

UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DES SCIENCES



B.P. 2012
KISANGANI

Département d'Hydrobiologie



CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DIATOMEES BENTHIQUES ET
PERIPHYTIQUES DES QUELQUES ETANGS DE NGENE-NGENE AUX
ENVIRONS DE KISANGANI (R.D.Congo)



Par

Julienne MUKINZI MANYUMBA

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention de grade de Licencié
en Science

Option : Biologie

Orientation : Hydrobiologie

Directeurs Pr. Hyppolyte NSHIMBA et Dr.
Christine COCQUYT

Encadreur : Ass. Faustin BONYOMA BASSOY

ANNEE ACADEMIQUE 2012 – 2013

A Dieu Tout Puissant, Toi qui planifies et gouvernes tout ;

*A vous mes parents, votre affection et bénédiction ne m'ont
jamais fait défaut ;*

*A vous mes frères et sœurs, vos soutiens ont été importants
pour le bon déroulement de mes études.*

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qui marque la fin de notre deuxième cycle à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani au Département d'Hydrobiologie, nous tenons à exprimer nos sentiments de reconnaissance à tous ceux qui nous sont venus en aide tant moralement, matériellement que financièrement.

Nous saisissons tout d'abord de cette opportunité pour remercier les professeurs Hyppolyte NSHIMBA SEA WA MALALE, Christine COCQUYT et Assistant Faustin BONYOMA qui nous ont fort édifiés en, d'avoir accepté d'assurer respectivement la direction et l'encadrement de ce travail, malgré leurs multiples occupations.

Nos sentiments de reconnaissance s'adressent aussi à tous les professeurs, chefs des travaux, assistants, personnel administratif et ouvriers de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani.

Nous pensons à nos parents Léonard MUKINZI et FAIDA pour les sacrifices consentis.

Nous remercions de tout Cœur nos grands frères Delphin, Jean Claude et Jacques pour leurs conseils et assistance financière permanents tout au long de notre formation Universitaire.

Que tous les membres de notre Famille MUKINZI et aux Familles KALUME; NSHIMBA, MUTINGAMO, AGBEMA, KIYUNGA et ASSANI trouvent ici l'expression de notre gratitude.

Nos remerciements s'adressent à tous nos camarades de lutte, Fabien MPUMBU, Doli MUHEMEDI, Hyacinthe SOLOMO, Steve NGOYI, Steve kaka Béryl, Solange MOSUNGA, Dr Serge UNYUNDA, Héritier et Serge MWAGALWA, Rolly WEMBASEKE, Toms KAVALI, Jean- bosco KATASI et DEREVA .

Nous pensons aux amis, frères et collaborateurs de tous les Départements pour leurs encouragements sans relâche, comme le couple LWANZO Franck et PYAME, Jérémie KONGO BETI, Shabin, Yanick, à toutes les filles du home Hono et à la grande Famille ZALIA.

SUMMARY

Samples monthly from February to may from 3 pond Ngene-Ngene station which the objectives were to determine the diversity of diatom ponds Ngene-Ngene, determine the physico-chemical parameters that influence the distribution and composition of diatoms, devalue the influence of hydrophytes (*Nymphaea* and *Azolla*) on species diversity of diatoms.

The sample containing benthic diatoms was done in the middle of our hands by sliding the jar 100 ml on the bottom to take the benthos and using shears or a pair of scissors to periphytic diatoms in each pond.

In total, 648 specimens of benthic diatoms and periphytic were observed during our research. For benthic diatoms, we observed 502 specimens belonging to 10 families, 14 genera and 14 species, but for the periphytic diatoms, we observed 146 specimens belonging to 8 families, 9 genera and 9 species. Comparing the diversity of this two groups studied, we found that the benthic slaughter a diversity high with 502 specimens or 77,47% that the periphytic with 146 22.53%. We chose 3etang depending on their sizes and their productivity in fish pond I (E1) of small size was named little productive pond II (IIE) of significant magnitude was named the most productive and pond III (EIII) was named moderately productive.

RESUME

Les échantillons examinés mensuellement de février à mai proviennent de 3 étang de la station de Ngene-Ngene dont les objectifs étaient de déterminer la diversité des diatomées dans les étangs de Ngene-Ngene et déterminer les paramètres physico chimique qui influenceraient la distribution et la composition des diatomées ainsi que d'évaluer l'influence des hydrophytes (*Nymphaea* et *Azolla*) sur la diversité spécifique des diatomées.

Le prélèvement de l'échantillon contenant les diatomées benthiques a été fait au moyen des nos mains en glissant le bocal de 100 ml sur le fond pour prendre les benthos et à l'aide d'un sécateur ou une paire de ciseau pour les diatomées périphytiques dans chaque étang.

Au total, 648 spécimens des diatomées benthiques et périphytiques ont été observés pendant notre recherche. Pour les diatomées benthiques, nous avons observés 502 spécimens appartenant à 10 Familles, 14 genres et 14 espèces, mais pour les diatomées périphytiques, nous avons observés 146 spécimens appartenant à 8 Familles, 9 genres et 9 espèces. En comparant la diversité de ce deux groupes étudiés, nous avons constaté que les benthiques égorgent une diversité élevée soit 77,47% que le périphytiques soit 22,53%. Nous avons choisi 3 étangs en fonction de leurs grandeurs et leurs productivité en poisson : étang I (E1) de petite grandeur a été nommé peu productif, étang II (EII) de grandeur importante a été nommé le plus productif et étang III (EIII) de grandeur moyenne a été nommé moyennement productif.

0. INTRODUCTION

0.1. Problématique

La conservation de la Biodiversité et le problème de sa gestion durable constituent actuellement l'une des préoccupations majeures des organisations tant nationales qu'internationales qui militent pour la sauvegarde de l'environnement (Wembo, 2007).

Le milieu aquatique occupe une superficie d'environ 70% du globe terrestre. La connaissance du fonctionnement écologique de ce milieu et des organismes qui y peuplent revêt d'une importance cruciale dans toutes les stratégies de gestion durable des ressources halieutiques. Dans le milieu aquatique, les algues occupent une position trophique importante et en constituent de ce fait, un élément déterminant pour le fonctionnement de cet écosystème (Darfour & Durand, 1982). Elles séquestrent des quantités importantes de carbone organique par rapport aux végétaux (Auger, 1969). En plus, elles constituent une source alimentaire pour les animaux aquatiques et elles sont utilisées comme des bio-indicatrices pour apprécier la qualité de l'environnement (Carlson, 1977).

Cependant, les études réalisées sur la connaissance de la flore algale, sont peu nombreuses dans la région de Kisangani pendant que celles particulièrement orientées sur les diatomées benthiques et périphytiques de la région, sont inexistantes. Pourtant, ce groupe est l'un des groupes les plus importants et les plus diversifiés de la flore algale.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui porte sur les Diatomées benthiques et périphytiques de quelques étangs piscicoles aux environs de Kisangani, principalement ceux du site Ngene-Ngene. En regard à la préoccupation sus-développée, il nous semble utile de répondre aux préoccupations suivantes :

1. Quelle est la diversité de diatomées des étangs piscicoles de Ngene-Ngene ?
2. Est-ce que les paramètres physico-chimiques influent-ils sur la distribution et la composition des diatomées ?
3. La présence des *Nymphaeas* et *Azolla* a-t-elle un impact sur la distribution et la composition des diatomées dans ces étangs ?

0.2. Hypothèses de la recherche

Afin de répondre à ces questions, nous formulons les hypothèses selon lesquelles :

1. Les étangs de Ngene-Ngene auraient une diversité élevée en diatomées ;
2. Les paramètres physico-chimiques notamment, le pH, la conductivité, l'oxygène dissout et la température influenceraient la distribution et la composition des diatomées ;
3. L'abondance de *Nymphaea* et d'*Azolla* influencerait une forte diversité des diatomées périphtiques.

0.3. Objectifs de la recherche

0.3.1. Objectif global

L'objectif global de ce travail est de contribuer à l'étude des diatomées benthiques et périphtiques dans les étangs Ngene-Ngene aux environs de Kisangani

0.3.1. Objectif global

Les objectifs spécifiques de notre travail sont les suivants :

1. Déterminer la diversité des diatomées dans les étangs Ngene-Ngene
2. Déterminer les paramètres physico-chimiques dans ces étangs :
3. Déterminer l'influence des hydrophytes (*Nymphaea* et *Azolla*) sur la diversité des diatomées.

0.4. Intérêt de la recherche

L'intérêt de notre travail est de contribuer à la connaissance des diatomées benthiques et périphtiques de Ngene-Ngene.

0.5. Travaux antérieurs

Quelques études sur les groupes étudiés ont déjà été effectuées en R.D.Congo et ailleurs, parmi lesquels nous citons:

- Wembo (2007), sur les caractéristiques écologiques et biologiques de quelques hydrophytes de Kisangani.
- Uma (1980) : sur la phytosociologie de la végétation des étangs de Kisangani et ses environs.
- Dhed'a (1980) : sur l'inventaire algologique des étangs Botumbe et de la rivière Kabondo.
- Golama (1979) : sur l'étude comparative de la flore Algale de la rivière lindi et l'étang de simj-simi en relation avec quelques facteurs du milieu.
- Oleko (1978) : sur la croissance des algues *Oscillatoriasp* et *Spirogyrasp* sous l'influence de quelques facteurs physico chimiques,
- Quatara et *al.*, (2001) : sur la distribution spatio-temporelle du phytoplancton Côte d'Ivoire.
- Morin (2006) : sur la Bio indication des effets des pollutions métalliques sur les communautés des diatomées benthiques.
- Bourely (1668) : sur les Algues d'eau douce. Algues jaunes et brunes.

0.6 Subdivision du travail

Hormis l'introduction et la conclusion, ce travail s'articule autour de 4 chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités :
- Le deuxième chapitre présente le matériel et méthodes ;
- Le troisième chapitre concerne les résultats de l'étude et
- Le dernier chapitre porte sur la discussion de nos résultats de recherche.

Une conclusion et quelques suggestions clôturent ce travail.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1. Généralités sur les Algues

Les algues sont des organismes vivants microscopiques dont le cycle de vie se déroule généralement en milieu aquatique. Elles constituent une part très importante de la biodiversité et la base principale des réseaux trophiques des eaux douces, saumâtres et marines car diverses espèces sont utilisées pour leur alimentation (Cocquyt, 1998).

Les algues sont des organismes chlorophylliens se développant dans l'eau ou dans les milieux très humides. Bien que surtout abondantes dans les eaux des mers, des lacs, des mares, des eaux courantes et thermales, on les trouve également sur les rochers humides et sur la terre. Exceptionnellement, elles peuvent être endophytes des tissus animaux ou végétaux. L'air, la lumière et des sels dissous, sont, en plus de l'eau, nécessaires à leur développement (Morin, 2006).

Groupées avec les champignons dans la division des thallophytes, les algues constituent en réalité un vaste ensemble hétérogène d'embranchement très distinct les uns des autres et n'ayant entre eux que peu de caractères communs (Feldman 1963).

La distinction entre ces différents embranchements d'algues est faite d'après des caractères d'ordre cytologique et biochimique ainsi que des différences de structures et de mode de reproduction. En dehors de nombreuses formes unicellulaires, on trouve des algues pluricellulaires formant des thalles.

Les algues constituent un groupe évolutif unique mais désignent toute une série d'organismes pouvant appartenir à des groupes phylogénétiques très différents. L'étude des algues s'appellent phycologie (le terme d'algologie est parfois utilisé, mais il désigne également la branche de la médecine qui traite de la douleur) (Bourelly 1970).

Les algues benthiques vivent en surfaces des objets immergés (grains de sable, galets, plantes aquatiques). Elles colonisent principalement les rivières, les littoraux des lacs et les fonds des étangs. Leurs peuplements sont directement liés aux modifications locales de la qualité d'eau et de la variété des micro-milieus à leur disposition (Spineux 2007).

Ces indices diatomiques évaluent la perturbation anthropique d'après les abondances relatives des espèces recensées, pondérées par leurs caractéristiques spécifiques

de sensibilité à différents indicateurs d'eutrophisation. Pour d'autres impacts anthropiques cependant, notamment les pollutions toxiques, les indicateurs actuels sont peu performants et les études s'y intéressant en particulier, sont relativement rares. Or, la contamination croissante des écosystèmes aquatiques par des substances toxiques suscite un intérêt grandissant de la part des politiques et des gestionnaires, et les pays européens placent désormais cette problématique au centre de leurs préoccupations, au travers la mise en place de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (Parlement Européen 2000). Il s'agit dès lors de quantifier ces pollutions mais également de caractériser leurs impacts sur les organismes aquatiques.

1.2. Origine des diatomées

D'après Kooistra et Medlin (1996), les diatomées sont apparues au cours de l'ère secondaire. Les plus anciens fossiles connus datent du début du jurassique bien que de récents faits génétiques et sédimentaires suggèrent une origine plus ancienne.

Medlin et *al.* (1997), suggèrent que leur origine pourrait se rapporter à la fin du permien (période d'extinction massive) après lequel des nombreuses niches écologiques furent ouvertes. Les principaux dépôts fossiles de diatomées remontent au début du crétacé, un type de roche (appelé kieselguhr) est composé presque entièrement de ceux-ci.

1.3. Utilité des diatomées

De ce fait ces algues, particulièrement les diatomées sont largement utilisées pour :

- Juger du degré de naturalité des milieux aquatiques ;
- Mesurer la biodiversité des milieux aquatiques ;
- Juger de la valeur patrimoniale de certains sites (Bilan des Espèces rares et en voie de disparition, bilan historique).
- obtenir une valeur intégrée de l'état chimique de l'eau (acidité, salinité, niveau des pollutions classiques, présence de métaux lourds) par application d'indices des qualités d'eaux.
- Obtenir une valeur intégrée de l'état biologique du milieu aquatique en termes de niveau nutritif (niveau trophique) de bilan des activités de décomposition (niveau saprobique ou saprobiontique).

- Mesurer en lac ou en rivière l'impact d'industries, des stations d'épuration, d'affluents pollués ;
- Mesurer dans les lacs l'importance des courants des affluents sur la qualité locale d'eau ;
- Mesurer en rivière, la capacité d'autoépuration des secteurs de cours d'eaux ou l'effet de dilution par des affluents et des eaux phréatiques ;
- Juger de l'adaptation des mesures de restitution de l'eau.

1.4. Généralités sur les diatomées.

Les diatomées ou Diatomophycées (Bacillariophycées) sont des algues unicellulaires ou coloniales, quelques fois filamenteuses, à plastes bruns ou jaunes contenant de la chlorophylle, carotène et plusieurs xanthophylles. Elles sont caractérisées par leurs parois cellulaires imprégnées de silice formant une logette bivalve appelée frustule. Celui-ci a l'aspect d'une boîte surmonté d'un couvercle, les deux valves sont ornementées de stries, pores, aiguillons, épines qui ont un grand rôle dans la systématique de ces organismes (Morin, 2006).

1.5. Biologie des diatomées (Bacillariophycées).

Les diatomées sont membres de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes). Ces micro-algues unicellulaires dont la taille varie de quelques μm à plus de $500\mu\text{m}$ pour les plus grandes, constituent la majeure partie du phytoplancton lacustre et marin. Les diatomées sont omniprésentes : depuis le début du Jurassique (Kooistra et Medlin 1996), elles colonisent divers types de substrats dans des conditions des milieux très différents, des eaux pures aux plus polluées.

1.6. Morphologie et structure cellulaire

Les diatomées sont des cellules eucaryotes enchâssées dans une paroi de silice hydratée (le frustule) qui se compose de deux unités imbriquées : l'épivalve et l'hypovalve. Ces deux valves sont reliées par des ceintures connectives constituées de fines bandes siliceuses appelées copula. La cohérence de cet ensemble est renforcée par une matrice organique, Extracellulaire constituée de polymères excrétés par la cellule au travers de perforations présentes sur toute la surface du frustule (Duke et Reimann 1977).

Selon les individus, les valves présentent des formes diversifiées et des ornements (stries, pores, ponctuations...) caractéristiques. Ces critères morphologiques sont utilisés pour leur identification jusqu'au niveau de l'espèce lors de l'examen microscopique (Güttinger, 2003).

On trouve dans le protoplasme des diatomées, les structures propres aux cellules eucaryotes : un noyau relativement homogène et un système membranaire avec plasmalemme, réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, mitochondries, dictyosomes, vacuoles, chloroplastes d'une couleur brun-jaune, etc. Selon Jorgensen (1977), les pigments photosynthétiques sont des chlorophylles et des caroténoïdes (β -carotène, fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine). Une partie de ces organismes est indépendante de l'énergie lumineuse ; ce qui lui permet de coloniser jusqu'aux milieux les plus inhospitaliers (Hellebust et Lewin 1977).

1.7. Stratégies de reproduction.

Le cycle de développement des diatomées est relativement court, de l'ordre de quelques heures à quelques jours (Baars 1983). La reproduction se fait essentiellement par voie végétative, étranglement par reproduction sexuée.

Lors de la reproduction asexuée, chaque cellule-fille reçoit par mitose la moitié de la paroi de la cellule-mère et fabrique elle-même la section manquante (hypovalve). Ce processus de régénération implique une réduction de la taille des cellules-filles aboutissant à des dimensions minimales, et la reproduction sexuée permet (en plus de la recombinaison génétique) de recouvrer des individus de taille normale (John 2000). Les diatomées sont des organismes diploïdes, l'auxosporulation (production de cellules-œuf) nécessite la formation de gamètes mâles flagellés et de gamètes femelles par méiose et produit une nouvelle cellule, appelée cellule initiale, dont la morphologie est un peu différente de celle des cellules végétatives.

1.8. Habitats et modes de vie.

Les diatomées ont une grande amplitude écologique, on les trouve dans tous les types de milieux : aérien, terrestre et aquatique, dans des conditions des plus favorables aux plus rigoureuses. Les habitats aquatiques colonisés peuvent être des lacs, des mares, des rivières, mais aussi des estuaires et le milieu marin. Les espèces dites phytoplanctoniques se trouvent dans la colonne d'eau (en particulier les Centriques et les Araphidées). Les espèces benthiques croissent sur différents types de substrats, ce qui constitue un critère de distinction (Patrick 1977) : les diatomées formant l'épilithon se fixent sur la pierre, celles de l'épiphyton sur les plantes, celles de l'épipélon sur le sédiment...

Les diatomées étant rarement mobiles, la structure des communautés est principalement conditionnée par le "stock" d'espèces déjà en place. Elle dépend également de facteurs externes (disponibilité en nutriments, pression de prédation, parasitisme, pollution) et d'interactions entre espèces (compétition, excrétion de composés organiques autotoxiques, hétérotoxiques ou stimulants) (Townsend, 1989).

1.9. Systématique.

Il existe plus de 7000 espèces de diatomées dans les eaux douces ou saumâtres ; plus de 400 taxons sont décrits chaque année, ce qui restreint la classification à une évolution permanente.

Les classifications des diatomées sont abondantes et révisées fréquemment. La *Sübwasserflora* (Krammer et Lange-Bertalot 1986-1991), repose sur la subdivision en deux groupes, qui sont identifiés d'après leur mode de reproduction sexuée et les caractéristiques du frustule (Round *et al.* 1990) observé en vue valvaire (de face) et connective (de profil) : forme, taille, symétrie, agencement et densité des ornements des valves, nature du raphé et des ceintures connectives. On distingue deux ordres :

- *Les diatomées centriques*, majoritairement pélagiques, sont définies par des critères de symétrie axiale des valves, et d'arrangement des ornements (nombre de pores, organisation radiale ou concentrique).
- *Les diatomées pennées*, prédominantes dans le microphytobenthos, se distinguent des centriques par une forme allongée des valves (linéaires, lancéolées ou ovales) et une symétrie des ornements du frustule généralement bilatérale. Certaines présentent une interruption des stries dans l'axe longitudinal de la valve (pseudo-raphé) ou une fente longitudinale

(raphé). C'est la présence ou non de cette caractéristique qui distingue les Araphidées (diatomées sans raphé) des Raphidés.

Les caractéristiques du raphé permettent ensuite de distinguer les sous-classes des *Proraphidées* (au raphé très court, restreint aux pôles des valves), des *Monoraphidées* (où le raphé n'est présent que sur une seule des valves) et des *Biraphidées* (Possédant un raphé sur les deux valves).

Au sein des Biraphidées, le raphé est soit placé longitudinalement au centre (par exemple chez *Navicula*), soit décalé latéralement (chez Le genre *Cymbella*), soit excentré (chez *Nitzschia*), soit confiné aux marges de la valve entière (chez *Surirella*).

La figure 1 nous montre la clé de détermination des genres des diatomées.

La figure 1 : La clé de détermination des genres des diatomées.

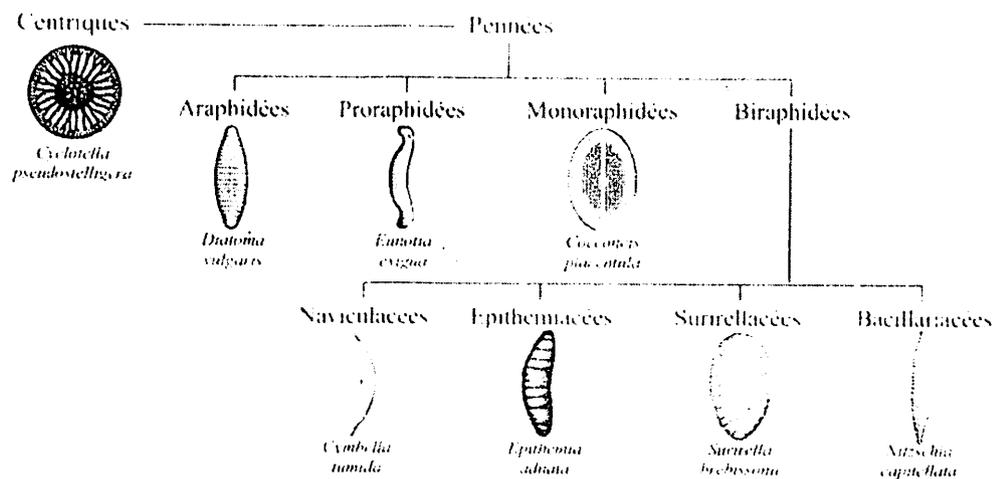


Figure 1 Clé simplifiée de détermination des genres des diatomées d'eau douce (d'après Krammer et Lange-Bertelot 1986 - 1991), illustrations de Michel Coste (Coste 1999).

Les caractéristiques morphologiques du frustule, variables selon les espèces mais constantes au sein d'une même espèce, peuvent être observées au microscope photonique après élimination par traitement chimique des contenus cellulaires. Ces modalités de préparation des échantillons rendent possible l'observation minutieuse des parois siliceuses, mais ne permettent pas de ce fait la prise en compte des caractéristiques des formes

vivantes des cellules (physiologiques, biochimiques, moléculaires et de reproduction) pour établir le statut taxonomique d'une espèce donnée (Bertrand 1995). Néanmoins, la description de la structure des cellules vivantes (notamment le nombre et la forme des chloroplastes) et son utilisation pour l'identification des espèces ont été récemment l'objet d'un intérêt croissant. En effet, les plastes sont de petite taille, nombreux, et en forme de disques aplatis localisés à la périphérie de la cellule chez les Centriques. Chez les Pennées, on distingue généralement un ou deux plastes de grande taille, et leur disposition variable dans la cellule permet une identification jusqu'au niveau du genre, voire de l'espèce. Cox (1996) a décrit en détail les chloroplastes de nombreux groupes de diatomées et a proposé une clé pratique pour l'identification des diatomées vivantes, combinant ainsi les traits morphologiques, les caractéristiques des contenus cellulaires et les formes coloniales observées.

CHAPITRE DEUX : MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

La figure.2 montre la localisation du site de notre recherche.

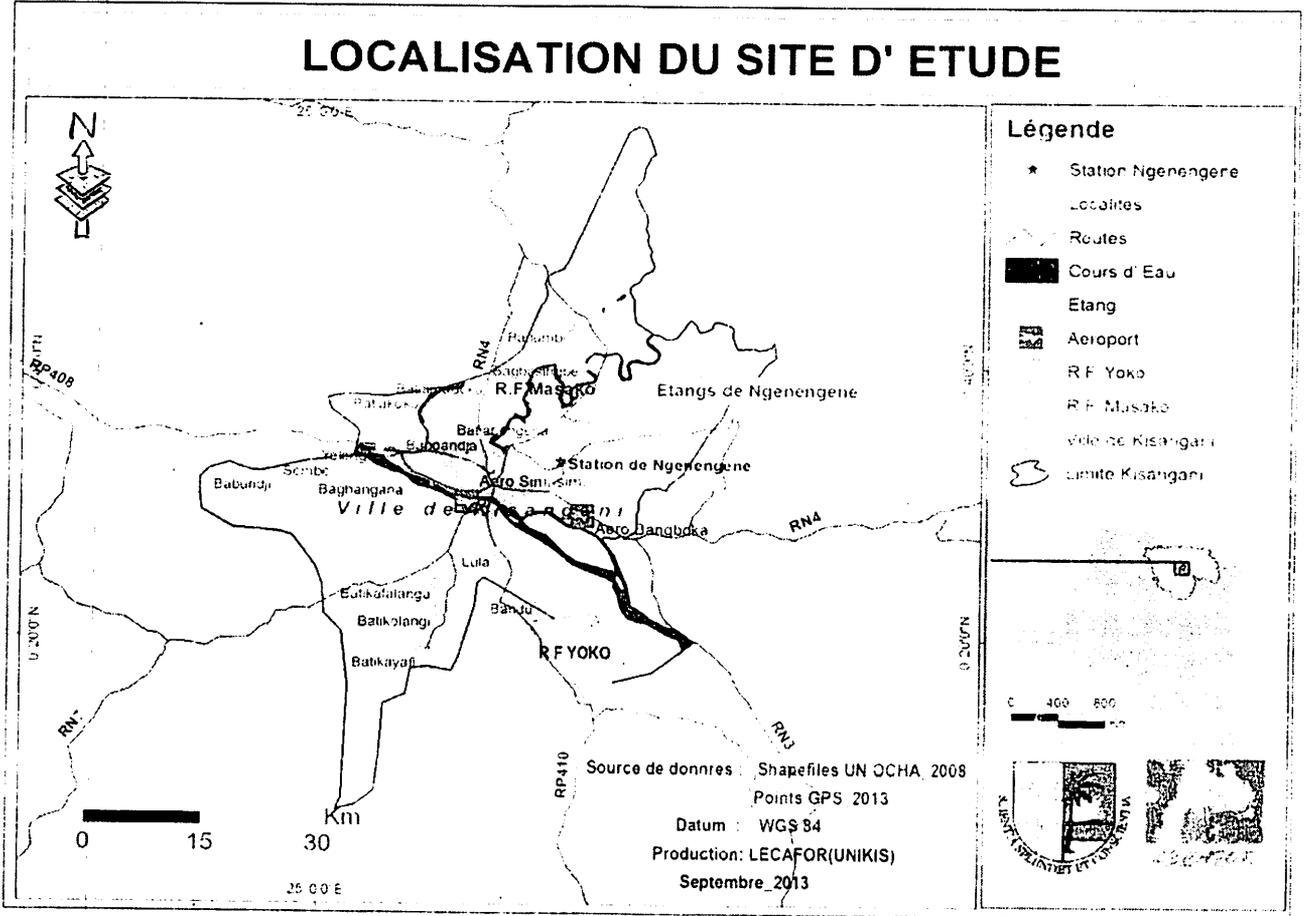


Figure 2 : La localisation du site de recherche (LECAFOR/ UNIKIS : 2013S).



2.1.1. Description des sites de prélèvement

Le présent travail a été réalisé dans trois étangs piscicoles de Ngene-Ngene. Cette station est située à 22 km de la ville de Kisangani sur l'ancienne route Buta dans la province Orientale et elle a pour coordonnées géographiques : $0^{\circ} 33'$ latitude Nord ; $25^{\circ} 16'$ longitude Est et son altitude oscille autour de 500 m (Kimbembi, 1998 cité par Alobe, 2006).

Trois étangs ont été choisis sur ce site et c'est en fonction de leur degré de production en poissons. Ces étangs ont été choisis en fonction de leur productivité en poisson suivant la répartition ci-après : un étang moins productif (faible grandeur), un deuxième plus productif (grandeur importante) et un troisième moyennement productif (grandeur moyenne) les coordonnées géographiques respectives de ces trois étangs sont : $00^{\circ} 35,5' 15''$ latitude Nord et $025^{\circ} 17,5' 70''$ longitude Est et 418 m d'altitude ; $00^{\circ} 35,4' 18''$ latitude Nord et $025^{\circ} 17,8' 84''$ longitude Est et 399 m d'altitude ; $00^{\circ} 35,4' 25''$ latitude Nord et $025^{\circ} 17,6' 68''$ longitude Est et 398 m d'altitude. La végétation aquatique est dominée respectivement par les espèces : *Nymphaeae lotus* ; et *Azolla pinatta*.

La subdivision et la nomination des sites dans chaque étang avant la récolte est : point 1, 2, 3, 4, et 5. Comme nous montre dans la figure 3.

La figure 3 montre les sites de prélèvement.



Figure 3: les différents sites de prélèvement

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel biologique

Les données de ce travail ont été récoltées de Février à Mai 2013. 648 spécimens des diatomées ont constitué le matériel biologique de ce travail.

2.2.2. Matériel non biologique

Plusieurs matériels non biologiques ont été utilisés et parmi lesquels :

- microscope
- lames et lamelles

2.3. Méthodes

2.3.1. Méthode de collecte sur terrain.

a) La prise des paramètres physico-chimiques

Le prélèvement des échantillons contenant les diatomées benthiques et periphytiques a été fait manuellement. Le prélèvement des benthiques était fait en raclant le fond avec le bocal de 100 ml. Pour les diatomées periphytiques, tiges, feuilles de *Nymphaea lotus* et d'*Azolla pinatta*, les échantillons ont été mis dans un sachet en plastique zip. Les échantillons ainsi collectés étaient régulièrement mis dans un sachet, puis agités manuellement afin de détacher les diatomées de ces plantes. La solution ainsi obtenue était versée dans un bocal de 100 ml. La fixation des échantillons a été faite à l'alcool 70 % sur le terrain immédiatement après l'échantillonnage. Sur chaque bocal était accolée une étiquette portant les indications relatives au numéro de l'étang, au numéro de l'échantillon, à la date de prélèvement et à l'heure de prélèvement des paramètres physico-chimiques pour chaque point d'échantillonnage. Les mesures de l'oxygène dissous (O₂) exprimé en mg/l et de la température de l'eau exprimée en °C, ont été prélevées au moyen d'un oxymètre WTW. Celles de la conductivité exprimée en µs/cm et du pH, ont été prises *in situ* entre 7 heures et 12 heures, respectivement au moyen d'un conductimètre WTW et d'un PH-mètre WTW

2.3.2. Méthodes d'analyse des données au laboratoire.

Le traitement et l'indentification de chaque échantillon et la préparation de lames permanentes pour l'étude des diatomées étaient faits en Belgique, au laboratoire d'algologie, au Jardin botanique National de Belgique.

2.3.3. Préparation des échantillons pour l'identification

Les lames des échantillons préparés ont été observées aux microscopes de la marque OLYMPUS, en utilisant les grossissements 10.40 et 100 en les dessinant régulièrement à l'aide d'un crayon pour l'identification.

Au laboratoire, les échantillons récoltés et conservés dans l'alcool concentré à 70% étaient d'abord séparés les uns des autres, puis fixés sur les lames avec les lamelles et observés au microscope. Les étapes observées dans le processus de préparation des échantillons sont reprises dans les sous-points qui suivent :

a) Oxydation

Cette opération consistait à :

- Bouillir pendant deux heures avec le peroxyde sur une plaque chauffante à 100°C
- Rincer cinq fois à l'eau distillée en utilisant une centrifugeuse (10 minutes à 3500 tours par minutes).

b) Préparation d'une lame permanente : le mode opératoire consistait à :

- Placer une goutte du matériel oxydé sur une lamelle :
- laisser sécher sur une plaque chauffante (environ 60°).
- Placer une goutte de NAPHRAX sur une lame :
- déposer la lamelle avec le matériel sec sur cette goutte de NAPHRAX.
- Placer cette lame sur une plaque chauffante et laisser bouillir pendant deux minutes à 100°C : enlever la préparation de la plaque chauffante.

Le NAPHRAX est utilisé puisque cette résine a le même index de réfraction que le verre (1.72). Pendant l'ébullition, la toluène présente dans la solution de NAPHRAX, s'échappe.

2.4. Analyse de la diversité

L'analyse de l'indice de diversité de Shannon (H') permet théoriquement de savoir si on est en présence d'une biocénose évoluée (diversité élevée) au contraire si l'on a à faire à un peuplement jeune (diversité peu élevée). Cet indice se calcule par la somme du produit de l'abondance relative (n_i/N) par le logarithme de l'abondance relative. De façon pratique, l'indice de diversité de Shannon s'exprime par la formule suivante :

$$H' = -\sum (n_i/N) \log_2 (n_i/N).$$

H' = indice de diversité de Shannon et Wiener (1949) ;

n_i = nombre d'individu du taxon i ;

N = nombre total d'individu de la population

Indice de richesse spécifique de Margalef : C'est un indice qui se calcule selon la formule ci après :

$$dM = (S - 1) / \log_e N$$

Il prend en compte le nombre de taxon (Espèces) et le nombre d'individus pour la station considérée Winterbourn (1970) cité par Losuna (2008). Pratiquement, c'est le rapport de taxons (S) moins le logarithme à base e de l'effectif d'individus (N) pour le site considéré. Il se présente par la formule suivante : $dM = (S - 1) / \log_e N$.

Indice de Simpson

Indice de Simpson a été calculé selon la formule : $D = 1 / \sum p_i^2$

Equitabilité

L'Equitabilité (E) se définit comme le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. Il s'obtient en divisant l'indice de Shannon (H') par le logarithme à base 2 de la richesse spécifique (S) Pielou (1969) cité par Ndjaki (2009). La formule utilisée est la suivante : $E = H' / \log_2 S$

- E = Equitabilité

- H' = Indice de Shannon & Wiener (1949)

- S= Richesse spécifique

L'indice de diversité mesure le degré d'organisation de la communauté observée alors que l'Équitabilité mesure par contre la qualité de cette organisation (Amanieu et Lasere, 1982) cité par Ndjaki. (2009). L'équitabilité varie entre 0 et 1. Une valeur inférieure à 0.8 traduit une faible structuration des peuplements. L'indice de diversité et de l'équitabilité dans un milieu au cours des diverses saisons, ou dans des zones géographiques différentes renfermant des peuplements comparables, peut fournir des renseignements intéressants sur l'évolution des peuplements, Dajoz, (1996).

La fréquence observée par l'analyse de variance (ANOVA) a été calculée selon la formule :

$$F_{obs} = S^2/s^2$$

Fobs: fréquence observée;

S : écart type observé de plus grandes valeurs ;

s : écart type observé des plus petite valeurs.

CHAPITRE TROIS : RESULTATS

Les différents résultats obtenus sont consignés sous-forme de tableaux où ils sont simultanément interprétés.

3.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques pris en considération au cours de nos recherches sont les suivants : La température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous. Le tableau (1) reprend les valeurs moyennes de paramètres physico- chimiques prélevés dans les divers sites durant toute la période d'étude, au niveau de chaque point de collecte.

Le Tableau 1 : les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques prises pendant les mois de récoltes

Légende :

- P : indique les points collectes
- O₂ : Oxygène dissous dans l'eau
- T° : Température de l'eau des étangs
- Cond : Conductivité de l'eau des étangs
- PH : Potentiel d'Hydrogène
- PH : Potentiel d'Hydrogène

Paramètre	Etang1					Etang 2					Etang 3				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
O ₂ (mg/l)	1.08	0.91	1.02	0.79	0.53	0.75	0.78	0.71	0.75	0.88	0.74	0.75	0.75	0.76	0.73
T°	27.07	27.30	27.33	27.20	26.90	28.50	28.48	28.58	28.93	27.97	29.63	29.15	29.05	29.75	29.73
Cond	21.67	22.00	22.00	22.33	18.00	15.25	15.50	15.00	15.25	15.00	30.25	29.25	29.00	29.25	29.75
PH	4.80	4.85	4.80	4.80	4.80	4.73	4.83	4.77	4.73	4.83	5.27	5.20	5.40	5.27	5.30

Il ressort du tableau (1) que des trois sites prospectés, les moyennes de presque tous les paramètres étudiés (Température, PH, Conductivité,) paraissent plus élevées dans l'étang 3, à l'exception du taux de l'Oxygène dissous, qui reste plus élevé au niveau de l'Etang 1 par rapport aux autres sites. Ces moyennes varient de 0,53 à 1,08mg/l pour

l'Oxygène dissous, de 26,9 à 29,75°C pour la température ; entre 15,0 et 30µs/cm pour la conductivité et enfin, entre 4,73 et 5,4 pour le PH. Cependant, les plus basses valeurs de conductivités retrouvent dans l'Etang 2.

Tableau 2. Valeur calculées d'Anova pour les quatres paramètres

Anova	F	Probabilité	Valeur critique	Decision
			pour F	
O2	0,687	0,507	3,182	Dns
T°	16,962	2,38E-06	3,182	DS
Cond	55,678	1,90E-13	3,182	DS
PH	38,928	7,92E-10	3,251	DS

D'une manière générale, il ressort de tableau que les variations de ces paramètres entre les trois étangs ne sont pas significatives pour l'oxygène dissous (Anova 1 facteur $F_{obs} = 0,687$; $p \text{ value} = 0,507 > p = 0,05$), mais très significatives pour les autres paramètres restants : température, le pH et la conductivité (Anova $p \text{ value} < 0,001$).

3.2. Abondances et diversités diatomiques.

Le tableau 2 présente la composition et ainsi que la localisation des diatomées.

Tableau 2 : Composition et localisation des diatomées benthiques et periphytiques collectées à Ngene-Ngene

Familles	Espèces	Effectif	%	Site
Amphilepturaceae	<i>Frustulia sp</i>	117	18.2	Etang 1,2,3
Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira sp</i>	49	7.56	Etang 1,2,3
Eunotiaceae	<i>Eunotia sp</i>	266	41.5	Etang 1, 2
Fragilariaceae	<i>Fragilariforma strangulata</i>	52	8,02	Etang 1,2,3
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp</i>	1	0,15	Etang 1
	<i>Cymatopleura sp</i>	1	0,15	Etang 1
	<i>Encyonema</i>	1	0,15	Etang 1, 2
N.I	<i>Nitzschia sp</i>	10	1.54	Etang 1,2,3
	<i>Phytolythe sp</i>	3	0,46	Etang 1,2,3
	<i>Stenopterobia sp</i>	12	1.85	Etang 1,2,3
Naviculaceae	<i>Navicula sp</i>	24	3.7	Etang 1,2,3
Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp</i>	103	15.8	Etang 1,2,3
Sellaphoraceae	<i>Sellaphora sp</i>	5	0.77	Etang 1,2,3
Surirellaceae	<i>Surirella sp</i>	3	0.46	Etang 1
Total		648	100	

Il ressort de ce tableau (2) que, les espèces les plus représentées sont : *Eunotia sp* qui occupe la première position avec 266 Spécimens, soit 41,5% : suivie de *Frustulia sp* qui a 117 spécimens, soit 18,0% ; l'espèce *Pinnularia sp* vient à la troisième position avec 103 spécimens, soit 15,8% et les autres espèces comme *Cymatopleura sp*, *Gomphonema sp* et *Encyonema sp*, sont moins représentées avec 1 spécimen chacune, soit 0,15%.

Le tableau 3 détermine l'abondance des espèces des diatomées en fonction des sorties.

Tableau 3: Abondance des espèces des Diatomées en fonction des sorties.

	Etang 1			Etang 2			Etang 3		
	Nbre d'ind	Nbre d'esp	Nbre des Fam	Nbre d'ind	Nbre d'esp	Nbre des Fam	Nbre d'ind	Nbre d'esp	Nbre des Fam
Sortie 1	32	6	5	28	6	6	43	5	5
Sortie 2	56	7	7	76	9	7	72	9	7
Sortie 3	76	12	9	61	6	5	106	10	8
Sortie 4	38	6	6	60	6	5

Ce tableau (3) nous aide à déterminer l'abondance en Diatomées dans les étangs étudiés et suivant les 4 différentes sorties effectuées. Au cours de toutes les sorties, l'étang 3 vient en première position avec un total de 43 spécimens à la première sortie, 72 spécimens à la deuxième sortie, 106 à la troisième sortie et 60 spécimens à la quatrième sortie. Le deuxième étang vient en deuxième position pour toutes les sorties avec 28 spécimens à la première sortie, 76 à la deuxième sortie; 61 spécimens à la troisième sortie et 38 spécimens à la quatrième sortie. Par contre, l'étang 1 occupe la dernière position avec 32 spécimens à la première sortie, 56 spécimens à la deuxième sortie et 76 spécimens à la troisième sortie. Lors de la quatrième sortie, l'étang 1 n'a pas présenté des données, car il était à l'état de vidage.

Quant au nombre d'espèces, nous constatons aussi que l'étang 3 occupe la première place avec 5 espèces à la première sortie, 9 espèces à la deuxième sortie : 10 espèces à la troisième sortie et 6 espèces à la quatrième sortie et l'étang 1 vient à la dernière position avec 6 espèces à la première sortie, 7 espèces à la deuxième sortie et à la troisième sortie.

Le tableau 4 montre la liste des diatomées par sortie.

Tableau 4 : Liste des espèces de diatomées par sortie.

	Sortie 1 (Févr.)	Sortie 2 (Mars)	Sortie 3(Avril)	Sortie 4 (Mai)
<i>Aulacoseira sp</i>	8	15	19	7
<i>Cymatopleura sp</i>	0	1	0	0
<i>Eunotia sp</i>	45	82	105	34
<i>Fragilariforma strangulata</i>	15	21	11	4
<i>Frustulia sp</i>	14	39	40	24
<i>Gomphonema sp</i>	0	0	1	0
<i>Lyomphonema sp</i>	0	1	0	0
<i>Navicula sp</i>	0	9	15	0
<i>Nizitschia sp</i>	0	3	6	1
<i>Phytolythe sp</i>	0	1	2	0
<i>Pinnularia sp</i>	17	29	35	21
<i>Sellaphora sp</i>	3	1	1	0
<i>Stenopterobia sp</i>	0	2	3	7
<i>Surirella sp</i>	0	0	3	0
Moyenne	7,28	14,5	17,2	7

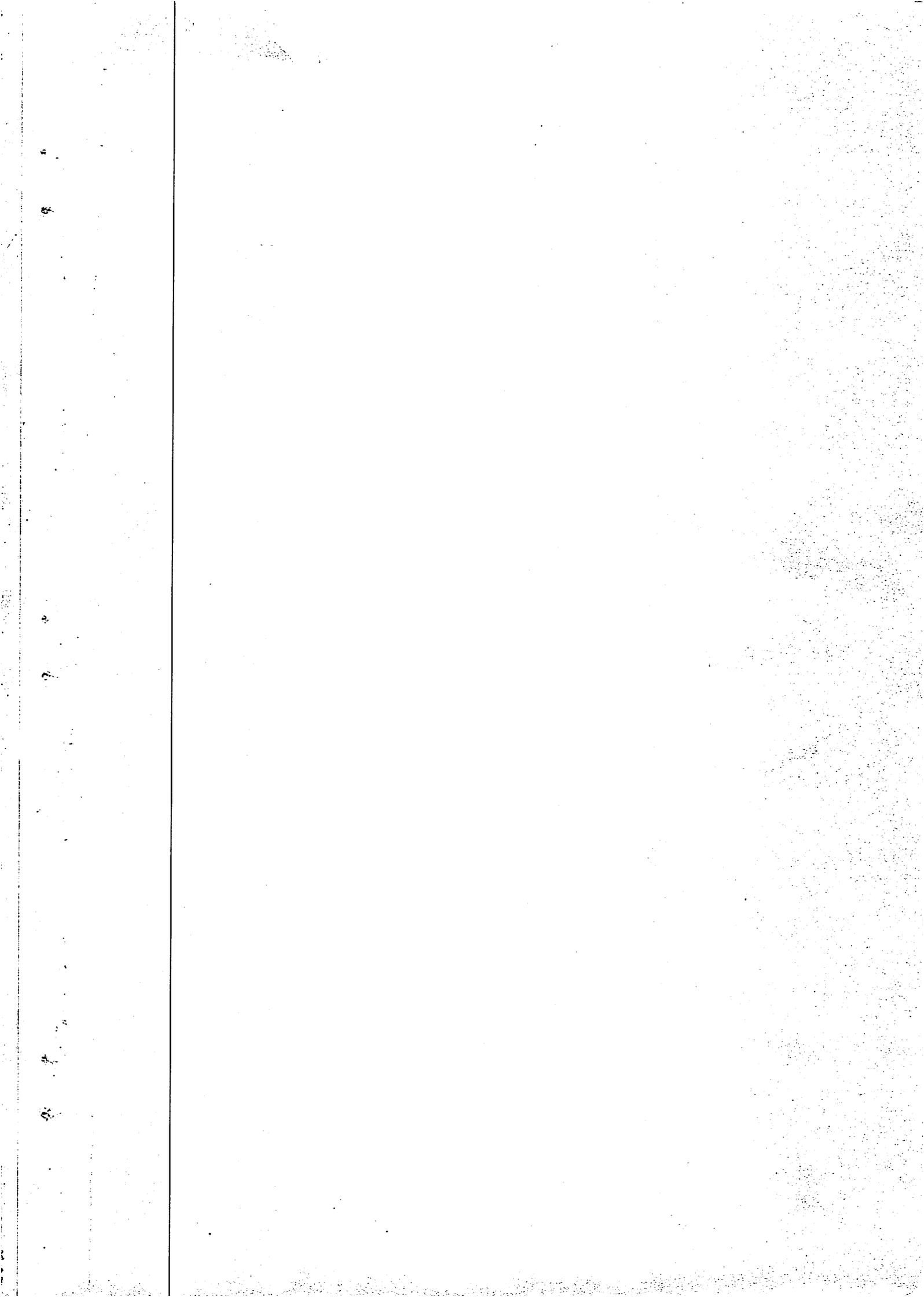
Il ressort dans ce tableau (4) que sur le total des sorties, la troisième sortie présente une moyenne plus remarquable avec 17.2% suivie de la deuxième sortie avec 14.5%. la quatrième sortie vient en dernière position avec 7%.

Le tableau 5 nous montre la distribution de la diversité des diatomées par étang.

Tableau 5: Distribution de la diversité des Diatomées par étang.

Espèce	Étang 1	Étang 2	Étang 3
<i>Aulacoseira sp</i>	3	20	26
<i>Cymatopleura sp</i>	1	0	0
<i>Encyonema</i>	1	1	0
<i>Eunotia sp</i>	66	92	108
<i>Fragilariforma strangulata</i>	22	10	20
<i>Frustulia sp</i>	30	38	49
<i>Gomphonema sp</i>	1	0	0
<i>Navicula sp</i>	10	2	12
<i>Nitzschia sp</i>	1	2	7
<i>Phytolythe sp</i>	1	1	1
<i>Pinnularia sp</i>	2	34	48
<i>Sellaphora sp</i>	3	1	2
<i>Stenopterobia sp</i>	2	2	8
<i>Surirella sp</i>	3	0	0
Moyenne	10,4	14,5	20,0

Il ressort dans ce tableau que l'étang 3 est beaucoup plus représenté avec 20,0%, suivi de l'étang 2 avec 14,5% et l'étang 1 est en dernière position avec 10,4%.



Le tableau 6 nous montre l'abondance des diatomées en fonction d'habitats.

Tableau 6 : Abondance des Diatomées benthiques.

Benthos									
	Etang 1			Etang 2			Etang 3		
	Nbre d'ind	Nbre d'esp	Nbre des Fam	Nbre d'ind	Nbre d'esp	Nbre des Fam	Nbre d'ind	Nbre d'esp	Nbre des Fam
Sortie 1	28	6	6	26	6		28	4	4
Sortie 2	43	6	6	64	8		44	8	7
Sortie 3	65	12	9	50	4		78	9	8
Sortie 4	-	-	-	32	6		44	6	5

Il ressort de ce tableau (6) que sur le total de 502 spécimens des Diatomées benthiques, l'étang 3 prend la première place avec 28 spécimens des diatomées benthiques à la première sortie, 44 spécimens à la deuxième sortie, 78 spécimens à la troisième sortie et 44 spécimens à la quatrième sortie. L'étang 2 vient en deuxième position avec 26 spécimens à la première sortie, 64 spécimens à la deuxième sortie, 50 spécimens à la troisième sortie et 32 spécimens à la quatrième sortie. L'étang 1 occupe la dernière place avec 28 spécimens à la première sortie, 43 spécimens à la deuxième sortie et à la troisième sortie cet étang égorge 65 spécimens.

Quant au nombre d'espèces benthiques, une diversité moins élevée (4 espèces) est observée à l'étang 3 dès la première sortie, contre une richesse de 6 espèces chacun dans les étangs 1 et 2. Par contre à la deuxième sortie, l'étang 2 et 3 occupent la première place avec 8 espèces chacun des diatomées benthiques contre 6 espèces pour les étang 1. C'est seulement à la troisième sortie que l'étang 1 prend la première place avec 12 espèces, suivi de l'étang 3 (9 espèces) et de l'étang 2 (4 espèces). A la quatrième sortie, les étangs 2 et 3 présentent chacun 6 espèces.

Le tableau 7 représente les noms des espèces des diatomées et leurs effectifs numériques selon leurs substrats

Tableau 7 : Analyse spécifique des diatomées en fonction de leur habitat ou substrat.

Nature d'habitats ou substrats	Espèces	Effectif	Pourcentage
Benthos	<i>Frustulia sp</i>	89	13,73
	<i>Aulacoseira sp</i>	38	5,86
	<i>Eunotia sp</i>	207	31,94
	<i>Nizitschia sp</i>	5	0,77
	<i>Stenopterobia sp</i>	10	1,54
	<i>Pinnularia sp</i>	83	12,81
	<i>Fragilariforma strangulata</i>	41	6,33
	<i>Cymatopleura sp</i>	1	0,15
	<i>Gomphonema sp</i>	1	0,15
	<i>Encyonema sp</i>	1	0,15
	<i>Phytolythe sp</i>	3	0,46
	<i>Sellaphora sp</i>	4	0,62
	<i>Surirella sp</i>	3	0,46
	Périphytes sur Nymphaea lotus	<i>Eunotia sp</i>	40
<i>F. strangulata</i>		11	1,7
<i>Aulacoseira sp</i>		6	0,93
<i>Pinnularia sp</i>		10	1,54
<i>Frustulia sp</i>		20	3,09
<i>Nizitrischia sp</i>		5	0,77
<i>Navicula sp</i>		5	0,77
<i>Encyonema sp</i>		1	0,15
<i>Stenopterobia sp</i>		2	0,31
Périphytes sur Azolla pinatta	<i>Eunotia sp</i>	19	2,93
	<i>Pinnularia sp</i>	9	1,39
	<i>Aulacoseira sp</i>	5	0,77
	<i>Navicula sp</i>	4	0,62
	<i>Frustulia sp</i>	8	1,23
	<i>Sellaphora sp</i>	1	0,15
Total	14	648	100

L'analyse de ce tableau 7. montre la prépondérance d'espèce *Eunotia sp* qui a 207 Spécimens, soit 31.94% (Benthos), suivie de *Frustulia sp* avec 89 spécimens, soit 13.73% (benthos). *Pinnularia sp.* : 83 spécimens. soit 12,31% (benthos). *Fragilariforma sp* : 41 spécimens, soit 6,33% (benthos). *Eunotia sp* : 40 spécimens, soit 6,17% (Nymphaea). *Aulacoseira sp* avec 38 spécimens, soit 5,86% (Benthos). et enfin. *Frustulia sp* avec 20

spécimens, soit 3.09% (Nymphaea). Les autres ne sont présentées qu'à des faibles proportions.

Toutefois, considérant les types d'algues, il ressort de ce tableau que l'espèce *Eunotias sp* est la plus représentée dans tous les groupes des diatomées d'après leurs habitats avec un effectif de 207 spécimens, soit 31.94% de l'effectif total (dans le benthos), 40 spécimens, soit 6.17% (pour les périphytes *Nymphaea lotus*) et 19 spécimens, soit 2.93% (pour *Azolla pinatta*).

Le tableau 8 représente l'abondance des diatomées périphytiques par sortie.

Tableau 8 : Abondance des diatomées périphytiques par sortie

Périphytes		Etang 1			Etang 2			Etang 3				
Sortie	Nbre	d'ind	d'esp	Fam	Nbre	d'ind	d'esp	Fam	Nbre	d'ind	d'esp	Fam
Sortie 1	4	2	2	Fam	2	2	2	Fam	15	5	5	Fam
Sortie 2	13	6	6	Fam	12	7	7	Fam	28	7	7	Fam
Sortie 3	11	6	6	Fam	11	6	6	Fam	28	7	7	Fam
Sortie 4	-	-	-	-	6	4	4	Fam	16	5	5	Fam

Il ressort de ce tableau, qu'au total de 146 spécimens des diatomées répartis en 8 Familles et 10 espèces ont été recensées. l'étang 3 est le plus représenté à la première sortie avec 15 spécimens, à la deuxième et troisième sorties, il présente 28 spécimens des diatomées périphytiques, et à la quatrième sortie, il présente 16 spécimens. Par contre, l'étang 1 présente 4 spécimens à la première sortie et l'étang 2 n'a que 2 spécimens. A la deuxième sortie, l'étang 1 présente 23 spécimens tandis que l'étang 2 présente 12 spécimens et à la troisième sortie, les étangs 1 et 2 présentent chacun 11 spécimens des diatomées périphytiques. Quant à la quatrième sortie, l'étang 1 était vidangé et l'étang 2 présente 6 spécimens des diatomées périphytiques.

Concernant le nombre d'espèces, l'étang 3 présente 6 espèces à la première sortie tandis que les étangs 1 et 2 présentent chacun 2 espèces des diatomées périphytiques. A la deuxième sortie l'étang 1 présente 6 espèces et les étangs 2 et 3 présentent 7 espèces des

diatomées periphytiques chacun. A la troisième sortie, les étangs 1 et 2 présentent 6 espèces et l'étang 3, 7 espèces, mais à la quatrième sortie, l'étang 2 domine avec 6 espèces des diatomées tandis que l'étang 3 a 5 espèces des diatomées periphytiques.

Le tableau 9 montre les résultats des indices calculés dans chaque site.

Tableau9 : Résultats des indices de diversité calculés dans chaque site de récolte.

	<i>Etang1</i>	<i>Etang2</i>	<i>Etang3</i>
<i>N</i>	164	203	281
<i>Richesse spec.</i>	14	12	13
<i>Indice de Shannon</i>	2,6	2,55	2,55
<i>Equitabilité</i>	0,683	0,63	0,69
<i>Simpson 1-D</i>	0,77	0,62	0,78
<i>Indice de Margalef</i>	2,55	2,07	2,13

Il ressort de ce tableau que:

- L'étang3 présente un effectif élevé avec 281 spécimens suivi de l'étang2 à la deuxième position avec un effectif de 203 spécimens et à la dernière position on a l'étang1 avec comme effectif 164 spécimens.
- L'étang 1 a une richesse spécifique élevée avec 14 espèces, suivi de l'étang 3 a avec 13 espèces et en fin l'étang 2 à la dernière position avec 12 espèces.
- L'indice de Shannon et Wiener calculé pour chaque site est supérieur à 2, dans l'étang1 on a 2,6 et dans Etang2 et 3 qui ont même valeurs dont 2,55.
- L'indice de Simpson dans étang 3 présente une valeur élevée soit 0,78, dans étang 1, a comme valeur 0,77et étang 2 a comme valeur 0,62.
- L'indice d'Equitabilité est inférieur à 0,8 dans tous les trois étangs, nous avons dans étang 3 comme valeur 0,69, étang 1 a comme valeur 0,683 et dans l'étang 2 nous avons comme valeur 0,62 :
- L'indice de margalef présente les valeurs suivantes dans tous les trois sites, dont dans le premier étang nous avons 2,55, le troisième étang on a 2,13 et l'étang 2 ou il est moins élevé avec 2,07.

CHAPITRE QUATRE : DISCUSSION

Ce dernier chapitre dresse un bilan des apports conjoints des approches de terrain et des expérimentations de laboratoire. Il vise ensuite à proposer, sur la base des résultats de nos expérimentations présentés dans les chapitres précédents, des développements méthodologiques pour la diversité des diatomées benthiques et periphytiques. Dans un premier temps, nous rapportons donc les résultats principaux de nos études de terrain et de laboratoire, les apports des différentes approches et leurs limites respectives. Ces démarches complémentaires permettent d'aborder un même problème (à savoir bien gérer sous un angle global les milieux aquatiques (terrain) et sur un plan plus réducteur mais maîtrisé au travers des études de laboratoire.

4.1. Paramètres physico chimiques

Billard et al (1980) affirment que les températures comprises entre 21°C et 35°C sont favorables pour la croissance des organismes aquatiques. Les valeurs des températures relevées dans les 3 sites dans cet intervalle, attestent que l'activité biologique (Croissance, reproduction, ...) des organismes qui vivent est bonne durant toute l'année. En outre, recueillies par d'autres chercheurs dans des différents milieux entre autre, celles de Golama, Symeons (1990) variant entre 24 et 28°C, celle de Nyongombe (1993) obtenues dans ruisseau massendula et celles de Gosse (2953) cité par Kankonda (2008) variant entre 20.9 et obtenues dans les ruisseaux de Yangambi suggère que sur leur l'ensemble de la ville et du district de la Tshopo, les conditions des températures dans les eaux douces semblent être les mêmes.

De toutes les façons, ces observations sont assez corrélatives à celles obtenues dans cette étude, surtout celles trouvées par Billard et al (1980) et se retrouvent exactement dans l'intervalle de température proposées par cet auteur pour une croissance aisée des organismes aquatiques. Sur les 3 sites étudiés dont la température varie de 26.9 à 29.462°C. Arrignon (1976) affirme que la conductivité donne une idée sur de la quantité totale d'ions présent dans une colonne d'eau et augmente avec l'apport des sels dans celle-ci. Les valeurs de conductivité des nos sites sont comprises entre : 15.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 30 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Wembo (2008) a trouvé lors de son étude 61.4 et 77.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette différence serait du à la différence des sites des prospections ou il a travaillé dans 6 sites et en plus dans les cours d'eau Or que nous nous avons travaillé dans 3 sites et encore les étangs.

Dhed'a (1981) affirme que les étangs constituent un écosystème calme, transparent perpétuel renouvellement et les particules en suspensions d'origines diverses sont constamment remuées par le courant à l'opposé des étangs qui absorbent la chaleur et ne le restituent que lentement, d'où une température de l'eau toujours plus élevés. Les particules ont le temps de se déposer au fond et la décomposition des matières organiques donne à ces milieux un pH généralement plus acides. Ces observations sont corrélatives à celles obtenues dans cette étude en observant les valeurs de pH de tous les trois sites varient différemment dont nous avons dans l'étang I et 2 c'est 4 et dans l. étang3 le pH est 5 .

Les concentrations moyennes de l'oxygène dissous varient de 0.53 mg/l à 1.08 mg/l. Kaningire (2001) avait trouvé dans quelques étangs au Rwanda les concentrations moyennes de l'oxygène dissous mesuré au lever du jour de 4mg/l et 2,9mg/l. Il confirme qu'elles sont compatibles avec les exigences biologiques. alors pour ceux des étangs Ngene-Ngene ne sont pas comparables .Marcel (1949) dit que la teneur en en oxygène dissous dépend notamment de la température ainsi que l'abondance des matières organiques et des végétaux aquatiques (voir température dans étang3).

4.2. Composition des diatomées identifiées

648 spécimens ont été observé pour cette étude pendant 4 sorties, du 10 février au 19 mai 2013, dans les quels présentent au total et repartis dans 10 Familles et 14 espèces. Dans le total, il y a 502 spécimens des diatomées benthiques qui sont les plus représentés classé regroupés dans 10 Familles et 14 espèces, en plus les espèces periphytiques qui présentent 148 Individu reparti dans 8 Familles et 10espèces. Ceci nous pousse à confirmer l'hypothèse selon la quelle les paramètres physico chimiques influenceraient la distribution et la composition des diatomées.

4.2.1. Composition et localisation des diatomées benthiques et periphytiques collectées à Ngene-Ngene.

Pour la composition et localisation des diatomées benthiques et periphytiques collectées dans les étangs Ngene-Ngene, l'étang I présente une diversité élevée en espèce soit 14 espèces suivi de l'étangs 2 soit 11 espèces et l'étang III vient en dernière position avec 9 espèces. Quant en spécimens, l'étang III occupe la première position avec 281 spécimens, suivi de l'étang II avec 213 spécimens et l'étang I vient en dernière position avec 146 spécimens.

cette différence peut être due à leurs productivités en poissons pour chaque étang. Ceci nous pousse à affirmer l'hypothèse selon laquelle les étangs Ngene-Ngene auraient une diversité des diatomées.

2.2.1. Diatomées benthiques et Periphytiques.

Dans ces deux groupes des diatomées, nous avons 502 spécimens des diatomées observés dans différents étangs appartenant dans 10 Familles et 14 espèces des diatomées benthiques et 146 Spécimens réparties dans 8 Familles et 10 d'espèces periphytiques. En comparant la diversité de ce deux groupes nous dirons que le benthos égorge une diversité plus élevée que le périphytes et cela peut être dit soit par le fait des vides ces étangs ou de faire chaque fois sortir ces plantes dans les étangs.

Au regard du tableau (6) il s'observe que les espèces des diatomées benthiques sont aussi représentées comme des periphytiques, donc la diversité spécifique ne pas observée, dans la mesure où aucune des espèces que nous avons récoltées ne sont pas obligatoires de *Nymphaea lotus* et *Azolla pinatta*. Ces deux hydrophytes (considérés comme hôte des diatomées) ne que sont des substrats facultatifs et que donc leurs présences n'influence à rien sur la biodiversité des bacillariophycées. Ces études méritent d'être abordées avec beaucoup plus des finesses pour examiner la véracité de cette assertion en élargissant par exemple la recherche sur plusieurs sites et d'autres hydrophytes susceptibles constituées certains substrats obligatoires pour les espèces des diatomées. Nous avons constaté que les espèces periphytiques sont aussi benthiques. Ce qui nous pousse à dire que les diatomées peuvent s'adapter et vivre sur les différents substrats.

4.3. Evaluation de la biodiversité.

- L'indice de Shannon et weiner calculé est supérieur à 2, ce qui est déjà de loin supérieur à 1. De même, valeurs de l'indice de Simpson pour les étangs 3 et 1 sont élevées et très voisines (soit 0,78 pour E3 et 0,77 pour E1), par contre la valeur de cet indice est moins élevée pour E2, soit 0,62. Globalement cet indice, montre qu'il y a une moindre probabilité pour que 2 spécimens soient pris au hasard dans un étang d'appartenir à à 2 espèces différentes. L'indice de Margalef est relativement proche dans les 3 étangs et est supérieur à 2. L'indice d'équitabilité calculé dans tous les trois étangs est supérieur à 0,05, et donc tend vers 1. Ce qui montre que les espèces sont équitablement répartie dans les groupes des diatomées des différents étangs ou l'étude a été faite. Au regard des ces résultats, ces indices s'accordent pour confirmer que les étangs prospectés sont assez riche en biodiversité.

CONCLUSION

Ce travail s'est intéressé à l'étude des diatomées benthiques et periphytiques des quelques étangs Ngene-Ngene de 10 février à 19 mai 2013 dont Les objectifs poursuivis sont on cherche à Déterminer la diversité des diatomées dans quelques étangs Ngenengene. Déterminer les paramètres physico chimique qui influenceraient la distribution et la composition des diatomées et de Déterminer l'influence des hydrophytes (*Nymphaea* et *Azolla*) sur la diversité spécifique des diatomées.

Les paramètres physico-chimiques des étangs de recherches

Nous avons observé les valeurs moyennes des paramètres physico chimiques des trois sites prospectés. les moyennes de presque tous les paramètres étudiés (Température, PH, Conductivité.) paraissent plus élevées dans l'étang 3. à l'exception du taux de l'Oxygène dissous, qui reste plus élevé au niveau de l'Etang 1 par rapport aux autres sites. Ces moyennes varient de 0,53 à 1,08mg/l pour l'Oxygène dissous, de 26,9 à 29,75°C pour la température : entre 15,0 et 30µs/cm pour la conductivité et enfin, entre 4,73 et 5,4 pour le PH. Cependant, les plus basses valeurs de conductivités retrouvent dans l'Etang 2.

648 spécimens des diatomées benthiques et periphytiques ont été observés pendant notre recherche. Pour les diatomées benthiques, nous avons observés 502 spécimens appartenant à 10 Familles, 14 genres et 14 espèces, mais pour les diatomées periphytiques, nous avons observés 146 spécimens appartenant à 8 Familles, 9 genres et 9 espèces. En comparant la diversité de ce deux groupes étudiés, nous avons constaté que les benthiques égorgent une diversité élevées avec 502 spécimens soit 77,47% que le periphytiques avec 146 soit 22,53%. Nous avons choisi 3étang en fonction de leurs grandeurs et leurs productivité en poissons. étang I (EI) de petite grandeur a été nommée peu productif, étang II (EII) de grandeur importante a été nommé le plus productif et étang III (EIII) a été nommé moyennement productif.

Analyse spécifique des diatomées en fonction de leur habitat ou substrat mentionné dans le tableau 6, montre que la prépondérance d'espèce *Eunotia sp* qui a 207 Spécimens soit 31,94% (Benthos), suivi de *Frustulia sp* avec 89 spécimens soit 13,73% (benthos), *Pinnularia sp* 83 spécimens soit 12,31% (benthos), *Fragilariforma sp* 41 spécimens soit

6,33% (benthos). *Eunotia sp* 40 spécimens soit 6,17% (Nymphaea), *Aulacoseira sp* avec 38 spécimens soit 5,86% (Benthos), et enfin *Frustulia sp* avec 20 spécimens soit 3,09% (Nymphaea) et les autres sont présentées qu'à faible proportion.

Nous suggérons ce qui suit :

- Au chercheurs de continuer les recherche sur les même domaines pour qu'on y parvienne à savoir la liste exhaustive de la communauté phytoplancton que (benthique et periphytiques des eaux de la ville de Kisangani en particulier et de la R.D.Congo.
- La caractérisation physico chimique plus fine serait nécessaire pour pouvoir exploiter l'affinité et non affinité des différentes espèces à certains sites.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alitunonge..R (2001) : Analyse de la qualité physico chimique des eaux de quelques étangs piscicoles à Kisangani. Monographie inédite. Fac des sciences. UNIKIS.18p.
- Alobe..B (2006) : Caractéristique à la connaissance de la communauté zooplanctonique des étangs Ngene-Ngene et Déchaux alimentes par les fumiers organiques. Mémoire inédit. Fac des Sc. UNIKIS. 38p.
- Arrignon..Y.(1976) : Aménagement écologique et piscicole des eaux données. Bordas paris .Paris.34p.
- Auger..P..M.D. et Cool (1969) :L'encyclopédie des sciences et des techniques, Ed. les presses de la cité, France. pp :305-309.
- Baars..J (1983) :Autoécological investigation on freshwater diatoms.1.Generation times of some species. Archiv for hydrobiologie-supplément-67:11-8.
- Bertrand, .J (1995) : Contribution à l'étude taxonomique des diatomées, reconnaissance du vivant.Vie et milieu (Life and environnement)-45 (3/4) : 283-293.
- Billard..R et al (1980) : La qualité des eaux à l'étang de pisciculture et son contrôle. Paris. France. pp 107-117.
- Bourrely ..P.(1968) : Les algues d'eau douce. L'Ed. Boué et cie. paris. 557pp. Tome 1.
- Carlson,. R.E (1977) :A trophic state index for lakes.Limnol. Oceanogr, 22 (2):161-369.
- Dajöz..R (1996) : Précis d'écologie 6em éd dunod. paris.551p.
- De Witte..G.F (1953) : Etude de lac Upemba (le milieu physico-chimique). Mission De WITE (1946-1949) Fascicule 9. Institut des parcs nationaux du Congo belge. Bruxelles P.190.
- Dhed'A..D (1980) : Inventaire algologique des étangs Botumbe et de la rivière Kabondo (haut zaïre) .Mémoire inédit. Fac des Sc. UNIKIS. 37p.
- Darfour..P & Durand..J.R (1982) :La production végétale des lagunes de cote d'Ivoire.Rev.hydrobil.trop.15(3) :209-230.

- Golama, S. (1979) : Etude comparative de la flore Algologie de la rivière lindi et l'étang de Simi – Simi (Haut i Zaïre) en relation avec quelques facteurs du milieu , Mémoire inédit Fac des Sc. UNIKIS. 26p.
- Jørgensen, E. (1977) : Chapter 5 photosynthesis in. Wener, D. (ed) the biology of diatoms. Bot. monogr. 13. Blakwell sci. publ. 150-168.
- Kankonda, B. (2008) : Ecologie des décapodes du ruisseaux Masangamabe de la réserve forestière de Masako (Kisangani, R.D.Congo) Thèse inédite Fac des sc UNIKIS 202p
- Kooistra, K. et Medlin, L.K. (1996) : Evolution of the diatoms (Bacillariophyta). 4. Reconstruction of their from small subunit RNA codin regions and fossil record. Molecular phylogenetics on evolutions – (3):391-407.
- Krammer et Lange-Bertalot (1986 – 1991) : Bacillariophyceae 1. Teil : Naviculaceae. 876.p : 2. Teil : Bacillariaceae. Epithemiaceae. Surirelaceae. p : 3. Teil : centrales. Fragilariaceae. Eunotiaceae. Kritische Ergänzunge zu Navicula (Lincolatae) und Gomphonema- 437p-G. Fisher verlage.
- Lange-Bertalot, H. (1986 – 1991) et Michel Coste (Coste 1999) : Pollution, tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation Nova Hedwigia-64 :285-304.
- Losuna, B. (2008) : Qualité de l'eau (sur les analyses bacteriologiques et indices biotiques des ruisseaux de la commune Lubunga à Kisangani (R.D.Congo). Mémoire inédit Fac des Sc. UNIKIS 61p
- Morin, S. (2006) : Bio indication des effets des pollutions métalliques sur les communautés des diatomées benthiques .
- Ndjaki, N. (2009) : Etude des peuplement itchyologiques des siluriformes des rivières forestières de Yoko, de Biaro et des leurs affluents. Biologie et écologie de Clarias buthipogon, sauvage 1879. Mémoire inédit Fac des sc. UNIKIS 91p.
- Oleko, W. (1978) : Etude de la croissance des algues *Oscillatoriasp* et *Spirogirasp* sous l'influence de quelques facteurs physico chimiques. Mémoire inedit Fac des Sc. UNIKIS, 37p.

- Patrick.,R (1977) : Chapter 10 : Ecology of fresh water diatoms communities- in weiner .D.(ed) the biology of diatoms . Bot.13.Blackwell publ, 284-332.
- Quatara.,A & podoor.,N et G.Gourene (2001) : Etudes préliminaires de la distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un fluvio-lacustre africain (Bassin bia; côte d'ivoire). 275p.
- Round *et al.*(1990) : The diatoms , biology & morphology of the gerena.-Cambridge Univ press Ed .100-150p.
- Uma.,B (1980) : qui a écrit sur la phytosociologie de la végétation des étangs de Kisangani et ses environs, 49p.
- Wembo .,S.(2007), qui a étudié les caractéristiques écologiques et biologiques de quelques hydrophytes de Kisangani en RD .Congo : Mémoire inédit UNIKIS.45p

Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Summary	
Résumé	
Table des matières	
0. INTRODUCTION.....	1
0.1. Problématique.....	1
0.2. Hypothèses de la recherche.....	2
0.3. Objectifs de la recherche.....	2
0.3.1. Objectif global.....	2
0.3.1. Objectif global.....	2
0.4. Intérêt de la recherche.....	2
0.5. Travaux antérieurs.....	3
0.6 Subdivision du travail.....	3
PREMIER CHAPITRE : GENERALITES.....	4
1.1. Généralités sur les Algues.....	4
1.2. Origine des diatomées.....	5
1. 3. Utilité des diatomées.....	5
1.4. Généralités sur les diatomées.....	6
1.5. Biologie des diatomées (Bacillariophycées).....	6
1.6. Morphologie et structure cellulaire.....	6
1.7. Stratégies de reproduction.....	7
1.8. Habitats et modes de vie.....	8
1.9. Systématique.....	8
DEUXIEME CHAPITRE: MATERIEL ET METHODES.....	11
Milieu d'étude.....	11
2.1.1. Description des sites de prélèvement.....	12

2.2. Matériel.....	13
2.2.1. Matériel biologique.....	13
2.3. Méthodes	13
2.3.1. Méthode de collecte sur terrain.	13
2.3.2. Méthodes d'analyse des données au laboratoire.....	13
2.3.3. Préparation des échantillons pour l'identification.....	14
2.4. Analyse de la diversité.....	15
TROISIEME CHAPITRE : RESULTATS	17
3.1. Paramètres physico-chimiques	17
3.2. Abondances et diversités diatomiques.....	19
QUATRIEME CHAPITRE : DISCUSSION	27
4.1. Paramètres physico chimiques.....	27
4.2. Composition des diatomées identifiées	28
4.2.1. Composition et localisation des diatomées benthiques et periphytiques collectées à Ngene-Ngene.	28
2.2.1. Diatomées benthiques et Periphytiques.....	29
4.3. Evaluation de la biodiversité:	30
CONCLUSION	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33

ANNEXE I :EFFECTIFS DES DIATOMÉES BENTHIQUES ET PERIPHYTIQUES COLLECTES DANS LES TROIS SITES

Groupes	Familles	Espèces	Etang1					Etang2					Etang3				
			P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
Algues benthiques	Fragilariforiaceae	F. strangulata	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+
	Amphipleuraceae	Frustulia sp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Eunotiaceae	Eunotia sp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		E. fluxuosa	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	Pinnulariaceae	Pinnularia sp	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
		Cymatopleura sp	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aulacoseiraceae	Aulacoseira sp	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
	Naviculaceae	Navicula sp	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-
		Stenopterobia sp	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Gomphonemataceae	Gomphonema sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	
Algues periphytiques Nymphaea lotus	Aulacoseiraceae	Aulacoseira sp	+					+					+				
	Eunotiaceae	Eunotia sp	-					+					+				
	Pinnulariaceae	Pinnularia sp	-					+					+				
	Frustuliaceae	Frustulia sp	+					-					+				
	Naviculaceae	Navicula sp	+					+					+				
	Fragilariaceae	F. strangulata	+					+					+				
		Nizitschia sp	+					-					-				
	Sellaphora	Sellaphora sp	+					-					-				
Azolla pinnata	Pinnulariaceae	Pinnularia sp	-					-					+				
	Eunotiaceae	Eunotiaceae	-					-					+				
	Frustuliaceae	Frustulia sp	-					-					+				
	Aulacoseiraceae	Aulacoseira sp	-					-					+				
	Nizitschiaceae	Nizitschia sp	-					-					+				

ANNEXE II a: VALEURS DE PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.

I ^{er} Jour					
Site/Parametre	O2(mg/l)	t°	Cond	Ph	
Etang 1	P1	2,17	27,5	30	
	P2	1,69	28	30	
	P3	2,2	28,4	30	
	P4	1,54	28	31	
Etang 2	P1	0,88	30	16	
	P2	0,78	29,6	17	
	P3	0,81	29,9	16	
	P4	0,84	30,3	16	
Etang 3	P1	0,47	29,2	38	
	P2	0,62	29,2	36	
	P3	0,67	29,2	36	
	P4	0,69	29,8	37	
	P5	0,44	29,9	37	

II ^{ème} Jour					
Site/Parametre	O2(mg/l)	t°	Cond	Ph	
Etang 1	P1	0,47	26	18	4,9
	P2	0,42	26,1	18	5
	P3	0,33	26,1	18	5
	P4	0,35	26,1	18	5
	P5	0,49	26,2	18	5
Etang 2	P1	0,72	27,2	15	4,8
	P2	0,89	27,2	15	4,9
	P3	0,66	27,4	15	4,9
	P4	0,7	27,5	15	4,9
	P5	0,82	27,7	15	5,3
Etang 3	P1	0,59	28	32	5,3
	P2	0,7	28,1	30	5,3
	P3	0,73	27,7	30	5,3
	P4	0,73	28	29	5,3
	P5	0,66	28,1	31	5,2

ANNEXE Iib : VALEURS DE PARAMETRES PHYSICO-CIMIQUES

IIIème Jour					
Site/Parametre	O2(mg/l)	t°	Cond	Ph	
Etang 1	P1	0,59	27,7	17	4,7
	P2	0,61	27,8	18	4,7
	P3	0,52	27,5	18	4,6
	P4	0,48	27,5	18	4,6
	P5	0,57	27,6	18	4,6
Etang 2	P1	0,71	28,8	15	4,9
	P2	0,68	29	15	4,8
	P3	0,68	28,9	15	4,7
	P4	0,84	29,8	15	4,7
	P5	0,82	28	15	4,6
Etang 3	P1	0,89	32,7	27	5,5
	P2	0,67	30,4	27	5,2
	P3	0,75	30,5	27	5,5
	P4	0,78	31,6	27	5,3
	P5	0,88	31,7	27	5,3

IVème Jour					
Site/Parametre	O2(mg/l)	t°	Cond	Ph	
Etang 1	P1	-	-	-	-
	P2	-	-	-	-
	P3	-	-	-	-
	P4	-	-	-	-
	P5	-	-	-	-
Etang 2	P1	0,67	28	15	4,5
	P2	0,77	28,1	15	4,8
	P3	0,68	28,1	14	4,7
	P4	0,61	28,1	15	4,6
	P5	0,99	28,2	15	4,6
Etang 3	P1	1	28,6	24	5
	P2	0,99	28,9	24	5,1
	P3	0,85	28,8	24	5,5
	P4	0,83	29,6	24	5,2
	P5	0,95	29,2	24	5,4