

Étude de l'influence de la qualité des zones riveraines sur la diversité des odonates dans le bassin versant de la rivière N'saya à Kinshasa RDC

Edouard SISA MBUNGU^{1,3*}, Jean-Claude KAMB TSHIJKI¹, S. N. Déogratias MUTAMBEL'HITY², Jean LOHAKA DJONGA¹, Norbert BUNDA PATA MAYALA¹ et John MUNGANGA GIKUG⁴

¹ Université Nationale Pédagogique (UPN), Faculté des Sciences et technologies, Département de Biologie, Laboratoire d'Hydrobiologie et écologie, BP 8815 Kinshasa I, RD Congo

² Université Nationale Pédagogique (UPN), Faculté des Sciences et technologies, Département de Biologie, Laboratoire de génétique et biologie moléculaire, BP 8815 Kinshasa I, RD Congo

³ Université Nationale Pédagogique (UPN), Centre de Recherches Interdisciplinaires de l'Université Nationale Pédagogique (UPN), Unité de Recherche Environnement, BP 8815 Kinshasa I, RD Congo

⁴ Institut Supérieur Pédagogique de Milungu (ISP Milungu), Section Sciences et technologie, Département de Biologie Laboratoire de Biologie, BP 130 Kwilu, RD Congo

(Reçu le 26 Août 2025 ; Accepté le 13 Octobre 2025)

* Correspondance, courriel : edwrdsisam@gmail.com

Résumé

Cette étude qui a pour objectif d'évaluer l'influence de la qualité écologique des zones riveraines sur la diversité des odonates dans le bassin versant de la rivière N'saya (Kinshasa, RDC) entre 2023 et 2024. L'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) a été basée de la superficie d'occupation de chaque composante de la bande riveraine dans chaque station de 100 m sur 20 a été utilisé pour caractériser l'état écologique des stations, tandis que la diversité des Odonates a été analysée à l'aide des indices de Shannon, Simpson et Piélov et l'Analyse Canonique de correspondance a été appliquée pour identifier les corrélations entre les composantes de la bande riveraine et les espèces d'odonates. L'analyse de la qualité de la bande riveraine a révélé une dégradation accrue (capacité faible) à cause de la forte présence des herbacées naturelles et l'intensification des activités maraîchères durant les deux saisons ($\text{IQBR}=32,2 \pm 3,7$ en saison sèche et $42,4 \pm 5$ en saison pluvieuse). Au total, 50 espèces d'odonates ont été recensées, réparties en six familles, dominées par les Libellulidae. Les stations présentant une végétation dense et naturelle (N'sa2, N'sa3) ont affiché une plus grande diversité moyenne ($H'=2,97$ dans N'sa2 et $H'=3,26$ dans N'sa3) et équitabilité moyenne ($E'=0,91$ dans N'sa2 et $E'=0,91$ dans N'sa3), contrairement aux stations dégradées (N'sa1 avec $H'=2,43$ et $E'=0,85$, N'sa5 avec $H'=2,42$ et $E'=0,86$) où des espèces tolérantes telles que *Brachythemis leucosticta* et *Palpopleura lucia* ont dominé. L'ACC a montré une forte corrélation entre la composition des peuplements et la qualité de la végétation riveraine. Ces résultats ont démontré que la diversité des Odonates est étroitement liée à l'intégrité écologique des berges, confirmant leur rôle comme bioindicateurs efficaces pour le suivi et la gestion durable des écosystèmes aquatiques urbains tropicaux.

Mots-clés : influence, zones riveraines, diversité, odonates, N'saya, Kinshasa, RDC.

Abstract

Study of the influence of riparian zone quality on dragonfly and damselfly diversity in the N'saya River watershed in Kinshasa, DRC

This study aims to assess the influence of the ecological quality of riparian zones on Odonata diversity in the N'saya River watershed (Kinshasa, DR Congo) between 2023 and 2024. The Riparian Buffer Quality Index (RBQI) was based on the percentage cover of each riparian component within a $100\text{ m} \times 20\text{ m}$ section at each station and was used to characterize the ecological condition of the sites. Odonata diversity was analyzed using Shannon, Simpson, and Pielou indices, and Canonical Correspondence Analysis (CCA) was applied to identify correlations between riparian components and Odonata species. The assessment of riparian quality revealed increased degradation (low capacity), mainly due to the high presence of natural herbaceous vegetation and the intensification of market gardening activities during both seasons (RBQI = 32.2 ± 3.7 in the dry season and 42.4 ± 5 in the rainy season). In total, 50 Odonata species were recorded, belonging to six families, with Libellulidae being the most dominant. Stations with dense and natural vegetation (N'sa2, N'sa3) showed higher mean diversity ($H' = 2.97$ in N'sa2 and $H' = 3.26$ in N'sa3) and higher evenness ($E' = 0.91$ in N'sa2 and $E' = 0.91$ in N'sa3). In contrast, degraded stations (N'sa1 with $H' = 2.43$ and $E' = 0.85$; N'sa5 with $H' = 2.42$ and $E' = 0.86$) were dominated by tolerant species such as *Brachythemis leucosticta* and *Palpopleura lucia*. The CCA showed a strong correlation between community composition and the quality of riparian vegetation. These findings demonstrate that Odonata diversity is closely linked to the ecological integrity of riverbanks, confirming their role as effective bioindicators for the monitoring and sustainable management of tropical urban aquatic ecosystems.

Keywords : influence, riparian zones, diversity, Odonata, N'saya, Kinshasa, DR Congo.

1. Introduction

Les zones riveraines, situées à l'interface entre les milieux aquatiques et terrestres, jouent un rôle fondamental dans le maintien de la biodiversité et de la qualité écologique des écosystèmes lotiques et lenticques [1, 2]. Elles constituent des zones tampons entre les milieux terrestres et aquatiques et jouent un rôle clé dans les processus biochimiques qui relient ces deux écosystèmes [2, 3]. Ces habitats assurent une régulation thermique, une filtration des polluants, et fournissent des ressources alimentaires et des sites de reproduction pour de nombreuses espèces, dont les odonates [4 - 6]. Ces derniers, comprenant les libellules et demoiselles, sont des bioindicateurs sensibles qui réagissent rapidement aux perturbations environnementales, notamment à la dégradation des berges, à la disparition de la végétation rivulaire et à la pollution [7]. Plusieurs études ont montré que la diversité des odonates est fortement influencée par les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des bandes riveraines, ainsi que par la qualité physico-chimique de l'eau [8, 9]. Lorsque les rives sont dégradées, fragmentées ou transformées par des pressions anthropiques (urbanisation, agriculture, déforestation), la diversité et la composition des communautés d'odonates tendent à diminuer, favorisant les espèces généralistes au détriment des autres espèces à valence écologique réduite [1]. L'expansion urbaine, conjuguée à la croissance démographique, engendre une augmentation exponentielle de la production des déchets ménagers. Aussi, les rivières qui traversent les grandes agglomérations, servent pour l'arrosage, le maraîchage, la baignade et l'élimination des effluents [10]. À Kinshasa, la rivière N'saya, située dans la commune de Mont Ngafula, constituant la limite naturelle de quartiers Pumbo, Matadi-Kibala et Kimwenza, subit de fortes pressions dues à l'urbanisation anarchique, au déversement des déchets ménagers et à l'exploitation non réglementée de ses berges comme les autres rivières qui serpentent les grandes agglomérations africaines. Ces altérations portent atteinte à la qualité

éologique de cette rivière et de la diversité des espèces aquatiques qui en dépendent. Plusieurs études ont indiqué que la composition et la richesse des assemblages odonatologiques sont fortement influencées par la qualité de l'habitat riverain, notamment la couverture végétale, la structure du substrat, et la connectivité entre l'eau et la végétation terrestre [8, 11, 12]. Malgré son importance pour les écosystèmes urbains et la régulation hydrologique locale, la N'saya reste peu étudiée du point de vue de sa biodiversité, notamment en ce qui concerne les odonates. Ainsi cette étude vise à évaluer l'influence de la qualité écologique des bandes riveraines sur la diversité des odonates dans la rivière N'saya, à Kinshasa. Il s'agit d'évaluer la qualité écologique des bandes riveraines de cette rivière selon leur degré de naturalité ou de dégradation par l'Indice de la Qualité de Bande Riveraine, d'inventorier les odonates sur les bandes riveraines de la rivière N'saya et d'analyser leur structure par les indices de diversité pendant les deux saisons et d'indiquer les relations entre la structure des communautés d'odonates et les variables environnementales, notamment la végétation riveraine et l'occupation du sol. Cette étude est un enrichissement scientifique de la compréhension du lien entre la qualité des zones riveraines et les populations des odonates en milieu urbain tropical et met en lumière le rôle biondicateur des libellules et demoiselles et leur importance sanitaire dans la régulation naturelle des insectes nuisibles et vecteurs des parasites. Il constitue un outil pédagogique pour la sensibilisation à la gestion durable des écosystèmes aquatiques.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

La rivière N'saya est située dans la commune de Mont-ngafula, dans la partie sud de la ville de Kinshasa. Son bassin versant est situé dans la zone de collines. Elle prend sa source au pied de la colline des quartiers Cite Pumbu, Matadi-kibala et Kimwenza. Elle coule de l'Ouest vers le sud sur une distance de 7 kilomètres pour se jeter dans la rivière Lukaya. Cinq stations de 100 m de longueur (*Figure 1*) ont été sélectionnées d'amont en aval après une prospection selon un gradient d'urbanisation et de perturbation anthropique croissante, en tenant compte de l'accessibilité, de la morphologie du cours d'eau et de la présence d'activités humaines. Les coordonnées géographiques de chaque station ont été déterminées à l'aide d'un GPS (Global Positionning System) de marque Garmin II.

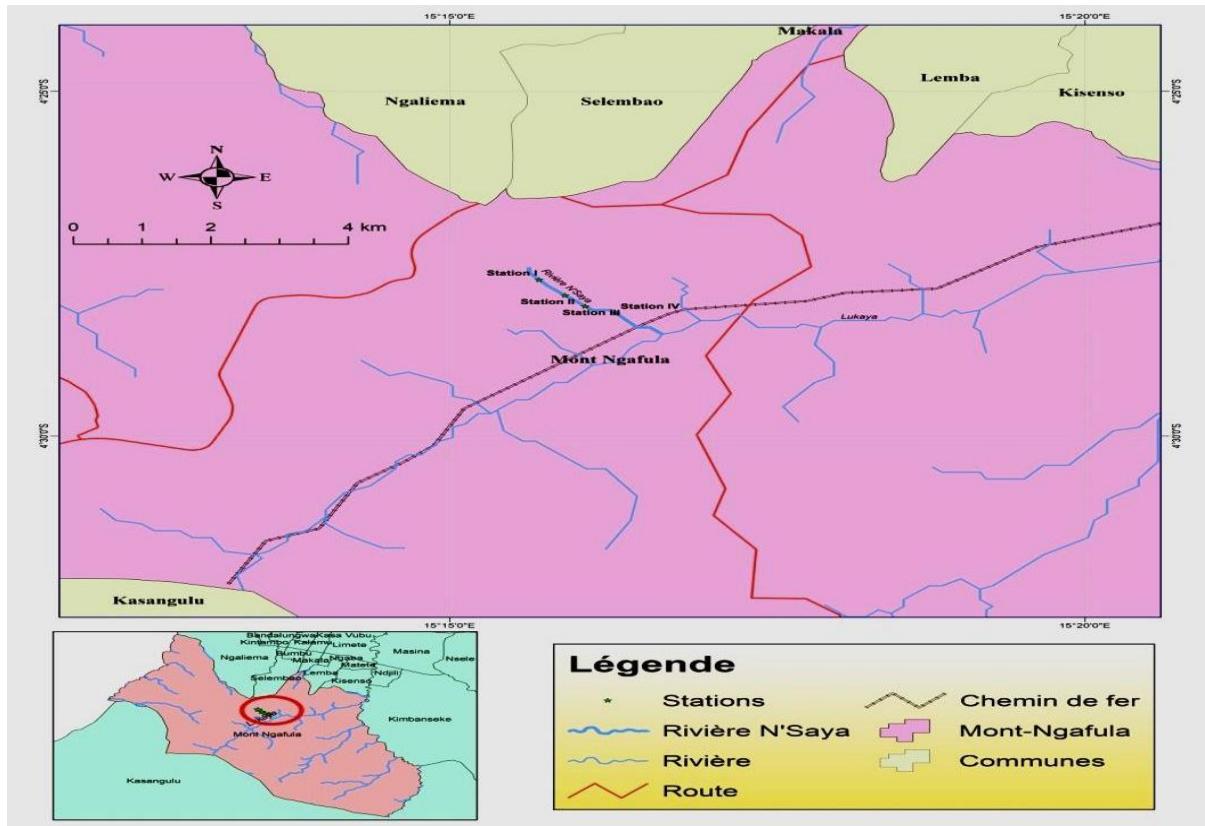


Figure 1 : Localisation de la rivière N'saya et les stations de prélèvement

2-2. Évaluation de la qualité des bandes riveraines

La qualité écologique des bandes riveraines a été évaluée à l'aide de l'Indice de Qualité des Bandes Riveraines (IQBR), adapté aux conditions locales. Cet indice est basé sur des observations de terrain et l'évaluation de la couverture végétale sur une bande de 100 m de long et 20 m de large de part et d'autre du cours d'eau, soit une superficie de 2000 m² par rive. Pour chaque station, les éléments suivants ont été évalués : le type de strate végétale présente (herbacée, arbustive, arborée), la couverture du sol (sol nu, sol couvert, cultures, etc.), les usages du sol (habitat, agriculture, dépôt d'ordures, etc.), les altérations visibles (érosion, destruction des berges, envasement, etc.) [2, 10, 13]. Chaque critère est noté selon une grille standardisée. Pour chaque station de la rivière, l'Indice de Qualité de la Bande Riveraine (IQBR) a été calculé à l'aide de la **Formule** de la Corporation du Bassin Jacques Cartier [14] :

$$IQBR = \frac{[\sum(\%i.Pi)]}{10} \quad (1)$$

où, i = énième composante ; $\%i$ = pourcentage de la station couvert par la énième composante ; Pi = facteur de pondération de la énième composante.

La note finale de l'IQBR (sur 100) a permis de classer la qualité écologique des bandes riveraines en 5 catégories : Très bonne (> 80), Bonne (60–80), Moyenne (40–60), Faible (20–40), Très faible (< 20) [14].

2-3. Collecte et identification des odonates

Les Odonates ont été capturés à l'aide d'un filet entomologique de 40 cm de diamètre [15]. L'échantillonnage a été réalisé selon la méthode de transect standardisée dite Pollard Walk [16, 17], fréquemment utilisée pour

le suivi des populations d'insectes pour sa simplicité d'application et sa reproductibilité sur de multiples sites [18]. Des transects de 50 m de long sur 20 m de large ont été implantés parallèlement aux berges, dans les zones les plus accessibles des stations échantillonnées [19]. Les zones à végétation trop dense ou trop haute ont été exclues afin d'optimiser la détectabilité des individus [18, 20]. Chaque transect a été parcouru pendant 10 à 15 minutes effectives. Les individus observés ont été capturés par coups de filet rapides et ciblés [21], puis dénombrés. Les spécimens collectés ont été conservés dans de l'acétone, ailes repliées sur le dos, placés dans des enveloppes de philatélie [22]. L'identification a été réalisée à l'aide d'une stéréo-loupe, et ponctuellement au microscope optique (objectif 10x) pour l'examen de caractères fins. Les clés utilisées pour l'identification ont été celles de [21, 23 - 31].

2-4. Analyse des données

Les données relatives aux paramètres physico-chimiques, aux composantes des bandes riveraines et à la structure des communautés d'Odonates de la rivière N'saya ont été soumises à diverses analyses. Les données se rapportant aux paramètres physico-chimiques et aux composantes des bandes riveraines ont été soumises au test de Kruskal-Wallis pour comparer les deux saisons de l'année. Les communautés d'Odonates ont été soumises aux analyses de biodiversité, notamment biodiversité alpha (α). Par ailleurs, les données odonatologiques ont été corrélées aux caractéristiques des bandes riveraines et aux variables physico-chimiques. La biodiversité alpha (α), qui reflète la richesse spécifique locale, a été calculée à l'aide de plusieurs indices classiques :

- Richesse spécifique (S) : nombre d'espèces recensées par station ;
- Indice de Shannon-Weaver (H') : prenant en compte le nombre d'espèces et leur abondance relative [32, 13].

$$\text{Calculé à l'aide de la formule : } H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i \quad (2)$$

où, H' = Indice de diversité de Shannon-Weaver ; S = nombre d'espèces

$$P_i = n_i / N : \text{abondance relative de chaque taxon}; \quad (3)$$

n_i : effectif du taxon i; N : effectif total.

- Équitabilité de Piélou (E) : mesurant la régularité de la distribution des espèces [33]. Il s'obtient par la formule : $E = - H' / H'_{\max}$ (4)

$$\text{Où } H'_{\max} = \log S. \quad (5)$$

- Indice de Simpson ($1-D$) : indiquant la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à des espèces différentes, avec un accent sur les espèces dominantes [32] ;
- Indice de Hill : intégrant à la fois les espèces rares et dominantes pour une mesure globale de la diversité. L'indice varie de 0 (maximum de diversité) à 1 (minimum de diversité). La formule 1-Hill est utilisée pour une lecture plus intuitive, à savoir plus la valeur augmente et plus la diversité

$$\text{augmente aussi. Il est déterminé par la formule suivante : } D = \frac{1}{H' + \frac{1}{N}} ; \quad (6)$$

- Avec $1/D$ l'inverse de l'indice de Simpson et H' l'indice de Shannon.

L'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) [34, 35] a permis d'explorer les relations entre la composition des peuplements d'Odonates et les variables environnementales (composantes des bandes riveraines). Cette méthode multivariée, issue de l'Analyse des Correspondances (AC), combine régression

multiple et réduction dimensionnelle pour identifier les principaux gradients environnementaux influençant la distribution des espèces. Les données ont été transformées selon la fonction $\text{LOG}(x+1)$, puis standardisées (centrées-réduites), afin de normaliser les distributions et d'harmoniser les échelles des variables. L'ensemble des analyses a été réalisé à l'aide du logiciel PAST (version 4.03) [13, 36, 37]. Seules les variables présentant une contribution supérieure à la moyenne ont été retenues pour l'interprétation des axes [38]. Enfin, une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été effectuée afin de regrouper les stations selon leur degré de similarité écologique, à partir d'un indice de dissimilarité et d'un algorithme d'agglomération progressive [39].

3. Résultats

3-1. Qualité de la Bande riveraine de la rivière N'saya

3-1-1. Qualité de la Bande riveraine de la rivière N'saya en saison sèche

En saison sèche, la végétation arbustive a représenté 15 % de la bande riveraine à la station N'sa4, 10 % à N'sa1 et 5 % aux stations N'sa2 et N'sa3 (Tableau 1). Les herbacées naturelles ont occupé 30 % de la superficie riveraine à N'sa5, suivies de 25 % à N'sa4 et N'sa3, 20 % à N'sa1 et 10 % à N'sa2. Les cultures maraîchères ont dominé largement dans plusieurs stations, couvrant 70 % à N'sa2, 55 % à N'sa3, 50 % à N'sa1, 45 % à N'sa4 et 40 % à N'sa5 (Tableau 1). Les friches étaient présentes à hauteur de 20 % à N'sa1, 15 % à N'sa3 et N'sa4, et 10 % à N'sa2. À N'sa5, le sol nu a couvert 30 % de la bande riveraine. Les indices globaux de qualité écologique de la bande riveraine calculés pour chaque station ont été respectivement de 38 (N'sa4), 33 (N'sa1), 32 (N'sa3), 30 (N'sa5) et 28 (N'sa2), traduisant une faible capacité de ces bandes à remplir leurs fonctions écologiques, avec une tendance à la dégradation croissante de l'amont vers l'aval (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Qualité de la Bande Riveraine de la rivière N'saya en saison sèche de 2023 à 2024

Composantes (%)	Station					Moyenne
	N'sa1	N'sa2	N'sa3	N'sa4	N'sa5	
Forêt	0	0	0	0	0	0
Arbustes	10	5	5	15	0	7±5,7
Herbes	20	15	25	25	30	23±5,7
Cultures	50	70	55	45	40	52±11,5
Friches	20	10	15	15	0	12±7,58
Sol nu	0	0	0	0	30	6±13,4
Sol rocheux	0	0	0	0	0	0
Infrastructures	0	0	0	0	0	0
IQBR	33	28	32	38	30	32,2±3,77
Capacité de la bande	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible

3-1-2. Qualité de la Bande riveraine de la rivière N'saya en saison pluvieuse

En saison pluvieuse, la bande riveraine de la rivière N'saya a présenté une couverture de 10 % d'arbustes à la station N'sa2 (*Tableau 2*). Les herbacées naturelles ont dominé largement la végétation, avec une couverture de 70 % à N'sa2, 55 % à N'sa3, 50 % à N'sa1 et N'sa4, et 40 % à N'sa5. Les cultures maraîchères ont occupé 35 % de la bande riveraine à N'sa4, 30 % à N'sa1 et N'sa5, et 20 % à N'sa2 et N'sa3. Les friches agricoles (cultures abandonnées) ont représenté 20 % à N'sa1, 15 % à N'sa3, N'sa4 et N'sa5, et 10 % à N'sa2. Un sol nu a été observé à hauteur de 15 % à la station N'sa5. Les indices de qualité écologique de la bande riveraine ont étaient de 48 à N'sa3, 47 à N'sa2, 41 à N'sa1, 40 à N'sa4 et 36 à N'sa5. Ces résultats ont traduit une capacité écologique moyenne de la bande riveraine dans les stations N'sa2 et N'sa3, et faible dans les stations N'sa1, N'sa4 et N'sa5.

Tableau 2 : Qualité de la Bande Riveraine de la rivière N'saya en saison pluvieuse de 2023 à 2024

Composantes (%)	Stations					Moyenne
	N'sa1	N'sa2	N'sa3	N'sa4	N'sa5	
Forêt	0	0	0	0	0	0
Arbustes	0	10	0	0	0	2±4,47
Herbes	50	70	55	50	40	53±11
Cultures	30	20	20	35	30	27±6,71
Friches	20	10	15	15	15	15±3,54
Sol nu	0	0	0	0	15	3±6,71
Sol rocheux	0	0	0	0	0	0
Infrastructures	0	0	0	0	0	0
IQBR	41	47	48	40	36	42,4±5,03
Capacité de la bande	Faible	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible	Faible

3-2. Composition et distribution des Odonates

3-2-1. Distribution des Odonates récoltés dans la rivière N'saya en saison sèche

L'analyse des peuplements d'Odonates échantillonnés en saison sèche dans cinq stations (N'sa1 à N'sa5) le long de la rivière N'saya a révélé des variations notables en termes de richesse spécifique et d'abondance (**Tableau 3**). La station N'sa3 s'est démarquée par la plus grande richesse spécifique (29 espèces) et la plus forte abondance relative (38,4 % du total), suivie des stations N'sa2 (19 espèces, 20 %), N'sa4 (15 espèces, 13,8 %), N'sa1 (11 espèces, 12,3 %) et N'sa5 (9 espèces, 15,4 %). Au total, 260 individus répartis en 29 espèces ont été recensés, dominés par la famille Libellulidae, notamment *Palpopleura lucia* (59 individus), *Palpopleura portia* (43 individus), *Brachythemis leucosticta* (26 individus) et *Palpopleura albifrons* (20 individus). La structure spécifique a varié sensiblement selon les stations. À la station N'sa1, *Palpopleura lucia* a dominé largement (40,6 %), tandis que *Palpopleura portia*, *P. albifrons* et *B. leucosticta* ont complété la majorité des effectifs. À N'sa2, *P. lucia* a été également prépondérante (21,2 %), suivie de *P. portia* (15,4 %) et *B. leucosticta* (9,6 %), indiquant une communauté diversifiée mais dominée par quelques espèces. À N'sa3, la plus diversifiée, *P. lucia* (17 %) et *P. portia* (16 %) ont été les espèces les plus fréquentes, avec une large dispersion des autres espèces, dont plusieurs à très faible abondance (1 %). La station N'sa4 a présenté une domination de *P. lucia* (27,8 %), suivie de *P. portia* (13,9 %) et *B. leucosticta* (11,1 %), alors qu'à N'sa5, *B. leucosticta* a été l'espèce dominante (27,5 %), devant *P. portia* (22,5 %) et *P. lucia* (20 %). Ces résultats ont mis en évidence une hétérogénéité spatiale marquée dans la composition et la structure des communautés d'Odonates, influencée possiblement par les caractéristiques microhabituelles des stations. Les espèces de la famille Libellulidae, opportunistes et tolérantes, ont dominé largement les assemblages dans toutes les stations étudiées.

Tableau 3 : Distribution de peuplements des Odonates récoltés dans la rivière N'saya en saison sèche de 2023 à 2024

Famille	Espèce	Station					N'
		N'sa1	N'sa2	N'sa3	N'sa4	N'sa5	
Libellulidae	<i>Acisoma trifidum</i>	0	1	3	1	2	7
	<i>Acisoma variegatum</i>	0	0	2	0	0	2
	<i>Aethiothemis circe</i>	1	2	3	0	0	6
	<i>Aethriamanta rezia</i>	0	0	1	0	0	1
	<i>Brachythemis leucosticta</i>	2	5	4	4	11	26
	<i>Palpopleura albifrons</i>	4	5	6	3	2	20
	<i>Palpopleura lucia</i>	13	11	17	10	8	59
	<i>Palpopleura portia</i>	5	8	16	5	9	43
	<i>brachythemis impartita</i>	0	0	1	0	0	1
	<i>Chalcostephia flavifrons</i>	1	2	3	3	4	13
	<i>Hemistigma albipunctum</i>	0	1	2	0	0	3
	<i>Orthetrum abbotti</i>	0	1	2	0	0	3
	<i>Orthetrum chrysostigma</i>	1	0	3	1	0	5
	<i>Orthetrum julia</i>	0	0	2	0	0	2
	<i>Tholymis tillarga</i>	0	0	1	0	0	1
	<i>Trithemis arteriosa</i>	0	0	1	0	0	1
	<i>Urothemis edwardsii</i>	1	1	1	2	2	7
Macromoidae	<i>Phyllomacromia melania</i>	0	2	2	1	0	5
	<i>Phyllomacromia aureozona</i>	0	1	3	1	0	5
Coenagrionidae	<i>Pseudagrion kibalense</i>	2	3	5	0	0	10
	<i>Ceriagrion corallinum</i>	0	1	4	1	0	6
	<i>Ceriagrion glabrum</i>	0	2	5	1	0	8
	<i>Ceriagrion suave</i>	0	1	2	1	0	4
	<i>Ceriagrion katamborae</i>	1	2	3	1	1	8
	<i>Ceriagrion whellani</i>	0	0	1	0	0	1
Lestidae	<i>Lestes tridens</i>	1	1	3	1	1	7
	<i>Lestes dissimilans</i>	0	2	2	0	0	4
Calopterygidae	<i>Phaon camerunensis</i>	0	0	1	0	0	1
Platycnemididae	<i>Allocnemis nigripes</i>	0	0	1	0	0	1
N		32	52	100	36	40	260
S		11	19	29	15	9	

Légende : N' : Somme de ni au sein d'une espèce dans les 5 stations ; N : Nombre d'individus par station ; S : Nombre de taxons par station.

3-2-2. Distribution des Odonates récoltés dans la rivière N'saya en saison pluvieuse

L'analyse des peuplements d'Odonates durant la saison pluvieuse 2023–2024 dans la rivière N'saya a révélé une hétérogénéité dans la distribution des espèces entre les cinq stations échantillonnées (**Tableau 4**). Au total, 594 individus appartenant à 46 espèces et répartis dans six familles ont été recensés. La station N'sa3 s'est démarquée par la plus forte richesse spécifique avec 46 espèces et la plus grande abondance (207 individus, soit 34,8 % de l'effectif total). Elle est suivie par les stations N'sa2 (38 espèces ; 20,7 % des individus), N'sa4 (32 espèces ; 16,2 %), N'sa5 (24 espèces ; 15,6 %) et N'sa1 (25 espèces ; 12,6 %). L'espèce *Palpopleura portia* s'est révélée dominante dans la majorité des stations, particulièrement à N'sa3 (8,7 %), N'sa2 (9,8 %) et N'sa4 (11,5 %). D'autres espèces abondantes incluent *Palpopleura lucia*, *Brachythemis impartita*, *Chalcostephia flavifrons* et *Orthetrum guineense*, qui ont affiché des fréquences relativement élevées dans plusieurs stations. À la station N'sa1, *Palpopleura lucia* (17,3 %) a prédominé, suivie par *P. portia* (10,7 %) et *Africallagma suntile* (6,7 %). À N'sa2, *P. portia* (9,8 %), *P. lucia* (8,9 %) et *B. impartita* (7,3 %) ont été les plus fréquentes. N'sa3 a présenté une forte diversité avec, outre *P. portia*, des espèces telles que *P. lucia*, *Pseudagrion kibalense* et *Ceriagrion glabrum*. À N'sa4, *P. portia* et *B. impartita* dominent chacune avec 11,5 %, suivies d'un cortège d'espèces représentées à des fréquences modérées. Cette

variabilité dans la structure des communautés odonatologiques reflète des différences locales dans les conditions environnementales (substrats, végétation riveraine, qualité de l'eau), suggérant que la station N'sa3 offre des conditions particulièrement favorables à la diversité et à l'abondance des Odonates.

Tableau 4 : Distribution de peuplements des Odonates récoltés dans la rivière N'saya en saison pluvieuse de 2023 à 2024

Famille	Espèce	Station					N'
		N'sa1	N'sa2	N'sa3	N'sa4	N'sa5	
Libellulidae	<i>Acisoma inflatum</i>	0	2	5	2	1	10
	<i>Acisoma trifidum</i>	0	1	3	1	2	7
	<i>Acisoma variegatum</i>	0	0	2	0	0	2
	<i>Aethiothemis circe</i>	0	0	3	0	0	3
	<i>Aethriamanta rezia</i>	0	0	1	0	0	1
	<i>Brachythemis leucosticta</i>	2	5	4	4	11	26
	<i>Palpopleura albifrons</i>	4	5	4	3	2	18
	<i>Palpopleura lucia</i>	13	11	17	7	5	53
	<i>Palpopleura portia</i>	8	12	18	11	10	59
	<i>Brachythemis impartita</i>	2	9	6	11	17	45
	<i>Chalcostephia flavifrons</i>	4	6	8	7	9	34
	<i>Crocothemis divisa</i>	0	1	0	0	1	2
	<i>Crocothemis erythraea</i>	0	1	2	0	3	6
	<i>Diplacodes lefebvrei</i>	0	1	2	0	0	3
	<i>Diplacodes luminans</i>	1	2	0	0	0	3
	<i>Hemistigma albipunctum</i>	0	2	2	1	0	5
	<i>Orthetrum abbotti</i>	0	1	2	0	0	3
	<i>Orthetrum africanum</i>	0	1	3	0	0	4
	<i>Orthetrum caffrum</i>	2	3	5	2	2	14
	<i>Orthetrum chrysostigma</i>	3	2	4	2	2	13
	<i>Orthetrum guineense</i>	4	5	6	3	3	21
	<i>Orthetrum julia</i>	0	0	2	0	0	2
	<i>Orthetrum stellmale</i>	0	0	2	0	0	2
	<i>Pantala flavescens</i>	1	2	3	1	0	7
	<i>Tholymis tillarga</i>	0	0	2	1	1	4
	<i>Trithemis arteriosa</i>	0	2	4	1	0	7
	<i>Porpax risi</i>	2	3	5	2	3	15
	<i>Trithemis donaldsoni</i>	1	3	4	2	0	10
	<i>Urothemis edwardsii</i>	3	2	2	5	4	16
Macromoidae	<i>Phyllomacromia melania</i>	0	2	2	1	0	5
	<i>Phyllomacromia aureozona</i>	0	1	3	1	0	5
Coenagrionidae	<i>Pseudagrion kibalense</i>	3	7	11	2	1	24
	<i>Africallagma suntile</i>	5	4	7	4	4	24
	<i>Africallagma vaginale</i>	4	6	7	3	2	22
	<i>Ceriagrion corallinum</i>	1	2	7	2	0	12
	<i>Ceriagrion glabrum</i>	0	2	11	4	1	18
	<i>Ceriagrion whellani</i>	0	2	5	3	4	14
Lestidae	<i>Lestes tridens</i>	1	2	5	2	1	11
	<i>Lestes pallidus</i>	0	1	2	0	0	3
	<i>Lestes virgatus</i>	0	1	3	0	0	4
	<i>Lestes amicus</i>	2	3	4	2	0	11
	<i>Lestes pinheyi</i>	2	3	5	2	0	12
	<i>Lestes dissimilans</i>	2	4	6	2	1	15
Calopterygidae	<i>Phaon camerunensis</i>	1	0	2	0	0	3
Platycnemididae	<i>Allocnemis nigripes</i>	2	1	3	1	0	7
	<i>Mesocnemis singularis</i>	2	0	3	1	3	9
N		75	123	207	96	93	594
S		25	38	44	32	24	

Légende : N': Somme de ni au sein d'une espèce dans les 5 stations ; N : Nombre d'individus par station ; S : Nombre de taxons par station

3.3. Diversités de peuplements des Odonates dans la rivière N'saya

L'analyse combinée des données des saisons sèche et pluvieuse (**Figure 2 a et b**) a révélé une forte variabilité de la diversité spécifique des Odonates selon les stations d'échantillonnage. La station N'sa3 s'est distinguée par la plus grande diversité globale, avec un indice de Shannon moyen de $H' = 3,27$, traduisant une richesse spécifique élevée et une bonne répartition des individus entre les espèces. Elle est suivie par N'sa2 ($H' = 2,97$), N'sa4 ($H' = 2,77$), N'sa1 ($H' = 2,43$) et enfin N'sa5 ($H' = 2,33$). L'indice de Hill (mesure de la diversité effective) a montré des valeurs globalement modérées, avec une moyenne maximale à N'sa5 ($Hill = 0,78$), suivie de N'sa2 (0,76), N'sa4 (0,74), N'sa3 (0,73) et N'sa1 (0,72). Ces résultats ont suggéré une richesse d'espèces relativement équilibrée, bien que le nombre effectif d'espèces soit plus important dans les stations décrites dans le milieu (N'sa2 et N'sa3). Les indices d'équitabilité de Pielou ont indiqué une répartition homogène des espèces dans toutes les stations, avec des valeurs particulièrement élevées à N'sa3 ($E' = 0,91$) et N'sa2 (0,90), ce qui reflète une bonne stabilité écologique. Les autres stations ont suivi avec N'sa4 (0,89), N'sa1 (0,85) et N'sa5 (0,86). Enfin, l'indice de Simpson (1-D), qui reflète l'absence de dominance d'une ou de quelques espèces, a confirmé la diversité élevée à N'sa3 ($1-D = 0,94$), suivie de N'sa2 (0,92), N'sa4 (0,90), N'sa1 (0,86) et N'sa5 (0,86). Ces valeurs ont confirmé la bonne qualité écologique des habitats dans les stations les moins perturbées (N'sa3 et N'sa2), probablement grâce à une couverture végétale riveraine plus dense et à une moindre pollution.

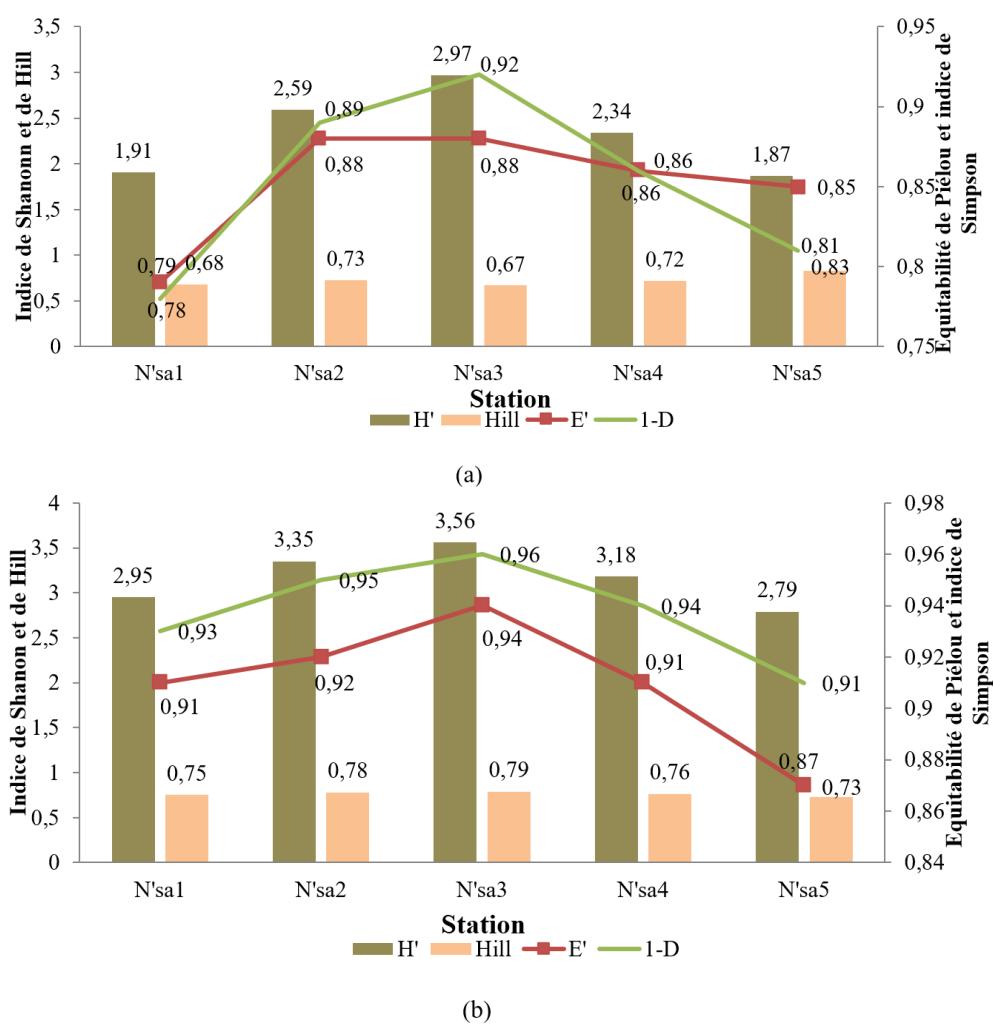


Figure 2 : Diversités de peuplements des Odonates dans la rivière N'saya pendant la saison sèche (a) et saison pluvieuse (b) de 2023 à 2024

3-4. Analyse canonique de correspondance

3-4-1. Corrélations entre les Odonates et les composantes de la bande riveraine dans la rivière N'saya en saison sèche

La **Figure 3** renseigne que l'analyse canonique de correspondance (ACC) a révélé que les deux premiers axes expliquent 99,58 % de la variance (98,09 % pour l'axe 1, 1,49 % pour l'axe 2). Les espèces comme *A. circe*, *A. rezia*, *P. albifrons*, *P. lucia*, *B. impartita*, *H. albipunctum*, *O. abbotti*, *O. julia*, *T. tillarga*, *T. arteriosa*, *P. melania*, *P. aureozona*, *P. kibalense*, *C. corallinum*, *C. glabrum*, *C. suave*, *C. katamborae*, *C. whellani*, *L. tridens*, *L. dissimilans*, *P. camerunensis*, *A. nigripes* et *A. variegatum* sont positivement associées aux zones de friches dans la bande riveraine (**Figure 3**). *O. chrysostigma* a été associé aux zones couvertes d'arbustes, tandis que *A. trifidum*, *C. flavifrons*, *P. portia* et *B. leucosticta* ont préféré les zones à herbacées naturelles et cultures. *U. edwardsii* a été observé dans les zones à sol dénudé.

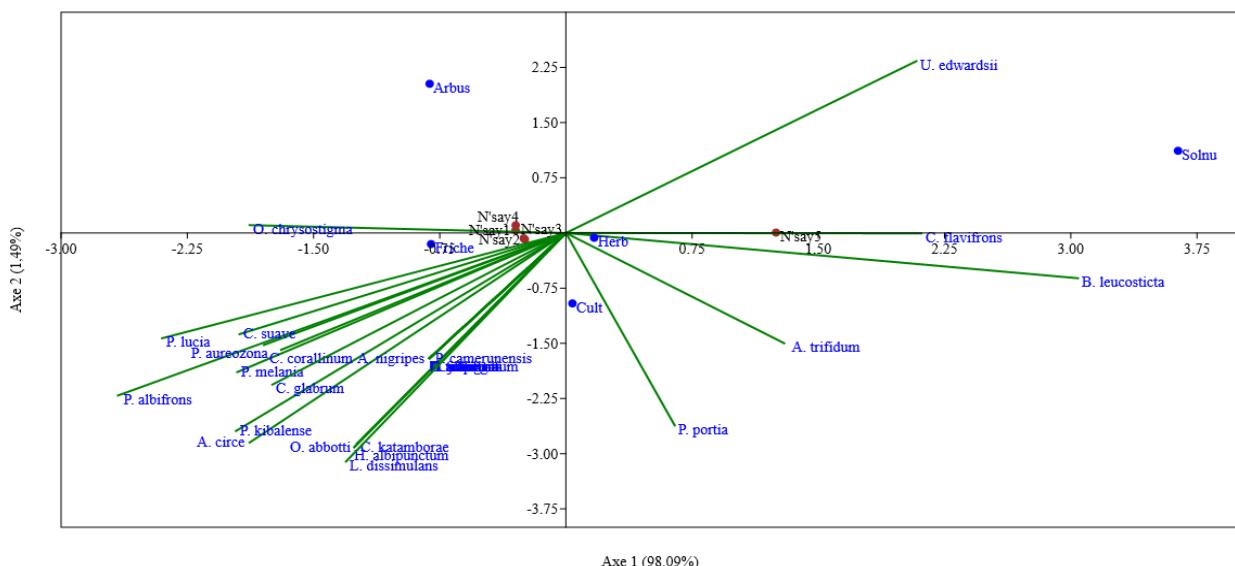


Figure 3 : Corrélations entre les Odonates et les composantes de la bande riveraine dans la rivière N'saya (saison sèche 2023 - 2024)

3-4-2. Corrélations entre les Odonates et les composantes de la bande riveraine dans la rivière N'saya en saison pluvieuse

L'ACC a montré que les deux premiers axes expliquent 99,72 % de la variance totale avec 62,28 % pour l'axe 1 et 37,44 % pour l'axe 2 (**Figure 4**). Les espèces telles que *A. inflatum*, *O. africanum*, *O. caffrum*, *O. chrysostigma*, *O. guineense*, *O. julia*, *O. stellmale*, *P. flavescens*, *T. arteriosa*, *T. donaldsoni*, *A. variegatum*, *A. circe*, *A. rezia*, *P. albifrons*, *P. lucia*, *P. portia*, *P. aureozona*, *P. kibalense*, *A. suntile*, *A. vaginalis*, *C. corallinum*, *C. glabrum*, *L. tridens*, *L. virgatus*, *L. amicus*, *L. pinheyi*, *L. dissimilans*, *P. camerunensis*, *A. nigripes* et *M. singularis* ont été fortement associées aux zones à herbacées naturelles. Les espèces *D. lefebvrii*, *D. luminans*, *H. albipunctum*, *O. abbotti*, *P. melania* et *L. pallidus* montrent une affinité particulière avec les zones arbustives, tandis que *A. trifidum*, *B. leucosticta*, *B. impartita*, *C. flavifrons*, *C. divisa*, *C. erythraea*, *P. risi*, *C. whellani* et *U. edwardsii* sont liées aux zones de sol nu. Enfin, *T. tillarga* est principalement observée dans les secteurs de la bande riveraine modifiés par des cultures ou des friches.

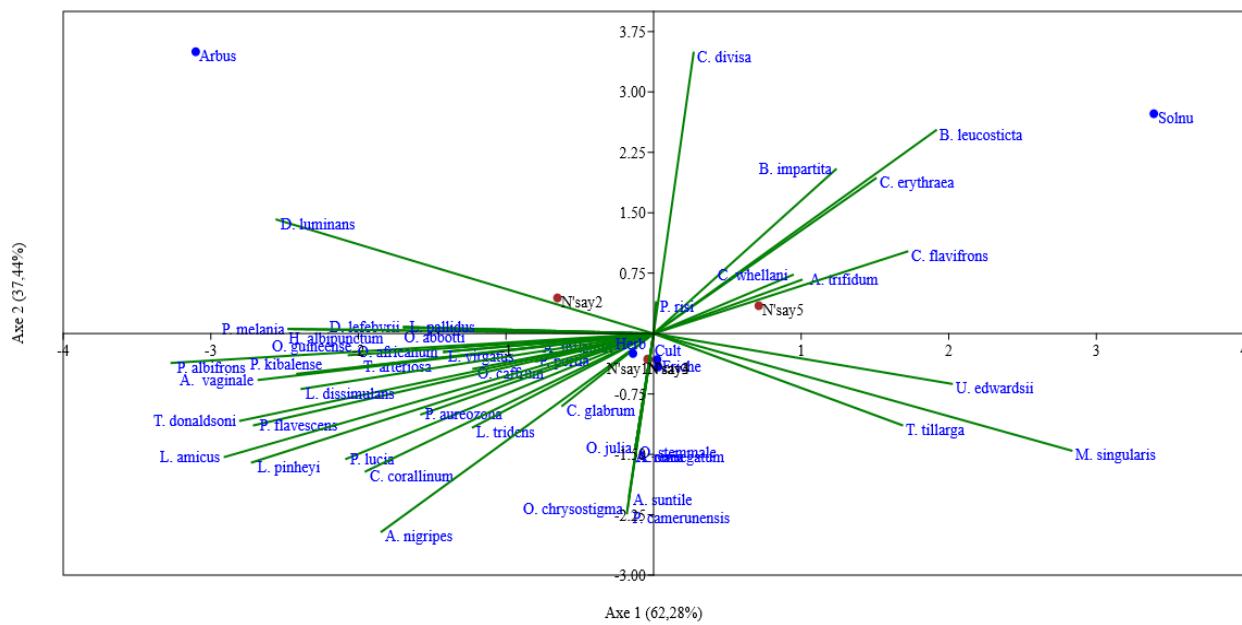


Figure 4 : Corrélations entre les Odonates et les composantes de la bande riveraine dans la rivière N'saya (saison pluvieuse 2023 - 2024)

4. Discussion

4-1. Qualité de la bande riveraine de la rivière N'saya

Les résultats inscrits dans le tableau 1 indiquent que la bande riveraine de la rivière N'saya a été fortement anthropisée pendant la saison sèche, et cette situation est marquée par une dominance des cultures maraîchères au détriment de la végétation naturelle. Une telle configuration réduit la complexité structurale de la végétation dans les zones riveraines, altère la stabilité des berges et diminue la capacité de rétention des sédiments et des nutriments [40, 41]. La faible proportion d'arbustes et de friches qui a été observée dans la majorité des stations étudiées dans la rivière N'saya témoigne d'une simplification du paysage riverain, qui est un phénomène lié aux pratiques agricoles intensives et à la déforestation de proximité de cours d'eau [42, 43]. De plus, la présence ponctuelle de sols nus, notamment à la station N'sa5, a indiqué une érosion active des berges et une réduction de la filtration naturelle des eaux de ruissellement [44]. La valeur moyenne de l'IQBR (32,2) a confirmé l'état écologiquement faible de la bande riveraine de la N'saya, ce qui corrobore les observations faites dans d'autres rivières urbaines et périurbaines d'Afrique tropicale soumises à une pression agricole et démographique croissante [45, 46]. En saison pluvieuse, les résultats du tableau 2 indiquent une meilleure résilience écologique de la bande riveraine par rapport à la saison sèche. La hausse de la couverture herbacée naturelle (53 % en moyenne) a favorisé la stabilisation des sols, la réduction du ruissellement et la filtration des polluants [47, 48]. Cette végétation dense offre également des microhabitats essentiels pour la faune aquatique et terrestre, notamment les Odonates, indicateurs sensibles de la qualité des zones riveraines [49, 50]. Cependant, la persistance des cultures et des zones de sol nu a révélé que la pression anthropique a demeuré élevée, notamment dans les stations aval (N'sa4 et N'sa5). Ces zones perturbées limitent la régénération naturelle de la végétation, entraînant une homogénéisation du paysage et une perte de diversité écologique [51, 52]. L'amélioration des indices IQBR en saison pluvieuse (valeur moyenne de 42,4 contre 32,2 en saison sèche) s'explique par une régénération saisonnière temporaire de la végétation liée à l'humidité accrue et à la disponibilité des nutriments. Toutefois, cette amélioration reste insuffisante pour qualifier la bande riveraine de « bonne qualité », car sa capacité écologique demeure faible

à moyenne [46]. La comparaison de deux saisons a révélé que la saison sèche accentue la vulnérabilité écologique des bandes riveraines, marquée par la dominance des cultures et friches. En revanche, la saison pluvieuse favorise la recolonisation végétale et améliore légèrement la qualité globale. Ce constat est cohérent avec les travaux de [53, 54], qui ont montré que la dynamique saisonnière influence fortement la structure et la fonction écologique des bandes riveraines tropicales. Ainsi, la bande riveraine de la rivière N'saya s'est caractérisée par une faible intégrité écologique globale, nécessitant des actions de restauration écologique (reboisement, limitation des cultures de rive, stabilisation des berges) afin de préserver la biodiversité aquatique et d'assurer la durabilité des services écosystémiques associés.

4-2. Influence de la qualité de la bande riveraine sur la structure des peuplements d'Odonates

L'analyse comparative des résultats des **Tableaux 3 à 6** a montré que la qualité écologique de la bande riveraine exerce une influence déterminante sur la composition, la distribution et la diversité des peuplements d'Odonates dans la rivière N'saya. En saison sèche, les indices de qualité de la bande riveraine (IQBR) ont révélé une capacité écologique faible dans l'ensemble des stations (valeurs de 28 à 38), avec une prédominance des cultures maraîchères (40 à 70 %) et une très faible couverture arbustive ou herbacée. Cette dégradation du couvert riverain s'est traduite par une diminution notable de la richesse spécifique et de l'abondance des Odonates, notamment dans les stations N'sa1, N'sa2 et N'sa5 où les habitats sont plus exposés à l'ensoleillement direct, à l'érosion des berges et à la perturbation anthropique. Les stations à IQBR plus élevés, comme N'sa3 et N'sa4, ont présenté les meilleures diversités d'odonates, avec respectivement 29 et 15 espèces recensées en saison sèche. Ces zones, où la végétation herbacée et les friches ont assuré une certaine stabilité des berges, ont offert des microhabitats plus favorables aux espèces d'Odonates. Les espèces dominantes telles que *Palpopleura lucia*, *P. portia* et *Brachythemis leucosticta*, connues pour leur tolérance aux milieux perturbés et à forte turbidité [55, 56], se sont abondamment développées dans les stations dégradées. Cela traduit une simplification écologique des communautés, où ces espèces généralistes ont remplacé progressivement les espèces plus sensibles à la dégradation de l'habitat. En revanche, durant la saison pluvieuse, une amélioration relative de la couverture végétale a été observée (herbacées entre 40 et 70 %, IQBR moyen = 42,4). Cette régénération saisonnière de la bande riveraine a contribué à une augmentation globale de la diversité et de l'abondance des Odonates, passant de 260 individus (saison sèche) à 594 individus (saison pluvieuse), et de 29 à 46 espèces. Les stations N'sa2 et N'sa3, qui présentaient une capacité écologique moyenne (IQBR = 47 et 48), ont enregistré les plus fortes diversités spécifiques et abondances (44 et 38 espèces). Cette corrélation positive entre la qualité de la bande riveraine et la diversité d'odonates a confirmé les observations de [8, 57], selon lesquelles une végétation riveraine dense améliore la disponibilité des abris, la régulation thermique et la qualité de l'eau, favorisant ainsi les espèces sensibles des familles *Coenagrionidae*, *Lestidae* et *Calopterygidae*. Les analyses de diversité (**Figure 2**) ont également mis en évidence cette relation : la station N'sa3, caractérisée par une bande riveraine modérément végétalisée et peu cultivée, présente les valeurs maximales d'indice de Shannon ($H' = 3,27$) et d'équitabilité ($E' = 0,91$), traduisant une structure communautaire stable et équilibrée. À l'inverse, les stations les plus dégradées (N'sa1 et N'sa5) ont montré des indices de diversité plus faibles ($H' < 2,5$), témoignant d'une dominance marquée de quelques espèces opportunistes. Ces tendances confirment que la dégradation des bandes riveraines altère la diversité fonctionnelle et la composition des guildes écologiques des Odonates [51]. Ainsi, la qualité de la bande riveraine apparaît comme un facteur structurant majeur des communautés d'Odonates de la rivière N'saya. Une bande riveraine dense et diversifiée favorise la présence d'espèces sensibles et augmente la complexité écologique du milieu, tandis qu'une bande appauvrie, dominée par les cultures et les sols nus, favorise les espèces euryèques et réduit la diversité spécifique. Ces résultats soulignent l'importance de la restauration des bandes riveraines pour le maintien de la diversité odonatologique et, plus largement, pour la fonction écologique globale des écosystèmes lotiques de Kinshasa.

4.3. Analyse canonique de correspondance (ACC)

L'analyse canonique de correspondance (ACC) réalisée dans la rivière N'saya a permis de mettre en évidence des relations significatives entre les différentes espèces d'Odonates et les composantes de la bande riveraine, selon les saisons. Cette approche multivariée est particulièrement adaptée pour examiner les associations entre les variables environnementales et les assemblages fauniques [58, 59]. Durant la saison sèche (**Figure 5**), les deux premiers axes de l'ACC expliquent 99,58 % de la variance, traduisant une forte structuration des communautés odonatologiques en fonction des types de végétation riveraine. La majorité des espèces ont montré une affinité marquée avec les zones de friches. Ces milieux ouverts, souvent caractérisés par une végétation herbacée clairsemée, offrent des conditions thermiques favorables à la thermorégulation et à la chasse des Odonates, notamment des Libellulidae [3, 49]. La préférence d'*O. chrysostigma* pour les zones à végétation arbustive confirme son affinité pour les habitats légèrement ombragés, où la température de l'eau reste modérée et la disponibilité des perchoirs élevée [56]. En saison pluvieuse (**Figure 6**), les deux premiers axes expliquent 99,72 % de la variance, confirmant la stabilité des relations entre les Odonates et les variables de la bande riveraine malgré les variations saisonnières. La plupart des se sont révélées associées aux zones herbacées naturelles. Ces habitats favorisent la reproduction et le développement larvaire des Odonates grâce à une couverture végétale dense et à une humidité constante [48, 60]. Ces résultats démontrent que la structure de la bande riveraine exerce une influence déterminante sur la distribution spatiale des Odonates dans la rivière N'saya. Les zones à végétation dense (herbacées ou arbustives) soutiennent une diversité spécifique plus élevée, tandis que les zones à sol nu ou à friches abritent des espèces plus tolérantes, souvent indicatrices de perturbations anthropiques. De telles observations corroborent les conclusions de [51, 53], selon lesquelles la diversité odonatologique diminue proportionnellement à la perte de complexité structurale de la végétation riveraine. Ainsi, la conservation et la restauration de la végétation riveraine apparaissent comme un levier essentiel pour le maintien de la diversité des Odonates et, par conséquent, de la qualité écologique globale des cours d'eau tropicaux [46, 52].

5. Conclusion

La présente étude a évalué l'influence de la qualité des zones riveraines sur la diversité des Odonates dans le bassin versant de la rivière N'saya à Kinshasa (R.D. Congo). Au total, 50 espèces d'odonates ont été recensées, réparties en six familles, avec une dominance marquée de la famille des Libellulidae. L'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) a révélé une qualité écologique variant de moyenne à faible selon les stations, les stations N'sa2 et N'sa3 ont présenté une intégrité végétale et structurelle moyenne, tandis que N'sa1 et N'sa5 ont été fortement dégradés par les pressions agricoles et urbaines. Les indices de diversité (Shannon, Simpson et Piélou) ont montré une diversité et une équitabilité plus élevées dans les stations à végétation riveraine bien préservée (N'sa2–N'sa3) comparativement aux zones perturbées. L'analyse canonique des correspondances (ACC) a indiqué que des espèces comme *Ceriagrion glabrum*, *Phyllomacromia melania* et *Pseudagrion kibalense* ont été associées aux berges naturelles et végétalisées, tandis que des taxons tolérants tels que *Palpopleura lucia* et *Brachythemis leucosticta* ont dominé dans les zones ouvertes ou anthropisées. Dans l'ensemble, les résultats ont démontré que la qualité de la végétation riveraine influence significativement la composition, la diversité et la distribution des peuplements d'Odonates. Ces insectes se sont confirmés ainsi comme d'excellents bioindicateurs de l'intégrité écologique des zones riveraines, soutenant leur utilisation dans les programmes de suivi et de restauration des habitats aquatiques tropicaux urbanisés.

Références

- [1] - T. P. MENDES, H. S. R. CABETTE and L. JUEN, Effects of local and regional environmental variables on the structure of adult Odonata communities in Amazonian streams. *Insects*, 10 (12) (2019) 446 p. <https://doi.org/10.3390/insects10120446>
- [2] - E. M. SISA, J-C. T. KAMB, V. K. PWEMA, D. S. N. MUTAMBEL'HYTIS and N. P. M. BUNDA, Structure of Odonata populations in the riparian strips of the Bumbu River watershed in Kinshasa /RD Congo, *International Journal of Science and Research Archive*, 06 (01) (2022) 028 - 039
- [3] - V. J. KALKMAN, V. CLAUSNITZER, K. D. B. DIJKSTRA, A. G. ORR, D. R. PAULSON and J. VAN TOL, *Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater*. *Hydrobiologia*, 595 (1) (2008) 351 - 363. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9029-x>
- [4] - E. M. RAEBEL, T. MERCKX, P. RIORDAN, D. W. MACDONALD and D. J. THOMPSON, The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation*, 14 (5) (2010) 523 - 533
- [5] - E. RISERVATO, J. P. BOUDOT, S. FERREIRA, M. JOVIC, V. J. KALKMAN, W. SCHNEIDER et A. CUTTELOD, statut de conservation et répartition géographique des libellules du bassin méditerranéen, *Iucn*, (2009) 32 p.
- [6] - P. S. CORBET, Dragonflies. Behavior and Ecology of Odonata, revised edition. *Cornell University Press*. Ithaca, NY., (2004) 878 p.
- [7] - C. HASSALL & S. ANDERSON, The importance of aquatic vegetation and water quality for dragonfly community structure in urban ponds. *Ecological Indicators*, 126 (2021) 107668. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107668>
- [8] - J. M. B. OLIVEIRA-JUNIOR, L. JUEN and Y. SHIMANO, Influence of riparian vegetation width and substrate types on Odonata larvae in southern Brazil streams. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 27 (2) (2015) 158 - 170. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2520>
- [9] - M. D. DAY, S. H. LUKE and E. C. TURNER, Physico-chemical properties drive odonate diversity in smallholder oil palm waterways. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4 (2021) 613064. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.613064>
- [10] - T. J-C. KAMB, Structure des peuplements des macroinvertébrés benthiques et évaluation de la qualité biologique et écologique des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge à Kinshasa/ RD Congo, Thèse de doctorat, UPN ; RD Congo, (2018) 201 p.
- [11] - A. J. REMSBURG and M. G. TURNER, Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *Journal of the North American Benthological Society*, 28 (1) (2009) 44 - 56. <https://doi.org/10.1899/07-157.1>
- [12] - M. E. SISA, T. J.-C. KAMB, D. J. LOHAKA, V. K. PWEMA., S. N. D. MUTAMBEL'HITY, G. J. MUNGANGA and A. AKATUMBILA, Biodiversity of odonates (dragonflies and damselflies) in the riparian strip of the Kimpoko River in Kinshasa, DR Congo. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 13 (4) (2025) 7 - 14
- [13] - N. SAINT-JACQUES and Y. RICHARD, Développement d'un indice de la qualité de la bande riveraine: Application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique, (1998) 6.1 - 6.41, dans Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, (Envirodop no EN980022)
- [14] - Corporation du bassin Jacques Cartier (CBJC), Convention, restauration et mise en valeur de la rivière à mette. N° de référence : 2009-102, (2010) 10 p.
- [15] - J.-M. PERRON and Y. RUEL, Étude de l'émergence de quelques espèces de Gomphides (Odonata: Gomphidae) à l'anse du Moulin Banal, Saint- Augustin-de-Desmaures, Québec. *Fabreries*, 27 (2002) 87 - 100
- [16] - E. POLLARD, Pathfinder transects for butterflies (Lepidoptera). *Entomologist's Gazette*, 32 (1981) 79 - 91
- [17] - E. POLLARD and T. J. YATES, Monitoring butterflies for ecology and conservation: The British butterfly monitoring scheme. Springer, Dordrecht, Pays-Bas, (1993) ISBN 978-0-412-40220-3

- [18] - J. PELLET, P. BOUCHE and R. GOLLE, Utilisation des transects Pollard pour la surveillance des populations d'insectes. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 67 (3) (2012) 275 - 287
- [19] - D. SMALLSHIRE and T. BEYNON, *Dragonfly Monitoring Scheme Manual*. British Dragonfly Society, (2009) 12 p.
- [20] - B. PHILIPPE, Méthodes d'inventaire de la grande faune à l'usage des ZCV., (2008) 164 p.
- [21] - A. ROBERT, Les Libellules du Québec, service de la faune, *bulletin n°1*, (1963) 236 p.
- [22] - J.-M. PERRON, Une méthode facile de collectionner les odonates, document technique no 30, version 1,0, Québec, (2005) 9 p.
- [23] - E. C. G PINHEY, "Notes on African Odonata nymphs-2." *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 24 (1) (1961) 165 p.
- [24] - E. C. G. PINHEY, A survey of the dragonflies (Odonata) of South Africa. Part 2. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 48 (1985) 1 - 48
- [25] - E. C. G. PINHEY, Zygoptères Odonates. Exploration hydrobiologique du Bassin du Lac Bangweolo et Luapula, 14 (1967) 1 - 43
- [26] - K. D. B. DIJKSTRA and R. LEWINGTON, Guide des libellules de France et d'Europe. *Delachaux et Niestlé*. Paris, (2007) 320 p.
- [27] - S. FRANK O. MÜLLER and A. MARTENS, *The dragonfly larvae of Namibia (Odonata)*, Druckerei Koch, Reutlingen, (2014) 105 p.
- [28] - G. DOUCET, Clé de détermination des exuvies des Odonates de France. 3ième édition, revue, corrigée et argumentée. *Société Française d'Odonatologie. Fondation Nature et découvertes*, (2016) 64 p.
- [29] - H. TACHET, P. RICHOUX, M. BOURNAUD and P. USSEGLIO-POLATERA, *Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie*. Paris, CNRS, Ed., (2010) 607 p.
- [30] - J.-L. HENTZ, C. DELIRY and C. BERNIER, Libellules de France, Guide photographique des imagos de France métropolitaine. Édité par Gard Nature et le Groupe Sympetrum (GRPS), (2011) 195 p.
- [31] - K.-D. B. DIJKSTRA, *African Dragonflies and Damselflies Online*, (2024). <http://addo.adu.org.za/> consulté le 5 mai 2024 à 8h45'
- [32] - M. BARROCA-PACCARD, Comprendre et protéger la diversité du monde vivant : les fondements épistémologiques de la biodiversité. *Éduquer au vivant : Perspectives, recherches et pratiques*. Hermann, Presses de l'Université Laval, (2022) 111 - 126
- [33] - J. MOISAN and L. PELLETIER, Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec- cours d'eau peu profonds à substrat meuble. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 3 (2011) 9 p. ISBN : 978-2-550-61166-0
- [34] - C. J. F. TER BRAAK and P. SMILAUER, CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows (version 4). Centre for Biometry, ageningen, Pays Bas, (1998) 351 p.
- [35] - P. LEGENDRE and L. LEGENDRE, *Numerical ecology*, Elsevier, (Vol. 24) (2012)
- [36] - C. J. F. TER BRAAK, The analysis of vegetation-environnement relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69 (1987) 69 - 77
- [37] - Ø. HAMMER, DAT. HARPER and P. D. RYAN, PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1) (2001) 9 p.
- [38] - A. MORINEAU and T. ALUJA-BANET, *L'analyse en composantes principales*. CISIA, Paris, Vol. 1, (1998) 140 p.
- [39] - L. LEBART, A. MORINEAU and M. PIRO, *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris : Dunod, (Vol. 3) (1995) 460 p.
- [40] - S. V. GREGORY, F. J. SWANSON, W. A. MCKEE & K. W. CUMMINS, An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 41 (8) (1991) 540 - 551
- [41] - R. J. NAIMAN and H. DÉCamps, The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28 (1997) 621 - 658. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>

- [42] - D. L. CORRELL, Principles of planning and establishment of buffer zones. *Ecological Engineering*, 24 (5) (2005) 433 - 439
- [43] - E. TABACCHI, D. L. CORRELL, F. R. HAUER, G. PINAY, A. M. PLANTY-TABACCHI & R. C. WISSMAR, Functions of riparian vegetation in urban and agricultural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 48 (1 - 2) (2000) 75 - 100
- [44] - B. W. SWEENEY, T. L. BOTT, J. K. JACKSON, L. A. KAPLAN, J. D. NEWBOLD, L. J. STANLEY & W. C. HESSION, Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101 (39) (2004) 14132 - 14137
- [45] - J. P. SIMAIKA & M. J. SAMWAYS, Using dragonflies to monitor and prioritize lotic systems: A South African perspective. *Organisms Diversity & Evolution*, 12 (3) (2012) 251 - 259
- [46] - D. P. SILVA, P. DE MARCO & D. C. RESENDE, Habitat integrity and odonate diversity in tropical streams: implications for freshwater monitoring. *Freshwater Science*, 41 (2) (2022) 261 - 274
- [47] - L. L. OSBORNE & D. A. KOVACIC, Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*, 29 (2) (1993) 243 - 258
- [48] - B. OERTLI, D. A. JOYE, E. CASTELLA, R. JUGE, D. CAMBIN & J. B. LACHAVANNE, Ponds and biodiversity : Towards an integrated approach. *Hydrobiologia*, 597 (1) (2008) 1 - 7
- [49] - P. S. CORBET, Dragonflies : behaviour and ecology of Odonata. Harley, Colchester, (1999) 829 p.
- [50] - V. CLAUSNITZER, K. D. B. DIJKSTRA, R. KOCH, J. P. BOUDOT, W. R. T. DARWALL, J. KIPPING et M. J. SAMWAYS, Les Libellules, porte-drapeaux de l'utilisation durables des ressources en eau dans d'éducation environnementale, *Education et communication environnementales appliquées*, 16 (3) (2017) 196 - 209
- [51] - C. S. MONTEIRO-JÚNIOR, S. R. M. COUCEIRO and N. HAMADA, Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *International Journal of Odonatology*, 18 (2) (2015) 103 - 116. <https://doi.org/10.1080/13887890.2015.1042077>
- [52] - R. F. SMITH, L. C. ALEXANDER & W. O. LAMP, Dispersal by Odonata: A review of factors and consequences. *Freshwater Biology*, 64 (4) (2019) 625 - 642
- [53] - A. L. CARVALHO & J. L. NESSIMIAN, Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: hábitats e hábitos das larvas. *Oecologia Brasiliensis*, 5 (1998) 3 - 28
- [54] - G. J. KIETZKA, J. P. SIMAIKA, M. J. SAMWAYS & P. FRENZEL, Short-term impacts of riparian vegetation clearance on dragonflies (Odonata) in an Afrotropical stream. *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems*, 27 (5) (2017) 1031 - 1042
- [55] - B. KORMOS, P. BODA, G. DÉVAI & L. SZABÓ, Response of dragonflies (Odonata) to environmental variables in a disturbed lowland river system. *Aquatic Insects*, 41 (1) (2020) 57 - 76. <https://doi.org/10.1080/01650424.2020.1739244>
- [56] - K.-D. B. DIJKSTRA and V. CLAUSNITZER, The dragonflies and damselflies of eastern Africa: Handbook for all Odonata from Sudan to Zimbabwe. *Studies in Afrotropical Zoology*, 298 (2014) 263
- [57] - L. JUEN, J. M. B. OLIVEIRA-JUNIOR, Y. SHIMANO, T. P. MENDES & H. S. R. CABETTE, Compositional and temporal changes in Odonata communities along a disturbance gradient in Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 734 (1) (2014) 97 - 108. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1870-7>
- [58] - C. J. F. TER BRAAK, Canonical correspondence analysis : A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67 (5) (1986) 1167 - 1179
- [59] - R. H. G., JONGMAN, C. J. F. TER BRAAK & O. F. R. VAN TONGEREN, Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Cambridge University Press., (1995) 292 p.
- [60] - U. KORMANN, C. SCHERBER, T. TSCHARNTKE, A. M. KLEIN, M. LARBIG, J. J. VALENTE & K. STENCHLY, Corridors restore animal-mediated pollination in fragmented tropical forest landscapes. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, Vol. 283, (1823) (2016) 20191833