



---

## **Biodiversité des diatomées et bioindication de la qualité des eaux des ruisseaux forestiers du Bassin du Congo en saison sèche dans la région de Yangambi, RD Congo**

**Lokele Ndjombo Edit<sup>1\*</sup>, Alaso Amolo Claude<sup>2</sup>, Nshimba seya wa Malale Hippolyte<sup>3</sup>,  
Kankonda Busanga Alidor<sup>4</sup>, Ekuke Woto Léon<sup>5</sup>**

*1 Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Département de Chimie,  
Kisangani, BP1232, RD Congo*

*2 Institut National pour l'Etude et la recherche Agronomiques (INERA), Centre de recherche  
de Nioka, Mahagi, Ituri, BP 111, RD Congo*

*3 Université de Kisangani, laboratoire d'alcoologie et de Mycologie, BP2012, RD Congo*

*4 Université de Kisangani, laboratoire d'hydrobiologie, BP 2012, RD Congo*

*5 Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), Antenne Elevage,  
Centre de Recherche de M'vuazi, Kongo-Central, BP 2037, RD Congo*

---

### **Résumé**

Cette étude évalue la diversité des diatomées benthiques et la qualité physico-chimique des eaux de deux ruisseaux forestiers (Isalowe et Bosambila) dans la région de Yangambi, RD Congo, durant la saison sèche. Un total de 224 espèces de diatomées réparties en 44 genres a été identifié, témoignant d'une richesse exceptionnelle. Les paramètres physico-chimiques révèlent des eaux acides (pH moyen 5,27), faiblement minéralisées (12,93  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et oligotrophes. La dominance d'Eunotia sp7 (33,86 %) confirme le caractère naturel et peu perturbé du milieu. Cependant, les indices biologiques (Shannon  $H' > 2$  et TDI entre 63 et

66) indiquent une pollution organique modérée à forte liée aux activités anthropiques locales. Ces résultats soulignent l'efficacité des diatomées comme bioindicateurs dans les écosystèmes tropicaux forestiers.

**Mots-clés :** *Diatomées, Bioindication, Bassin du Congo, Ecosystèmes, Yangambi,*

### **Abstract**

This study evaluates the diversity of benthic diatoms and the physicochemical quality of the waters of two forest streams (Isalowe and Bosambila) in the Yangambi region, Democratic Republic of the Congo (DRC), during the dry season. A total of 224 diatom species belonging to 44 genera were identified, demonstrating exceptional richness. The physicochemical parameters revealed acidic waters (mean pH 5.27), with low mineralization (12.93  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) and oligotrophic conditions. The dominance of *Eunotia* sp7 (33.86%) confirms the natural and relatively undisturbed character of the environment. However, the biological indices (Shannon  $H' > 2$  and TDI ranging from 63 to 66) indicate moderate to high organic pollution associated with local anthropogenic activities. These findings highlight the effectiveness of diatoms as bioindicators in tropical forest ecosystems.

Keywords: *Diatoms, Bioindicators, Congo Basin, Ecosystems, Yangambi*

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.23063969>

---

## **1. Introduction**

Les diatomées (Bacillariophyceae) sont des microalgues essentielles au fonctionnement des écosystèmes aquatiques continentaux. Elles assurent la production primaire, participent au recyclage des nutriments, stabilisent les substrats et soutiennent les réseaux trophiques (Morin, 2006). Leur grande sensibilité aux variations des paramètres physico-chimiques, notamment les nutriments, le pH, la conductivité et la pollution organique, en fait des bioindicateurs fiables de la qualité des eaux (Kelly & Whitton, 1995). Toutefois, leur utilisation en biosurveillance demeure moins répandue que celle des poissons ou des macroinvertébrés (Whitton, 1991 ; Davis & Simon, 1995 ; Whitton & Kelly, 1995 ; Whitton & Rott, 1996 ; Prygiel *et al.*, 1999 ; Hill *et al.*, 2000a).

En Europe, les recherches sur les diatomées ont conduit au développement de nombreux indices biologiques fondés sur leurs préférences écologiques pour évaluer les conditions trophiques, saprobiques, le pH, la salinité et la qualité globale des eaux (Lange-Bertalot, 1979 ; Watanabe *et al.*, 1986 ; Sládeček, 1986 ; Renberg & Hellberg, 1982 ; Morin, 2006). En Afrique, malgré les travaux de Bellinger *et al.* (2006), Cocquyt (2006), Taylor et Cocquyt (2016), et d'autres

chercheurs, les connaissances restent limitées. En République Démocratique du Congo, les inventaires demeurent fragmentaires, malgré les contributions de Golama (1996), Cocquyt et Taylor (2015), Cocquyt *et al.* (2019) et Cocquyt et Lokele (2019). Dans la province de la Tshopo, les pressions anthropiques affectent les cours d'eau de Yangambi. L'étude des diatomées apparaît ainsi indispensable pour évaluer l'état écologique des milieux, orienter leur gestion durable et valoriser leur potentiel agro-industriel, notamment en bioremédiation, biofertilisation et production de biomolécules d'intérêt (Rimet & Domaizon, 2012 ; Dhanker *et al.*, 2024).

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Milieux d'étude et échantillonnage

L'étude a porté sur quatre ruisseaux : Isalowe et Bosambila (Yangambi), Des prélèvements ont été effectués à la source, au milieu et à l'embouchure de chaque cours d'eau (figure 1) durant la saison sèche. Le périphyton a été collecté sur divers substrats : roches (épilithons), végétaux (épiphytons), bois mort (épixylons) et sable (épipsammons).

La figure 1 suivante illustre les ruisseaux Isalowe et Bosambila ainsi que les stations de prélèvement :

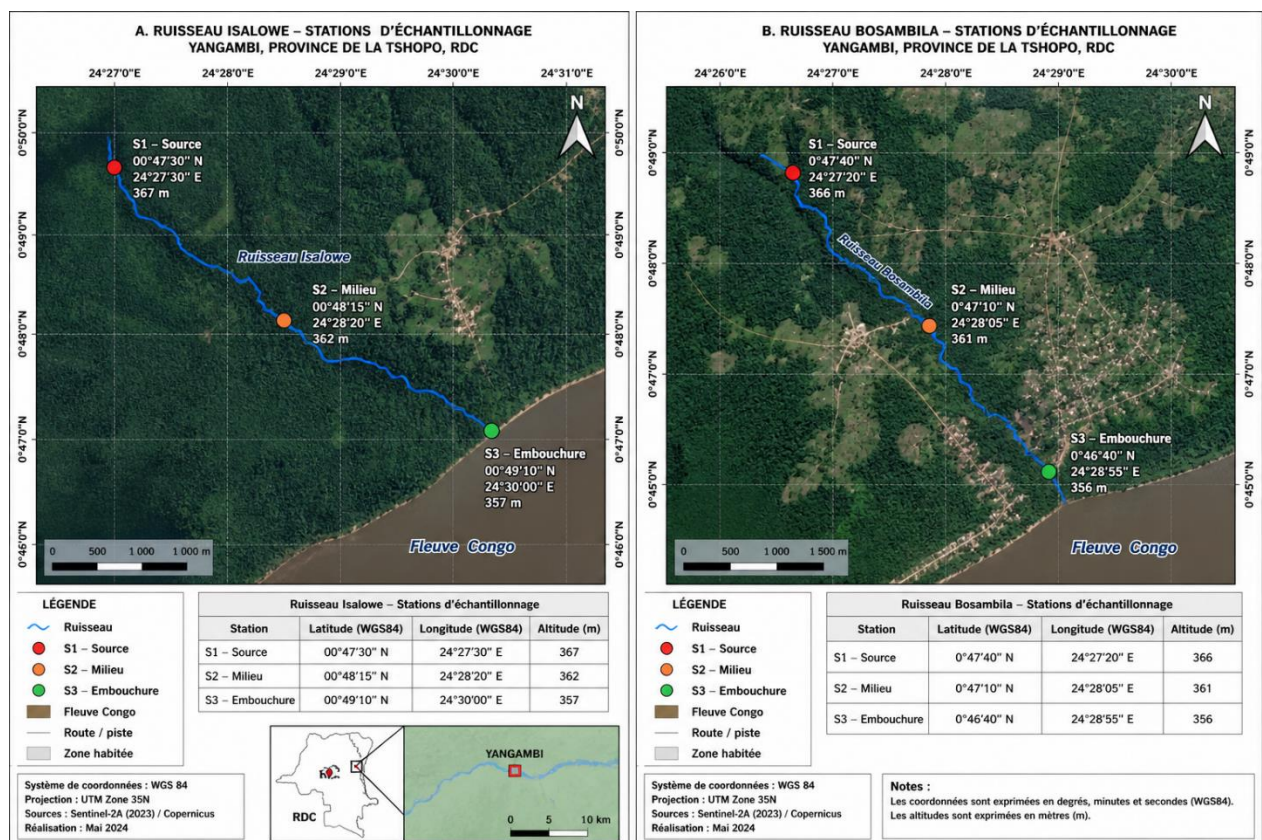


Fig. 1. Carte des ruisseaux Isalowe et Bosambila avec les stations d'échantillonnage

## 2.2. Analyses physico-chimiques et biologiques

Les paramètres tels que le pH, la température, la conductivité et l'oxygène dissous (DO) ont été mesurés in situ à l'aide d'une sonde HACH SL1000. En laboratoire, la matière organique des échantillons a été oxydée au peroxyde d'hydrogène à 30%. Les lames permanentes, montées au Naphrax, ont été analysées au microscope optique (agrandissement 1000x), avec un comptage de 500 valves par préparation.

La qualité des eaux a été évaluée via l'indice de Shannon (H') (tableau 1) et le *Trophic Diatom Index* (TDI) (tableau 2). Des analyses statistiques multivariées, notamment l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et l'Analyse en Composantes Principales (ACP), ont été réalisées pour corrélérer les assemblages biologiques aux gradients environnementaux.

Tableau 1. Correspondance entre les valeurs de l'indice de Shannon et le niveau de pollution (Simboura et Zenetos, 2002).

| Etat écologique | Valeur de H'      | Classification de la pollution |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| Mauvais         | $0 < H' \leq 1,5$ | Très pollué                    |
| Médiocre        | $1,5 < H' \leq 3$ | Fortement pollué               |
| Moyen           | $3 < H' \leq 4$   | Modérément pollué              |
| Bon             | $4 < H' \leq 5$   | Zones de transition            |
| Très bon        | $H' > 5$          | Site de reference              |

Tableau 2. Correspondance entre les valeurs de *Trophic Diatom Index* (TDI) et l'état trophique

| Valeur TDI | État trophique                                                |
|------------|---------------------------------------------------------------|
| < 35       | Très faible enrichissement en nutriments (très bonne qualité) |
| 35 – 50    | Faible enrichissement                                         |
| 50 – 60    | Enrichissement modéré                                         |
| 60 – 75    | Enrichissement important                                      |
| > 75       | Forte eutrophisation (mauvaise qualité)                       |

Les seuils peuvent varier légèrement selon les pays et les protocoles d'application.

### Formule générale

Le calcul repose sur :

$$WMS = \frac{\sum(ai \times si \times vi)}{\sum(ai \times vi)}$$

Où:

- WMS = *Weighted Mean Sensitivity* ou sensibilité moyenne

- $a_i$  = abondance relative du taxon  $i$  ;
- $s_i$  = score trophique du taxon ;
- $v_i$  = valeur indicatrice du taxon.

En fin, le TDI =  $(WMS \times 25) - 25$

Le TDI est ensuite normalisé sur une échelle de 0 à 100.

### 3. Résultats

#### 3.1. Paramètres écologiques

L'analyse des paramètres physico-chimiques des ruisseaux de la région de Yangambi met en évidence des conditions environnementales caractéristiques des écosystèmes forestiers tropicaux peu perturbés. Durant la saison sèche, la température de l'eau varie entre 23,30 et 26,13 °C, avec une moyenne de  $24,19 \pm 1,46$  °C. Les valeurs les plus élevées sont observées à l'embouchure ( $26,13 \pm 0,80$  °C), tandis que les stations médianes enregistrent les températures les plus faibles ( $23,30 \pm 0,82$  °C). Cette augmentation thermique vers l'aval pourrait être attribuée à une diminution progressive du couvert végétal riverain et à une plus forte exposition au rayonnement solaire.

Les eaux étudiées présentent un caractère nettement acide, avec des valeurs de pH comprises entre 5,10 et 5,69 (moyenne :  $5,27 \pm 0,31$ ). Les stations amont et médianes affichent les conditions les plus acides, alors que les embouchures montrent une légère augmentation du pH. Cette acidité constitue une caractéristique typique des systèmes forestiers tropicaux dominés par les apports de matière organique humique issus de la décomposition de la litière végétale. Les valeurs de conductivité demeurent particulièrement faibles (11,87–14,89  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; moyenne :  $12,93 \pm 1,69$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), traduisant une très faible minéralisation des eaux et confirmant l'absence de pressions anthropiques importantes. Les teneurs en oxygène dissous oscillent entre 3,44 et 5,27 mg/L (moyenne :  $4,72 \pm 0,75$  mg/L), avec une augmentation progressive de l'amont vers l'aval. Cette dynamique reflète vraisemblablement une amélioration des conditions d'aération liée à l'augmentation de la turbulence hydraulique et à l'activité photosynthétique.

Ces caractéristiques physico-chimiques exercent une influence déterminante sur la structuration des communautés de diatomées. Les conditions acides et oligotrophes favorisent particulièrement les genres acidophiles tels qu'*Eunotia*, *Pinnularia* et *Frustulia*, fréquemment associés aux cours d'eau forestiers peu perturbés. La faible conductivité traduit un environnement pauvre en ions dissous, généralement favorable aux espèces spécialisées sensibles aux perturbations anthropiques. Par ailleurs, les variations longitudinales de l'oxygène dissous contribuent à la distribution différentielle des espèces, certaines formes

tolérantes étant davantage représentées dans les secteurs moins oxygénés, tandis que les zones aval mieux aérées hébergent des assemblages plus diversifiés (Hellawell, 1978 ; Krammer & Lange-Bertalot, 1986 ; Wetzel, 2001 ; Rimet & Bouchez, 2012 ; Reid *et al.*, 2020).

Dans l'ensemble, les paramètres mesurés témoignent d'un bon état écologique des ruisseaux de Yangambi, bien que les conditions hydrologiques et biogéochimiques puissent évoluer sensiblement durant la saison des pluies sous l'effet d'une augmentation des apports organiques et de la turbidité.

Tableau 3. Paramètres écologiques des eaux de la région de Yangambi en saison sèche (Temp = température. Cond = conductivité. OD = oxygène dissous)

| Stations   | Temp (°C)  | pH        | Cond (µS/cm) | OD (mg/L) |
|------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| Source     | 24,28±0,47 | 5,10±0,20 | 14,89±1,75   | 3,44±0,14 |
| Milieu     | 23,30±0,82 | 5,10±0,11 | 13,06±1,47   | 4,71±0,63 |
| Embouchure | 26,13±0,80 | 5,69±0,25 | 11,87±1,28   | 5,25±0,45 |
| Région     | 24,19±1,46 | 5,27±0,31 | 12,93±1,69   | 4,72±0,75 |

### 3.2. Diversité floristique des diatomées

L'inventaire floristique réalisé dans les ruisseaux de Yangambi a permis d'identifier 224 espèces de diatomées réparties dans 44 genres et 23 familles. Cette richesse taxonomique particulièrement élevée constitue un indicateur de la forte hétérogénéité des habitats disponibles ainsi que de la stabilité environnementale qui caractérise ces systèmes aquatiques forestiers.

La coexistence d'espèces appartenant à différentes guildes écologiques (épilithiques, épiphytiques, benthiques et planctoniques) traduit une diversification importante des niches écologiques. Les genres sensibles tels qu'*Achnantheidium*, *Eunotia* et *Pinnularia* sont abondamment représentés, confirmant le faible niveau de perturbation anthropique. Cette diversité remarquable suggère que les ruisseaux de Yangambi constituent des refuges écologiques favorables au maintien d'une biodiversité microalgale élevée, malgré les contraintes hydrologiques associées à la saison sèche.

Ces observations rejoignent les travaux antérieurs réalisés dans les écosystèmes tropicaux forestiers, selon lesquels une forte richesse spécifique est généralement associée à une bonne qualité écologique et à une faible intensité des pressions anthropiques (Krammer & Lange-Bertalot, 1986 ; Goma *et al.*, 2005 ; Rimet & Bouchez, 2012 ; Reid *et al.*, 2020).

### 3.4. Structure des abondances relatives spécifiques

L'analyse des abondances relatives met en évidence une domination marquée d'*Eunotia* sp7, représentant 33,86 % de l'effectif total observé. Cette prédominance constitue une signature

écologique caractéristique des eaux acides, oligotrophes et faiblement minéralisées. Les espèces associées, notamment *Pinnularia* sp8, *Frustulia saxonica* et *Neidium affine*, renforcent cette interprétation en traduisant des conditions environnementales stables et peu perturbées.

Certaines espèces tolérantes telles qu'*Eolimna subminuscule* et *Luticola mutica* sont également présentes, mais leur faible abondance suggère seulement une influence organique limitée sans impact majeur sur la qualité écologique globale du système. La majorité des taxons recensés présente des abondances inférieures à 2 %, indiquant la coexistence d'un grand nombre d'espèces rares autour d'un noyau restreint d'espèces dominantes.

Cette organisation des communautés est typique des écosystèmes lotiques forestiers relativement stables, où quelques espèces particulièrement adaptées aux conditions locales dominent la communauté tout en permettant le maintien d'un important réservoir de diversité spécifique (Lobo & Kobayasi, 1990 ; Goma *et al.*, 2005 ; Rimet & Bouchez, 2012).

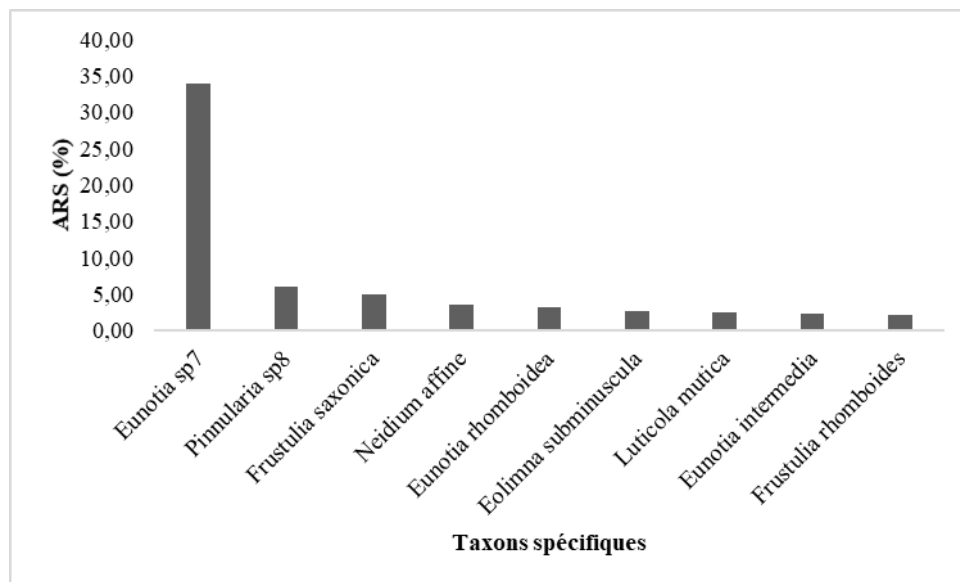


Fig. 2. Abondances relatives spécifiques de la région de Yangambi en saison sèche

### 3.5. Analyse comparative des ruisseaux Isalowe et Bosambila

#### 3.5.1. Variabilité des paramètres écologiques

Les deux ruisseaux étudiés présentent des caractéristiques physico-chimiques comparables, bien que certaines différences notables soient observées.

Le ruisseau Isalowe se caractérise par des températures comprises entre 23,98 et 25,87 °C, un pH moyen de  $5,16 \pm 0,17$ , une conductivité moyenne de  $16,91 \pm 1,11$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  et une concentration moyenne en oxygène dissous de  $4,81 \pm 0,51$  mg/L. Ces valeurs témoignent d'un environnement acide, faiblement minéralisé et relativement bien oxygéné, favorable au développement d'une flore diatomique typique des milieux oligotrophes.

Le ruisseau Bosambila présente des températures légèrement plus élevées (24,48–26,39 °C), un pH moyen de 5,53 ± 0,41, une conductivité moyenne de 15,28 ± 3,49 µS/cm et une concentration moyenne en oxygène dissous de 3,77 ± 0,49 mg/L. Les variations longitudinales y sont plus marquées, suggérant une influence plus importante des processus hydrologiques et biogéochimiques locaux (tableau 4).

Tableau 4. Paramètres écologiques du ruisseau Isalowe et Bosambila

| Stations   | Isalowe    |           |              |           | Bosambila  |           |              |           |
|------------|------------|-----------|--------------|-----------|------------|-----------|--------------|-----------|
|            | Temp (°C)  | pH        | Cond (µS/cm) | OD (mg/L) | Temp (°C)  | pH        | Cond (µS/cm) | DO (mg/L) |
| Source     | 23,98±0,04 | 5,11±0,03 | 17,38±0,59   | 4,40±0,08 | 24,48±0,38 | 5,18±0,34 | 18,36±5,78   | 3,26±0,01 |
| Milieu     | 24,43±0,12 | 5,19±0,37 | 16,80±0,57   | 5,27±0,33 | 24,63±0,91 | 5,31±0,06 | 15,11±1,49   | 3,50±0,06 |
| Embouchure | 25,87±0,24 | 5,31±0,16 | 16,03±1,49   | 5,44±0,64 | 26,39±0,63 | 6,02±0,10 | 13,45±0,20   | 4,41±0,11 |
| Ruisseau   | 24,35±0,69 | 5,16±0,17 | 16,91±1,11   | 4,81±0,51 | 25,22±1,13 | 5,53±0,41 | 15,28±3,49   | 3,77±0,49 |

### 3.5.2. Diversité et organisation des communautés

La diversité floristique diffère considérablement entre les deux systèmes. Isalowe héberge 206 espèces réparties dans 44 genres et 22 familles, tandis que Bosambila ne compte que 79 espèces appartenant à 27 genres et 19 familles. Cette différence substantielle suggère une plus grande stabilité écologique et une plus forte diversité d'habitats dans Isalowe.

La répartition spatiale de la diversité suit également des schémas distincts. Dans Isalowe, la richesse spécifique augmente vers l'embouchure, conformément aux prédictions du concept de continuum fluvial. A Bosambila, la diversité maximale est observée dans la station médiane, où semble s'établir un équilibre optimal entre stabilité environnementale et hétérogénéité des habitats.

Les abondances spécifiques confirment cette structuration longitudinale. La dominance d'*Eunotia* sp7 dans les secteurs amont traduit des conditions oligotrophes et acides, tandis que l'apparition progressive d'espèces plus tolérantes en aval reflète des modifications graduelles des conditions environnementales.

### 3.5.3. Indices biologiques et qualité écologique

Les indices de diversité indiquent globalement un bon état écologique pour les deux ruisseaux. Les indices de Shannon atteignent respectivement 2,2371 pour Isalowe et 2,4383 pour Bosambila, traduisant une biodiversité relativement élevée et une pollution limitée. Les stations médianes et aval présentent généralement les valeurs les plus élevées, témoignant d'une amélioration progressive des conditions écologiques.

L'Indice Trophique des Diatomées (TDI) révèle toutefois des valeurs relativement élevées (66 pour Isalowe et 63 pour Bosambila), indiquant un niveau d'eutrophisation modéré. Ces résultats suggèrent l'existence d'apports nutritifs non négligeables, potentiellement liés aux activités humaines périphériques, au lessivage des sols ou aux apports organiques diffus.

#### **3.5.4. Similarité et structuration des assemblages**

Les analyses de similarité montrent une organisation spatiale contrastée entre les deux cours d'eau. Dans Isalowe, la source et l'embouchure présentent une similarité relativement élevée, tandis que la station médiane se distingue nettement par une composition spécifique particulière. A l'inverse, dans Bosambila, les communautés de la source et du milieu apparaissent fortement similaires, alors que l'embouchure se différencie significativement du reste du système.

Les analyses factorielles des correspondances confirment l'existence de gradients écologiques longitudinaux marqués. Les communautés observées dans les secteurs amont sont dominées par des espèces caractéristiques des milieux forestiers peu perturbés, alors que les assemblages aval sont davantage associés à des taxons tolérants aux perturbations environnementales.

#### **3.5.5. Relations entre paramètres écologiques et communautés de diatomées**

Les analyses en composantes principales mettent en évidence le rôle central des paramètres physico-chimiques dans la structuration des communautés diatomiques. Dans Isalowe, les variations de température, de conductivité et d'oxygène dissous expliquent l'essentiel de la variabilité observée. Bosambila présente également un gradient écologique marqué, associé à une diminution progressive de la richesse spécifique de l'amont vers l'aval.

Ces résultats confirment l'étroite dépendance des diatomées vis-à-vis des conditions environnementales locales et soulignent leur pertinence comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux.

#### **3.6. Discussion synthétique**

Les ruisseaux forestiers de Yangambi présentent des caractéristiques physico-chimiques typiques des écosystèmes lotiques tropicaux peu perturbés, notamment une faible minéralisation, un pH naturellement acide, des températures modérées et une oxygénation globalement satisfaisante. Ces conditions traduisent une forte influence du couvert forestier et des sols riches en matières organiques, tout en reflétant un faible niveau d'anthropisation. Les gradients observés le long du continuum longitudinal, en particulier l'augmentation de la température et de l'oxygène dissous vers l'aval, constituent des facteurs majeurs de structuration des communautés biologiques (Hellawell, 1978 ; Wetzel, 2001). La dominance de

taxons acidophiles et oligotrophes tels qu'*Eunotia*, *Pinnularia* et *Frustulia* confirme le caractère écologique relativement intact de ces hydrosystèmes (Krammer & Lange-Bertalot, 1986 ; Rimet & Bouchez, 2012 ; Reid *et al.*, 2020).

La richesse diatomique particulièrement élevée enregistrée à Yangambi (224 espèces, 44 genres et 23 familles) témoigne d'une forte hétérogénéité des habitats et d'une excellente intégrité écologique. Cette diversité est supérieure ou comparable à celle observée dans plusieurs cours d'eau tropicaux d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'autres régions du monde, où l'intensification des activités humaines entraîne généralement une réduction de la richesse spécifique (Taylor *et al.*, 2007 ; N'Guessan *et al.*, 2018 ; Blanco *et al.*, 2018). La présence abondante de genres sensibles tels qu'*Achnanthes*, *Eunotia* et *Pinnularia* confirme la faible pression anthropique exercée sur ces milieux et souligne leur valeur comme systèmes de référence écologique pour les écosystèmes forestiers tropicaux (Rimet & Bouchez, 2012 ; Kelly *et al.*, 2020).

La structure des communautés diatomiques est dominée par *Eunotia* sp7, espèce caractéristique des eaux acides et oligotrophes, tandis que la présence de *Pinnularia* sp8, *Frustulia saxonica* et *Neidium affine* renforce l'interprétation d'un environnement faiblement minéralisé et bien conservé. Les taxons tolérants, notamment *Eolimna subminuscula* et *Luticola mutica*, demeurent faiblement représentés, suggérant que les perturbations organiques observées localement restent limitées. La coexistence d'espèces dominantes spécialisées et d'un grand nombre d'espèces rares constitue une signature écologique classique des systèmes forestiers stables et peu perturbés (Krammer & Lange-Bertalot, 1986–1991 ; Rimet & Bouchez, 2012). L'analyse comparative des ruisseaux Isalowe et Bosambila révèle néanmoins des différences écologiques significatives. Isalowe présente une richesse taxonomique nettement plus élevée (206 espèces) que Bosambila (79 espèces), traduisant une plus grande diversité d'habitats et des conditions environnementales globalement plus favorables. En revanche, Bosambila se distingue par une meilleure équitabilité et une distribution plus homogène des abondances spécifiques, indiquant une structure communautaire plus équilibrée et écologiquement stable (Magurran, 2004 ; Rimet & Bouchez, 2012). Ces différences illustrent l'importance des gradients locaux de qualité de l'eau, de disponibilité des ressources et de stabilité hydrologique dans la structuration des communautés de diatomées.

Les analyses multivariées (AFC et ACP) mettent en évidence une organisation spatiale cohérente des assemblages diatomiques le long du continuum fluvial. Dans les deux ruisseaux, les stations amont sont associées à des espèces indicatrices de milieux oligotrophes et peu

perturbés, tandis que les stations médianes et aval montrent une diversification progressive des assemblages, liée à l'augmentation de l'hétérogénéité des habitats et à l'accumulation des ressources trophiques. Ces résultats concordent avec les prédictions du *River Continuum Concept* et confirment la forte sensibilité des diatomées aux gradients environnementaux longitudinaux (Vannote *et al.*, 1980 ; Allan & Castillo, 2007).

Les indices biologiques confirment globalement un bon état écologique des deux ruisseaux. Les valeurs de l'indice de Shannon ( $> 2$ ) traduisent des communautés relativement diversifiées et fonctionnelles, bien que certaines stations amont, notamment dans Isalowe, présentent des conditions plus restrictives favorisant la dominance de quelques taxons spécialisés (Shannon & Weaver, 1949 ; Magurran, 2004). Toutefois, les valeurs du *Trophic Diatom Index* (TDI = 63–66) indiquent une eutrophisation modérée et suggèrent l'existence d'apports diffus en nutriments, probablement liés au lessivage des sols, aux activités agricoles périphériques ou à des apports organiques localisés (Lenoir & Coste, 1996 ; Kelly *et al.*, 2001 ; Kelly *et al.*, 2020). Dans l'ensemble, les résultats démontrent que les ruisseaux de Yangambi conservent un niveau élevé d'intégrité écologique malgré l'existence de pressions trophiques modérées. Les communautés de diatomées répondent fortement aux variations des paramètres environnementaux et constituent des bioindicateurs particulièrement performants pour l'évaluation de la qualité des eaux tropicales. Ces cours d'eau apparaissent ainsi comme des écosystèmes de référence pour la compréhension des mécanismes de structuration des communautés benthiques dans les forêts tropicales humides d'Afrique centrale et pour le développement de programmes de biomonitoring à long terme (Rosenberg & Resh, 1993 ; Rimet & Bouchez, 2012 ; Reid *et al.*, 2020).

#### 4. Conclusion

Les ruisseaux de la région de Yangambi présentent globalement les caractéristiques écologiques typiques des cours d'eau forestiers tropicaux peu perturbés : eaux acides, faiblement minéralisées, relativement bien oxygénées et abritant une riche diversité de diatomées. Malgré certaines différences observées entre Isalowe et Bosambila, les deux systèmes conservent un bon niveau d'intégrité écologique.

Les communautés de diatomées répondent clairement aux gradients physico-chimiques longitudinaux, confirmant leur valeur bioindicatrice dans l'évaluation de la qualité des eaux tropicales. Toutefois, les valeurs modérément élevées du TDI suggèrent l'existence de pressions environnementales diffuses susceptibles d'affecter à long terme ces écosystèmes. Ces observations soulignent la nécessité de mettre en place un programme de suivi écologique

régulier afin de préserver la biodiversité et le fonctionnement écologique des ruisseaux forestiers de Yangambi.

### Références

1. Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters* (2nd ed.). Springer. Dordrecht. The Netherlands.
2. Bellinger, B. J., Cocquyt, C., & O'Reilly, C. M. (2006). Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams. *Hydrobiologia*, 573(1), 75–87. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0262-5>
3. Blanco, S., Borrego-Ramos, M., & Olenici, A. (2017). *Disentangling diatom species complexes: Does morphometry suffice?* PeerJ, 5, e4159. <https://doi.org/10.7717/peerj.4159>
4. Cocquyt C. (2006). *Lacustrine and Riverine Algal Biodiversity in the African Great Rift Area*. In M. De Dapper & M. De Lange (Eds.), *Africa's Great Rift: Diversity and Unity. Proceedings of the International Conference, Brussels, 29–30 September 2005* (pp. 59–71). Royal Academy for Overseas Sciences & Royal Museum for Central Africa, Brussels.
5. Cocquyt, C. & Taylor, J.C. (2015). New and interesting *Surirella* taxa (Surirellaceae, Bacillariophyta) from the Congo Basin (DR Congo). *European Journal of Taxonomy*. Oldenburg, Germany. Pp. 1–15
6. Cocquyt, C., De Haan, M. & Lokele, N. (2016). *Eunotia rudis* sp. nov., a new diatom (Bacillariophyta) from the Man and Biosphere Reserve at Yangambi, Democratic Republic of the Congo. *Phytotaxa*. Auckland. Nouvelle-Zélande. Pp. 73-81.
7. Cocquyt, C., Lokele Ndjombo, E., Tsamemba, S. T., & Nshimba Seya wa Malale, H. (2019). Freshwater diatoms in the Democratic Republic of the Congo: a historical overview of the research and publications. *PhytoKeys*, 136, 107–125. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.136.47386>
8. Davis, W. S., & Simon, T. P. (Eds.). (1995). *Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers (CRC Press). ISBN: 978-0-87371-894-3 (ISBN-13); 0-87371-894-1 (ISBN-10)
9. Dhanker, R., Saxena, A., Tiwari, A., Singh, P. K., Patel, A. K., Dahms, H.-U., Hwang, J.-S., González-Meza, G. M., Melchor-Martínez, E. M., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldívar, R. (2024). *Towards sustainable diatom biorefinery: Recent trends in*

- cultivation and applications. Bioresource Technology, 391, 129905.*  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129905>
10. Golama S. K. A. (1996). Bacillariophycées, Desmidiées et Euglénophycées de la région de Kisangani (Zaire). Académie Royale des Sciences d’Outre-Mer. Classe des Sciences naturelles et médicales. Mémoires in-8°, Nouvelle Série 23(3): 232 pp. Bruxelles. Belgique.
  11. Goma, V., Mavinga, N., & Matondo, M. (2005). Structure des communautés algales dans les cours d’eau urbains de Kinshasa. Université de Kinshasa. Kinshasa. RDC, pp. 75–88.
  12. Hellawell, J. M. (1978). Biological surveillance of rivers: a biological monitoring handbook. Water Research Centre. Hertfordshire. United Kingdom.
  13. Hill, B. H., Herlihy, A. T., Kaufmann, P. R., Stevenson, R. J., McCormick, F. H., & Johnson, C. B. (2000). Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(1), 50–67. University of Chicago Press, USA.
  14. Kelly, M. G., Adams, C., Graves, A. C., Jamieson, J., Krokowski, J., Lycett, E. B., Murray-Bligh, J., Pritchard, S., & Wilkins, C. (2001). *The Trophic Diatom Index: A User’s Manual. Revised Edition*. Bristol, UK: Environment Agency, 74 p.
  15. Kelly, D. J., Shearer, K. A., & Unwin, M. J. (2020). Nutrient thresholds and diatom communities in Tasmanian rivers: evaluating H’ as an ecological indicator. *Austral Ecology*, 45(7): 904–917. Wiley. Melbourne. Australia.
  16. Kelly, M. G., & Whitton, B. A. (1995). The trophic diatom index: A new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7(4), 433–444. Springer. Dordrecht. Netherlands.
  17. Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1986). Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In H. Ettl et al. (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 2/1). Stuttgart: Gustav Fischer. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. Germany.
  18. Lange-Bertalot, H. (1979). Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia* - 64: 285-304. Stuttgart. Germany.
  19. Lenoir, A., & Coste, M. (1996). *Development of a Practical Diatom Index of Overall Water Quality Applicable to the French National Water Board Network*. In B. A. Whitton & E. Rott (Eds.), *Use of Algae for Monitoring Rivers II* (pp. 29–43). Innsbruck, Austria: Institut für Botanik, Universität Innsbruck.

20. Lobo, E. A., & Kobayasi, H. (1990). Shannon's diversity index applied to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa River. *Japanese Journal of Phycology*, 38(1), 229–243. The Japanese Society of Phycology. Tokyo. Japan.
21. Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing. ISBN: 978-0-632-05633-0.
22. Morin, S. (2006). Bio-indication des effets des pollutions métalliques sur les communautés de diatomées benthiques. Approches *in situ* et expérimentales. Université Bordeaux 1. Ecole Doctorale Science du vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement. Cemagref. Bordeaux. France.
23. N'Guessan, K. R., Aboua, B. R. D., Tison-Rosebery, J., Ouattara, A., & Kouamelan, E. P. (2018). *Biodiversity and ecology of epilithic diatoms in the Agnéby River, Ivory Coast*. *African Journal of Aquatic Science*, 43(2), 131–140. DOI : <https://doi.org/10.2989/16085914.2018.1470083>
24. Prygiel, J., & Coste, M. (1999). Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). CEMAGREF. Lyon. France.
25. Reid, M. A., Tibby, J., Penny, D., & Gell, P. (2020). Diatoms as indicators of environmental change in freshwater ecosystems. *Ecological Indicators*, 118, 106784. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands
26. Renberg, I., & Hellberg, T. (1982). *The pH history of lakes in southwest Sweden, as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments*. *Ambio*, 11(1), 30–33.
27. Rimet F. et Domaizon I (2012). *Les diatomées : indicateur écorégional de pollution par les nutriments, les matières organiques et micropolluants* (agris.fao.org)
28. Rimet, F., & Bouchez, A. (2012). Biomonitoring river diatoms: Implications of taxonomic resolution. *Ecological Indicators*, 15(1), 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.014>
29. Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall. New York. USA.
30. Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana. USA.
31. Simboura N., & Zenets A., (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3 (2), 77-111.

32. Sládeček, V. (1986). *Diatoms as Indicators of Organic Pollution*. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 14(5), 555–566. <https://doi.org/10.1002/aheh.19860140519>
33. Taylor, J. C., Harding, W. R., & Archibald, C. G. M. (2007). An illustrated guide to some common diatom species from South African rivers. Water Research Commission (WRC) Report No. TT 282/07. Pretoria, South Africa. pp. 1–178.
34. Taylor, J.C. & Cocquyt, C. (2016): Diatoms from the Congo and Zambezi Bassins- Methodology and identification of the genera. Abc Taxa. Vol. 16. Capacity Building in Taxonomy and Collection Management. Brussels. Belgium.
35. Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37(1), 130–137. NRC Research Press, Ottawa, Canada.
36. Watanabe, T., Asai, K., & Houki, A. (1986). *Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage—Diatom Assemblage Index (DAI<sub>po</sub>)*. Science of the Total Environment, 55, 209–218. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(86\)90180-4](https://doi.org/10.1016/0048-9697(86)90180-4)
37. Wetzel, R. G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems (3rd ed.). Academic Press. San Diego. USA.
38. Whitton, B.A. (1991). Aims of monitoring. - In: Whitton, B.A., Rott, E. et Friedrich, G. (eds.), Use of algae for monitoring rivers. Australian Journal of Ecology. Australia. Pp. 5-8.
39. Whitton, B.A. et Kelly, M.G. (1995). Use of algae and other plants for monitoring rivers. Australian Journal of Ecology - 20: 45-56. Australia.
40. Whitton, B.A. et Rott, E. (1996). Use of Algae for monitoring rivers II. - Studia Student. G.m.b.H.. 29-43. Australia.

#### Liens internet

[www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id](http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id) consulté le 04 septembre 2025 à 16:59

[www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id](http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id) consulté le 04 septembre 2025 à 14:39.

[www.researchgate.net/publication/318962530\\_SPECIES\\_OF\\_THE\\_DIATOM\\_GENUS\\_CRATICULA\\_GRUNOW\\_BACILLARIOPHYCEAE\\_FROM\\_MACEDONI](http://www.researchgate.net/publication/318962530_SPECIES_OF_THE_DIATOM_GENUS_CRATICULA_GRUNOW_BACILLARIOPHYCEAE_FROM_MACEDONI) consulté le 04 septembre 2025 à 15:10.

<https://www.researchgate.net/figure/Le-Centre-de-recherche-INERA-Yangambi-en-boule-jaune-et-sa-reserve-ecologique> consulté le 19 octobre 2023 à 9:37.