

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau et du substrat des palourdes *Egeria* (Roissy, 1805) dans le fleuve Sanaga, Cameroun

Guegang TEKOU^{1*}, Judith Georgette MAKOMBU², Claudine Tekounegning TIOGUE³, Pamela Cynthia Mepa TCHIEGANG¹, Cedrick Fogwan NGUEDIA⁴ et Augustave KENFACK⁵

¹ Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département de Productions Animales, Laboratoire d'hydrobiologie et d'Ichtyologie Appliquées, BP 222, Dschang Cameroun

² Université de Buea, Faculté d'Agriculture et de Médecine Vétérinaire, Département de Pêche et de Gestion des Ressources Aquatiques, BP 63, Buea Cameroun

³ Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Filière des Métiers du Bois, de l'Eau et de l'Environnement (FMBEE), BP 786, Ebolowa Cameroun

⁴ Organisation pour la Conservation des Mammifères Marins Africains, Dizangue, BP 908 Edéa, Cameroun

⁵ Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département de Productions Animales, Laboratoire de Reproduction et de Santé Animale, BP 188, Dschang Cameroun

* Correspondance, courriel : tekouguegang@yahoo.com

Résumé

L'étude sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et de la granulométrie du substrat des palourdes du genre *Egeria* dans la partie basse du fleuve Sanaga a été menée entre mars 2018 et avril 2019. L'objectif de cette étude est de fournir des informations sur les caractéristiques de l'habitat de ces palourdes en vue de faciliter leur transplantation, préservation et valorisation. A cet effet, un total de treize échantillonnages mensuels a été effectué dans chacun des trois sites (Bolounga-Mouloungo, Mpombo-Boloy et Maldjedou-Bonapembè). Des échantillons d'eau et de substrat ont été collectés sur quatre saisons dans le fleuve Sanaga au niveau de ces sites, pour être examinés in situ et en laboratoire suivant des méthodes d'analyse appropriées. Les résultats montrent en fonction des sites et des saisons, une variation des principales caractéristiques physiques : TDS ($19,0 \pm 3,5$ ppm), température ($29,6 \pm 1,7^\circ\text{C}$), conductivité ($35,0 \pm 6,8$ $\mu\text{s/cm}$) ; et chimiques (cm) : phosphate ($2,3 \pm 1,9$), nitrate ($13,6 \pm 5,6$), ammonium ($15,3 \pm 5,1$), sodium ($1,0 \pm 0,4$), calcium ($2,8 \pm 2,2$), magnésium ($1,1 \pm 1,0$). Le sable ($89,5 \pm 12,7$ %) a prédominé dans chaque site sur l'argile ($6,9 \pm 7,0$ %) et le limon ($3,6 \pm 6,2$ %). L'analyse multifactorielle révèle que Bolounga-Mouloungo et Mpombo-Boloy ont des caractéristiques de l'habitat proches mais différentes de Maldjedou-Bonapembè. Ces résultats sont importants pour une transplantation des palourdes dans d'autres zones estuariennes présentant des caractéristiques similaires de l'habitat.

Mots-clés : *partie basse fleuve Sanaga, physico-chimie, chlorophylle a, substrat, palourdes, Egeria.*

Abstract

Physico-chemical characteristics of the water and substrate of *Egeria* clams (Roissy, 1805) in the Sanaga River, Cameroon

The study on the physicochemical characteristics of water and the particle size of the substrate of clams of the genus *Egeria* in the lower Sanaga River was carried out between March 2018 and April 2019. The objective of this study is to provide information on the characteristics of the habitat of these clams in order to facilitate their transplantation, preservation and enhancement. To this end, a total of thirteen monthly samples were taken at each of the three sites (Bolounga-Mouloungo, Mpombo-Boloy and Maldjedou-Bonapembè). Water samples and substrate were collected over four seasons in the Sanaga River at these sites to be examined in situ and laboratory according to appropriate analysis methods. The results show, depending on the sites and the seasons, a variation of the main physical characteristics: TDS (19.0 ± 3.5 ppm), temperature (29.6 ± 1.7 °C), conductivity ($35.0 \pm 6,8$ μ s / cm); and chemical (cm): phosphate (2.3 ± 1.9), nitrate (13.6 ± 5.6), ammonium (15.3 ± 5.1), sodium (1.0 ± 0.4), calcium (2.8 ± 2.2), and magnesium (1.1 ± 1.0). Sand (89.5 ± 12.7 %) prevailed at each site on clay (6.9 ± 7.0 %) and silt (3.6 ± 6.2 %). Multifactorial analysis reveals that Bolounga-Mouloungo and Mpombo-Boloy have similar, but different, characteristics to Maldjedou-Bonapembè. Ces résultats sont importants pour une transplantation des palourdes dans d'autres zones estuariennes présentant des caractéristiques similaires de l'habitat. These results are important for transplanting clams into other estuarine areas with similar habitat characteristics.

Keywords : *Lower-Sanaga River, physico-chemistry, chlorophyll a, substrate, clams, Egeria.*

1. Introduction

L'élevage des palourdes est répandu dans le monde (Chine, Italie, France) mais reste encore au niveau embryonnaire en Afrique (Maroc, Algérie) [1 - 4]. Au Cameroun cependant, il n'est pas du tout connu. Les seules informations disponibles sont relatives à l'exploitation des palourdes du genre *Egeria* et concernent uniquement les pêcheries de la basse-Sanaga [5]. Dans cette zone, la pêche des palourdes constitue l'activité principale et génère des revenus qui permettent l'épanouissement et le développement économique de la localité [5]. Cependant, plusieurs menaces freinent le développement de cette activité notamment la destruction de l'habitat par les activités anthropiques en amont, la faible capacité de transformation et de conservation des palourdes et la baisse des captures dues à l'augmentation de l'effort de pêche pour satisfaire la demande locale, nationale et sous régionale sans cesse croissante [5, 6]. Pour renforcer la production de *Egeria* et empêcher la chute continue du stock en milieu naturel, il serait important d'engager un processus de conservation et de domestication lesquels nécessite au préalable la connaissance de leurs caractéristiques écologiques [7, 8]. À cet effet, quelques études de très courtes durée (deux mois chacune) ont été menées sur les palourdes du genre *Egeria* de la basse Sanaga notamment sur les caractéristiques de l'habitat [9, 10] et la morpho-biométrie [11]. Or les caractéristiques de l'habitat, de reproduction et de croissance peuvent varier en fonction des saisons de l'année et il est donc indispensable de mener une étude sur toute une année pour tirer une conclusion scientifique [12]. Ainsi, mener des études sur au moins une année entière pourrait permettre d'avoir des informations sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et du sédiment propres à l'environnement naturel afin de faciliter la transplantation des naissains dans d'autres zones estuariennes correspondant aux caractéristiques similaires ayant pour but la conservation de la population des palourdes *Egeria* et l'expansion de son habitat [13 - 15]. Plusieurs auteurs [16 - 19] ajoutent qu'un autre avantage d'une telle étude serait de pouvoir disposer d'une base de données essentielle pour la gestion et la conservation de la population des palourdes en zone estuarienne et même constituer une base

pour les évaluations futures des changements des caractéristiques de l'eau et du sédiment dans l'estuaire. Par ailleurs, les différentes phases d'élevage (pré grossissement et grossissement) des palourdes à travers le monde se font principalement en milieu naturel [6, 13, 20]. C'est dans ce sens que l'objectif de la présente étude est d'évaluer sur une année dans la partie basse du fleuve Sanaga et précisément dans les trois principaux sites de pêche (Bolounga-Mouloungo, Mpombo-Boloy et Maldjedou-Bonapembe), les caractéristiques physico-chimiques et chlorophylle a de l'eau des palourdes ainsi que la granulométrie de leur substrat.

2. Matériel et méthodes

2-1. Période d'étude et localisation de la zone d'étude

L'étude s'est effectuée de mars 2018 à mars 2019 dans trois principaux sites d'exploitation de palourdes (Bolounga-Mouloungo, Mpombo-Boloy et Maldjedou-Bonapembè) de la partie avale de fleuve Sanaga, situés dans l'arrondissement de Mouanko, département de la Sanaga Maritime, région du Littoral au Cameroun. Les caractéristiques géo-climatiques de cette zone sont ainsi qu'il suit : LN 3°35'-3°39' et LE 9°43'-9°47'. Le climat est de type Equatorial influencé par l'Océan Atlantique à 4 saisons (une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars, une petite saison de pluies de mi-mars à avril, une petite saison sèche de mai à juin et une grande saison de pluies de juillet à mi-novembre). Les précipitations annuelles varient de 2000 à 3000 mm et les températures de 25 à 30°C [21, 22].

2-2. Échantillonnage et collecte des données environnementales

Un total de treize échantillonnages mensuels a été effectué dans chacun des trois sites du fleuve Sanaga retenus pour cette étude : Bolounga-Mouloungo, Mpombo-Boloy et Maldjedou-Bonapembè. Dans chaque site, trois points étaient retenus à chaque échantillonnage par les critères suivants : l'accessibilité à la profondeur, la présence importante des palourdes, l'intensité des activités de pêche susceptibles d'influencer la qualité de l'eau et les bancs de sable.

- *Paramètres physiques* : Les prélèvements d'eau destinés à l'analyse des paramètres physiques se sont faits de manière successive dans les 3 sites ciblés juste au-dessus du substrat. Les paramètres physiques relevés in situ étaient la température, le taux de particules solides (TDS), la transparence, la profondeur et la conductivité. Ils ont été relevés à l'aide d'un Kit multi-paramètres de marque WATERPROOF.

- *Paramètres Chimiques* : Les paramètres chimiques relevés in situ étaient le pH, l'oxygène dissous et la salinité à l'aide d'un Kit multi-paramètres de marque WATERPROOF. L'analyse des autres paramètres chimiques à savoir le nitrate, l'ammonium, le calcium, le phosphate, le magnésium et le sodium s'est faite au laboratoire suivant le protocole de [23].

- *Pigments photosynthétiques* : Pour l'analyse de la chlorophylle a, le prélèvement d'eau in situ et l'analyse au laboratoire ont été conduit suivant le protocole de [24].

- *Granulométrie du substrat des palourdes* : Le substrat prélevé était stocké dans des sacs plastiques, puis transporté au laboratoire pour déterminer les proportions en pourcentage d'argile (< 0.002 mm), de limon (0.002-0.02 mm), et de sable (0.02-2 mm) [25].

2-3. Analyses statistiques

Les comparaisons des données physico-chimiques, la chlorophylle a et la granulométrie du substrat en fonction des sites et des saisons ont été faite au moyen de l'analyse de la variance et le test de Turkey au seuil de 5 % a été utilisé pour séparer les moyennes lorsque les différences étaient significatives. Les

interactions entre les variables (caractéristiques physico-chimiques, chlorophylle a, granulométrie du substrat, sites et saisons) et les distances/regroupement entre les observations ont été faites par les analyses multifactorielles. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du tableur Excel, des logiciels SPSS 20.0 et R i386 3.5.3.

3. Résultats

3-1. Caractéristiques physiques de l'eau

La variation des caractéristiques physiques de l'eau des palourdes en fonction du site et de la saison telle que présentée par la **Figure 1** et le **Tableau 1**, montre qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre tous les paramètres physiques en fonction des saisons et des sites. Toutefois, la transparence a été comparable entre les sites ($p > 0,05$). De manière générale dans tous les sites, les TDS, la conductivité et la profondeur ont enregistré respectivement les valeurs les plus élevées ($21,5 \pm 3,7$ ppm, $40,5 \pm 4,9$ $\mu\text{s}/\text{cm}$, $468,9 \pm 130$ cm) durant les saisons pluvieuses et les valeurs les plus basses ($15,6 \pm 5,5$ ppm, $26,1 \pm 10,2$ $\mu\text{s}/\text{cm}$, $156,5 \pm 66,7$ cm) durant les saisons sèches. Ce qui a été l'inverse pour la transparence qui a enregistré dans tous les sites les valeurs les plus élevées ($50,5 \pm 13,2$ cm) à la grande saison sèche et les plus faibles ($17,2 \pm 5,4$ cm) à la grande saison de pluie. La température quant à elle a présenté les valeurs les plus élevées ($30,6 \pm 0,9$ °C) et faibles ($27,9 \pm 1,1$ °C) respectivement à la petite et à la grande saison de pluie.

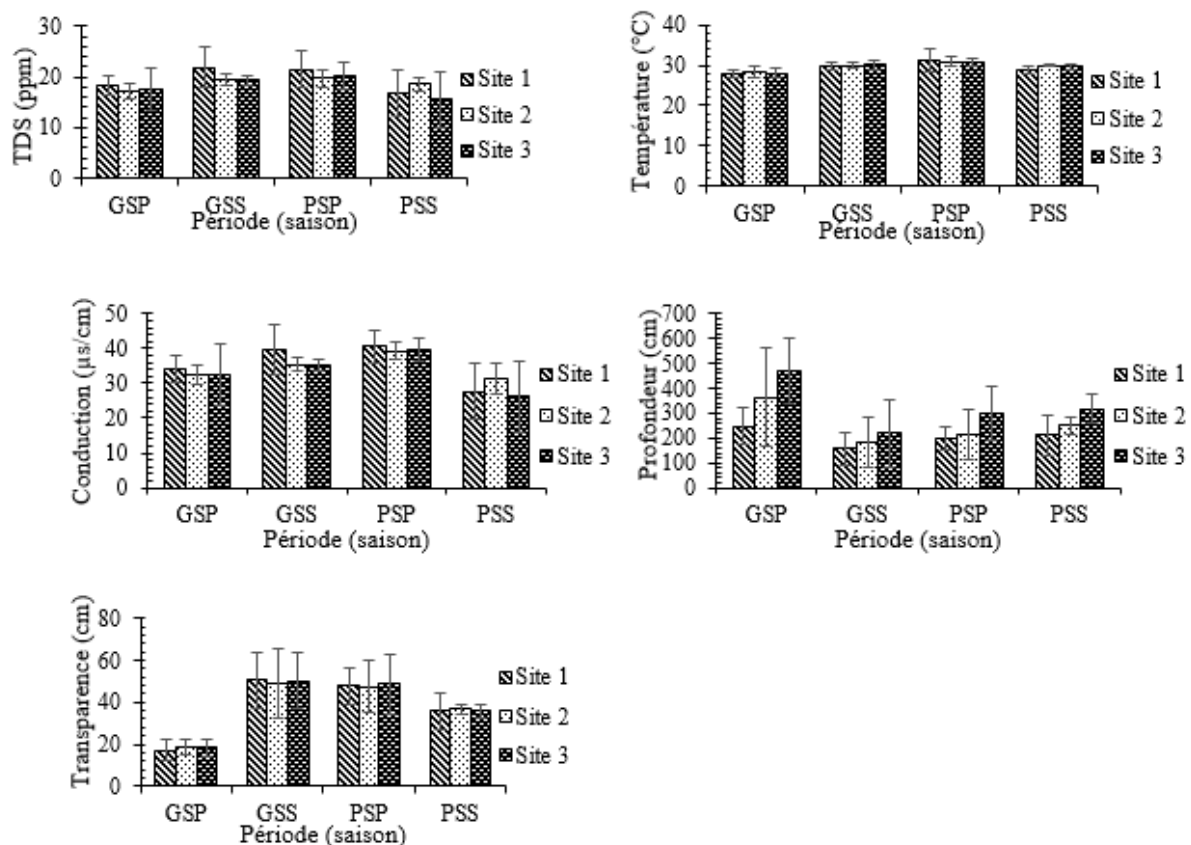
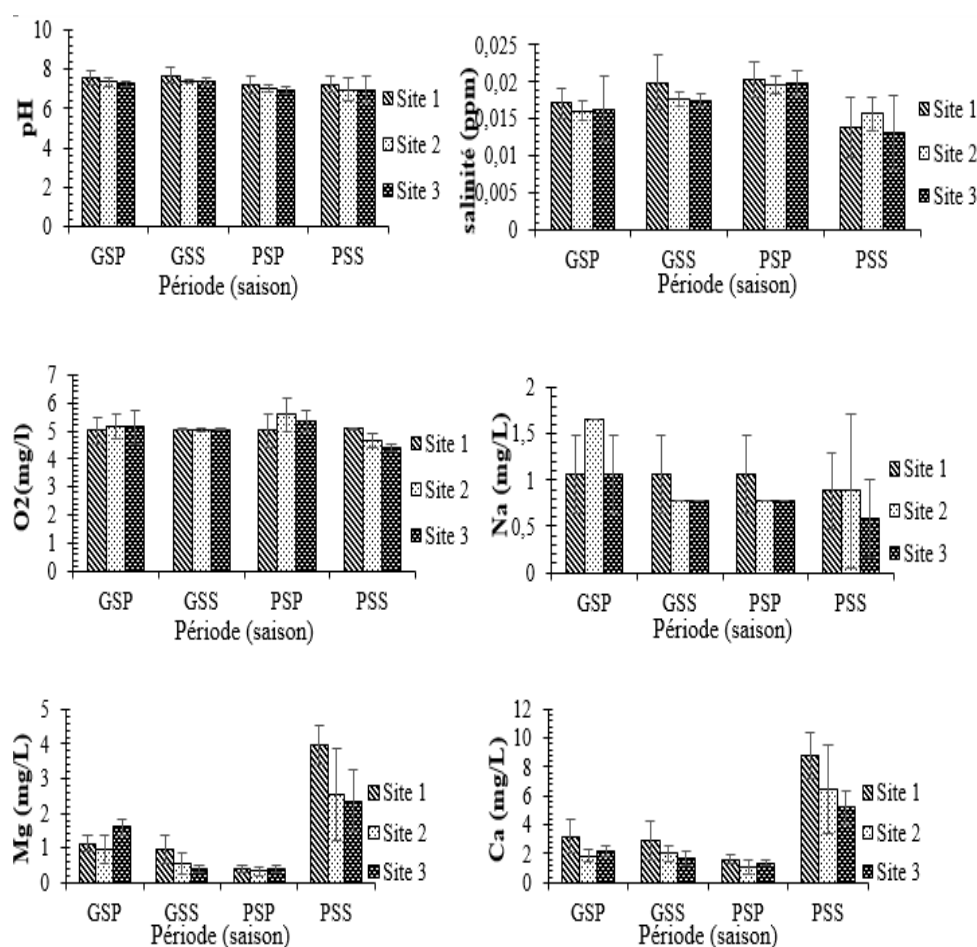


Figure 1 : Variation des caractéristiques physiques de l'eau des palourdes en fonction du site et de la saison

Légende : site 1 : Bolounga-Moulounga, site 2 : Mpombo-Boloy, site 3 : Maldjedou-Bonapembe, TDS : taux de particule solides, PSP : petite saison pluvieuse, GSS : grande saison sèche, PSS : petite saison sèche, GSP : grande saison pluvieuse.

3-2. Caractéristiques chimiques et chlorophylle a de l'eau

Les variations moyennes des paramètres chimiques et chlorophylle a de l'eau en fonction des saisons et des sites (**Figure 2 et Tableau 1**) font ressortir une différence significative entre les valeurs moyennes des paramètres chimiques ($P < 0,05$) en fonction des sites et des saisons. Toutefois, il n'existe pas de différence significative ($P > 0,05$) durant la petite saison de pluie concernant le magnésium en fonction des sites. De même, il n'existe pas de différence significative entre les valeurs moyennes de nitrates entre les sites Bolounga-Mouloungo et Mpombo-Boly. Il en est de même pour les phosphates durant la petite saison sèche dans les sites Bolounga-Mouloungo et Maldjedou-Bonapembè ($p > 0,05$). De manière générale quel que soit le site, la salinité, l'oxygène dissous, le sodium, le nitrate, le phosphate et la chlorophylle a ont enregistré respectivement les valeurs les plus élevées ($0,020 \pm 0,002$ ppm ; $5,6 \pm 0,6$ mg/L ; $1,7 \pm 0,0$ mg/L ; $21,1 \pm 2,7$ mg/L ; $5,8 \pm 4,3$ mg/L ; $2,3 \pm 0,9$ mg/L) durant les saisons de pluie et les plus faibles ($0,014 \pm 0,004$ ppm ; $4,4 \pm 0,1$ mg/L ; $0,6 \pm 0,4$ mg/L ; $5,4 \pm 0,6$ mg/L ; $0,2 \pm 0,1$ mg/L) durant les saisons sèches. Par contre, l'observation contraire a été faite pour le pH, le magnésium et le calcium qui ont enregistré respectivement des valeurs élevées ($7,6 \pm 0,5$; $4,0 \pm 0,6$ mg/L ; $8,8 \pm 1,6$ mg/L) pendant les saisons sèches et faibles ($6,9 \pm 0,2$; $0,3 \pm 0,1$ mg/L ; $1,1 \pm 0,5$ mg/L) pendant les saisons de pluie. L'ammonium a enregistré les valeurs les plus élevées ($19,1 \pm 1,6$ mg/L) et faibles ($7,7 \pm 5,7$ mg/L) à la grande saison sèche à Bolounga-Mouloungo et Maldjedou-Bonapembè respectivement.



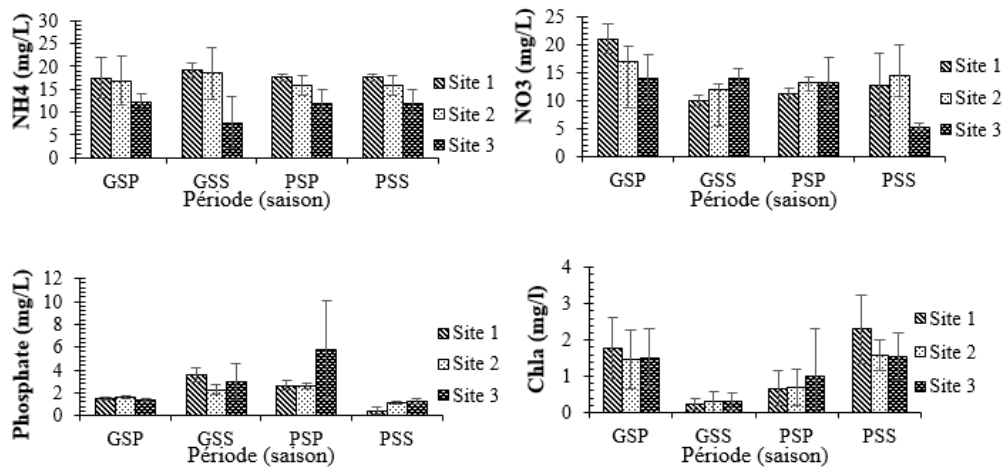


Figure 2 : Variations moyennes des paramètres chimiques de l'eau en fonction des saisons et des sites

Légende : site 1 : Bolounga-Mouloungo, site 2 : Mpombo-Boloy, site 3 : Maldjedou-Bonapembe, Mg : Magnésium, Ca : Calcium pH : potentiel d'hydrogène, Na : Sodium, NH4 : Ammonium, NO3 : Nitrates, chla : chlorophylle a, PSP : petite saison pluvieuse, GSS : grande saison sèche, PSS : petite saison sèche, GSP : grande saison pluvieuse.

3-3. Granulométrie du substrat des palourdes

La **Figure 3** et le **Tableau 1** présentent le pourcentage de la granulométrie du substrat des palourdes en fonction des sites et des saisons dans la basse-Sanaga. Les proportions de ces granulats ont en général montré des différences significatives ($P < 0,05$) entre les sites et les saisons. Toutefois, elles ont été pendant la grande et la petite saison sèche comparables ($P > 0,05$) quel que soit le site. De même, les sites de Bolounga-Mouloungo et Mpombo-Boloy ont enregistré des proportions de limon et d'argile comparables ($P > 0,05$). Quel que soit le site ou la saison le pourcentage de sable reste plus élevé comparé au pourcentage de limon et d'argile. Les proportions les plus élevées d'argile et de limon ont été enregistré à Maldjedou-Bonapembe pendant la grande saison de pluie, et ensuite à Bolounga-Mouloungo à la petite saison de pluie.

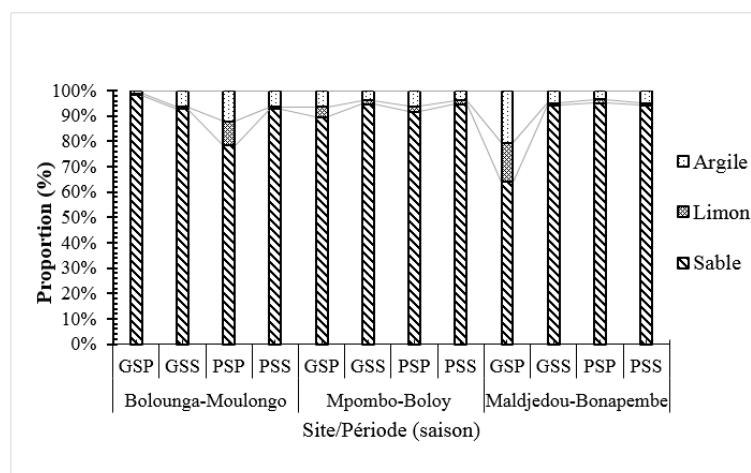


Figure 3 : Granulométrie du substrat des palourdes *Egeria* en fonction des sites et saisons

Légende : site 1 : Bolounga-Mouloungo, site 2 : Mpombo-Boloy, site 3 : Maldjedou-Bonapembè, PSP : petite saison pluvieuse, GSS : grande saison sèche, PSS : petite saison sèche, GSP : grande saison pluvieuse

Tableau 1 : Intervalle, moyenne et écart-type des caractéristiques physico-chimiques de l'eau et du substrat des palourdes en fonction des sites

Caractéristiques habitat	Bolounga-Mouloungo		Mpombo-Boloy		Maldjedou-Bonapembè		Total	
	Intervalle	Moyenne ± Ecart-type	Intervalle	Moyenne ± Ecart-type	Intervalle	Moyenne ± Ecart-type	Intervalle	Moyenne ± Ecart-type
Caractéristiques physiques								
Profondeur (cm)	10-350	203,4 ± 77,2 ^c	40-700	256,3 ± 152,0 ^b	20-700	329,3 ± 155,5 ^a	10-700	263,0 ± 142,8
Température (°C)	26,4-39	29,5 ± 2,1 ^b	26,5-33,2	29,7 ± 1,5 ^a	25,9-33	29,5 ± 1,5 ^b	25,9-39	29,6 ± 1,7
Conductivité (µs/cm)	14-56	36,4 ± 7,6 ^a	25-42	34,7 ± 4,1 ^b	10-60	34,0 ± 7,8 ^c	10-60	35,0 ± 6,8
TDS (ppm)	8-30	19,9 ± 4,1 ^a	15-22	18,7 ± 1,8 ^b	6-30	18,4 ± 3,8 ^b	6-30	19,0 ± 3,5
Transparence (cm)	0-66	37,4 ± 17,1	14-80	37,3 ± 17,3	10-75	37,8 ± 17,4	0-80	37,5 ± 17,3
Caractéristiques chimiques et chlorophylle a								
Phos (mg/L)	0,0-4,5	2,2 ± 1,2 ^b	0,9-2,9	2,0 ± 0,6 ^c	0,9-11,9	2,9 ± 2,9 ^a	0,0-11,9	2,3 ± 1,9
NH4 (mg/L)	12,0-23,1	18,0 ± 2,8 ^a	9,2-25,0	17,0 ± 4,7 ^b	2,8-15,7	10,8 ± 4,3 ^c	2,8-25,0	15,3 ± 5,1
NO3 (mg/L)	5,0-24,8	14,1 ± 5,5 ^a	6,2-28,5	14,2 ± 6,4 ^a	5,0-19,8	12,5 ± 4,5 ^b	5,0-28,5	13,6 ± 5,6
Na (mg/L)	0,3-1,7	1,0 ± 0,4 ^a	0,3-2,1	1,1 ± 0,5 ^a	0,3-1,7	0,8 ± 0,3 ^b	0,3-2,1	1,0 ± 0,4
Ca (mg/L)	1,2-10,8	3,6 ± 2,6 ^a	0,4-10,8	2,4 ± 2,2 ^b	1,2-6,8	2,3 ± 1,4 ^b	0,4-10,8	2,8 ± 2,2
Mg (mg/L)	0,2-4,4	1,4 ± 1,2 ^a	0,2-4,4	0,9 ± 0,9 ^c	0,2-3,4	1,1 ± 0,9 ^b	0,2-4,4	1,1 ± 1,0
pH	6,5-8,5	7,5 ± 0,4 ^a	6,3-7,9	7,2 ± 0,3 ^b	6,3-7,7	7,2 ± 0,3 ^b	6,3-8,5	7,3 ± 0,4
O ₂ (mg/l)	3,6-5,9	5,0 ± 0,4 ^b	4,4-6,6	5,1 ± 0,5 ^a	4,1-6,9	5,1 ± 0,5 ^b	3,6-6,9	5,1 ± 0,5
Salinité (ppm)	0,010-0,030	0,018 ± 0,004 ^a	0,010-0,020	0,017 ± 0,002 ^b	0,010-0,030	0,017 ± 0,004 ^b	0,010-0,030	0,018 ± 0,003
Chl a (mg/L)	0,02-3,95	1,12 ± 1,03 ^a	0,03-2,81	0,95 ± 0,78 ^b	0,02-4,24	1,03 ± 0,98 ^b	0,02-4,24	1,03 ± 0,94
Caractéristiques du substrat (%)								
Argile	1-22	6,0 ± 5,5 ^b	1-17	5,1 ± 4,6 ^c	1-34	9,4 ± 9,4 ^a	1-34	6,9 ± 7,0
Limon	0,5-23	2,8 ± 6,0 ^b	0,5-11,5	2,5 ± 3,3 ^b	0-24	5,5 ± 8,0 ^a	0-24	3,6 ± 6,2
Sable	55-98,5	91,1 ± 11,0 ^b	71,5-98,5	92,4 ± 7,5 ^a	48,5-99	85,0 ± 16,5 ^c	48,5-99	89,5 ± 12,7

Légende : TDS : taux de particule solides, Phos : Phosphate, NH4 : Ammonium NO3 : Nitrates, Na : Sodium, Ca : Calcium, Mg : Magnésium, pH : potentiel d'Hydrogène, O₂ : Oxygène dissous, Chl : Chlorophylle, Moy ± S : Moyenne ± Ecart-type, a,b,c : différentes lettres sur une même ligne indiquent une différence significative (p < 0,05)

3-4. Analyse multifactorielle des caractéristiques physico-chimiques et de la chlorophylle a de l'eau et de la granulométrie du substrat en fonction des sites

La **Figure 4** présente l'analyse en composantes principales (**Figure 4a**) et le dendrogramme (**Figure 4b**) des caractéristiques étudiées en fonction des sites et des saisons. Il ressort que les sites forment 3 groupes : le groupe 1 correspondant au site de Bolounga-Mouloungo et très rapproché du groupe 2 qui est le site de Mpombo-Boloy, tandis que le troisième groupe est représenté par le site de Maldjedou-Bonapembè. Ce dernier se distingue des autres par ses caractéristiques élevées en termes de profondeur, transparence, phosphate, limon et argile. La caractéristique principale de distinction étant la profondeur. Bolounga-Mouloungo se caractérise par les valeurs élevées de conductivité, TDS, salinité, calcium, pH, magnésium et chlorophylle a. Mpombo-Boloy quant à lui se caractérise par les valeurs élevées de température, oxygène dissous, sable, sodium, nitrates et ammonium.

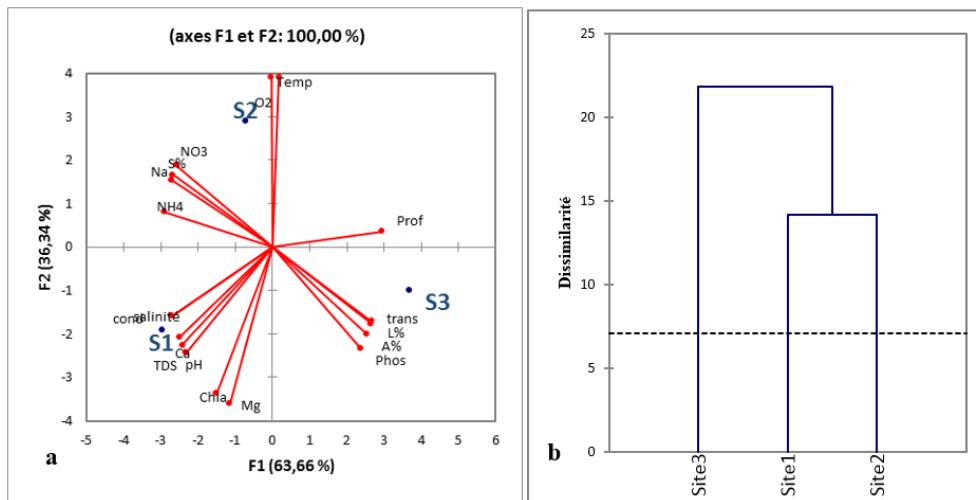


Figure 4 : Analyse multifactorielle des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, de la chlorophylle a et des caractéristiques du substrat en fonction du site. a) Analyse en composantes principales, b) Classification Ascendante Hiérarchique

Légende : S1 ou site 1 : Bolounga-Moulongo, S2 ou site 2 : Mpombo-Boloy, S3 ou site 3 : Maldjedou-Bonapembe, TDS : taux de particule solides, Mg : Magnésium, Ca : Calcium pH : potentiel d'hydrogène, Na : Sodium, NH4 : Ammonium, NO3 : Nitrates, Chla : chlorophylle a, Phos : phosphate, Temp : température, Cond : conductivité, Trans : transparence, Prof : profondeur, A : argile, L : limon, S : sable

4. Discussion

4-1. Caractéristiques physiques de l'eau

L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau des palourdes de la basse-Sanaga revêt une importance majeure dans l'étude de l'écologie des palourdes. Les variations enregistrées entre les taux de particules solides, de conductivité, la profondeur et la transparence de l'eau dans tous les sites seraient dues à l'augmentation en eau apportée par les pluies et les affluents pendant la grande saison de pluie et les faibles valeurs par la baisse de la marée pendant la grande saison sèche. Aussi, pendant les pluies les eaux sont plus enrichies en éléments minéraux [26]. Ce qui justifie la diminution de la transparence de l'eau en saison de pluie et son augmentation en saison sèche. Les prélèvements auraient été influencés par la période de pluie où l'eau est trouble d'où la présence des particules en suspensions dues au lessivage. Ce qui n'aurait pas été le cas pendant les prélèvements durant les saisons sèches dans les différents sites puisque les prélèvements ont été effectués en l'absence de toutes intempéries. Par ailleurs, les valeurs de taux de particules solides et de conductivité obtenues pendant la présente étude sont restées dans les gammes obtenues par [9] entre juin et juillet dans la même zone (basse Sanaga) et par [16] durant toute l'année dans l'estuaire du Volta au Ghana au niveau de la principale zone d'exploitation de l'espèce de palourdes *Egeria radiata*. Cependant, les valeurs de profondeur sont différentes de celles de [27] qui ont rapporté des valeurs allant de 50-1000 cm dans la même zone de l'estuaire du Volta. Cette différence pourrait s'expliquer soit par le fait que les prélèvements de la présente étude ont été faits en fonction de l'accessibilité du site par les plongeurs, soit par le fait que l'estuaire du Volta serait plus profond que la basse Sanaga. Les écarts de température de l'eau enregistrés entre la petite saison sèche et la grande saison de pluie pourraient s'expliquer par le fait que les températures plus élevées sont dues à l'évaporation de l'eau durant la petite saison de pluie. En effet, cette dernière succède directement à la grande saison sèche qui connaît un

ensoleillement maximal. Malgré ces écarts, les températures de l'eau restent toujours élevées et pourraient être dues à la position géographique de la zone d'étude qui présente en général des températures élevées. Cette gamme est favorable pour le développement optimal des palourdes qui sont des espèces qui vivent et croissent mieux dans le milieu où la température varie entre 6°C et 30°C [6, 9, 20, 26, 28]. CEPALMAR a observé qu'à partir de 20,7°C dans l'étang de Thau, la charge bactérienne et virale des bivalves prélevés dans le sédiment était non détectée ou très faible [20]. Ce qui pourrait traduire l'état sanitaire stable de la population de palourdes de la basse Sanaga.

4-2. Caractéristiques chimiques et chlorophylle a de l'eau

L'allure des variations de l'oxygène dissous indiquerait que les apports en éléments polluants dus aux activités anthropiques en amont ne sont pas considérables dans la basse Sanaga en saison de pluie. Il existerait une corrélation négative entre l'oxygène dissous et les effluents des activités anthropiques [16]. En effet, ces auteurs expliquent, la baisse des valeurs de l'oxygène dissous à Ada et Aveglo dans l'estuaire du Volta au Ghana par un taux de pollution plus élevée en saison de pluie provenant des fermes agricoles, des usines de fabrication de métal et de gestion des déchets situées dans le bassin hydrographique de cet estuaire. Toutefois, les valeurs enregistrées dans la présente étude se trouvent dans les marges propices pour le développement optimal des palourdes [6]. Les valeurs de salinité n'ont pas beaucoup varié dans les sites en fonction des saisons (0,01-0,03 ppm) comme pareillement observée (0,02-0,04 ppm) dans l'estuaire du Volta au Ghana [16]. Ce qui constituerait une caractéristique similaire à ces deux zones intertidales. Ainsi, les palourdes du genre *Egeria* évoluerait dans des zones de basses salinités. Par contre, les palourdes, japonaise et européenne qui sont les deux espèces les plus exploitées dans le monde, se développent dans des gammes de salinité élevées (20-50 ‰) [20]. La quantité de Sodium plus élevée pendant la grande saison de pluie serait due à leur apport par les marées hautes causées par le drainage de l'eau de mer dans le continent du fait que la basse Sanaga se situe dans une zone d'eau saumâtre (une zone de balancement de marée). Ces résultats sont similaires à ceux de [9] dans la même zone. L'ammonium provient des rejets d'azote organique et de la transformation du nitrate. Contrairement aux métaux lourds, ces composés ne présentent pas un réel danger pour les palourdes surtout que dans cette étude ils sont restés dans la gamme tolérable par celles-ci quel que soit la saison et le site [29, 30].

Les valeurs moyennes de pH se justifient avec l'effet saison car en saison sèche l'humidité des sols est plus faible et la concentration en hydrogène augmente et inversement [31]. Ces valeurs obtenues sont comparables à celles rapportées par [16] dans l'estuaire du Volta au Ghana, lesquelles sont comprises dans la gamme du pH des eaux naturelles (5 - 9) favorable à la vie en milieu aquatique [6, 31]. Les concentrations en magnésium et en calcium étant plus élevées durant les saisons sèches, pourraient indiquer que la formation des coquilles chez les palourdes serait plus accentuée à ces périodes. Les valeurs de phosphates obtenues dans cette étude sont plus élevées en petite saison de pluie à Maldjedou-Bonapembè que celles de [16] (0,15-0,57 mg/L) rapportées dans le site Ada dans l'estuaire du volta au Ghana. Cette différence pourrait se justifier par les activités anthropiques, la présence de la jacinthe dans la partie basse du fleuve Sanaga. Le lessivage des sols pendant la pluie pourrait également être responsable de la teneur élevée en phosphate. Ainsi, Maldjedou-Bonapembè serait plus riche en éléments nutritifs que les autres sites et par conséquent sa population de palourdes pourrait présenter des caractères de croissance et de reproduction très distincts [18, 32]. La forte teneur en chlorophylle a, enregistrée pendant la grande saison de pluie est similaire au résultat obtenu par [10] à la même saison dans la même zone d'étude. Cela s'expliquerait par le climat chaud de la zone, l'état trophique (eau mésotrophe) et le réchauffement des eaux. En effet, la teneur en chlorophylle a et les fluctuations relevées sont fortement influencées par les températures et les intensités lumineuses [17, 33]. En fait, la forte amplitude des variations thermiques jouerait un rôle direct dans la succession des espèces planctoniques [34]. Les efflorescences planctoniques représentent un apport alimentaire essentiel

pour les bivalves et stimuleraient la maturation sexuelle et les pontes, tant par leur importance que par la soudaineté de leur apparition [17, 32, 34, 35]. Chez *Egeria radiata* dans la rivière Volta, plusieurs auteurs [12, 35] ont d'ailleurs observé que la phase d'émission gamétique avait lieu en pleine saison de pluie (juin-octobre), ce qui correspondrait à la période de mai à novembre dans la basse Sanaga.

4-3. Granulométrie du substrat des palourdes

En ce qui concerne la granulométrie du substrat le long de la basse Sanaga, les proportions de sable ont été dominantes quel que soit le site et la saison, concordant avec les résultats obtenus par [16] dans l'estuaire du Volta. Ainsi, les palourdes du genre *Egeria* se développeraient dans les sites sableux. Les valeurs de limon et d'argiles obtenues ont été plus élevées dans les différents sites pendant la grande saison de pluie et seraient dues à la valeur élevée de la turbidité qui se caractérise par les limons en suspension dans l'eau. Les valeurs plus élevées en argile et limon obtenues à Maldjedou-Bonapembè indiqueraient que ce site serait plus riche en éléments nutritifs. En effet, la croissance des palourdes a toujours été meilleure en milieu vaseux qu'en milieux sableux (sable grossier). Etant enfouies, les palourdes aspirent en priorité les éléments phyto benthiques et tous les détritiques déposés sur le substrat avoisinant [17]. Par contre, [6] ont observé qu'en étang d'élevage, les substrats vaseux et sableux n'avaient pas un effet significatif sur les caractéristiques de croissance mais influençaient le taux de survie en faveur du substrat sableux. Bien que les palourdes vivent enfouies dans le substrat entre 5 et 15 cm, ce qui conditionnerait leur développement serait plus l'accès à l'eau courante comme c'est le cas dans les zones intertidales que dans les étangs d'élevage [6, 20].

4-4. Analyse multifactorielle

La position géographique des différents sites pourrait expliquer les résultats révélés par l'analyse multifactorielle. Ces résultats pourraient traduire une intensification des activités de pêche dans les sites Bolounga-Mouloungou et Mpombo-Boloy. Les caractéristiques environnementales de Maldjedou-Bonapembè lui confèreraient d'être plus stable et plus favorable au développement des palourdes [17]. Compte tenu de son inaccessibilité de par sa profondeur élevée, la population de palourde pourrait y être plus abondante, plus vieille et donc présenterait des individus de plus grande taille. La plus ou moins variabilité des conditions environnementales entre ces trois sites pourrait conduire à l'expression de phénotypes variés au sein de la population de palourdes de la basse Sanaga [14, 17]. Une identification de ces sous populations s'avèrerait utile afin de comprendre leur dispersion et d'élaborer des modalités de gestion spatialisées et particulièrement adaptées pour les espèces sédentaires telles que les palourdes [36].

5. Conclusion

Les caractéristiques physico-chimiques et pigments photosynthétiques de l'eau et la granulométrie du substrat dans la basse Sanaga présentent des fluctuations en fonctions des sites et des saisons. Les valeurs de taux de particules solides, conductivité, profondeur, salinité, oxygène dissous, sodium, nitrate, phosphate et chlorophylle a de l'eau dans tous les sites ont été plus élevées durant les saisons de pluie et faibles durant les saisons sèches. Ce qui a été l'inverse pour la transparence, température, pH, magnésium, ammonium et calcium. Les proportions de sable ont été dominantes quel que soit le site et la saison. Maldjedou-Bonapembè se distingue des autres sites par les valeurs élevées en termes de profondeur, transparence, phosphate, limon et argile. La caractéristique principale de distinction entre les sites est la profondeur. Les résultats de cette étude peuvent servir de base aux autorités compétentes dans le cadre de la mise en place des stratégies de gestion de l'exploitation des palourdes *Egeria* dans la basse Sanaga et dans le cadre de l'identification des sites potentiels d'élevage de ces palourdes.

Remerciements

Les auteurs remercient la communauté de pêcheurs de palourdes de Mouanko, particulièrement leur responsable, M. Samuel Engolo pour leur rôle de guide durant toute la période de collecte de données.

Références

- [1] - FAO, Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018, Rome, (2018) 254 p.
- [2] - FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2014, Rome, (2014) 223 p.
- [3] - Agreste Primeur, Recensement de la conchyliculture 2012, n°316-juillet 2014, ISSN : 0246-1803, www.agreste.agriculture.gouv.fr
- [4] - CEPRALMAR, Guide de l'exploitation conchylicole en Languedoc-Roussillon, (2015) 108 p, www.cepralmar.org
- [5] - P. AJONINA, G. AJONINA, E. JIN, F. MEKONGO, I. AYISSI and L. USONGO, Gender roles and economics of exploitation, processing and marketing of bivalves and impact of forest resources in the Sanaga Delta region of Douala-Edea wildlife reserve, Cameroon, *International journal of sustainable Development and World Ecology*, 12 (2005) 161 - 172
- [6] - D. ADJEI-BOATENG, B. OWUSU-APPIAH and S. AMISAH, Effect of sandy and muddy substrates on the growth and survival of the freshwater clam *Galatea paradoxa* (Born 1778), *AquacultureResearch*, 41 (2010) 84 - 88, doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02464.x
- [7] - D. VAN DAMME, *Egeria schwabi*. The IUCN Red List of threatened species (2010). <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20103.RLTS.T184635A8305025>
- [8] - K. T. KRISTENSEN, and A-S STENSGAARD, *Egeria radiata*. The IUCN Red List of Threatened Species, (2010). <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20103.RLTS.T175125A7102735>
- [9] - A. DIKOUME, J. BANJEM, B. NGASSAM, G. TEKOU, E. DIYOUKE, G. AJONINA and M. TOMEDI, Bio-ecological assessment of clams of the lower Sanaga Delta. Cameroon. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4 (6) (2016) 495 - 505
- [10] - A. DIKOUME, G. AJONINA and M. TOMEDI, Diversity of phytoplankton for nutritional selectivity by *Galatea paradoxa* (born 1780) of lower sanaga delta, Cameroon. *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2 (6) (2017) 34 - 42, www.fishjournals.com
- [11] - G. TEKOU, T. DIKOUME, P. ZANGO, J. S. BANJEM, B. G. NGASSAM, G. N. AJONINA, M. E. TOMEDI, Caractérisation phénotypique des palourdes dans la basse Sanaga (Mouanko, Sanaga Maritime, Littoral Cameroun). 22^{ème} conférence annuelle du CCB, (2015) www.camerounbiosciences.org
- [12] - K. A. OBIKORANG, D. ADJEI-BOATENG, H. A. MADKOUR, S. AMISAH and F. A. OTCHERE, Length-weight relationship of freshwater clam, *Galatea paradoxa* (Born 1778) from the Volta estuary, Ghana, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16 (4) (2013) 185 - 189, Doi : 10.3923/pjbs.2013.185.189
- [13] - J. SAHLIN, G. TITA, C. W. MCKINDSEY, M. NADEAU and B. MYRAND, Interactions entre la conchyliculture et l'environnement : Etat des connaissances. Les publications de la Direction de l'innovation et des technologies, MAPAQ. Rapport de R-D, N°190 (2010) 14 p.
- [14] - K. I. OLAYEMI, V. A. AYANWALE, M. O. ODEYEMI and Z. A. MOHAMMED, A Comparative Study of the Anatomy of Two West African Edible Bivalves, *Aspatharia Sinuata* (Mutellidae : Unionacea) and *Egeria Radiata* (Donacidae : Tellinacea), *IJABR*, 4 (1&2) (2012) 114 - 120
- [15] - F. BOURQUE, B. MYRAND, N. TOUPOINT et R. TREMBALY, Facteurs responsables du succès de l'approvisionnement en naissain de moules de qualité dans le bassin du Havre Aubert aux Îles-de-laMadeleine. Merinov, Rapport de R-D no 14-13, (2014) 33 p.

- [16] - K. A. OBIRIKORANG, S. AMISAH et D. ADJEI-BOATENG, Habitat Description of the Threatened Freshwater Clam, *Galatea paradoxa* (Born 1778) at the Volta Estuary, Ghana. *Curr World Environ*, 8 (3) (2013) 331 - 339. Doi : <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.8.3.01>
- [17] - N. CAILL-MILLY, Relations entre l'état d'une ressource et son exploitation via la compréhension et la formalisation des interactions de socio-écosystèmes. Application à la palourde japonaise (*Venerupis philippinarum*) du bassin d'Arcachon. Thèse de Doctorat en Physiologie et biologie des organismes-populations-interactions, Université de Pau et des Pays de l'Adour, École Doctorale des Sciences Exactes et leurs Applications, (2012) 215 p.
- [18] - N. CAILL-MILLY, N. BRU, M. BARRANGER, L. GALLON and F. D'AMICO, Morphological trends of Manila clam (*V. philippinarum*) spatial patterns and following environmental variability. *Journal of Shellfish Research*, (2012 a) 34 p.
- [19] - M. MERZOUKI et J. SIF, Etude statistique de la survie de la moule *Mytilus galloprovincialis* de la lagune de Oualidia et du littoral de Jorf-Lasfar (Maroc), *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 34 (2) (2012) 173 - 182
- [20] - CEPRALMAR, Diversification des élevages — Bilan Cépralmar 2010. Evaluation de l'exploitation des invertébrés de l'étang de Thau et cartographies des zones exploitées (2013), www.cepralmar.org
- [21] - A. M. NLOMO, Mouanko agricole, Délégation d'Agriculture, Arrondissement de Mouanko, (2000) 8 p.
- [22] - CWCS, Report of activities 2005/rapport d'activités 2005. Cameroon Wildlife conservation society, Mouanko, (2006) 41 - 42
- [23] - J. M. PAUWELS, E. VAN RANST, M. VERLOO et A. Z. MVONDO, Manuel de Laboratoire de pédologie. Publications Agricoles. Bruxelles : AGCD, N° 28 (1992)
- [24] - S. DERE, T. GÜNES and R. SIVACI, *Tr.J Of Botany*, Research Article, 22 (1997) 13 - 17
- [25] - J. FOURNIER, C. BONNOT, R. PARIS, O. VOLDOIRE et LE VOTM, Analyses granulométriques : principes et méthodes, centre national de la recherche scientifique, école pratique des hautes études, (2012) 85 p.
- [26] - IFREMER, Réseau de Suivi-Lagunaire du Languedoc-Roussillon, Bilan des résultats 2010. France : IFREMER, 2011. RSL-11/, (2011) 275 p.
- [27] - D. ADJEI-BOATENG and J. G. WILSON, Sexual strategy in the freshwater bivalve *Galatea paradoxa* (Donacidae) from the Volta River estuary, Ghana. *Molluscan Research*, (Print), (2016) 1448 - 6067, <http://dx.doi.org/10.1080/13235818.2015.1054021>. (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tmos20>
- [28] - S. LAVAUD, Etude de faisabilité technico-économique d'un soutien de la filière de la pêche à la palourde (*Ruditapes decussatus* L.) en Languedoc-Roussillon par du réensemencement : mise à jour des données de la filière et propositions de protocoles de réensemencement. Mémoire d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage ; Université de Rennes, Agrocampus Ouest, (2014)
- [29] - IFREMER, La palourde, dossier d'élevage. France : IFREMER, 1988 (2006) 111 p.
- [30] - ARS, DELEGATION DU MORBIHAN, Qualité sanitaire des gisements naturels de coquillages dans le Morbihan : bilan 2011-2013, (2014) 47 p.
- [31] - E. ANGELIER, Ecologie des eaux courantes. Edition Tec et Doc, Paris, (2000) 199 p.
- [32] - S. WATANABE, S. KATAYAMA, Relationships among shell shape, shell growth rate, and nutritional condition in the Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in Japan. *Journal of Shellfish Research*, 29 (2) (2010) 353 - 359
- [33] - I. IZAGUIRRE, I. OFRRELL and T. GUILLERMO, Variation in phytoplankton composition and limnological features in water-water ecotone of lower Parana Basin (Argentina). *Freshwater Biology*, 46 (2001) 63 - 74
- [34] - P. H. DUFOUR et J. MERLE, Station côtière en Atlantique tropicale, Hydroclimat et production primaire. Doc.Sci.Center ORSTON Pointe Noire, N.S., 25 (1972) 48 p.
- [35] - D. ADJEI-BOATENG and J. G. WILSON, Body condition and gametogenic cycle of *Galatea paradoxa* (Mollusca : Bivalvia) in the Volta River estuary, Ghana. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, (2011) 5 p. Doi:10.1016/j.ecss.2011.06.018. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss
- [36] - N. CAILL-MILLY, N. BRU, K. MAHÉ, C. BORIE and F. D'AMICO, Shell shape analysis and spatial allometry patterns of Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*) in a Mesotidal Coastal Lagoon. *Journal of Marine Biology*, 1 (2012) 11 p.