating a bottom-up type control of the lakes. The analysis of these pyramids shows that, overall, the lakes of Yamoussoukro are productive, but those located in the urban area are unbalanced.

Key words : diversity, dynamics, organisms aquatic, trophic implication, urban lakes of Yamoussoukro