



# Utilisation des macrophytes comme descripteurs de la qualité des eaux de la rivière Kondi dans la ville de Douala (Cameroun-Afrique Centrale)

Priso Richard Jules\*<sup>1,2</sup> Oum Guillaume Olivier<sup>1</sup> ; Din Ndongo<sup>1,2</sup>

Laboratoire de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala<sup>1</sup>;

Institut des Sciences Halieutiques de Yabassi, Université de Douala<sup>2</sup>;

\*Auteur de correspondance ; [r\\_priso@yahoo.fr](mailto:r_priso@yahoo.fr) : 00 237 77 81 57 65

Original submitted on 19<sup>th</sup> January 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on May 29<sup>th</sup> 2012.

## RESUME

**Objectifs :** L'accroissement démographique, l'industrialisation anarchique et le manque d'un système approprié d'évacuations et de traitement des eaux prédisposent la ville de Douala à une pollution organique et chimique qui affecte les écosystèmes aquatiques. L'objectif de ce travail a été d'établir les relations entre les macrophytes et des paramètres physico-chimiques du cours d'eau Kondi.

**Méthodologie et résultats :** Une étude sur la répartition des plantes basées sur les relevés floristiques à partir des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet a été menée. Des paramètres physico-chimiques du cours d'eau Kondi ont été pris en compte. Les taux de chlorophylle ont été déterminés pour *Commelina benghalensis* L. Link et *Pennisetum felicianum* Assong. La répartition des plantes est variable en amont et en aval avec des indices de diversité de Shannon-Weaver respectivement de 3.11 et 3.80. Le Cadmium, les phosphates, le phosphore et les nitrates ont constitué les éléments essentiels de la pollution des eaux dans la rivière Kondi.

**Conclusion and application :** Trois groupements de macrophytes ont été observés en fonction des caractéristiques de la rivière. Un premier groupement en aval renferme cinq espèces (*Acroceras amplexans* Stapf, *Cyperus difformis* L., *Echinochloa colona* (L.) Link., *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott et *Nymphaea lotus* L.), le second est constitué de quatre espèces (*Acmella caulirhiza* Del., *Asystasia gangetica* (L.) T. Anders, *Amaranthus viridus* L., *Polygonum acuminatum* HBK.) en amont. Le troisième groupement comprend neuf plantes (*Asystasia vogeliana* Benth., *Borreria monticola* Mildbr., *Commelina benghalensis* L. Fam., *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hutch. and Chardie, *Ludwigia palustris* L., *Pennisetum felicianum* Assong., *Setaria barbata* Lam, *Struchium sparganophora* (L.) Ktze, et *Utricularia macrorhiza* Leconte) recensées en amont et en aval de la rivière. Les différents macrophytes inventoriés peuvent donner une indication sur la qualité des milieux aquatiques de la ville de Douala et orienter l'assainissement des cours d'eau.

**Mots clés :** macrophytes, pollution organique, pollution chimique, relevés floristiques, Kondi - Douala.

## Utilization of macrophytes as indicators of the quality of water in river Kondi (Douala-Cameroun, Central Africa)

### ABSTRACT

**Objectives:** The increase in population, anarchical industrialization and the lack of proper waste disposal facilities has made Douala rivers prone to organic and chemical pollution which affects the rivers composition and then allowing invasion by macrophytes. The objective of this work was to establish

relations between the physicochemical parameters of the river Kondi and the macrophytic groups encountered.

**Methods and Results:** A study based on vegetation surveys using Braun-Blanquet phytosociological method was performed. The physico-chemical analysis of water associated with the vegetation surveys was coupled with multivariate analysis to establish relationships between the parameters of the water and macrophytes. The water parameters, *Commelina benghalensis* L. Link, and *Pennisetum felicianum* Assong chlorophylls contents were determined. Plants distribution had shown variable diversity upstream and downstream with Shannon-Weaver indices respectively of 3.11 and 3.80. Cadmium, phosphates, total phosphorus, and nitrate were the major elements of pollution in the river Kondi that is subject to a low organic pollution and a high chemical pollution.

**Conclusion and application:** The relationship between vegetation and physico-chemical analysis of the river Kondi have revealed three groups of plants. The first group consists of five downstream species (*Acroceras amplexans* Stapf, *Cyperus difformis* L., *Echinochloa colona* (L.) Link., *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott and *Nymphaea lotus* L.), then a second group consists of four species (*Acmella caulirhiza* Del., *Asystasia gangetica* (L.) T. Anders, *Amaranthus viridus* L., *Polygonum acuminatum* HBK,) upstream and a third group with nine species (*Asystasia vogeliana* Benth., *Borreria monticola* Mildbr., *Commelina benghalensis* L. Fam., *Echinochloa pyramidalis* (Lam. (antelope grass) Hutch and Chardie, *Ludwigia palustris* L., *Pennisetum felicianum* Assong., *Setaria barbata* Lam, *Struchium sparganophora* (L.) Ktze and *Utricularia macrorhiza* Leconte (bladderwort) that are found upstream and downstream. These macrophytes can be helpful for environmental biomonitoring.

**Keywords:** macrophytes, Braun-Blanquet phytosociological method, organic pollution, chemical pollution, Kondi - Douala.

## INTRODUCTION

L'accroissement démographique et l'essor permanent de l'industrialisation sont des facteurs importants qui ont favorisé les pollutions des écosystèmes aquatiques. La transformation de la société humaine a entraîné l'abandon dans la nature des rejets constitués d'eaux résiduelles et de matières solides nuisibles à la vie et à la nature (Bemmo *et al.*, 1998). Dans la ville de Douala comme dans la plupart des villes industrielles, les rivières sont soumises à des perturbations physiques et chimiques qui sont à l'origine d'une dégradation croissante de la qualité de l'eau (Chatenet *et al.*, 2002 ; Priso *et al.*, 2010). La pollution en milieu urbain peut être déterminée par des analyses des polluants, par des méthodes satellitaires ou par analyse des communautés végétales (Priso *et al.*, 2000 ; Market *et al.*, 2003). Toutefois, nonobstant la pertinence des méthodes analytiques, elles restent de peu d'intérêts dans la détection des pollutions épisodiques (Ramade, 1987 ; Scott & Hutchinson, 1989). Aussi, les plantes, intégrateurs des phénomènes que connaissent les écosystèmes apparaissent comme

des marqueurs des changements environnementaux (Ramade *et al.*, 1984 ; Sauberer *et al.*, 2003).

En effet, l'analyse biologique permet d'identifier les perturbations et leurs effets sur les communautés animales et végétales en place. Aussi, la surveillance de la qualité de l'eau a longtemps été basée sur les analyses physico-chimiques afin de mettre en évidence des pollutions (Buechez *et al.*, 2010). Cependant, celles-ci montrent quelques insuffisances dans la mesure où elles peuvent non seulement mener à une conclusion erronée c'est-à-dire qu'il n'y a pas de problème lorsque les substances mesurées ne dépassent pas les valeurs critiques (limite de détection trop élevée ou polluants non mesurés). De même, l'équilibre du milieu aquatique peut être sérieusement affecté lors des apports de polluants massifs mais de courte durée. Il est alors improbable de les détecter en échantillonnant l'eau une ou deux fois par mois.

Par ailleurs, l'utilisation des composantes biologiques pour analyser l'état de santé des

écosystèmes aquatiques s'est donc progressivement imposée. Cette méthode donne des résultats rapides et amplifie les pollutions discrètes. Elle intègre les variabilités spatio-temporelles par la présence constante de ces organismes et reflète l'impact du polluant sur la santé humaine (Bonnin, 2003 ; Markert *et al.*, 2003). Les eaux camerounaises sont colonisées par une flore aquatique diversifiée et peu connue. Les *Commelinaceae* ont déjà été utilisées au Cameroun comme indicateur de la qualité des milieux aquatiques (Priso *et al.*, 2000). De

## MATERIEL ET METHODES

**Localisation des sites d'étude** : L'étude s'est réalisée dans la ville de Douala, chef-lieu de la région du Littoral. Les coordonnées géographiques de cette ville sont comprises entre 04°03'- 04°57' de latitude Nord et 09°42'- 09°47' de longitude Est avec une altitude moyenne de 13 m. Elle occupe environ 18 000 ha avec près de 2,5 millions d'habitants. La rivière Kondi qui divise l'arrondissement de Douala III et l'arrondissement de Douala V est un cours d'eau servant parfois d'exutoire pour les populations riveraines. Ce cours d'eau reçoit ainsi divers altéragènes d'origine organique et inorganique. Le Kondi traverse ainsi plusieurs quartiers notamment Logbaba, Vallée Saint thomas, Carrefour Cité, Beedi et Ndogbong situés à proximité de la zone industrielle de Bassa à Douala. Sur la rivière Kondi, un tronçon de 880 m a été délimité. Deux stations équidistantes de 440 m ont été choisies. La première station située entre la vallée Saint Thomas et le quartier Beedi avec une longueur de 440 m est considérée comme l'amont. La deuxième d'une longueur de 440 m s'étend du quartier Beedi au quartier Ndogbong et est appelé l'aval. Le référentiel pour l'amont est 04°02'50.7" de latitude Nord et 009°45'39.3" de longitude Est. Il est localisé dans l'Arrondissement de Douala III au niveau du Carrefour Cité tandis que le référentiel pour l'aval est 04°04'06.1" de latitude Nord et 009°45'14.2" de longitude Est. Il se trouve dans l'Arrondissement de Douala V au quartier Ndogbong.

### Méthodes

**Elaboration des relevés, indices de diversité et de similarité** : Vingt placettes de suivi de 100 m<sup>2</sup> soit (5 m x 20 m) réparties à intervalles régulier (2 m) ont été réalisées dans chaque station grâce aux repères fixes (piquets) implantés sur le site. Un inventaire floristique

nombreuses études ont montré que les Graminées sont parmi les plantes les plus tolérantes à la pollution notamment par les métaux lourds (Anoliefo *et al.*, 2008). Ces résultats ont mis en évidence la sensibilité de certaines espèces en relation avec les caractéristiques du milieu. L'objectif de ce travail est d'établir les relations entre les groupements végétaux et les paramètres physico-chimiques sur la rivière Kondi dans la ville de Douala, région du Littoral (Cameroun – Afrique Centrale).

basé sur les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1932), Masens (1997) a été établi avec des indices variant de + à 5. Cette échelle à six indices donne la répartition des individus d'une espèce de la manière suivante :

- + = simple présence, avec recouvrement moyen = 0,5 ;
- 1 = recouvrement de 1 à 5 %, avec recouvrement moyen = 3 ;
- 2 = recouvrement de 5 à 25 %, avec recouvrement moyen = 15 ;
- 3 = recouvrement de 25 à 50 %, avec recouvrement moyen = 37,5 ;
- 4 = recouvrement de 50 à 75 %, avec recouvrement moyen = 62,5 ;
- 5 = recouvrement supérieur à 75 %, avec recouvrement moyen = 87,5.

Ces indices d'abondance-dominance permettent de calculer pour chaque espèce son recouvrement moyen (RM) qui est le pourcentage qu'occupe cette espèce dans un milieu donné :

$RM_i = R_i / \text{Nombre total de relevés}$  et l'indice de présence ( $P_i$ ) correspond au recouvrement moyen de l'espèce  $i$  sur le recouvrement total des individus ( $P_i = RM_i / \sum RM$ ).

L'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) indique la diversité ou la richesse spécifique du milieu, il est donc déterminé par la relation suivante :

$H' = - \sum P_i \times \log_2 (P_i)$ . L'indice de régularité ou "Evenness indice" ou équitabilité de Pielou est :

$R = H' / H'_{\max}$ ,  $H'_{\max}$  étant la diversité maximale ( $\log_2 S$ ) où  $S$  est le nombre d'espèces (Dajoz, 1985, Ngueguim *et al.*, 2010)

La régularité permet d'appréhender le désordre relatif de la population. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce. Elle

est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Une régularité faible représente en effet une grande importance de quelques espèces dominantes (Dajoz, 1985).

L'indice de dominance « d » de Berger et Parker (Wilsey *et al.*, 2005) qui a pour formule

$d = N_{\max} / N$ .  $N_{\max}$  est l'abondance maximale ou le nombre d'individus les plus fréquents du milieu et N l'abondance totale. Il établit la dominance des espèces et montre que, si d est faible c'est-à-dire qu'il tend vers 0, la diversité est grande et la dominance est nulle. Lorsque d tend vers 1, on a des espèces dominantes et une diversité faible.

L'indice D de Simpson est  $D = \sum Ni (Ni-1) / N (N-1)$  ou  $D = \sum P_i^2$ . Cet indice représente la probabilité que deux individus choisis au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à la même espèce.

Pour connaître le nombre d'espèces dominantes, on calcule l'indice de Hill =  $(1/D) / \exp H'$ .

L'indice de complémentarité ou de similarité  $\beta$  ou diversité  $\beta$  est donné par la formule de Ricklefs et Miller (2000) :

Diversité  $\beta$  = Diversité  $\delta$  / Diversité  $\alpha$ , avec  $\alpha$  = moyenne du nombre d'espèces des différentes stations ;  $\delta$  = nombre d'espèces totales dans la zone d'étude ;  $\alpha$  = nombre d'espèces présentes dans chaque écosystème.

L'indice de Whittaker tient compte de la diversité  $\beta$  et permet de déterminer les différences entre plusieurs communautés végétales. Cet indice  $\beta W$  est égal à  $S / \alpha - 1$ ,  $S = \delta$ .

De même, le coefficient de similitude de Sorensen, lequel met un accent remarquable sur la présence conjointe de deux espèces au même endroit est  $Q = [2a / (2a + b + c)]$  avec  $0 < Q < 1$ , a = nombre d'espèces communes aux deux milieux ; b = nombre d'espèces présentes dans le milieu A et absentes dans le milieu B ; c = nombre d'espèces présentes dans le milieu B et absentes dans le milieu A a été utilisé.

**Mesure des dimensions et de la vitesse du cours d'eau :** La profondeur de l'eau a été mesurée sur les points où les placettes de suivi ont été réalisées. La profondeur est notée après chaque 22 m suivant la longueur et de 2 m en allant de la rive vers le large. Une gaffe graduée est utilisée pour relever la profondeur. 6 points ont ainsi été choisis dans le sens de la longueur et 6 mesures de la profondeur ont été effectuées suivant la largeur pour chacun des points choisis. La vitesse du courant est estimée en cm/s en utilisant un objet flottant (feuille flottante) sur une

distance bien délimitée (d) et pendant un temps donné (t). Elle s'obtient par la formule :

$$V = d/t$$

La largeur de la rivière est estimée à l'aide d'un double décimètre.

**Paramètres physico-chimiques des eaux :** Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués aux mois de février et Mars 2011 respectivement dans les placettes où les relevés de végétations ont été établis. Les échantillons ont été prélevés entre 8 et 11 h dans les bouteilles en polyéthylène de 1,5 l (bouteilles PET) et conservés dans les glacières. Ces bouteilles d'eau ont été transportées dans le laboratoire de l'Institut de la Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) à Nkolbisson-Yaoundé (Laboratoire d'Analyse des Sols, Plantes, Engrais et Eau ou LASPEE) pour le dosage des nitrates, phosphates, phosphore total et cadmium) et au laboratoire des brasseries du Cameroun à Douala où ont été mesurées la Demande biologique en oxygène, la demande chimique en oxygène et les matières en suspension. Certains paramètres (pH, températures, conductivité et les solides totaux dissous) ont été obtenus directement sur le terrain.

La température et le pH sont obtenus à l'aide d'un pH/thermomètre de marque HANNA model HI 98127 après plongement de l'électrode en verre dans la rivière. La Conductivité électrique et les solides totaux dissous sont mesurés à l'aide d'un conductimètre de marque HANNA model HI8733. La détermination des matières en suspension de l'eau s'est faite par filtration et gravimétrie sur membrane en verre fritté (Rodier, 1996). La méthode de dosage des nitrates est celle du Salicylate de sodium. La lecture se fait à l'aide d'un spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin (Rodier, 1996). La méthode calorimétrique au molybdate d'ammonium est utilisée pour le dosage des phosphates. La lecture au spectromètre est effectuée après 20 minutes à la longueur d'onde de 690 nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin (Rodier, 1996). La demande biologique en oxygène est obtenue par le piège à anhydride carbonique dans une solution concentrée de soude à l'aide d'une pompe doseuse (Rodier, 1996). La demande chimique en oxygène est déterminée par la méthode dite du dichromate de potassium en milieu acide, le Cadmium par la méthode d'absorption atomique (Rodier, 1996).

**Teneur en eau et en chlorophylle :** Les teneurs en eau et en chlorophylle des plantes ont été obtenues au Laboratoire de Biologie végétale de la Faculté des

Sciences de L'université de Douala. Aussi, un échantillonnage a été réalisé sur les feuilles de *Commelina benghalensis* Linn. Fam. et de *Pennisetum felicianum* Assonganyi. Le choix des espèces est guidé par trois variables discriminantes notamment l'indice de présence-d'absence, la distance à la rive et le recouvrement moyen. La teneur en eau des échantillons est obtenue après passage de l'échantillon frais à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. La teneur en eau (T.E.) est obtenue grâce à la méthode décrite par A.O.A.C. (1980).

$$T.E (\%) = \frac{(PF - PS)}{PF} \times 100 \left( \frac{g}{100g} MF \right)$$

PF= poids matière fraîche  
PS= poids de matière sèche  
MF = matière fraîche

Les solutions de chlorophylles brutes sont obtenues après broyage des feuilles échantillonnées à l'acétone à 80 %, puis le mélange est centrifugé différentiellement pour séparer le culot du surnageant. Les mesures sont réalisées au spectrophotomètre. Le zéro de l'absorbance se fait avec de l'acétone (80 %) à l'aide d'un pilulier et la lecture s'effectue à 645 nm pour

## RESULTATS

**Richesse spécifique :** Quarante-deux familles réparties en 77 genres et 97 espèces ont été inventoriées soit 68 espèces en amont et 80 espèces en aval (tableau I). Parmi les 97 espèces, 14 soit 14,43 % appartiennent à la famille des *Poaceae* avec neuf genres, les autres familles les mieux représentées sont les *Asteraceae* (11 espèces et 07 genres), les *Cyperaceae* (07 espèces et 05 genres), les *Amaranthaceae*, les *Convolvulaceae* et les *Mimosaceae* avec respectivement 04 espèces et 02 genres, 04 espèces et 01 genre, 04 espèces et 03 genres. Les coefficients génériques entre l'amont et l'aval sont très élevés c'est-à-dire supérieur à 0, 80 dans les deux sites (tableau 1). La diversité est élevée dans les deux sites (supérieur à 3 bits) mais connaît une régression de

x et à 663 nm pour y (longueur d'onde d'absorption des chlorophylles). Les concentrations en mg/l de solution de chlorophylle sont obtenues de la manière suivante (Taffouo et al., 2008) :

Chlorophylle a = 12,7 y – 2,69 x

Chlorophylle b = 22,9 x – 4,68 y

Chlorophylle (a+b) = 20,21 x + 8,02 y

**Analyses statistiques :** Les données phytosociologiques obtenues ont été enregistrées, classées dans les tableurs Excel, le logiciel XXLSTAT a permis de réaliser les différents graphiques ainsi que le calcul des différents indices. L'analyse des teneurs en eau et en chlorophylles a été faite à base du logiciel XXLSTAT. Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne ± écart-type. La comparaison des moyennes entre les différents paramètres s'est faite par le test de STUDENT. Le Logiciel SPAD 5.5 a été utilisé pour réaliser une analyse multi variée. Une ACP suivie d'une AFC sont utilisées pour donner la répartition des macrophytes entre différentes stations en fonction des paramètres physico-chimiques de l'eau et d'établir le lien entre les paramètres environnementaux et les macrophytes.

l'amont vers l'aval. L'indice de Simpson (D) est inférieur à 0, 35 dans les deux cas et varie de 0, 15 à 0, 32 entre l'amont et l'aval. L'indice de dominance de Berger-Parker (d) est élevé en amont (0, 56) tandis qu'il est faible en aval (0, 32). L'indice de Sorensen (Q) est supérieur à 50 %. L'indice de Whittaker ( $\beta_w$ ) et de diversité  $\beta$  sont faibles et représentent respectivement 0,31 et 1,31 (tableau 1). L'indice de Pielou ou régularité est supérieur à 0,5 entre l'amont et l'aval. Le recouvrement moyen total est élevé soit 62,63 en amont et 63,73 en aval. Le recouvrement spécifique est généralement faible pour toutes les espèces dans les deux zones et est inférieur à 40 % (fig. 1).

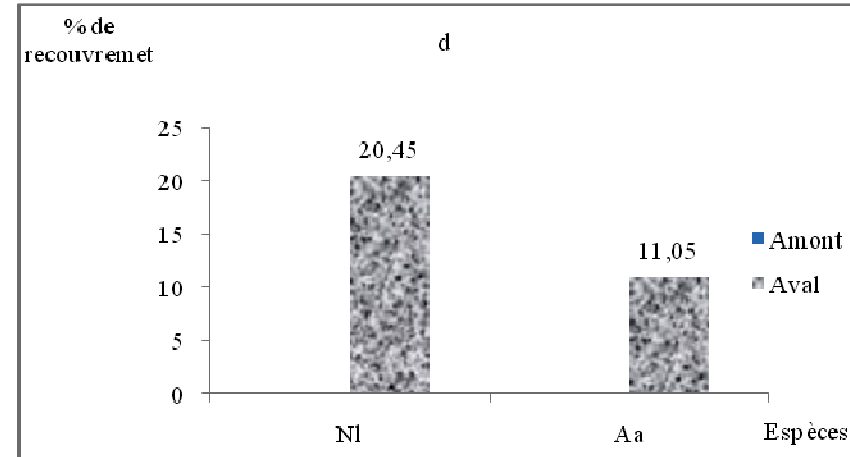
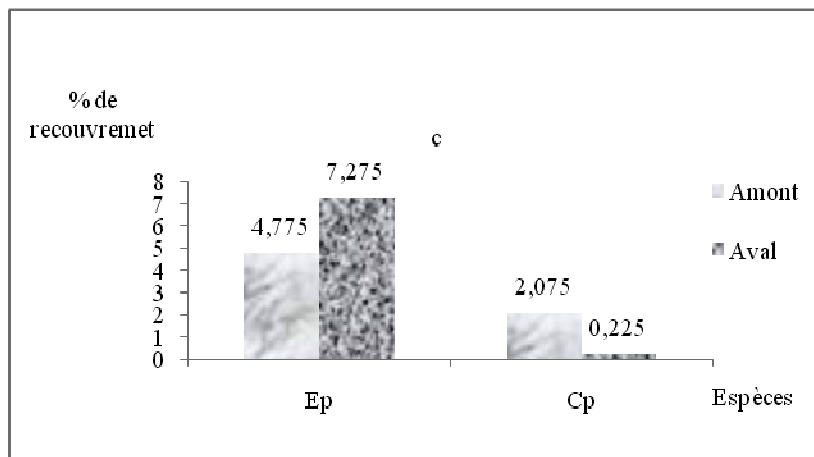
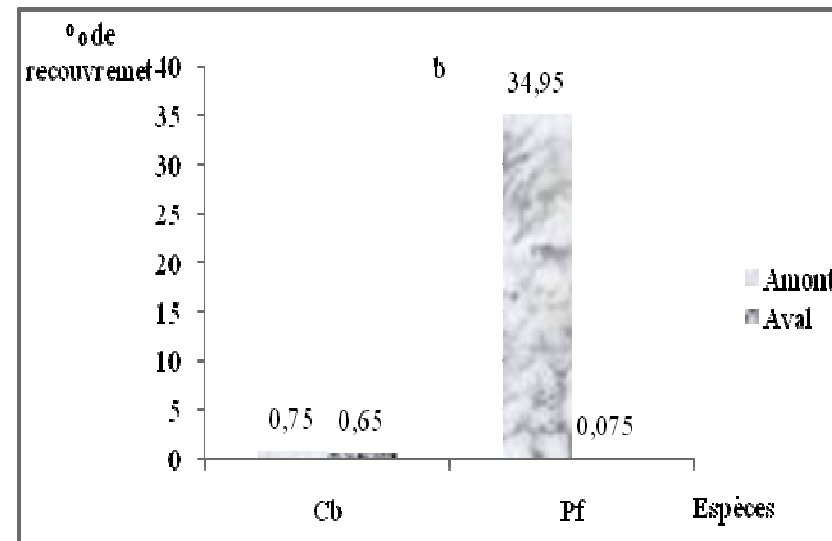
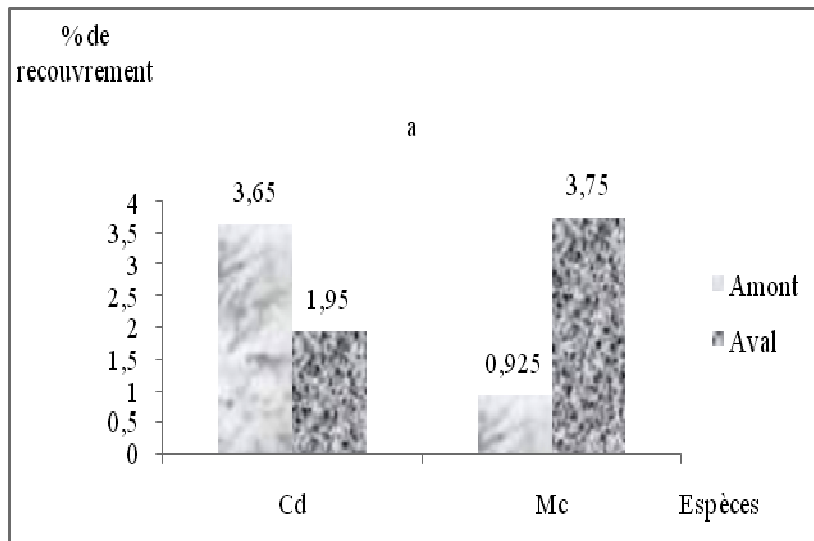
**Tableau 1** : Richesse spécifique entre l'amont et l'aval

	Kondi amont (Carrefour Cité)	Kondi aval (Vallée Ndog-bong)
Espèces	68	80
Genres	57	66
Cg	0,84	0,83
%	84	83
RM <sub>max</sub>	34,95	20,48
RM <sub>T</sub>	62,63	63,73
H'	3,11	3,8
H'max	6,09	6,32
R	0,51	0,60
d	0,56	0,32
D	0,32	0,15
1 - D	0,68	0,85
1 / D	3,1	6,5
Hill (1/D/eH')	0,14	0,15
q = 68,92		
$\alpha = 74$		
$\beta = 1,31$		
$\beta_w = 0,31$		

Cg : coefficient générique ; RM<sub>max</sub> : recouvrement moyen maximal, RM<sub>T</sub> : recouvrement moyen total ; H' : diversité de Shannon-Weaver ; H'max : diversité maximale ; R : régularité de Pielou ; d : diversité de Berger-Parker, D : diversité de Simpson ; q : indice de diversité de Sorensen ;  $\alpha$  : richesse spécifique moyenne ;  $\beta$  : diversité  $\beta$  ;  $\beta_w$  : diversité de Whittaker ; % : pourcentage.

*Pennisetum felicianum* est l'espèce recouvrant la plus grande surface en amont soit 34,95 % contre 7,28 % en aval par contre *Nymphaea lotus* présente un taux de recouvrement élevé en aval qui est de 20,48 %. La comparaison des recouvrements moyens de huit macrophytes les plus représentatifs montre que ces taux de recouvrement régressent de l'amont vers l'aval

pour *Commelina benghalensis*, *Cyathula prostata*, *Cyperus difformis* et *P. felicianum* excepté *Momordica charantia* et *Echinochoa pyramidalis* dont les taux de recouvrement évoluent en sens inverse. *N. lotus* et *Acrocaras amplexans* sont absentes en amont par conséquent ne se retrouvent qu'en aval (fig. 1).



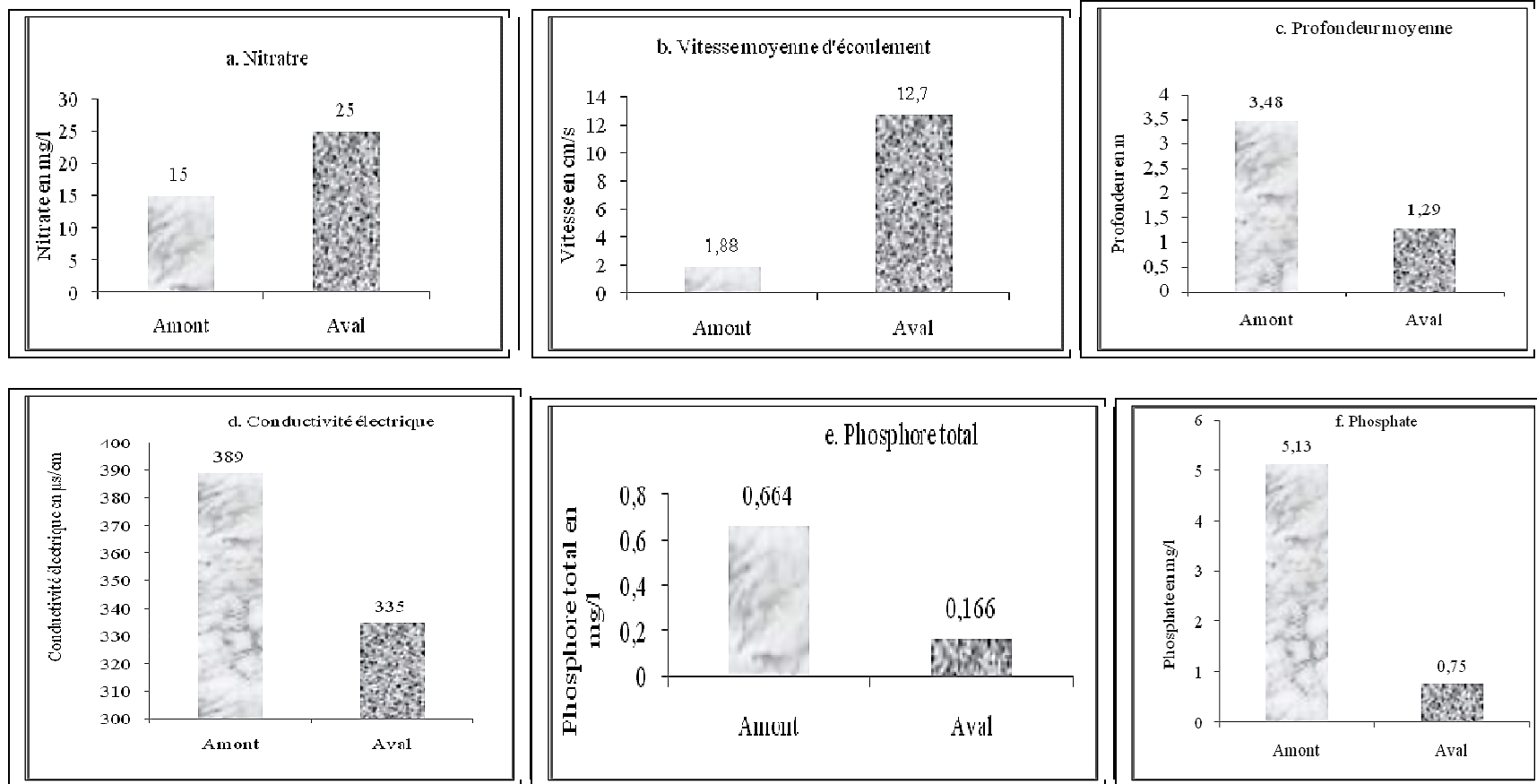
**Figure 1.** Recouvrements moyens de huit macrophytes fréquents et abondants (a : *Cyperus difformis* et *Momordica charantia* ; b : *Commelina beghalensis* et *Pennisetum felicianum* ; c : *Echinochloa pyramidalis* et *Cyathula prostata* ; d : *Nymphaea lotus* et *Acroceras amplexans*) dans les deux stations étudiées. Cd : *Cyperus difformis* ; Mc : *Momordica charantia* ; Cb : *Commelina beghalensis* ; Pf : *Pennisetum felicianum* ; Ep : *Echinochloa pyramidalis* ; Cp : *Cyathula prostata* ; NI : *Nymphaea lotus* ; Aa : *Acroceras amplexans*.

**Paramètres physicochimiques des eaux :** Le pH varie de neutre à basique entre l'amont et l'aval. La valeur moyenne du pH est de  $9,73 \pm 0,23$  en amont et de  $7,3 \pm 0,4$  en aval, avec  $n=6$ . Ces valeurs de pH sont significativement différentes au seuil de 0,05. La température diminue de l'amont ( $28,73 \pm 1,30$  °C) vers l'aval ( $28,20 \pm 1,50$  °C) et ne montre pas de différence significative au seuil de 0,05. Le phosphore total ( $0,664 \pm 0,01 \text{mg l}^{-1}$  en amont et  $0,166 \pm 0,01 \text{mg l}^{-1}$  en aval), les matières en suspension ( $10,01 \pm 0,30 \text{mg l}^{-1}$  en amont et  $10,05 \pm 0,30 \text{mg l}^{-1}$  en aval), les phosphates, la DBO<sub>5</sub> ( $35,00 \pm 1,35 \text{mg l}^{-1}$  en amont et  $22,50 \pm 1,20 \text{mg l}^{-1}$  en aval), la DCO ( $70,00 \pm 0,80 \text{mg l}^{-1}$  en amont et  $35,05 \pm 1,65 \text{mg l}^{-1}$  en aval), les solides totaux dissous ( $243,00 \pm 0,04$  en amont et  $172,00 \pm 0,03$  ppm en aval) et la conductivité électrique ( $389,00 \pm 1,20$  en amont et  $335,00 \pm 1,01$   $\mu\text{s/cm}$  en aval) diminuent de l'amont vers l'aval. Les valeurs moyennes de nitrates et de cadmium en aval sont supérieures aux valeurs obtenues en amont (fig. 2). Les paramètres physico-chimiques analysés sont tous significativement différents pour  $\alpha$  égal à 0,05 excepté les matières en suspension. Ces résultats montrent un gradient amont-aval de minéralisation décroissant et une faible richesse en nutriments. La vitesse d'écoulement et la largeur sont faibles en amont et élevées en aval. La profondeur est élevée en amont et diminue progressivement vers l'aval. La vitesse, la profondeur et la largeur présentent

des différences significatives au seuil de 0,05. Le substrat généralement vaseux de l'amont vers l'aval est marqué quelque fois par un mélange de vase et de sable en aval (fig. 2).

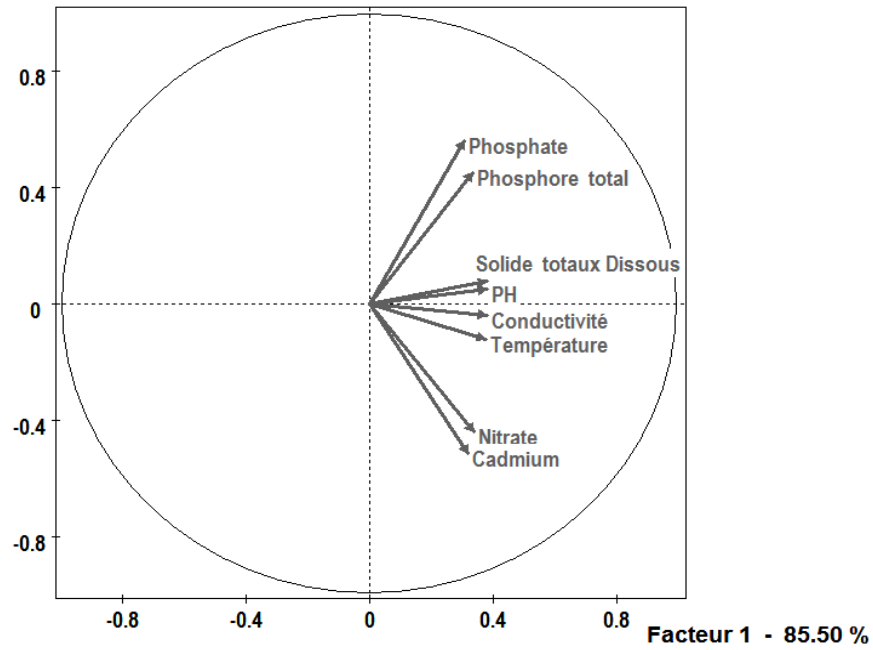
**Interactions macrophytes - paramètres de l'eau :** Les variables sont positivement corrélées deux à deux. Les valeurs des coefficients de corrélation sont proches de 1 à l'exception de la corrélation entre cadmium et phosphate ( $r = 0,33$ ) ainsi que celle phosphore total et cadmium ( $r = 0,46$ ). De même le coefficient de corrélation entre le phosphate et les nitrates est faible, inférieure à 0,5. On constate également qu'il y a une forte corrélation entre la teneur en phosphates et en phosphores dans le milieu de vie des différentes espèces. Les solides totaux dissous, le pH, la conductivité et la température sont fortement corrélés. Une forte corrélation est également observée entre les nitrates et le cadmium. Les solides totaux dissous, le pH, la conductivité et la température sont fortement corrélés tandis que les phosphates et le phosphore total sont faiblement corrélés au cadmium ainsi qu'aux nitrates. Les espèces situées en amont sont soumises à une forte concentration en phosphate et phosphore. Cependant, celles situées en aval sont soumises à une forte concentration en nitrate et cadmium (fig. 3a et b).



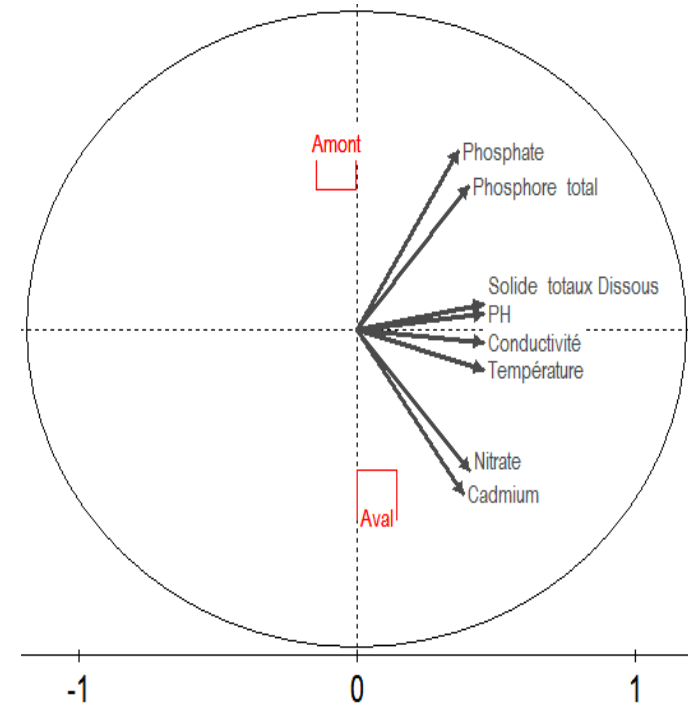


**Figure 2 :** Variation des teneurs en nutriments et des paramètres morphométriques de la rivière Kondi entre l'amont et l'aval. a = nitrate, b = vitesse moyenne d'écoulement, c = profondeurs moyennes d = Conductivité électrique, e = phosphore total, f = phosphate.

Facteur 2 - 14.50 %



a

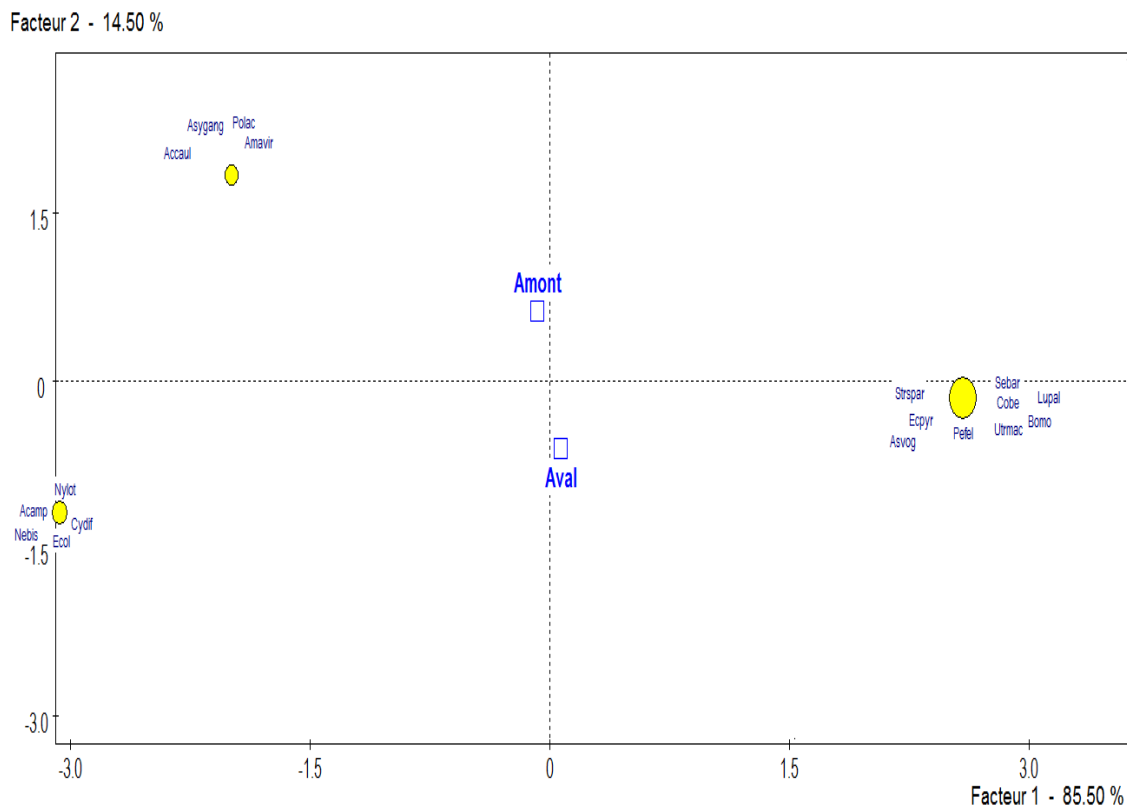


b

Fig. 3a et b : Analyse en composantes principales (ACP) des paramètres physico-chimiques de l'eau entre l'amont et l'aval.

Les espèces étudiées ont été classées en trois groupes en fonction des paramètres physico-chimiques. Le premier groupe situé en aval, est constitué de cinq espèces notamment *Acroceras amplexans*, *Cyperus difformis*, *Echinochloa colona*, *Nephrolepis biserrata* et *Nymphaea lotus* qui sont soumises aux faibles teneurs en phosphore total et en phosphates. Le second groupe en amont est constitué de quatre espèces (*Acmella caulirhiza*, *Asystasia gangetica*, *Amaranthus viridus*, *Polygonum acuminatum*). Les espèces du

groupe trois sont soumises aux valeurs élevées de nitrates et de cadmium. Enfin le troisième groupe avec neuf espèces (*Asystasia vogeliana*, *Borreria monticola*, *Commelina benghalensis*, *Echinochloa pyramidalis*, *Ludwigia palustris*, *Pennisetum felicianum*, *Setaria barbata*, *Struchium sparganophora*, et *Utricularia macrorhiza*) montre des plantes situées dans la zone où les paramètres sont au maximum. Ce groupe renferme les espèces présentes à la fois en amont et en aval (fig. 4).



**Fig. 4.** Répartition des macrophytes en fonction des paramètres physico-chimiques entre l'amont et l'aval.

Ecol : *Echinochloa colona* ; Asvog : *Asystasia vogeliana* ; Bomo : *Borreria monticola* ; Cobe : *C. benghalensis* ; Lupal : *Ludwigia palustris* ; Pefel : *P. felicianum* ; Strsp : *Struchium sparganophora* ; Utr : *Utricularia macrorhiza* ; Nylot : *Nymphaea lotus* ; Cydif : *Cyperus difformis* ; Epyr : *Echinochloa pyramidalis* ; Sebar : *Setaria barbata* ; Polac : *Polygonum acuminatum* ; Acamp : *Acroceras amplexans* ; Asygang : *Asystasia gangetica* ; Amavir : *Amaranthus viridus* ; Nebis : *Nephrolepis biserrata* ; Sphzey : *Sphenoclea zeylanica* ; Accaul : *Acmella caulirhiza* ; Fimbis : *Fimbristylis bisumbellata*.

**Variation des teneurs en eau et en chlorophylles des feuilles de *Commelina benghalensis* L. Fam. et de *Pennisetum felicianum* Assong :** Les teneurs en

eau des deux taxons augmentent de l'amont vers l'aval et montrent des différences significatives pour *P. felicianum* entre l'amont et l'aval (fig. 5).

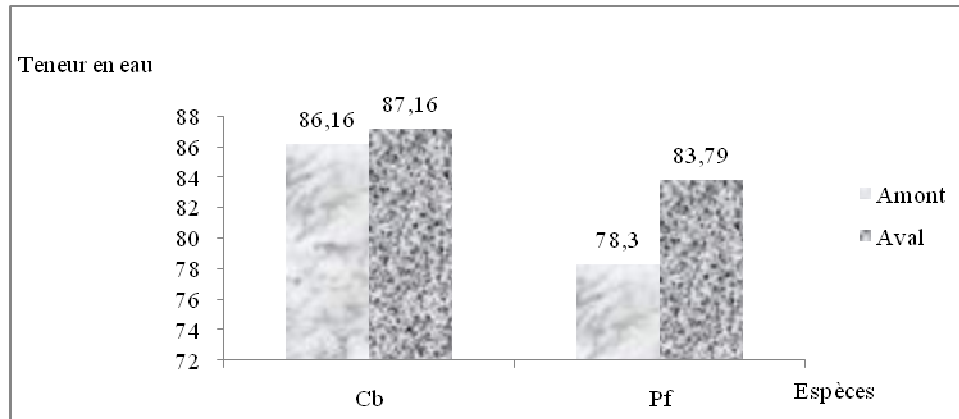


Fig. 5 : Teneur moyenne en eau de *Commelina benghalensis* L. Fam. et *Pennisetum felicianum* Assong..

Par contre, elles ne montrent pas de différences significatives avec *C. benghalensis* au risque de 0,05. Le taux de chlorophylle (a+b) de *C. benghalensis* décroît de l'amont vers l'aval tandis que le taux de

chlorophylle (a+b) de *P. felicianum* augmente de l'amont vers l'aval (fig. 6). Ces teneurs ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

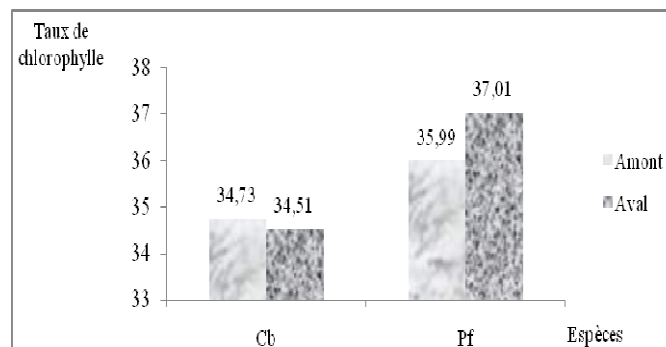


Fig. 6 : Teneurs moyennes en chlorophylles des feuilles de *Commelina benghalensis* et *Pennisetum felicianum*.

## DISCUSSION

La richesse spécifique et la diversité élevées dans le secteur amont-aval de la rivière Kondi peuvent s'expliquer par son caractère pionnier de dégradation comme le montre Connell (1978), en étudiant les forêts tropicales et les récifs coralliens. Il a souligné que la richesse spécifique est maximale pour un niveau de perturbations intermédiaire (Intermediate Disturbance Hypothesis, IDH). De l'amont vers l'aval, les résultats de la flore étudiée sont similaires. La similarité de cette flore est caractérisée par un indice de Sorensen supérieur à 50 % (51 espèces communes) et de Whittaker proche de 0 mais aussi avec une faible diversité  $\beta$ . Plus l'indice de similarité de Sorensen est grand, plus les sites sont similaires (Ngueguim et al., 2010). La régularité supérieure à 0,5 dans les deux stations montre qu'un maximum d'espèces participe au recouvrement de la surface. La faible valeur de la

diversité  $\beta$  traduit un faible taux de renouvellement des espèces entre l'amont et l'aval. Ce renouvellement faible s'explique par la présence d'un nombre élevé d'espèces communes. Ces résultats concordent avec ceux de Weber (1976), lequel a montré que la diversité des hydrophytes augmentait notablement de l'amont vers l'aval.

Les vitesses moyennes sont faibles, elles varient entre 1,88 cm/s à 12,70 cm/s de l'amont vers l'aval. Les profondeurs moyennes par contre sont élevées allant de 1,29 m à 3,48 m). Ces résultats sont en accord avec ceux de Wilcock et al. (1999) qui ont montré que la baisse générale des vitesses dans un chenal fortement colonisé peut s'accompagner d'une hausse des hauteurs d'eau et des températures. Le taux de cadmium situé au-dessus de la normale (0,1 mg.l<sup>-1</sup>) pourrait être dû à un apport d'effluents en provenance

non seulement de l'hôpital général de Douala, mais aussi de la décharge, induisant ainsi une pollution métallique du cours d'eau. Les valeurs élevées de conductivité et cadmium traduisent une minéralisation croissante de la rivière Kondi qui peut évoluer au fil du temps suite à l'augmentation progressive des déversements des effluents.

L'augmentation des teneurs en phosphates en amont résulterait d'une part des déversements des sociétés telles que TRC (Transformation Reef Cameroun), SABC (Société Anonyme des Brasseries du Cameroun), CICAM (Cotonnière Industrielle du Cameroun), CEP (Compagnie Equatoriale des Peintures) basées au niveau de la zone industrielle de Bassa à Log-baba et des eaux de la décharge de la société HYSACAM et de la boulangerie Belavie Ndokoti. Effluents domestiques, de certains hôpitaux, des établissements scolaires et hôteliers, des stations d'essence, des effluents des sociétés environnantes basées au niveau de la zone industrielle de Bassa à Log-baba et des eaux de la décharge de la société HYSACAM d'autre part. Caraco (1993) a montré que l'augmentation des teneurs en phosphates résulte des activités humaines (lessives essentiellement), et a ainsi mis en évidence le rôle du phosphore dans l'eutrophisation des cours d'eau. De l'amont vers l'aval des cours d'eau, les conditions physico-chimiques se modifient avec notamment un enrichissement en minéraux et en nutriments.

Le taux de chlorophylle contenu dans les feuilles d'une plantes traduit son degré de sensibilité aux polluants

## CONCLUSION

Les plantes sont des marqueurs visibles des perturbations environnementales. Elles sont considérées comme l'un des éléments biologiques à analyser afin d'évaluer l'état écologique des cours d'eau. De l'amont vers l'aval, les groupements végétaux se répartissent selon un gradient décroissant de minéralisation et de trophie. Les éléments tels que les nitrates, le cadmium, les phosphates et phosphore total influent plus sur la répartition des macrophytes au niveau de la rivière Kondi. Trois groupes de macrophytes ont été observées en fonction des

(Priso *et al.*, 2010). Les résultats obtenus pour ces deux plantes confirment cette hypothèse. L'analyse des résultats montre que le milieu pollué n'influence pas toujours la concentration en chlorophylles. L'espèce *C. benghalensis* présente un taux de chlorophylles élevé en amont (mésotrophe) et faible en aval (oligo-mésotrophe). L'espèce *P. felicianum* montre cependant un taux de chlorophylle qui augmente de l'amont vers l'aval. L'absence d'*U. macrorhiza* en amont peut être due aux valeurs élevées de phosphore. Klein (2006) a montré que les espèces du genre *Utricularia* poussent dans des eaux généralement pauvres en azote et phosphore assimilables. Sur le Kondi, les séquences tronquées, télescopées, ou inversées sont autant de signes révélateurs d'impacts d'eutrophisation anthropique. Les résultats montrent que la structuration des macrophytes entre l'amont et l'aval sur la rivière Kondi serait due à la présence de certains éléments mais peut également être due aux crues qui laissent les dégâts sur la végétation (Willby, 2000). Barendregt et Bio (2003) pensent que la lumière, la température, les vitesses mais aussi le phosphore, l'azote et le carbone inorganique sont des facteurs qui influencent la croissance macrophytique en petits cours d'eau. Par ailleurs Chatenet *et al.* (2000) ont également montré, en comparant les cours d'eau du Limousin et l'Elorn (Finistère), que les phytocénoses réagissent fortement aux pollutions ponctuelles, plutôt au niveau de sous-associations et de faciès qu'en terme de changement d'associations.

caractéristiques de la rivière. Seulement, la répartition des espèces en fonction des paramètres physico-chimiques de l'eau montre que l'absence ou la présence d'une espèce entre l'amont et l'aval est inhérente à la composition du milieu en éléments nutritifs. Les phosphates et le phosphore total sont les éléments majeurs qui déterminent la croissance et la répartition des macrophytes en amont. Par contre, cette répartition est influencée par la présence du cadmium et des nitrates en aval.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anoliefo GO, Ikhajagbe B, Okonokhua B, Edegbai B, Obasuyi DC. 2008. Metal tolerant species distribution and richness in and around the metal based industries: Possible candidates for phytoremediation. *AJEST* 2 (11): 360-370.

A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis. Willim howitz 13<sup>th</sup> ed. Washington D.C., 978 p.

Barendregt A, & Bio AMF. 2003. Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling*, 160(3): 205-217.

- Bemmo N, Njine T, Nola NM, Ngamga D. 1998. Techniques utilisées au niveau des quartiers péri-urbains pour l'évacuation des eaux usées et excréta humains : proposition de systèmes appropriés, Yaoundé, Cameroun. 121 p.
- Bonnin A. 2003. Les macrophytes bioindicateurs de la qualité de l'eau dans l'Aurence, rivière fortement anthropisée de l'agglomération de Limoges (Haute-Vienne). Thèse de pharmacie, Université de Limoges. 114 p.
- Buchez A, Dorigo U, Rimet F. 2010. Surveillance des impacts environnementaux d'effluents aqueux de sites industriels par les Diatomées dulçaquicoles. Etude Record n°07-1016/1A. 175 p.
- Chatenet P. 2000. Zonation longitudinale et influence des pollutions ponctuelles sur les phytocénoses des cours d'eau acides à neutres de Limousin et de Bretagne. In : Gehu J-M (ed.). Les données de la phytosociologie sigmatiste. Structure, gestion et utilisation, 2ème cong. Féd. Internat. Phytosociol., Bailleul 1997, Colloq. Phytosociol., 17: 1097-1110.
- Chatenet P. 2002. Impact de pollutions ponctuelles sur les phytocénoses des rivières acides à neutres du Limousin (Massif Central, France). *Revue des Sciences de l'eau, Rev. Sci. Eau*, 15(1): 397-410.
- Connell JH. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1310.
- Dajoz R. 1985. Précis d'Ecologie, 5 e ed. Dunod, Paris.
- Klein JP. 2006. Les écosystèmes aquatiques de Lorraine et leur végétation associée. LASER. Bulletin de l'Association des Botanistes Lorrains. 36 p.
- Ludwig JA. and Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology, a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York.
- Market BA, Breure AM, Zechmeister HG, 2003. Definitions, strategies, and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. In: Market BA, Breure AM, Zechmeister HG (eds), *Bioindicators/biomonitoring (Principes, assessment, concepts)*. Elsevier: 3-38. Amsterdam
- Masens DYB. 1997. Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandudu, Rép. Dém. Du Congo). Thèse Université libre de Bruxelles, 398 P.
- Ngueguim JR, Zapfack L, Youmbi E, Riera B, Onana J, Foahom B, Makombu JG. 2010. diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edéa (Cameroun). *Biotechnology Agronomy Sociology Environment* 14(1) : 167-176.
- Priso RJ, Taffou V, Kenne M, Amougou A, De Sloover JR. 2000. A propos de l'utilisation des Commelinaceae comme indicateurs de la qualité des milieux aquatiques. *Sci. Technol. Dév.* 7(1) : 4-11.
- Priso RJ, Dibong SD, Tchinda-Metagne C, Taffou V, Din N, Amougou A. 2010. Impacts des eaux polluées sur la croissance, les teneurs en chlorophylles et substances organiques dans les feuilles de deux Poaceae. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4, (4): 1122-1129.
- Ramade F. 1987. Proposal of ecotoxicological criteria for the assessment of the impact of pollution on environmental quality. *Toxicological and Environmental chemistry* 13: 189-203.
- Ramade F, Cosson R, Echaubard M, Le Bras S, Moretau JC, Thyraux DE. 1984. Détection de la pollution des eaux en milieu agricole. *Bull. Ecol.* 15(1): 21-37.
- Ricklef RE and Miller GL. 2000. *Ecology*, 4e Ed, Freeman, 165 p.
- Rodier J. 1996. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. 8<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris. 1383 p.
- Sauberer N, Zulka KP, Abensperg-Traun M, Berg HM, Bieringer G, Milasowsky N, Moser D, Plutzar C, Pollheimer M, Storch C, Trostl R, Zechmeister H, Grabherr G. 2004. Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of Eastern Austria. *Biological Conservation* 117: 181-190
- Scott GM and Hutchinson TC. 1989. Experiments and observations on epiphytic lichens as early warning sentinels of forest decline. In: *Biology markers of air- pollution stress and damage in forest*. CLS, National Academy Press: 205-211.
- Taffou, VD 2008. Physiological and agronomic characteristics of three tropical Curcubita species. *Journal of Applied Biosciences*, 10, 434-44
- Weber HE. 1976. Die Vegetation der Hase von der Quelle bis Quakenbrück. *Osnabrücker Naturv. Mitt.*, 4, 131-190.

- Wilcock RJ. 1999. The influence of aquatic macrophytes on the hydraulic and physico-chemical properties of a New Zealand lowland stream. *Hydrobiologia*, 416, 203-214.
- Willby G. 2000. Attribute-based classification of European hydrophytes and its relationship to habitat utilization. *Fresh water Biology*, 43, 43-74.
- Wilsey BJ, Chalcraft DR, Bowles CM, Willig MR. 2005. Relations among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. *Ecology*, 86(5): 1178-1184.