

VARIATIONS SPATIO TEMPORELLE DES COMMUNAUTES DES MOLLUSQUES BENTHIQUES DE LA LAGUNE COTIERE AU BENIN

Delphine ADANDEDJAN, Antoine CHIKOU, Simon AHOUANSOU, Philippe LALEYE, Germain GOURENE.

RESUME

Les organismes macrobenthiques sont très utilisés de nos jours comme bioindicateurs pour leurs capacités à refléter les différentes perturbations des écosystèmes aquatiques. Parmi ces organismes, se trouvent les mollusques. Le réseau hydrographique dense du Bénin, soumis en milieu continental à des agressions de nature anthropique (pollutions domestiques, maraîchage, élevage) entraîne la prolifération de mollusques dont certaines espèces jouent un rôle important dans la transmission de parasitoses d'intérêt médical et vétérinaire. Mais la littérature consacrée d'une manière générale aux mollusques est peu abondante. Notre étude a pour objectif d'apporter une meilleure connaissance des mollusques et spécialement des mollusques de la lagune Côtière au Bénin par l'étude des variations des communautés des organismes récoltés dans cette lagune. L'échantillonnage a été fait de juillet 2007 à juin 2009 en quatre saisons de collecte par an. Le logiciel EstimateS version 7 (Colwell et al., 2004) a été utilisé pour évaluer la perfection du présent inventaire et prédire la richesse spécifique maximale de la malacofaune. L'analyse Canonique des Redondances est effectuée pour mettre en relation les paramètres physico-chimiques et granulométriques avec la présence et l'abondance des principales espèces de la malacofaune étudiée.

*Au total, 1713 individus ont été récoltés à la benne type Eckman répartis en 47 espèces de mollusques contre une richesse spécifique moyenne prédite de 48 ± 2 taxa. Ils appartiennent à deux classes, les Gastéropodes et les Bivalves, constituées de 5 ordres, 30 familles et 37 genres. L'ordre des Mésogastropodes (54,17 % de la richesse totale), a été la plus diversifiée avec trois familles principales que sont les Thiaridae, les Neritidae, les Littorinidae. L'espèce *Tympanotonus fuscatus radula* constitue l'essentiel des effectifs*

obtenus en toutes saisons et en toutes stations. L'étude de la diversité montre des valeurs élevées des indices de Shannon et de l'équitabilité. De l'amont vers l'aval, la richesse spécifique et l'abondance des organismes diminuent suivant un gradient d'impact de facteurs anthropiques croissants et l'importante quantité de nutriments accumulée dans les zones aval avec des variations spatiale et saisonnière significatives des communautés observées. De même, l'organisation de ces communautés est marquée par un appauvrissement en réponse au gradient de salinité et le rôle structurant que joue le sédiment dans la répartition des espèces surtout dans les secteurs en aval soumis à une densité plus de la importante charge polluante.

Mots clés : Mollusques benthiques, lagune, Estimates, CANOCO, distribution, Bénin.

ABSTRACT

The organizations macrobenthic are very much used nowadays as bioindicateurs for their capacities to reflect the various disturbances of the watery ecosystems. Among these organizations, the molluscs are. The dense hydrographic network of Benin, subjected in continental environment to aggressions of anthropic nature (domestic pollution, truck farming, breeding) involves the mollusc proliferation whose certain species play a significant role in the transmission of parasitoses of medical and veterinary interest. But the literature devoted generally to molluscs is not very abundant. Our study aims to bring a better knowledge of molluscs and especially of molluscs of the Côtière lagoon to Benin by the study of the variations of the communities of the organizations collected in this lagoon. Sampling was done from July 2007 to June 2009 in four seasons of collection per annum. The software EstimateS version 7 (Colwell and Al, 2004) was used to evaluate the perfection of this inventory and to predict the maximum specific richness of the malacofaune. The Canonique analysis of the Redundancies is carried out to connect the physicochemical and granulometric parameters with the presence and the abundance of the principal species of the studied malacofaune.

*On the whole, 1713 individuals were collected with the standard bucket Eckman divided into 47 mollusc species against a predicted average specific richness of 48 ± 2 taxed. They belong to two classes, Gastéropodes and the Bivalves, made up of 5 orders, 30 families and 37 kinds. The order of Mésogastropodes (54,17 % of the total richness), was diversified with three principal families which are Thiaridae, Neritidae, Littorinidae. The species *Tympanotonus fuscatus radula* constitutes the main part of the manpower obtained in all seasons and all stations. The study of diversity shows high values of the indices of Shannon and equitability. Upstream towards the downstream, the specific richness and the abundance of the organizations decrease according to a gradient of impact of increasing factors anthropic and the significant quantity of nutriments accumulated in the zones downstream with significant variations space and seasonal of the communities observed. In the same way, the organization of these communities is marked by an impoverishment in response to the gradient of salinity and the structuring role which plays the sediment in the distribution of the species especially in the sectors subjected downstream to a density more significant polluting load.*

Key words: Benthic molluscs, lagoon, Estimates, CANOCO, distribution, Benign.

1. INTRODUCTION

La macrofaune benthique représente un maillon essentiel des chaînes trophiques des écosystèmes aquatiques et est utilisée de nos jours comme bioindicatrice de la qualité des milieux (Adandédjan, 2012). Mais cette faune est fortement perturbée par les exigences du développement socio-économique, accélérées par une démographie galopante. Les effets de ces profondes modifications se traduisent par des changements considérables de la diversité et de la composition spécifique des communautés benthiques (N'goran, 1997).

En effet, le réseau hydrographique dense du Bénin, soumis en milieu continental à des agressions de nature anthropique (pollutions domestiques, maraîchage, élevage, pisciculture) entraîne la prolifération d'une faune secondaire dont les mollusques sont les plus importants représentants en biomasse (Brown, 1994). Les mollusques constituent un groupe important dans diverses chaînes écologiques par leur nombre d'espèces, leur diversité et leur importance numérique (Lecointre et LeGuyader, 2001). Brown (1994) a signalé la présence en Afrique de 341 espèces de mollusques d'eau douce.

Dans l'écosystème aquatique, les mollusques jouent divers rôles importants. Plusieurs espèces de poissons africains consomment à un degré plus ou moins élevé des mollusques (Slootweg *et al.*, 1993). En fait, Les Mollusques dulcicoles représentent en outre une part importante des besoins alimentaires de nombreux invertébrés (Sangsues, Ecrevisses) et Vertébrés (poissons, oiseaux, mammifères). Les fèces de Gastéropodes, riches en mucoprotéines, constituent également une nourriture facilement assimilable par la faune détritivore. Les Lamellibranches concentrent ainsi de nombreuses substances comme les métaux lourds, les pesticides, les radionucléides...) par filtration et modifient la qualité du sédiment en excréant sous forme de pseudofèces une fraction parfois importante des microorganismes planctoniques capturés, non utilisés pour la nutrition, les rendant ainsi accessibles aux invertébrés détritivores, comme les Oligochètes, et à de nombreux Diptères

(Chironomidae...). Ils sont de plus en plus utilisés comme bioindicateurs et interviennent ainsi dans la détermination de plusieurs indices d'intégrité biotique. Les mollusques font l'objet d'une exploitation au plan économique, dans l'alimentation et aussi pour l'esthétique (Vicente, 1995).

D'autres espèces jouent un rôle important dans la transmission de parasitoses d'intérêt médical et vétérinaire. Par exemple, la schistosomiase est la plus importante de toutes les maladies transmises par l'eau et elle a un fort impact socio-économique et sur la santé publique (Anonyme 1, 1984). Certains mollusques sont utilisés dans la lutte biologique contre les vecteurs de ces maladies parasitaires. Leur utilisation peut offrir une alternative intéressante à l'emploi de molluscocides qui sont chers et ont un impact sur la faune locale (Anonyme 2, 2003). L'étude de l'écologie des mollusques aquatiques est la base essentielle à une meilleure compréhension des invertébrés dans leur environnement et donc à leur gestion.

Malgré tous ces intérêts, peu d'études ont été menées sur la malacofaune du Bénin. La plupart des études sont vieillissantes. On peut citer au Bénin, les études de Nozeran-Pasquier (1976) ; Paradis (1976, 1978) ; Rabier (1978) ; Texier *et al.* (1980) qui ont étudié l'écologie des Mollusques des lagunes du Bas-Dahomey ; Maslin (1983, 1985, 1986) pour l'étude de la répartition des Mollusques du lac Ahémé et surtout la croissance de l'espèce *Corbula trigona*, Burgis et Symoens (1987) ont signalé quelques inventaires sur les communautés macrobenthiques des milieux lagunaires du Bénin. Les travaux les plus récents restent ceux de Gnohossou (2006) et Adandédjan (2012) pour l'étude de la macrofaune benthique des milieux lagunaires du Bénin avec des inventaires sur les mollusques. D'autres travaux se sont consacrés aux impacts sociaux économiques des mollusques comme les travaux de Dovonon (2008) sur la pollution des plans d'eau, Assogba *et al.* (2011) sur le parasitisme des Limnées.

Notre étude a pour objectif d'apporter une meilleure connaissance des mollusques et spécialement des mollusques de la lagune Côtière (LC) au Bénin par l'étude de leur distribution spatio-temporelle.

2. METHODOLOGIE

2.1. Milieu d'étude

La LC est un plan d'eau étroit logé entre les cordons sableux Nord et Sud de la zone côtière. Elle est située entre 1°48 -2°16 E et 6°16 - 6°20 N. Elle est allongée quasi parallèlement à l'océan Atlantique sur environ 60 km entre Grand-Popo et Togbin (Figure 1) et sa largeur varie de 200 m à plus de 1000 m. Elle est limitée au Nord par les communes de Ouidah et de Comé, à l'Est par l'arrondissement de Togbin et à l'Ouest par la commune de Grand-Popo. La lagune se prolonge à l'Ouest de Grand-Popo par la Lagune Gbagan en République togolaise et sert de frontière entre le Bénin et le Togo. Elle couvre une superficie variant entre 52 à 55 km² (Baglo, 1995 ; Blivi, 1999). Le climat est de type équatorial avec quatre saisons bien distinctes: une grande saison pluvieuse (GSP) de mi-mars à mi-juillet, une petite saison pluvieuse (PSP) de mi-septembre à mi-novembre, une grande saison sèche (GSS) de mi-novembre à mi-mars et une petite saison sèche (PSS) de mi-juillet à mi-septembre. La température annuelle moyenne est de 27,8 °C. Cette lagune s'ouvre sur la mer par la « Boca del Rio », une passe en perpétuelle migration, qui joue un grand rôle de carrefour hydrologique entre les eaux douces continentales provenant essentiellement des complexes fluvio-lagunaires Mono-Sazué, Couffo-Ahémé-Aho et les eaux marines en provenance de l'Océan Atlantique. Cette interaction constante entre eaux douces et eaux salées constitue le facteur principal dont dépendent les échanges de la faune et la survie de la mangrove. On note également la présence d'une végétation flottante. De Grand-Popo à Togbin, cette lagune se subdivise en deux lagunes ; la « Lagune de Grand-Popo », de Grand-Popo à Djondji, d'une superficie de 12 km² et la «Lagune de Ouidah » de Djondji à Togbin, d'une superficie de 40 km². Mais depuis l'édification du barrage

hydroélectrique de Nangbéto et sa mise en eau en 1987, la lagune est perpétuellement sous l'influence des eaux douces du fleuve Mono, ce qui provoque une baisse complète de sa salinité. Avec l'édification du deuxième barrage d'Adjaralla en aval prévu pour bientôt et dont le but est de remplacer un étiage nul en saison sèche par un écoulement permanent du fleuve, la dulcification des eaux du système lagunaire et la modification du régime hydrosédimentaire pourront encore créer des conséquences écologiques, économiques et sociales plus accrues dont la gestion reste encore incertaine.

2.2. Collecte de données

2.2.1. Echantillonnage des Mollusques

L'échantillonnage des organismes a été réalisé de juillet 2007 à juin 2009 en quatre saisons hydrologiques par an sur six sites (Fig. 1) distantes d'au moins 3 km les une des autres et regroupant chacune trois points de collecte distribués le long de la LC suivant un gradient de salinité et d'intensité des activités anthropiques. D'est à l'ouest ces sites sont : Togbin (Tog) ; Djègbadji (Dje), Azizakouè (Azi), Djondji-Chenal Aho (Aho), Docloboué (Doc) et Alongo (Alo).

Les mollusques ont été récoltés à la benne type Ekman (surface = 0,0225 m²) pour les prélèvements dans les sédiments au fond de la lagune. Cinq coups de benne ont été donnés à chaque point d'échantillonnage soit quinze coups par site. Dans les zones moins profondes, un tamis (maille : 1 mm) muni d'une manche a permis de récolter les spécimens. Les prélèvements ont été lavés à l'eau lagunaire dans un tamis. Le refus a été renversé dans un bocal et fixé au formol à 5 %. Les bocaux ont été étiquetés. Au laboratoire, les organismes ont été triés sous une loupe binoculaire (Marque Olympus) et séparés selon les valves des coquilles puis selon leur



apparence morphologique. Les organismes séparés ont été conservés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70% et étiquetés. Par un examen minutieux à la loupe binoculaire, les taxons ont été déterminés principalement jusqu'au niveau de l'espèce à l'aide clés d'identification appropriées. Les différentes clés utilisées sont : Brown (1980), Schneider (1992), Grassé et Doumenc (1995), Hayward *et al.* (1998), Anonyme (2002), Graf et Cummins (2006), Tachet *et al.* (2006), Sankaré (2007).

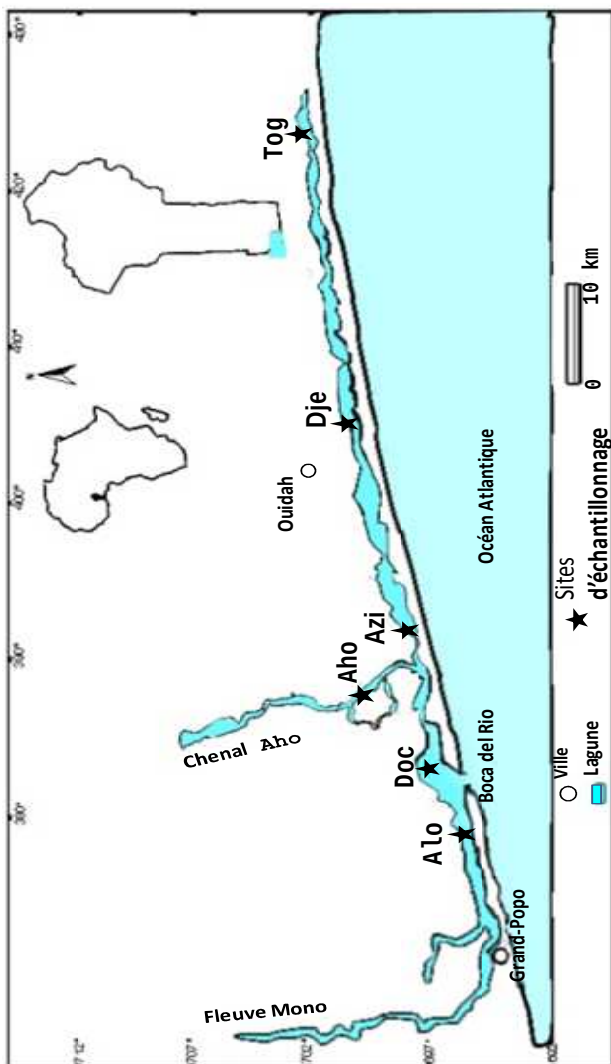


Figure 1 : Carte de la zone d'étude et sites d'échantillonnage.

2.2.2. Collecte de paramètres environnementaux

De la même façon, entre six et dix heures, à chaque site, la température, la salinité, l'oxygène dissous, le pH, la transparence, la profondeur et la conductivité ont été mesurés in situ. Des sédiments collectés et ramenés au laboratoire ont permis de déterminer les fractions du substrat selon la méthode Intès et LeLoeuf (1986). Des prélèvements d'eau conservés au frais dans des glacières et ramenés au laboratoire ont permis de déterminer la DBO5 et les concentrations des ions phosphates (PO_4^{3-}), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) et ammonium (NH_4^+).

2.2.3. Présentation des résultats

Le pourcentage d'occurrence a été déterminé selon Dajoz (2000), par le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre d'échantillons (p) où l'espèce i apparaît et le nombre total d'échantillons (P) de l'unité biocénotique considérée, soit l'expression :

$$C = \frac{p \times 100}{P}$$

Trois groupes d'espèces sont obtenus: des espèces constantes ($C \geq 50 \%$); des espèces accessoires ($25 \% \leq C < 50 \%$) et des espèces accidentelles ($C < 25 \%$).

La diversité alpha a été exprimée par l'indice de Shannon (H) et l'équitabilité de Piélou (E) calculés respectivement par les expressions :

$$H = - \sum_{i=1}^S [P_i \log_2 (P_i)]$$

et
$$E = H / \log_2 (S),$$

où H est exprimé en bits, $P_i = N_i/N$, où N_i est le nombre représentant l'espèce i , et N = Nombre total d'individus; S est le nombre d'espèces et P_i la proportion de la $i^{\text{ème}}$ espèce (i variant de 1 à S).

2.3. Traitement des données

2.3.1. Prédiction de la richesse

Le logiciel EstimateS version 7 (Colwell *et al.*, 2004) a été utilisé pour évaluer la perfection du présent inventaire et prédire la richesse spécifique maximale de la lagune. Le nombre cumulé d'espèces, le nombre de singletons ou de doubletons constituent une mesure de l'effort d'échantillonnage (Walther et Moore, 2005) et constituent une méthode pouvant s'appliquer à n'importe quel groupe biologique (Moreno et Halffter, 2000). Ainsi, la richesse spécifique est estimée à partir de la courbe cumulative spécifique obtenue par un ajout de nouvelles espèces à la liste cumulative d'espèces dans l'ordre chronologique des campagnes (Gotelli et Colwell, 2001). Une estimation statistique de ce nombre à partir des courbes d'accumulation d'espèces basées sur des estimateurs non paramétriques a permis d'apprécier l'effort et la perfection de l'inventaire. A cet effet, des modèles d'accumulation d'espèces adaptés aux courbes d'accumulation d'espèces (Moreno et Halffter, 2000; Gotelli et Colwell, 2001) ont aidé à sa réalisation.

En fait, ces modèles prédisent la richesse spécifique réelle par une extrapolation à partir des courbes cumulatives spécifiques, il y aurait des biais (Colwell, 2005). Pour cela, plusieurs modèles sont utilisés à la fois. La valeur de la richesse spécifique est la moyenne des valeurs des estimateurs utilisés à cet effet (Colwell, 2005). Les courbes d'accumulation des espèces issues de 100 simulations, ont été randomisées à un

intervalle de confiance de 95 %. Trois estimateurs Chao1, ACE (Abundance-based Coverage Estimator), et Bootstrap ont été utilisés pour cette étude (Colwell *et al.*, 2004).

2.3.2. Analyse canonique

Pour réaliser cette analyse, deux bases de données ont été utilisées. La première base concerne les principaux taxons c'est-à-dire ceux qui ont au moins une abondance de 5% à un site de la lagune. La deuxième base est celle des paramètres physico-chimiques et granulométriques mesurés aux 6 sites. Seize (16) paramètres physiques, chimiques. L'Analyse Canonique des Redondances est effectuée pour identifier les paramètres du milieu qui expliquent une partie de la variance dans la structure des communautés obtenues (ter Braak et Smilauer, 2002). Ce module permet de mettre en relation les paramètres physico-chimiques et granulométriques avec la présence et l'abondance des principales espèces de la malacofaune récoltée. Nous avons réalisé ces analyses avec le logiciel CANOCO 4.5 (CANONical Community Ordination version 4.5) (ter Braak et Smilauer, 2002). L'analyse en RDA (ReDundancy Analysis) s'est révélée la plus appropriée. La pertinence de l'analyse est d'abord vérifiée grâce à un test de permutation de Monte-Carlo (Manly, 1991) sur 199 permutations aléatoires (McQuoid et Godhe, 2004).

Le résultat est un graphe dans lequel sont représentées les espèces, les observations et les paramètres physico-chimiques et granulométriques. Les observations sont notées sous formes de symboles hiérarchisés selon les saisons. Les paramètres sont représentés par des flèches dont les longueurs sont fonction de leurs importances, le rapprochement des espèces aux paramètres met en évidence leurs préférences environnementales.

4. RESULTATS

4.1. Variables environnementales

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et granulométriques sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques de l'eau et du substrat de la LPN (période de juillet 2007 à juin 2009).

Variables	Moy (Min–Max)
Transparence (cm)	36,92 (10–100)
Profondeur (m)	1,2 (0,15–3,0)
Température (°C)	28,11 (25–31,8)
pH	7,22 (5,0–10,8)
Salinité (g/L)	5,36 (0,0–26,6)
Conductivité (mS/cm)	8,57 (99,6–41,6)
O2 dissous (mg/L)	5,26 (0,4–12)
DBO5 (mg/L)	4,22 (1,21–6,64)
Sable (%)	70,52 (2,91–95,47)
Argile + Limon (%)	27,08 (2,97–97,02)
Phosphates (mg/L)	9,28 (0,15–45,32)
Nitrates (mg/L)	18,28 (0,35–65,56)
Nitrites (mg/L)	3,811 (0,03–18,22)
Ammonium (mg/L)	0,198 (0,14–0,3)

Légende: Min = minimum; Max = maximum; Moy = Moyenne; Trans = transparence; Cond= conductivité; Sali = salinité, Temp = température, Prof = profondeur, NH_4^+ = ion ammonium; PO_4^{3-} = ion phosphate; NO_2^- = ion nitrite; NO_3^- = ion nitrate.

4.2. Composition faunistique

Le tableau 2 présente l'inventaire de la macrofaune benthique échantillonnée ainsi que leur répartition taxonomique. De

même le tableau donne un aperçu sur les occurrences des différents taxa récoltés. La LC a été très riche en malacofaune formée de 47 taxons répartis en 30 familles et 37 genres, 5 ordres et 2 classes, les Gastéropodes (65,96%) et les Lamellibranches (34,04%). On y a distingué des espèces à affinité continentale (17 taxons) et à affinité estuarienne et/ou marine. Les Gastéropodes, répartis en 4 sous-ordres, a été le plus riche renfermant 66,67% de la richesse en malacofaune. Les Mésogastropodes ont constitué 54,17% de cette faune, les Basomatophores, 8,51%, les Archéogastropodes, 4,25%, les Polyplacophores, 2,08% (Figure 2). La composition des Mésogastropodes a été surtout due aux familles très riches qu'ont été les Thiaridae (7 espèces et 4 genres), les Neritidae (4 espèces) puis les Littorinidae, les Muricidae et les Potamididae avec 2 espèces chacune. Les autres familles de ce sous-ordre possèdent une espèce chacune. L'ordre des Lamellibranches a constitué 33,33% des mollusques collectés. Quatre familles, les Unionidae, les Tellinidae, les Solecurtidae et les Sphaeriidae ont renfermé 50% de la richesse des bivalves identifiés avec 2 taxons chacune.

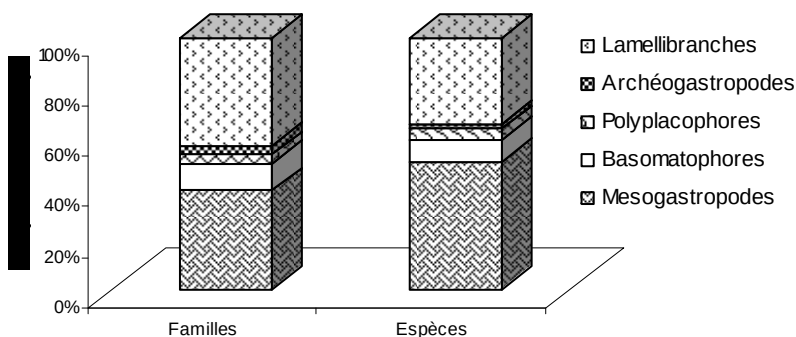


Figure 2 : Composition spécifique des Mollusques de la LC durant l'étude.

Tableau 2 : Inventaire des Mollusques de la LC.

TAXONS		Tog	Dje	Azi	Aho	Doc	Alo	%occ
GASTEROPODES								
MESOGASTROPODES								
Ampullariid	<i>Lanistes variscus</i>	*					*	2,87
Bithyniidae	<i>Gabbiella africana</i>						*	2,86
Carditidae	<i>Cardita calyculata</i>					*		1,43
Hydrobiidae	<i>Hydrobia quyenoti</i>	*	*	*	*		*	27,14
Littorinida	<i>Littorina scabra</i>	*		*				4,28
	<i>Littorina africana</i>			*	*	*		12,86
Lucinidae	<i>Codakia orbicularis</i>		*					1,43
Thiaridae	<i>Pachymelania aurita</i>		*	*	*		*	42,85
	<i>Pachymelania f.</i>			*	*	*	*	27,14
	<i>Pachymelania</i>						*	4,28
	<i>Pachymelania fusca</i>						*	11,43
	<i>Melanoides</i>	*	*		*		*	54,23
	<i>Melanoides anomala</i>	*					*	4,29
	<i>Potadoma sp.</i>	*			*		*	10,00
Muricidae	<i>Thais nodosa</i>				*	*		7,40
	<i>Thais coronata</i>				*	*		2,87
Naticidae	<i>Polinices sp.</i>						*	1,43
Neritidae	<i>Neritina cristata</i>	*						2,87
	<i>Neritina qlabrata</i>		*	*	*	*	*	54,28
	<i>Neritina afra</i>					*		4,29
	<i>Neritina kuramoensis</i>			*	*	*	*	37,14
Potamididae	<i>Tympanotonus f.</i>	*	*	*	*	*	*	97,24
	<i>Turitella sp.</i>	*	*	*	*	*		26,10
Indéterminé	Indéterminé						*	4,29
BASOMATOPHORES								
Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>							5,71
Planorbidae	<i>Indoplanorbis sp.</i>	*	*	*			*	11,43
	<i>Giraulus sp.</i>	*					*	5,71
Physidae	<i>Physa marmorata</i>	*		*			*	5,71
ARCHEOGASTEROPODES								
Patellidae	<i>Patella sp.</i>	*		*				8,57
Haliotidae	<i>Haliotis sp.</i>		*		*			2,86
POLYPLACOPHORES								
<i>Chiton</i>		*			*	*		22,85
LAMELLIBRANCHES								
Arcidae	<i>Anadara senilis</i>			*	*	*		5,71
Ostreidae	<i>Cassostrea sp.</i>	*	*	*	*	*		52,86
Unionidae	<i>Potomida littoralis</i>	*	*	*	*		*	42,85

	<i>Unio</i> sp.	*	*				5,71
Corbulidae	<i>Corbula trigona</i>	*	*	*	*	*	50,00
Dreissenida	<i>Congeria chochleata</i>			*	*	*	8,57
Tellinidae	<i>Tellina</i> sp.	*		*	*	*	11,42
	<i>Tellina ampullicea</i>	*	*	*	*		11,42
Sphaeriidae	<i>Pisdium</i> sp.	*	*			*	5,77
	<i>Sphaerium</i> sp.		*				5,77
Mactridae	<i>Mactra</i> sp.			*			1,42
Donacidae	<i>Iphigenia</i> sp.		*	*			5,71
Solecurtidae	<i>Pharus lequemen</i>			*	*		7,14
	<i>Tagelus angulatus</i>			*			4,29
Mytilidae	<i>Brachyodontes</i> sp.	*	*	*	*		12,26
Veneridae	<i>Pitar tumens</i>			*	*		5,71

Quatre familles de Gastéropodes et deux familles de Bivalves ont été prépondérantes. Parmi les Gastéropodes, les Thiariidae (967,11 ind/m²) représentées essentiellement par deux espèces que sont *Pachymelania aurita* (446,22 ind/m²) et *Melanoïdes tuberculata* (296,89 ind/m²) ; les Potamididae (864 ind/m²) représentées par l'espèce *Tympanotonus fuscatus radula* (833,78 ind/m²) ; les Neritidae (286,22 ind/m²) et les Hydrobiidae (199,11 ind/m²) ont dominé le peuplement à tous les sites. Chez les Bivalves, ce sont les Corbulidae (177,78 ind/m²) et les Unionidae (133,33 ind/m²) qui ont été prépondérantes.

4.3. Occurrence des taxa

La faune obtenue est ainsi regroupée en trois catégories selon leur fréquence d'occurrence. Au total, 6, 5 et 36 taxons respectivement constants, accessoires et accidentels ont été identifiés. On a distingué aussi 65 taxons ayant moins de 5 % d'occurrence (Tableau 3).

Tableau 3 : Classification des espèces de la macrofaune benthique de la Lagune Côtière sur la base de leur constance pendant l'étude.

Taxons constants	Taxons accessoires	Taxons accidentels
<i>Tympanotonus fuscatus radula</i>	<i>Pachymelania aurita</i>	<i>Littorina africana</i>
<i>Melanoides tuberculata</i>	<i>Potomida littoralis</i>	<i>Brachyodontes</i> sp.
<i>Neritina glabrata</i>	<i>Neritina kuramoensis</i>	<i>Chiton</i>
<i>Corbula trigona</i>	<i>Hydrobia guyenoti</i>	<i>Pachymelania fusca</i>
<i>Cassostrea</i> sp.	<i>Pachymelania quadriseriata</i>	f. <i>Potadoma</i> sp.
	<i>Turritella</i> sp.	<i>Indoplanorbis</i> sp.
		<i>Tellina</i> sp
		<i>Tellina ampullicea</i>

N.B.: Seuls les taxons accidentels ayant une occurrence de 10 % figurent dans ce tableau.

4.4. Prédiction de la richesse taxonomique.

La malacofaune récoltée a également présenté 1 singleton et 2 doubletons soit 2,13 % et 4,26 % de la richesse de la malacofaune (Figure 3 A). La richesse taxonomique maximale estimée pour ce groupe a été de $47 \pm 0,17$ pour Chao1; $47,21 \pm 0,4$ pour ACE et $48,88 \pm 0,00$ pour Bootstrap (Figure 3 B). La richesse spécifique maximale moyenne pour le groupe a été

alors de $48,2 \pm 2$; donc déjà 98,36 à 98,45 % des mollusques de cet écosystème ont été échantillonnés.

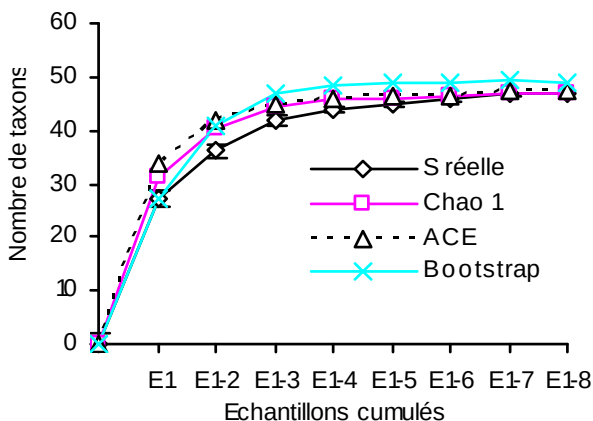
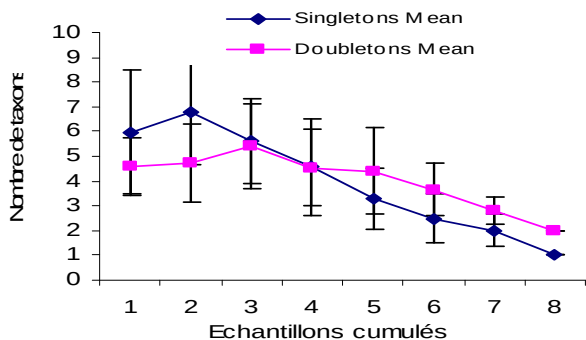


Figure 3 : Courbes de singletons et de doubletons dans les échantillons (A) et des estimateurs de richesse spécifique (Chao1, ACE, Bootstrap) (B) des taxons de mollusques benthiques obtenus au cours des huit campagnes s dans la lagune Côtière.

E1= échantillon de la première campagne; E2= cumul des échantillons des campagnes 1 et 2; E3 = cumul des échantillons des campagnes 1; 2 et 3; puis ainsi de suite.

4.5. Variations de la richesse et de l'abondance de la malacofaune benthique

Les variations spatiales et saisonnières de la richesse et de l'abondance des organismes sont illustrées par les figures 4.

La richesse spécifique augmente régulièrement de l'aval à Togbin vers l'embouchure à Djondji de façon significative d'un site à l'autre. Les sites les plus riches et abondantes sont ceux proches de l'embouchure (Doc et Aho). En aval les sites ont présenté les abondances les plus faibles sans variation significative.

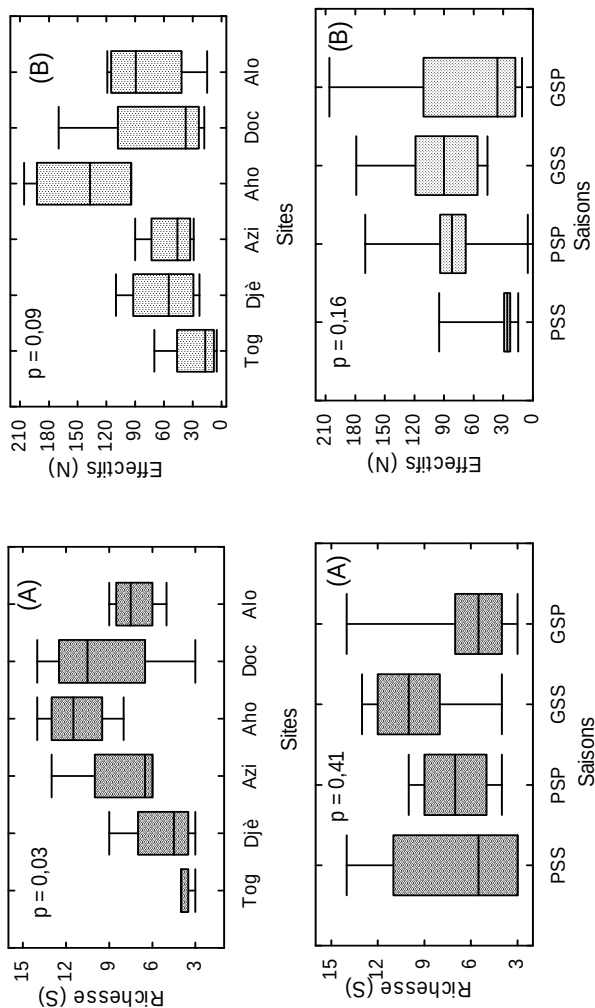


Figure 4 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la richesse taxinomique (à gauche) et de l'abondance (à droite) de la malacofaune durant l'étude.

PSS= petite saison sèche; PSP = Petite saison pluvieuse, GSS = grande saison sèche et GSP = grande saison pluvieuse.

4.6. Variations des indices de Shannon et de l'équitabilité de Piélou

La figure 5 a permis d'illustrer les variations spatiales et saisonnières des indices de diversité H et d'équitabilité E. L'indice H a fluctué de 1,84 bits sur le site de Tog à 3,48 bits sur celui de Alo en amont mais le site de Doc connaît aussi des faibles valeurs de cet indice.

L'indice de diversité de Shannon aux différentes saisons est compris entre 2,87 et 3,43. Quant à l'équitabilité, elle a été supérieure à 0,5 en toutes saisons hormis celles obtenues à la rencontre du chenal et la lagune à Aho pendant la GSS.

Sur l'ensemble, l'indice H a montré une légère variabilité saisonnière significative (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

Aucune différence significative n'a été notée entre les valeurs spatiales de ces indices de ces indices ($p > 0,05$).

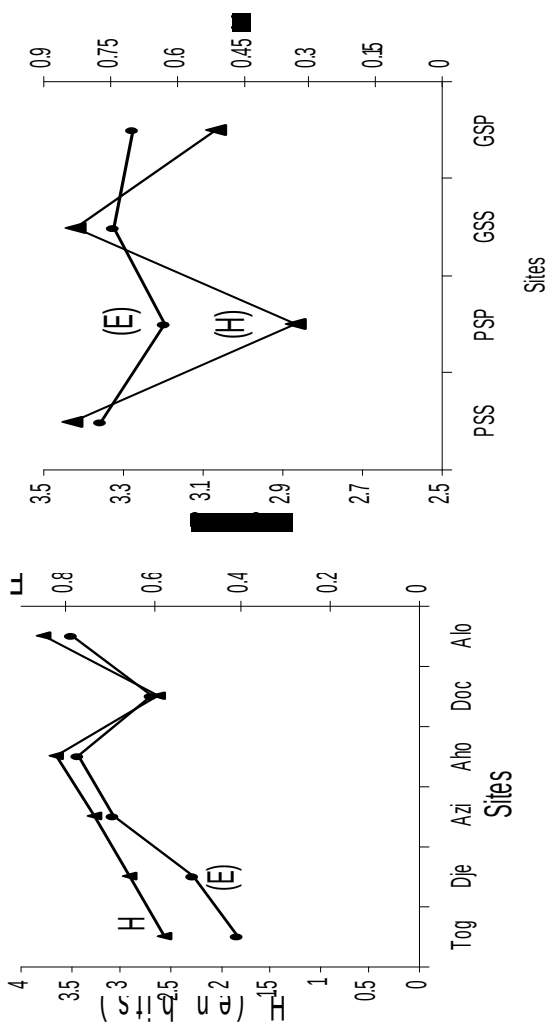


Figure 5 : Variations spatiales et saisonnières de l'indice de Shannon (H) et de l'équitabilité (E).

4.7. Analyse canonique

Les résultats de l'analyse de redondance réalisée entre les paramètres environnementaux et les principaux taxons relevés aux différents sites sont illustrés à la figure 6. Le test de permutations de Monte-Carlo a indiqué que le résultat de cette analyse est très significatif ($p = 0,0027$ et totale variance = 1). Les deux premiers axes ont exprimé 52,7 % et 76,3 % de l'information (Tableau 4).

Tableau 4 : Pourcentages d'informations exprimées par les quatre axes de l'analyse canonique de redondances.

Axes	Valeurs propres	Pourcentage cumulé
I	0,112	52,7
II	0,092	76,3
III	0,059	81,1
IV	0,042	93,2

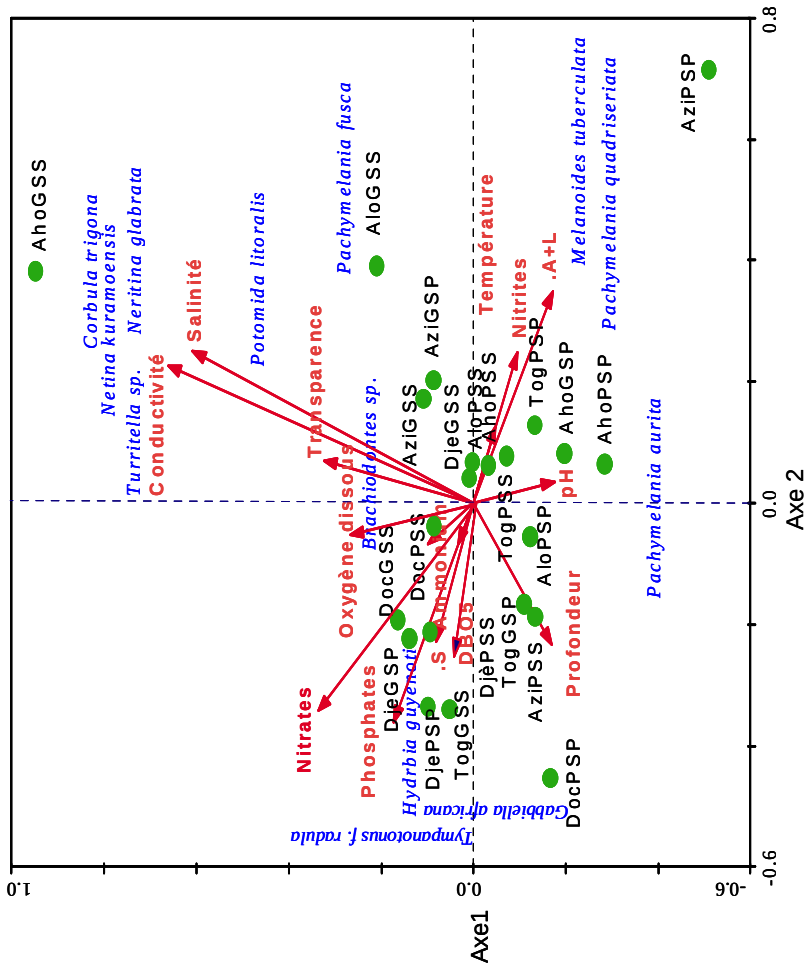


Figure 6: Analyse de redondance (RDA) des principaux taxons de Mollusques de la Lagune Côtière en fonction des variables environnementales.

Tog, Dje, Azi, aho, Doc et Alon sont les sites d'échantillonnage. GSS = grande saison sèche; GSP = grande saison des pluies; PSS = petite saison sèche; PSP = petite saison des pluies).

A l'axe l'axe 1 (F1), une corrélation positive a été notée entre le taux de fines particules de sédiments, la température et les nitrites sur les sites de Togbin et Aho pendant les petites saisons sèches et pluvieuses avec une prépondérance des espèces *Melanoïdes tuberculata* et *Pachymelania fusca quadriseriata*. A l'opposé, ce sont les nutriments, la DBO5 et le taux de sable pour la zone de Djègbadji en toutes périodes où on note la prolifération des espèces plus résistantes comme *Tympanotonus fuscatus radula*, les microgastéropodes.

A l'axe 2 (F2), s'est associé un gradient positif de minéralisation. Cet axe a été fortement et positivement corrélé à des facteurs tels que la salinité, la conductivité, la transparence et l'oxygène dissous avec les sites proches de l'embouchure en saisons sèches. On note la prolifération des bivalves et des genres comme *Neritina* et *Turritella*. Dans le même temps, l'espèce *Pachymelania aurita* négativement corrélée à cet axe se retrouve dans les échantillons issus des saisons pluvieuses.

5 DISCUSSION

La LC se caractérise par une forte richesse taxonomique contre 28 espèces recensées dans la lagune par l'ensemble des études de Nozeran-Pasquier (1976), Paradis (1976, 1978); et en comparaison à l'étude de Gnohossou (2006) sur la macrofaune benthique du lac Nokoué où il a récolté 9 familles de mollusques au cours de ses études. Cependant il existe encore des biais dans la collecte de données. Dans cette étude, l'importance du nombre de singletons et de doubletons dans les échantillons des campagnes cumulés prouve que l'inventaire demeure incomplet. Mais lorsque l'effort d'échantillonnage augmente, le nombre de singletons et de doubletons décroît substantiellement (Gotelli et Colwell, 2001, Colwell, 2005). Aussi longtemps que les singletons et

doubletons persistent dans les échantillons, les possibilités d'obtention de la richesse spécifique plus élevée existent. La probabilité de retrouver de nouvelles espèces est approximativement proportionnelle à celle des singletons restants à découvrir (Walther et Moore 2005). L'estimation selon les modèles d'accumulation d'espèces, permet de prédire une richesse spécifique de 48 ± 2 espèces contre 47 et 1 indéterminées actuellement récoltées dans la lagune.

De nombreuses études réalisées soulignent la riche biodiversité et l'importance écologique des milieux estuariens favorisée par leur proximité avec la mer qui leur fournit des espèces marines via les marées et la présence de mangroves (Zabi et Le Loeuf, 1993; Alfaro, 2006). L'accumulation d'importants amas de feuilles en décomposition provenant de la végétation flottante bien développée, et l'hydrologie contrôlée par les lâchures permanentes d'eau douce en provenance de Nangbéto favorisent une disponibilité des ressources environnementales fondamentales pour la reproduction et la croissance de larves des organismes macrobenthiques en général, et les mollusques surtout à affinité continentale tels que les microgastéropodes comme les Hydrobiidae, les Bithyniidae, etc. La désalinisation constante de la lagune par l'entrée d'eau douce engendre la non significativité de la composition de la malacofaune observée.

Cependant, certaines espèces de Mollusques, *Dosinia isocardia*, *Loripes aberrans* et *Teredo* sp. signalées dans les travaux de Paradis (1976, 1978), Gaillard et Gaillard (1980) et de Gaillard *et al.* (1982) dans cette lagune n'ont pas été rencontrées au cours de cette étude. De précédentes études ont mis l'accent sur des disparités dans la répartition de nombreuses espèces de la frange littorale allant de la Côte d'Ivoire au Bénin (Zabi et Le Loeuf, 1993; Le Loeuf, 1999).

Ainsi certaines espèces à fortes occurrences telles que *Tympanotonus fuscatus radula*, *Melanoïdes tuberculata*, etc. semblent s'adapter le mieux aux diverses conditions des milieux (hydrologie, nature du sédiment, ...); ceci traduirait leur indifférence à la qualité physico-chimique des eaux. D'autres sont rares; leur état peut être traduit par un degré de présence dans le milieu et une abondance faible; ce qui rend d'ailleurs l'échantillonnage difficile. Ainsi, des taxons jadis constants sont devenus accessoires comme l'espèce *Pachymelania aurita*. Des travaux antérieurs avaient signalé sa large distribution dans les deux lagunes d'étude. Son occurrence moyenne durant la présente étude pourrait se justifier par l'envasement des sédiments qui crée des conditions hypoxiques de vie pour l'animal (Zabi et Le Loeuff, 1982). L'étude montre que cette espèce tend à se faire remplacer par *Pachymelania fusca quadriseriata* et *Melanoïdes tuberculata*, espèces plus tolérantes peuplant les stations aux vases fines. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Maslin (1986) dans le Lac Ahémé et Gnohossou (2006) dans le Lac Nokoué. Cette observation se trouve justifiée aussi par les études de Zabi et Le Loeuff (1982), qui expliquent que lorsque la charge polluante augmente, les peuplements s'appauvrissent en certaines espèces. Certaines espèces ne supportant plus les nouvelles conditions environnementales, deviennent plus rares comme l'espèce *Neritina glabrata* totalement absente sur certains sites même quand la salinité est élevée. L'espèce a une large répartition dans la Lagune Côtière sauf à Togbin; alors qu'elle avait été retrouvée à cette station selon les travaux de Paradis (1978). Cette faible représentativité des Mollusques sur certains sites pourrait ne pas être seulement due à un environnement physico-chimique défavorable mais aussi à une forte prédation que pourraient exercer certaines espèces de poissons sur les jeunes mollusques.

Selon les données relatives aux abondances, les Mesogastropodes représentent la composante largement dominante en toutes saisons et sur tous les sites. Ces fortes densités observées à ces différents sites seraient dues à la complexité de la structure des habitats existants (présence de litières, mangroves, macrophytes, etc.) donc une diversité des niches favorisant la disponibilité de nutriments, mais aussi de faibles prédateurs. Cette structuration de la communauté en relation avec l'hétérogénéité spatiale des habitats a été déjà souligné par plusieurs autres auteurs (Olomukoro et Tochukwu, 2006, Alfaro, 2006).

Par rapport aux indices synthétiques de diversité des peuplements, leurs valeurs calculées sont relativement élevées. Selon Gray *et al.* (2002), et Dajoz (2000), l'indice de diversité est d'autant plus élevé que les peuplements identifiés sont relativement diversifiés et équilibrés. De ce fait, les conditions du milieu favorisent l'installation de nouvelles espèces. Mais sur le site de Doc et pendant la PSP, on note un fort stress sur les organismes dû à la grande variation de salinité et l'introduction de grandes quantités de nutriments dans l'écosystème.

Les résultats de l'analyse de redondance montrent que le taxon *Tympanotonus fuscatus radula* préfère les milieux très minéralisés, anoxiques et soumis aux rejets polluants. Ce qui n'est pas le cas de l'espèce *Corbula trigona*. En effet, dans les lagunes, le phénomène d'anoxie qui se produit durant la grande saison sèche (GSS) perturbent les populations des lamellibranches (Maslin, 1986). Cette baisse rapide du taux d'oxygène dissous fortement corrélée avec l'augmentation de la salinité est la conséquence de la dégradation de la matière organique produite par la forte poussée planctonique durant la petite saison pluvieuse (PSP) liée à l'apport de sels nutritifs via les fleuves (Le Loeuf, 1999). Ce qui engendre le

repeuplement par les mollusques de petites tailles dont la présence pourrait être synonyme d'une reconstruction probable du milieu.

En somme, la malacofaune étudiée est riche et diversifiée mais dominée par peu de taxons constants. Le confinement et l'enrichissement à l'intérieur des écosystèmes favorisent le développement d'une faune plus tolérante, mature et propre au milieu. Mais le possible renouvellement des eaux permet la colonisation de l'écosystème par des taxa et assure le repeuplement malgré les facteurs de risques naturels qui imposent des stress aux organismes. L'utilisation de plusieurs engins et l'exploration d'habitats plus diversifiés peuvent permettre un inventaire plus efficace de la richesse spécifique.

Remerciements

Nous remercions Dr Bonou pour son assistance technique sur le terrain, le groupe doctoral du Laboratoire d'hydrobiologie et d'Aquaculture de l'Université d'Abomey-Calavi et du Laboratoire d'Environnement et de Biologie Appliquée de l'Université Nanguy- Abrogoua d'Abobo-Adjamè (Côte d'Ivoire) pour leurs nombreux conseils et leur aide certaine. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet interrégional ESTEL (Ecologie des Systèmes Tropicaux Estuariens et Lagunaires) initié par l'Université d'Abobo-Adjamè et l'Université d'Abomey-Calavi en collaboration avec l'Institut Polytechnique de Toulouse (France) et financé par l'AUF.

REFERENCES

1. Adandédjan D, 2012. Diversité et déterminisme des peuplements de macroinvertébrés benthiques de deux lagunes du Sud-Bénin : la Lagune de Porto-Novo et la

- Lagune Côtière. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 262 p.
2. Alfaro AC (2006). Benthic macro – invertebrate community composition within a mangrove/ seagrass estuary in Northern New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 97 – 110.
 3. Anonyme 1 (1984): Report of an informal consultation on research on the biological control of snails intermediate hosts. TDR/VBC-SCH-SI 3 : 1-39.
 4. Anonyme 2 (2003) : Gestion Intégrée des Ressources en Eau en Côte d'Ivoire : Bilan et perspectives. Rapport technique, Ministère des Eaux et Forêts, 68 p.
 5. ter Braak CJF & Smilauer P (2002). CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5). Micro-computer Power, Ithaca, New York, 351 p.
 6. Brown DS (1994): Freshwater Snails of Arica and their Medical Importance. Edition Taylor and Francis Ltd, London, 608 p.
 7. Colwell RK, Rahbek C & Gottelli N (2004). The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far ? *American Naturalist*, 163: E1-E23.
 8. Colwell RK. 2005. *ESTIMATES*: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 7.5, Available from URL: <http://viceroy.eeb.ucom.edu/estimates>.
 9. Dajoz R (2000). Précis d'écologie. 7^{ème} Edition. Dunod, Paris, 615 p.
 10. Gaillard M & Gaillard M. 1980. - Etude sédimentologique des milieux de mangrove dans le domaine margino-littoral occidental du Bénin (Afrique de l'ouest). Rapp. Laboratoire de Géologie. Université Nationale du Bénin, 28 p.
 11. Gaillard M, Lang G & Lucas J (1982). Étude sédimentologique des milieux de mangrove du Bénin

- occidental (Afrique de l'Ouest). Actes Symposium international sur les lagunes côtières. Bordeaux, 8-13 septembre 1981. *Oceanologica Acta*, suppl. n° 4: 129- 137.
- 12.Gnohossou PM (2006). La faune benthique d'une lagune ouest africaine (le Lac Nokoué au Bénin), diversité, abondance, variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. Formation doctorale : SEVAB. 169 p.
- 13.Gray JS, Wu RSS & Or YY (2002). Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Maine. Ecology Progress Series.*, 238: 249-279.
- 14.Intès et LeLoeuf (1986). Les Annelides Polychètes de Côte d'Ivoire. IV- Relation faune-sédiments. *cahier ORSTOM, série océanographie*, **21** (1): 53-88.
- 15.Lecointre G. et LeGuyader H. (2001) : Classification phylogénétique du vivant. Edition Belin, 231 p.
- 16.Le Loeuf P (1999). La macrofaune d'invertébrés benthiques des écosystèmes à salinité variable le long des côtes atlantiques de l'Afrique tropicale ; variations de la biodiversité en relation avec les conditions climatiques actuelles (précipitations) et l'histoire climatique régionale. *Zoosystema*, 21 (3): 557 – 571.
- 17.Manly BFJ. 1991. Randomization and Monte Carlo Methods in Biology. Chapman and Hall, London, 281p.
- 18.Maslin J-L & Bouvet Y (1986). Le Lac Ahémé (Bénin): Présentation du milieu, caractéristiques mésologiques, nature des fonds et distribution des peuplements malacologiques. *Oikos* 46: 192-202.
- 19.Moreno CE & Halffter G (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149-158.
- 20.N'goran EK (1997). Biodiversité, Transmission et épidémiologie de *Schistosoma haematobium*, Bilharz, 1852

- et des Schistosomes apparentés en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Perpignan, 166 p.
21. Nozeran-Pasquier S (1976). Écologie des mollusques des lagunes du Sud Dahomey. Notes Contributions. *Cerpab*, 11, 96 p.
22. Olomukoro JO & Nduh-Tochukwu OC (2006). Macroinvertebrate colonization of artificial substrata II: weeds and plant stems. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5 (6): 990-995.
23. Paradis G. 1976. Recherches sur le quaternaire récent du sud de la R.P. du Bénin (es-Dahomey) : Étude des thanatocenoses de mollusques. Notes Contributions. *Cerpab*, 12. 173 p.
24. Paradis G (1978). Interprétation paléoécologique et paléogéographique des taphocénoses de l'holocène récent du Sud-Bénin à partir de la repartition actuelle des mollusques littoraux et lagunaires d'Afrique occidentale. *Géobios*, 11 (6): 867-891.
25. McQuoid MR & Godhe A (2004). Recruitment of coastal planktonic diatoms from benthic versus pelagic cells: Variations in bloom development and species composition. *Limnology and Oceanography*, 49: 1123-1133.
26. Rosa LCR & Bemvenuti CE (2006). Temporal variability of the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, Brazil *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(1): 1-9.
27. Slootweg R, Malek EA & McCullough FS. 1993. The biological contrôle of snail intermediate hosts of schistosomiasis by fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 3: 33-56.
28. Vicente N (1995) : Les mollusques, l'homme et l'imaginaire. Mémoire institut océanographie : 99-108.
29. Walther BA & Moore JL (2005). The conept of bias, precision, and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a



- literature review of estimator performance. *Ecography*, 28: 815-829.
30. Zabi GS & Le Loeuf P (1993). Revue des connaissances sur la faune benthique des milieux margino-littoraux d'Afrique de l'ouest. Deuxième partie : peuplements et biotopes *Revue Hydrobiologie tropicale*, 26 (1) : 19-51.
31. Zabi GS & Le Loeuf P (1992). Revue des connaissances sur la faune benthique des milieux margino-littoraux d'Afrique de l'Ouest. Première partie : biologie et écologie des espèces. Fkv. *Revue Hydrobiologie Tropicale*, 25 (3).