



Université d'Abobo-Adjamé

## UFR-SGE

Sciences et Gestion de l'Environnement

*ANNEE : 2008 – 2009*

N° du candidat : 02 97 000339

Nom : **KONAN**

Prénoms : **Koffi Mexmin**

Laboratoire : Environnement et Biologie  
Aquatique (LEBA)

### JURY :

**Président** : M. EHILE Ehouan Etienne, Professeur,  
Université d'Abobo-Adjamé

**Co-directeurs** : M. GOURENE Germain, Professeur, Université  
d'Abobo-Adjamé

Mme ADEPO-GOURENE Abouo Béatrice,  
Maître de Conférences, Université  
d'Abobo-Adjamé

**Rapporteurs** : M. MOREAU Jacques, Professeur, INP-ENSAT,  
Toulouse

M. MARQUET Gérard, Professeur, Muséum  
National d'Histoire Naturelle, Paris

**Membres** : M. FOUA-BI Kouahou, Professeur, Université  
de Cocody

M. N'DOUBA Valentin, Professeur, Université  
de Cocody

Mme YAPI-GNAORE Chia Valentine, Maître de  
Recherche, CNRA

*N° d'ordre : 59*

### THESE

*Pour l'obtention du grade de :*

*Docteur en Sciences et Gestion de  
l'Environnement de l'Université  
d'Abobo-Adjamé*

*OPTION : Ecologie et  
Aménagement des Ecosystèmes  
Aquatiques*

### THEME :

**Diversité morphologique et  
génétique des crevettes des  
genres *Atya* Leach, 1816 et  
*Macrobrachium* Bate, 1868 de  
Côte d'Ivoire**

Date de soutenance : 23/12/2009

*« La recherche scientifique est un jeu de dés. Tu peux prédire rarement les résultats et tu ne sais jamais ce que tu vas découvrir ».*

*Steven O'BRIEN (2005), "Tears of the cheetah: the genetic secrets of our animal ancestors".*

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ANNEXES.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES.....	5
1-1- PRESENTATION DES COURS D'EAU ECHANTILLONNES.....	6
1-1-1- Eholié.....	6
1-1-2- Bia.....	6
1-1-3- Comoé.....	6
1-1-4- Banco.....	6
1-1-5- N'zi.....	8
1-1-6- Bandama.....	8
1-1-7- Sassandra.....	8
1-2- CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES CREVETTES.....	8
1-2-1- Morphologie générale et aperçu taxonomique.....	8
1-2-1-1- Morphologie générale.....	8
1-2-1-1-1- Tête.....	9
1-2-1-1-2- Thorax.....	10
1-2-1-1-3- Abdomen.....	10
1-2-1-1-4- Dimorphisme sexuel.....	10
1-2-1-2- Aperçu taxonomique.....	11
1-2-1-2-1- Famille des <i>Atyidae</i> .....	13
1-2-1-2-1-1- Systématique du genre <i>Atya</i> .....	14
1-2-1-2-1-2- Description du genre <i>Atya</i> .....	15
1-2-1-2-2- Famille des <i>Palaemonidae</i> .....	15
1-2-1-2-2-1- Systématique du genre <i>Macrobrachium</i> .....	16
1-2-1-2-2-2- Description du genre <i>Macrobrachium</i> .....	18
1-2-2 Biogéographie.....	18
1-2-3- Génétique des espèces des genres <i>Atya</i> et <i>Macrobrachium</i> .....	21

## Table des matières

---

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	22
2-1- MATERIEL.....	23
2-1-1- Matériel biologique.....	23
2-1-2- Matériel technique.....	23
2-2- METHODES.....	24
2-2-1- Echantillonnage des crevettes.....	24
2-2-2- Analyse morphologique.....	25
2-2-2-1- Caractères étudiés.....	25
2-2-2-1-1- <i>Choix des caractères</i> .....	26
2-2-2-1-2- <i>Types de caractères</i> .....	26
2-2-2-1-2-1- <i>Caractères morphométriques</i> .....	26
2-2-2-1-2-2- <i>Caractères méristiques</i> .....	30
2-2-2-1-2-3- <i>Observations morphologiques</i> .....	31
2-2-2-2- Analyses statistiques.....	33
2-2-2-2-1- <i>Statistiques univariées</i> .....	33
2-2-2-2-2- <i>Statistiques bivariées</i> .....	34
2-2-2-2-3- <i>Statistiques multivariées</i> .....	35
2-2-2-2-3-1- <i>Analyse en composantes principales</i> .....	35
2-2-2-2-3-2- <i>Analyse factorielle discriminante</i> .....	36
2-2-2-2-3-3- <i>Analyse de classification hiérarchique</i> .....	37
2-2-3- Analyse génétique.....	37
2-2-3-1- Principe de l'électrophorèse des protéines enzymatiques.....	37
2-2-3-2- Polymorphisme enzymatique.....	38
2-2-3-3- Traitement des données génétiques.....	40
2-2-3-3-1- <i>Mesure de la variabilité génétique</i> .....	40
2-2-3-3-2- <i>Mesure de la divergence génétique</i> .....	41
2-2-3-3-2-1- <i>Distance génétique</i> .....	41
2-2-3-3-2-2- <i>Paramètres de Wright</i> .....	41
CHAPITRE III : DONNEES D'ETUDES.....	43
3-1- DIFFERENCIATION MORPHOLOGIQUE INTERSPECIFIQUE.....	44
3-1-1- Résultats.....	44
3-1-1-1- Etude du groupe G1.....	44
3-1-1-1-1- <i>Mâles</i> .....	45
3-1-1-1-1-1- <i>Caractères métriques</i> .....	45

## Table des matières

---

<i>a- Analyse caractère par caractère.....</i>	45
<i>b- Etude du sous-groupe A1.....</i>	45
<i>α- Analyse individuelle des descripteurs.....</i>	46
<i>β- Comparaison entre A11 et A12.....</i>	48
<i>c- Etude du sous-groupe A2.....</i>	51
<i>3-1-1-1-2- Caractères méristiques.....</i>	51
<i>3-1-1-1-2- Femelles.....</i>	52
<i>3-1-1-1-2-1- Caractères métriques.....</i>	52
<i>a- Analyse caractère par caractère.....</i>	52
<i>α- Largeur du mérus.....</i>	52
<i>β- Longueur du mérus.....</i>	53
<i>γ- Largeur du carpe.....</i>	53
<i>b- Coefficient de variation.....</i>	53
<i>3-1-1-1-2-2- Caractères méristiques.....</i>	53
<i>3-1-1-2- Etude du groupe G2.....</i>	54
<i>3-1-1-2-1- Mâles.....</i>	54
<i>3-1-1-2-1-1 - Caractères métriques.....</i>	54
<i>a- Analyse individuelle des caractères.....</i>	54
<i>b- Différenciation des sous-groupes X1 et X2.....</i>	55
<i>α- Test t de Student.....</i>	55
<i>β- Distinction de X1 et X2 par l'ACP.....</i>	56
<i>γ- Discrimination de X1 et X2.....</i>	58
<i>3-1-1-2-1-2 - Caractères méristiques.....</i>	59
<i>3-1-1-2-1-3- Analyse du sous-groupe X1.....</i>	60
<i>a- Caractères métriques.....</i>	60
<i>α- Analyse caractère par caractère.....</i>	60
<i>β - Variabilité intralot.....</i>	61
<i>γ - Comparaison entre M1 et M2.....</i>	62
<i>b- Descripteurs méristiques.....</i>	66
<i>α - Analyse individuelle des descripteurs.....</i>	66
<i>β- Test t de Student.....</i>	67
<i>c- Observations morphologiques.....</i>	68
<i>3-1-1-2-1-4- Examen de l'entité M2.....</i>	68
<i>a- Descripteurs morphométriques.....</i>	68

## Table des matières

---

<i>α- Analyse caractère par caractère</i> .....	68
<i>β- Variabilité intrasous-entité</i> .....	70
<i>γ- Comparaison entre M21 et M22</i> .....	70
<i>b- Descripteurs méristiques</i> .....	74
3-1-1-2-1-5- Etude du sous-groupe X2.....	75
<i>a- Caractères métriques</i> .....	76
<i>α- Analyse individuelle des caractères</i> .....	76
<i>β- Coefficient de variation</i> .....	77
<i>γ- Comparaison entre les lots L1 et L2</i> .....	78
<i>b- Descripteurs méristiques</i> .....	81
3-1-1-2-1-6- Examen du lot L1.....	82
3-1-1-2-1-7- Etude détaillée du sous-lot L11.....	83
<i>a- Caractères métriques</i> .....	83
<i>α- Analyse individuelle des descripteurs</i> .....	83
<i>β- Comparaison entre E1 et E2</i> .....	85
<i>b- Descripteurs méristiques</i> .....	86
3-1-1-2-1-8- Sous-lot L12.....	86
3-1-1-2-1-9- Examen du lot L2.....	87
<i>a- Caractères métriques</i> .....	87
<i>α- Analyse individuelle des variables</i> .....	87
<i>β- Comparaison entre L21 et L22</i> .....	89
<i>b- Descripteurs méristiques</i> .....	90
3-1-1-2-2- Femelles.....	90
3-1-1-2-2-1- Sous-groupe F1.....	90
3-1-1-2-2-2- Sous-groupe F2.....	90
3-1-1-2-2-3- Entité F21.....	90
3-1-1-2-2-4- Entité F22.....	90
<i>a- Caractères métriques</i> .....	91
<i>α- Analyse caractère par caractère</i> .....	91
<i>β- Variabilité intra-unité</i> .....	93
<i>γ- Comparaison entre U1 et U2</i> .....	93
<i>b- Caractères méristiques</i> .....	97
<i>α- Analyse caractère par caractère</i> .....	97
<i>β- Comparaison entre U1 et U2</i> .....	97

---

## Table des matières

---

<i>c- Observations morphologiques</i> .....	97
3-1-2- Discussion.....	98
3-1-3- Clé d'identification.....	104
3-1-3-1- Clé des familles et des genres.....	104
3-1-3-2- Clé des espèces.....	104
3-1-3-2-1- Genre <i>Atya</i> Leach, 1816.....	104
3-1-3-2-2- Genre <i>Macrobrachium</i> Bate, 1868.....	104
3-1-4- Description des espèces.....	105
3-1-5- Distribution.....	112
3-1-6- Similarité morphométrique entre les espèces du genre <i>Macrobrachium</i> .....	113
3-2- DIFFERENCIATION GENETIQUE.....	114
3-2-1- Résultats.....	114
3-2-1-1- Diversité génétique .....	114
3-2-1-2- Divergence génétique.....	117
3-2-1-2-1- <i>Distance génétique</i> .....	117
3-2-1-2-2- <i>Structuration génétique des différentes populations</i> .....	119
3-2-1-2-2-1- <i>Paramètre <math>F_{is}</math></i> .....	119
3-2-1-2-2-2- <i>Paramètre <math>F_{ST}</math></i> .....	119
3-2-2- Discussion.....	120
3-3- DIFFERENCIATION MORPHOLOGIQUE INTRASPECIFIQUE.....	123
3-3-1- Résultats.....	123
3-3-1-1- Comparaison intrapopulationnelle.....	123
3-3-1-2- Comparaison interpopulationnelle.....	126
3-3-1-2-1- <i>Analyse de variance à un facteur</i> .....	126
3-3-1-2-2- <i>Discrimination des populations</i> .....	127
3-3-1-3- Similarité morphométrique entre les populations.....	128
3-3-2- Discussion.....	130
CONCLUSION.....	132
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	135
ANNEXES.....	155

# DEDICACE

*A mon père **KOUAME Konan** et à ma mère **KOUASSI Adjoua**, pour leur soutien financier, leur patience et leurs bénédictions. Que Dieu vous garde en vie et vous gratifie de sa bonté.*

*A mon oncle **KOUAME Koffi** dit « JAGGER », la plante que tu as arrosée depuis toute petite commence à porter des fruits. Que Dieu te garde en vie pour en bénéficier.*

*A ma fiancée **Mireille**, chérie, ton amour et ta confiance ont été pour moi une source de motivation. Que Dieu nous unisse davantage pour le reste de notre vie.*

*A ma fille **KONAN Souraley Eunice Noelia**, pour la présence paternelle dont tu n'as pu bénéficier totalement du fait de cette thèse. Tu as toute mon affection.*

**REMERCIEMENTS**

*Ce travail a été mené au Laboratoire d'Environnement et de Biologie aquatique (LEBA) de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE) de l'Université d'Abobo-Adjamé. Il a bénéficié du soutien de plusieurs personnes à qui je souhaite exprimer vivement une très profonde et sincère reconnaissance.*

*Au Professeur EHILE E. Etienne, Président de l'Université d'Abobo-Adjamé, je tiens à témoigner ma profonde gratitude pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.*

*Je tiens à remercier le professeur GOURENE Germain, Vice-Président de l'Université d'Abobo-Adjamé, Directeur du LEBA, qui a assuré la co-direction de la présente thèse malgré ses obligations et son emploi du temps chargé. Je lui exprime mon infinie gratitude pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, donné les bases nécessaires de la recherche scientifique et permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions. Faire mes premiers pas de systématicien dans ceux d'une grande figure de la systématique zoologique était déjà une chance énorme ; avoir ensuite bénéficié de sa constante assistance tient du privilège. Seule une respectueuse affection peut répondre à la fierté d'être l'un de ses élèves. J'ai été très marqué par son goût du travail bien fait.*

*Au Professeur ADEPO-GOURENE A. Béatrice, co-directrice de cette thèse, qui a suivi le volet génétique de cette thèse, je voudrais exprimer ma reconnaissance pour sa disponibilité, ses critiques et son assistance permanente lors des analyses génétiques. Je lui dois ma formation à la génétique des populations. Je lui exprime ma grande admiration, ma profonde gratitude et mon entière sympathie.*

*Professeurs FOUA-BI Kouahou, N'DOUBA Valentin et YAPI-GNAORE C. Valentine, soyez rassurés de mon infinie reconnaissance et de mes sincères remerciements pour avoir accepté de prendre part au jury de cette thèse.*

*Je remercie Professeurs MOREAU Jacques, MARQUET Gérard et DEFAYE Danielle d'avoir évalué ce travail en tant que rapporteurs. Leurs commentaires et leurs critiques constructives m'ont permis d'améliorer ce mémoire.*

*Au Professeur SAVANE Issiaka, Directeur de l'UFR-SGE, j'adresse mes remerciements pour ses encouragements, ses conseils et sa sollicitude.*

*Je remercie sincèrement le Professeur OUATTARA Allassane pour son assistance permanente lors de la réalisation de ce travail. A son égard, j'éprouve un sentiment de profonde estime et d'infinie gratitude pour l'intérêt qu'il a accordé à cette étude sur les crevettes, sa disponibilité et ses critiques.*

## Remerciements

---

*Je suis extrêmement reconnaissant aux autres enseignants chercheurs du LEBA : Professeurs OUATTARA Mamadou, COULIBALY Lacina et Docteurs DIOMANDE Dramane, DIETOA Y. Mathieu, DOUMBIA Lassina, MANIZAN N. Pascal, Cisse Moussa, VANGA A. Ferdinand, N'GUESSAN Y. Sylvain, BAMBA Yacouba, BONI K. Yves, KONAN K. Félix et EDIA Oi Edia, ASSEMIEN N. Emmanuel, TOHE Blayda, KOUAME N. Germain. Qu'ils Trouvent en ces mots l'expression de mes sincères remerciements, de ma profonde gratitude pour leur lecture critique, leur grande contribution à la perfection de ce mémoire, leurs encouragements et leur assistance tout au long de ce travail.*

*Au Docteur DA COSTA K. Sébastino, pour m'avoir fourni des spécimens de crevettes et pour ses conseils, je voudrais dire merci.*

*J'adresse mes remerciements à tous les Doctorants et étudiants de DEA du laboratoire (Mmes EBROTHIE-NIAMIEN J. Estelle, ANOI-SEU N. Mireille, GOHESSE-KOUASSI A. Edwige, BONI-AMESSAN Elise, ALLALY-MANGOUA Lydie, BROU-GNAYORO M. M Ange et KEKE N. Marie, Mlles TRAORE Awa, ADON M. Paulette, YOBOUE A. Nicolle, Mrs ALIKO N. Gustave, KOUADIO K. Norbert, KOUAME K. Martin, BOUSSOU K. Charles, OUATTARA P. Jean Marie, MESSOU Aman, GUEADE G. Abel, GROGA Noël., CAMARA Adama, DJE F. Fidel, KONAN K. Théodore, KPAI N. Natoye, AGNISSAN J. Pierre, AHIZI Michel, YAO A. Antoine, KOFFI Kouman, N'GUESSAN Francis) pour la bonne ambiance au laboratoire, la courtoisie et l'aide précieuse pour l'amélioration de mon travail. Je leur témoigne mon infinie sympathie.*

*A mes amis Dr KOUASSI A. Michel, Dr OUEDA Adama, Capitaine TAGNON Martine, KOUAKOU K. Eugène, KOUHONON L. Clémence, BROU N. Dominique, TOTO Y. Marc, TOTO K. Vincent, je voudrais dire merci pour leurs encouragements.*

*A ma famille, particulièrement KONAN K. Augustin et KOUAKOU K. Georges, j'exprime ma profonde gratitude pour leurs aides financières, leur assistance et leur soutien. Que Dieu les leur rende au centuple.*

*Je pense également aux frères et sœurs en Christ de la JEP-CMA de Camp Militaire pour leur soutien dans la prière.*

*Gloire, louange et honneur au Seigneur JESUS-CHRIST, que son nom soit magnifié.*

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1 :	Localisation géographique des systèmes fluviaux échantillonnés.....	7
Figure 2 :	Schéma annoté d'une crevette (d'après <b>Monod, 1980</b> ).....	9
Figure 3 :	Dimorphisme sexuel chez les crevettes <i>Caridea</i> (d'après <b>Rao &amp; Tripathi, 1993</b> ).....	11
Figure 4 :	Classification du sous-phylum des Crustacés (d'après <b>Martin &amp; Davis, 2001</b> ).....	12
Figure 5 :	Caractéristiques distinctives des <i>Caridea</i> et des <i>Penaeidea</i> (d'après <b>Fincham &amp; Wickins, 1976</b> ).....	13
Figure 6 :	Evolution du nombre d'espèces de crevette décrites du genre <i>Macrobrachium</i> de 1830 à 2000 (d'après <b>De Grave et al., 2008</b> ).....	18
Figure 7 :	Distribution géographique des crevettes <i>Caridea</i> décrites jusqu'à décembre 2005 (d'après <b>De Grave et al., 2008</b> ) .....	19
Figure 8 :	Situation géographique des sites d'échantillonnage des crevettes.....	24
Figure 9 :	Schéma indiquant les différentes mensurations effectuées sur chaque spécimen de crevette.....	28
Figure 10 :	Fiche technique utilisée pour consigner l'ensemble des relevés (mensurations, comptages et observations) de chaque spécimen examiné (d'après <b>Thys van den Audenaerde, 1970</b> ).....	32
Figure 11 :	Morphologie comparée des pattes des trois premières paires de périopodes des crevettes du groupe G1 et du groupe G2.....	45
Figure 12 :	Distribution des fréquences de la longueur intermédiaire de la carapace des spécimens mâles du groupe G1.....	46
Figure 13 :	Distribution des fréquences de la largeur du mérus des spécimens du sous-groupe A1.....	47
Figure 14 :	Variation de la longueur du mérus et de la largeur du carpe des spécimens des lots A11 et A12 en fonction de la longueur de la carapace.....	47
Figure 15 :	Ordination des individus des lots A11 et A12 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.....	51
Figure 16 :	Distribution des fréquences de la largeur du mérus des spécimens femelles du groupe G1.....	52
Figure 17 :	Variation de la longueur du mérus et de la largeur du carpe des spécimens des sous-groupes Z1 et Z2 en fonction de la longueur de la carapace.....	53

## Liste des figures

---

Figure 18 : Distribution des fréquences du rapport longueur du carpe/longueur du mérus (C/M1) des spécimens mâles du groupe G2.....	55
Figure 19 : Ordination des individus des sous-groupes X1 et X2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales des données métriques.....	58
Figure 20 : Variation du nombre de dents sur le doigt mobile et sur le doigt fixe des spécimens des sous-groupes X1 et X2 .....	60
Figure 21 : Distribution des fréquences du ratio largeur du mérus/longueur du mérus (lam/M1) des spécimens du sous-groupe X1.....	61
Figure 22 : Variation des ratios longueur du carpe/longueur de la paume et largeur du carpe/longueur du carpe des entités M1 et M2 en fonction de la longueur de la carapace .....	62
Figure 23 : Projection des individus de M1 et M2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.....	65
Figure 24 : Polygones de fréquences représentant le nombre de dents sur le doigt mobile (a) et fixe (b) des crevettes des entités M1 et M2.....	67
Figure 25 : Distribution des fréquences de la longueur de la paume des spécimens de l'entité M2.....	69
Figure 26 : Variation de la longueur du mérus (a) et la largeur de l'ischion (b) des spécimens des sous-entités M21 et M22 en fonction de la longueur de la carapace .....	70
Figure 27 : Ordination des individus de M21 et M22 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.....	73
Figure 28 Morphologie comparée des carpes et paumes des crevettes des lots L1 et L2 .....	75
Figure 29 : Variation des ratios longueur du carpe/longueur de la paume (a), longueur du mérus/longueur de la paume (b), longueur de la patte1/longueur de la patte2 (c) et largeur de la paume/longueur de la paume (d) des crevettes des lots L1 et L2 en fonction de la longueur de la carapace.....	77
Figure 30 : Projection des individus des lots L1 et L2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.....	81
Figure 31 : Distribution des fréquences des caractères méristiques des spécimens des lots L1 et L2.....	82
Figure 32 : Morphologie comparée des doigts des crevettes des sous-lots L11 et L12.....	83
Figure 33 : Distribution des fréquences de la longueur de la patte 1 des spécimens du sous-lot L11.....	84

## Liste des figures

---

Figure 34 :	Variations des caractères longueur du mérus (a), longueur du doigt (b), longueur de l'ischion/longueur du mérus (c) et longueur de la paume1/ longueur de la paume2 (d) des crevettes des ensembles E1 et E2 en fonction de la longueur de la carapace.....	85
Figure 35 :	Distribution des fréquences du ratio longueur du mérus/longueur de la paume des spécimens du lot L2.....	88
Figure 36 :	Variations des caractères longueur du carpe (a), longueur du rostre (b) et longueur de l'ischion/longueur du mérus (c) des crevettes des sous-lots L21 et L22 en fonction de la longueur de la carapace .....	88
Figure 37 :	Distribution des fréquences du ratio longueur de carpe/longueur de la paume des spécimens femelles de l'entité F22.....	91
Figure 38 :	Variations des ratios longueur du mérus/longueur de la paume (a) largeur du mérus/longueur du mérus (b) et largeur du carpe/longueur du carpe (c) des crevettes des unités U1 et U2 en fonction de la longueur de la carapace.....	92
Figure 39 :	Projection des individus des unités U1 et U2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.....	96
Figure 40 :	Spécimen d' <i>Atya gabonensis</i> provenant de la rivière Bia .....	106
Figure 41 :	Spécimen d' <i>Atya africana</i> provenant de la rivière Bia.....	106
Figure 42 :	Spécimen d' <i>Atya scabra</i> provenant de la rivière Bia .....	107
Figure 43 :	Spécimen de <i>Macrobrachium macrobrachion</i> provenant du fleuve Sassandra....	108
Figure 44 :	Spécimen de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> provenant du fleuve Comoé.....	109
Figure 45 :	Spécimen de <i>Macrobrachium sollaudii</i> provenant de la rivière Eholié.....	110
Figure 46 :	Spécimen de <i>Macrobrachium dux</i> provenant de la rivière Banco.....	110
Figure 47 :	Spécimen de <i>Macrobrachium thysi</i> provenant de la rivière Banco.....	111
Figure 48 :	Spécimen de <i>Macrobrachium felicinum</i> provenant du fleuve Comoé.....	112
Figure 49 :	Dendrogramme montrant les similarités morphométriques entre les espèces du genre <i>Macrobrachium</i> .....	113
Figure 50 :	Dendrogramme montrant la similarité génétique entre les populations de <i>Macrobrachium</i> étudiées.....	118
Figure 51 :	Ordination des mâles de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> de Bia, Comoé, Bandama et Sassandra dans le plan des facteurs canoniques 1 et 2 de l'analyse discriminante.....	129
Figure 52 :	Dendrogramme illustrant la similarité morphométrique entre les populations mâles de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> des cours d'eau Bia, Bandama, Sassandra et Comoé.....	129

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I	: Valeurs moyennes annuelles des variables physico-chimiques et hydrologiques et caractéristiques édaphiques des bassins fluviaux échantillonnés.....	7
Tableau II	: Répartition des espèces de <i>Macrobrachium</i> signalées en Côte d'Ivoire..	20
Tableau III	: Données relatives aux sites d'échantillonnage des crevettes : coordonnées géographiques et taille des échantillons.....	23
Tableau IV	: Liste des rapports entre les caractères métriques utilisés dans cette étude	31
Tableau V	: Résultats du test <i>U</i> de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des lots A11 et A12.....	48
Tableau VI	: Résultats du test <i>t</i> de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des lots A11 et A12.....	49
Tableau VII	: Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les cinq premiers axes factoriels de l'analyse en composantes principales des individus des lots A11 et A12.	50
Tableau VIII	: Valeurs moyennes, écart-types et coefficients de variation des caractères métriques des spécimens du sous-groupe Z2.....	54
Tableau IX	: Résultats du test <i>t</i> de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des sous-groupes X1 et X2.....	56
Tableau X	: Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes factoriels de l'analyse en composantes principales des individus de X1 et X2.....	57
Tableau XI	: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des sous-groupes X1 et X2.....	59
Tableau XII	: Résultats du test <i>t</i> de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des entités M1 et M2.....	63
Tableau XIII	: Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes factoriels de l'analyse en composantes principales des spécimens des entités M1 et M2.....	64

Tableau XIV	: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des entités M1 et M2.....	66
Tableau XV	: Matrice de classification des individus de X1 dans les entités M1 et M2 par l'analyse discriminante et le test de validation croisée.....	66
Tableau XVI	: Résultats du test <i>t</i> de Student des variables méristiques des spécimens des entités M1 et M2.....	67
Tableau XVII	: Répartition des individus de M1 et M2 en fonction de la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire.....	68
Tableau XVIII	: Résultats du test <i>t</i> de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des sous-entités M21 et M22.....	71
Tableau XIX	: Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes de l'analyse en composantes principales des sous-entités M21 et M22.....	72
Tableau XX	: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des sous-entités M21 et M22.....	74
Tableau XXI	: Matrice de classification des individus de M2 dans les sous-entités M21 et M22 par l'analyse discriminante et le test de validation croisée.....	74
Tableau XXII	: Résultats du test <i>t</i> de Student comparant les variables méristiques des spécimens des sous-entités M21 et M22.....	75
Tableau XXIII	: Résultats du test <i>t</i> de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des lots L1 et L2 .....	78
Tableau XXIV	: Résultats du test <i>U</i> de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des lots L1 et L2.....	79
Tableau XXV	: Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les cinq premiers axes de l'analyse en composantes principales des individus des lots L1 et L2.....	80
Tableau XXVI	: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des lots L1 et L2.	81

Liste des tableaux

---

Tableau XXVII	: Résultats du test $U$ de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des ensembles E1 et E2.....	86
Tableau XXVIII	: Résultats du test $U$ de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des sous-lots L21 et L22.....	89
Tableau XXIX	: Résultats du test $t$ de Student et coefficients de variation des variables métriques des individus des unités U1 et U2.....	94
Tableau XXX	: Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes de l'analyse en composantes principales des individus des unités U1 et U2.....	95
Tableau XXXI	: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des unités U1 et U2.....	96
Tableau XXXII	: Matrice de classification correcte des individus femelle de l'entité F22 dans les unités U1 et U2 par l'analyse discriminante des données métriques.....	97
Tableau XXXIII	: Répartition des individus de U1 et U2 en fonction de la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire.....	98
Tableau XXXIV	: Distribution des espèces de crevette récoltées dans les bassins fluviaux échantillonnés.....	112
Tableau XXXV	: Fréquences alléliques des locus polymorphes chez les différentes populations.....	115
Tableau XXXVI	: Allèles spécifiques à certains taxons.....	116
Tableau XXXVII	: Indices de diversité génétique dans les échantillons analysés.....	117
Tableau XXXVIII	: Distances génétiques de <b>Nei (1978)</b> entre les différentes populations de crevette.....	118
Tableau XXXIX	: Valeurs du paramètre $F_{is}$ dans les échantillons de <i>Macrobrachium macrobrachion</i> .....	119
Tableau XL	: Valeurs du paramètre $F_{is}$ dans les échantillons de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> .....	119
Tableau XLI	: Valeurs du paramètre $F_{ST}$ et du nombre de migrants par génération entre les échantillons de <i>Macrobrachium macrobrachion</i> .....	120

## Liste des tableaux

---

Tableau XLII	: Valeurs du paramètre $F_{ST}$ et du nombre de migrants par génération entre les échantillons de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> .....	120
Tableau XLIII	: Résultats de la statistique descriptive et de l'analyse de variance des caractères morphométriques des populations mâles de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> des cours d'eau Bia, Comoé, Bandama et Sassandra .....	124
Tableau XLIV	: Résultats univariés de l'analyse de variance comparant les différentes populations.....	126
Tableau XLV	: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des populations mâles de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> .....	128
Tableau XLVI	: Matrice de classification des individus mâles de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> dans les différentes populations par l'analyse discriminante et le test de validation croisée.....	128

**LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 :	Composition des tampons (A) ( <b>Pasteur et al., 1988</b> ) et des systèmes enzymatiques (B).....	156
Annexe 2 :	Matrice de corrélation entre les variables métriques des individus du genre <i>Atya</i> .....	157
Annexe 3 :	Matrice de corrélation entre les variables métriques des individus mâles du genre <i>Macrobrachium</i> .....	158
Annexe 4 :	Matrice de corrélation entre les variables métriques des individus femelles du genre <i>Macrobrachium</i> .....	159
Annexe 5 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Atya gabonensis</i> .....	161
Annexe 6 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Atya africana</i> .....	162
Annexe 7 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Atya scabra</i> .....	163
Annexe 8 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Macrobrachium macrobrachion</i> .....	164
Annexe 9 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Macrobrachium vollenhovenii</i> .....	165
Annexe 10 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Macrobrachium sollaudii</i> .	166
Annexe 11 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Macrobrachium dux</i> .....	167
Annexe 12 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Macrobrachium thysi</i> .....	168
Annexe 13 :	Principaux caractères métriques et méristiques de <i>Macrobrachium felicinum</i>	169
Annexe 14	Article paru dans la revue Journal of Natural History.....	170

# **INTRODUCTION**

Les crevettes sont une composante majeure de la communauté des invertébrés des cours d'eaux tropicaux et subtropicaux (**Fossati et al., 2002, March et al., 2002**). Elles jouent, avec les poissons, un rôle important dans le contrôle de la structuration de la communauté aquatique (**March et Pringle, 2003 ; Mantel et Dudgeon, 2004 ; Covich et al., 2006**). Parmi ces crevettes, deux familles, les Atyidae et Palaemonidae (sous-famille des Palaemoninae en particulier), présentent les diversités spécifiques les plus élevées (**De Grave et al., 2008**) et se rencontrent dans de divers habitats, des torrents (cours d'eau de montagnes) aux eaux stagnantes. Par ailleurs, les spécimens de ces deux familles atteignent les plus grandes tailles et constituent de fait des ressources importantes pour la pêche artisanale et l'aquaculture (**Bowles et al., 2000 ; Jayachandran, 2001**).

Ainsi, au niveau des Palaemoninae, le genre *Macrobrachium* qui est le groupe le plus diversifié (**Liu et al., 2007 ; Valencia et Campos, 2007**) fait mondialement partie des produits halieutiques importants pour les marchés locaux et d'exportation (**Da Silva et al., 2004**). Actuellement, environ 210 espèces de *Macrobrachium* sont connues (**Short, 2004 ; Chen et al., 2009**) et de nombreux taxons spécifiques demeurent non décrits (**Cai et Ng, 2002 ; Cai et al., 2004**). Selon **De Grave et al. (2008)**, il est difficile d'évaluer la richesse spécifique réelle de ce genre à cause des nouvelles espèces qui continuent d'être décrites. Il est signalé en Afrique, y compris l'île de Madagascar, 18 espèces dont 11 (une non décrite) sont rencontrés dans les bassins fluviaux ouest africains (**Monod, 1980 ; Powell, 1980**). Chez les Atyidae, le genre *Atya* renferme les représentants de plus grande taille (**De Grave et al., 2008**). Approximativement, 12 espèces sont rencontrées dans le monde (**Ramos-Porto et Coelho, 1998 ; Page et al., 2008**) dont quatre en Afrique de l'Ouest (**Monod, 1980 ; Lévêque et al., 1983**).

En Côte d'Ivoire, les études antérieures se rapportant aux crevettes ci-dessus indiquées ont été principalement consacrées à la biologie et l'écologie (**Ville, 1970, 1971, 1972 ; Etim et Sankaré, 1998 ; Gooré Bi et al., 2001, 2004 ; N'zi et al., 2003, 2008**). Les premières études portant sur leur systématique (*e.g.* **Monod, 1966, 1980 ; Holthuis, 1980**) s'intègrent dans des investigations générales sur les crustacés décapodes de l'Afrique de l'Ouest. La littérature disponible sur la détermination des espèces de ces deux genres est donc rare. En effet, les travaux relatifs à *Atya* et *Macrobrachium* (**Powell, 1980 ; Gooré Bi, 1998**) n'ont concerné que deux des nombreux cours d'eau du pays (Banco et Bia). Les travaux de **Powell (1980)** ont porté sur la description de *Macrobrachium thysi* dans la rivière Banco. Quant aux recherches de **Gooré Bi (1998)**, menées sur la systématique de ces deux taxons génériques, elles ont quasiment repris la clé d'identification proposée par **Monod (1980)**. De ce fait, la détermination des espèces de *Atya*

et de *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire est, jusqu'à présent, faite sur la base de la clé de **Monod (1980)**. Cependant, l'auteur précise que sa clé est certainement très imparfaite et d'un emploi malaisé car uniquement appliquée aux mâles adultes.

Selon **Mariappan et Balasundaram (2004)**, la différenciation entre certaines espèces du genre *Macrobrachium* est souvent difficile du fait de la grande homogénéité des formes et aussi de la grande variation morphologique intraspécifique. Ce genre a une taxonomie difficile à cause de la plasticité morphologique des traits taxonomiquement importants (*e.g.* le rostre et le second péréiopode) qui changent beaucoup et graduellement au cours de leur croissance (**Liu et al. (2007)**) et sont influencés par les paramètres de l'environnement (**Dimmock et al., 2004**). De même, **De Grave et al. (2008)** notent que *Macrobrachium* est l'un des groupes de crevettes chez lesquelles le statut taxonomique des espèces serait incertain. Au niveau du genre *Atya*, **Eppe et Fiévet (2000)** signalent que l'identification de certains individus de ce groupe est parfois difficile en raison des caractères communs (forme du rostre) aux différentes espèces.

La détermination de certaines espèces des genres *Atya* et *Macrobrachium* est donc problématique. Ceci pourrait entraîner des erreurs dans l'estimation de la diversité spécifique de ces groupes. Une étude morphologique et génétique s'avère nécessaire pour clarifier le statut taxonomique des différentes espèces de ces genres. Selon **Paugy et Lévêque (1999)**, face à la difficulté de reconnaître l'existence des espèces sur les seules bases morphologiques, le systématicien d'aujourd'hui utilise de plus en plus d'autres informations venant notamment de la génétique. Les deux méthodes (morphologique et génétique), même si elles ne donnent toujours pas des résultats convergents, ont permis de caractériser les espèces d'autres décapodes tels que les écrevisses (**Buhay et Crandall, 2008**), les langoustes (**Cabezas et al., 2008**) et les crabes (**Sotelo et al., 2008**). De plus, ces procédés ont été largement employés pour la différenciation de certaines espèces de poissons (*e. g.* **Sušnik et al., 2006 ; Anderson et McDonald, 2007 ; Adépo-Gourène, 2008**).

La présente étude traite de la variabilité morphologique et génétique des crevettes *Atya* et *Macrobrachium* de sept cours d'eau de Côte d'Ivoire. Elle a pour objectifs : (1) de décrire la différenciation morphologique interspécifique des crevettes étudiées, (2) de caractériser la variabilité génétique des espèces, (3) de combiner les variations morphologiques et génétiques pour la détection de caractères adéquats pour différencier les espèces et (4) d'examiner la variabilité morphologique intraspécifique.

Dans le présent mémoire, le premier chapitre traite des généralités sur les bassins prospectés et les crevettes. Le deuxième expose le matériel et les méthodes d'analyses des

crevettes et les traitements des données. Le troisième chapitre présente, analyse et discute les résultats obtenus. Une conclusion et des perspectives de recherches mettent fin à la rédaction.

# **CHAPITRE I : GENERALITES**

## 1-1- PRESENTATION DES COURS D'EAU ECHANTILLONNES

Les crevettes étudiées proviennent de sept cours d'eau de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Il s'agit, d'Est à l'Ouest, de Eholié, Bia, Comoé, Banco, N'zi, Bandama et Sassandra. Les caractéristiques physico-chimiques, hydrologiques et édaphiques de ces hydrosystèmes sont indiquées dans le tableau I.

### 1-1-1- Eholié

D'une longueur de 35 km et d'un bassin versant de 435 km<sup>2</sup>, le cours d'eau Eholié prend sa source entre les villages de Diby et de Koffikro-Afféma dans la région d'Aboisso (**Konan et al., 2006**). Elle est située entre 05° 39' et 05° 36' de latitude nord et 03° 10' et 02° 59' de longitude ouest. Il se jette dans la lagune Aby.

### 1-1-2- Bia

La rivière Bia, comprise entre 5° et 7° 5' de latitude nord et 2° 6' et 3° 3' de longitude ouest, prend sa source au Ghana (**Girard et al., 1971**). Ce cours d'eau qui se jette dans la lagune Aby dans le Sud-est de la Côte d'Ivoire, couvre un bassin de 9 650 km<sup>2</sup> (**Vanden Bossche et Bernacsek, 1990**). Il est long 290 km dont 120 km en Côte d'Ivoire. Deux barrages (Ayamé1, 90 km<sup>2</sup> et Ayamé2, 10 km<sup>2</sup>) sont construits sur son cours principal, respectivement, à 28,7 et 22 km de la lagune Aby, son embouchure. La mise en eau de ces deux ouvrages a eu lieu en 1959 (Ayamé 1) et 1965 (Ayamé 2).

### 1-1-3- Comoé

Le Comoé, le plus long fleuve de Côte d'Ivoire, prend sa source dans la région de Banfora au Burkina-Faso. Elle est longue de 1160 km dont 150 km au Burkina-Faso et draine un bassin versant de 78 000 Km<sup>2</sup> compris entre 5° et 10° latitude Nord et 3°10' et 4°80' longitude Ouest (**Girard et al., 1971**). Le fleuve Comoé se jette dans la lagune Ebrié près de la ville de Grand-Bassam.

### 1-1-4- Banco

Le Banco est une petite rivière côtière qui développe tout son cours dans le Parc National du Banco. Ce cours d'eau prend sa source au pied d'un plateau dans la lisière nord du parc. Il parcourt 9 km et se jette au sud dans la lagune Ebrié au niveau de la baie du Banco (**Laugnie, 2007**). L'essentiel de son bassin versant est inclus dans les limites du parc. Bien que son régime soit influencé par celui des pluies entrecoupé par deux saisons sèches, cette rivière ne connaît jamais d'étiage prononcé.

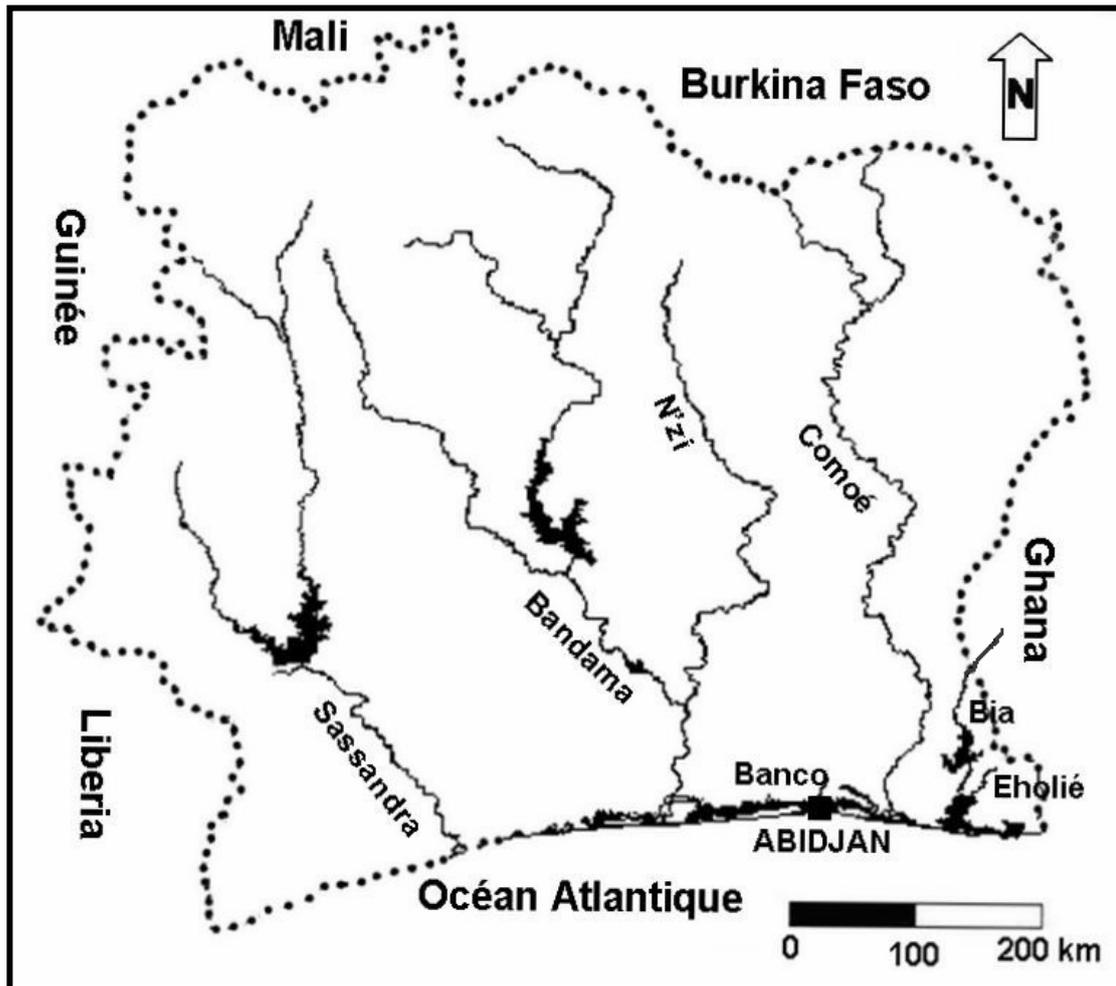


Figure 1 : Localisation géographique des systèmes fluviaux échantillonnés.

Tableau I: Valeurs moyennes annuelles des variables physico-chimiques et hydrologiques et caractéristiques édaphiques des bassins fluviaux échantillonnés ; sources [(1) : Edia *et al.* (2007), (2) : Niamien-Ebrottié *et al.* (2008), (3) : Ouattara *et al.* (2001), (4) : N'zi (2007), (5) : Guéadé G. Abel (données non publiées)], - : paramètre non disponible.

Paramètres	Eholié (1, 2)	Bia (3, 5)	Comoé (4)	Banco (5)	N'zi (4)	Bandama (4)	Sassandra (4)
Température (°C)	25,81	28,50	24,93	25,60	28,15	28,35	27,08
Transparence (m)	0,52	0,55	0,55	< 0,5	0,53	0,53	0,60
pH	6,97	7,50	6,33	6,30	8,90	9,62	9,25
Conductivité (µS/cm)	56,08	64,90	98,05	40,00	110,82	112,78	108,91
Oxygène dissous (mg/L)	6,55	3,45	2,43	4,70	4,47	4,73	5,50
Débit (m <sup>3</sup> /s)	11,4	10,08	83,67	0,08	23,29	109,33	313
Profondeur (m)	1,57	4,3	1,92	0,13	1,96	5,36	5,94
Largeur (m)	22,23	40	41,73	2,83	-	61,61	28,30
Substrat prédominant	Argile/sable	Gros galets	Roches	Argile/sable	Roches schisteuses	Roche/gravier	Roches granitiques

### **1-1-5- N'zi**

L'hydrosystème N'zi a une longueur de 725 km et couvre une superficie de 35500 km<sup>2</sup> (Goula *et al.*, 2006). Il prend sa source au Nord de la Côte d'Ivoire dans la région de Ferkessedougou et se jette dans le fleuve Bandama en aval du barrage de Taabo. Son bassin versant est compris entre 4° et 5° de longitude ouest et 6° et 9°25' de latitude nord.

### **1-1-6- Bandama**

Le bassin versant du fleuve Bandama est entièrement situé en Côte d'Ivoire. Il est localisé entre 3° 50' et 7° de longitude ouest et 5° et 10° 20' de latitude nord (Lévêque *et al.*, 1983). Ce fleuve a une longueur de 1 050 km et un bassin versant qui couvre une superficie totale d'environ 97 000 km<sup>2</sup> (Girard *et al.*, 1971). Il se jette dans la lagune à Grand-Lahou. Sur ce fleuve, ont été construits les barrages de Kossou (1 710 km<sup>2</sup>) et de Taabo (80 km<sup>2</sup>) respectivement en 1971 et 1979. Ces deux ouvrages sont respectivement situés à 214 km et à 118 km de l'embouchure du fleuve.

### **1-1-7- Sassandra**

Le fleuve Sassandra prend sa source dans la confluence du système Boa/Sien/Tiamba dans la région de Beyla en Guinée (Savané *et al.*, 2003). Il s'étend sur 650 km de long et se jette dans l'Océan Atlantique près de la ville de Sassandra. Cet hydrosystème draine un bassin de 75 000 km<sup>2</sup> (Girard *et al.*, 1971). Il a été construit sur son cours principal, en 1980, le barrage de Buyo (920 km<sup>2</sup>) à environ 178 km de son embouchure.

## **1-2- CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES CREVETTES**

### **1-2-1- Morphologie générale et aperçu taxonomique**

#### **1-2-1-1- Morphologie générale**

La figure 2 présente les différentes parties d'une crevette et leur nomenclature. Les crevettes sont des organismes de taille variant de quelques millimètres à environ 35 cm de longueur (Fischer *et al.*, 1981). Ce sont des métazoaires à symétrie bilatérale ayant le corps métamérisé (Monod, 1980). Les crevettes ont le corps comprimé latéralement, le rostre denté ou inerme (Fischer *et al.*, 1981). Selon ces mêmes auteurs, elles ont l'abdomen plus long que le céphalothorax contrairement aux écrevisses. Le corps des crevettes est recouvert d'une carapace chitino-protéique rigide imprégnée de calcaire. Il est divisé en trois parties : le céphalon ; le

thorax et l'abdomen segmenté et terminé par un telson ou une queue (Calado et Narciso, 2002). Le céphalon et le thorax sont fusionnés pour former le céphalothorax (Mariappan *et al.*, 2000).

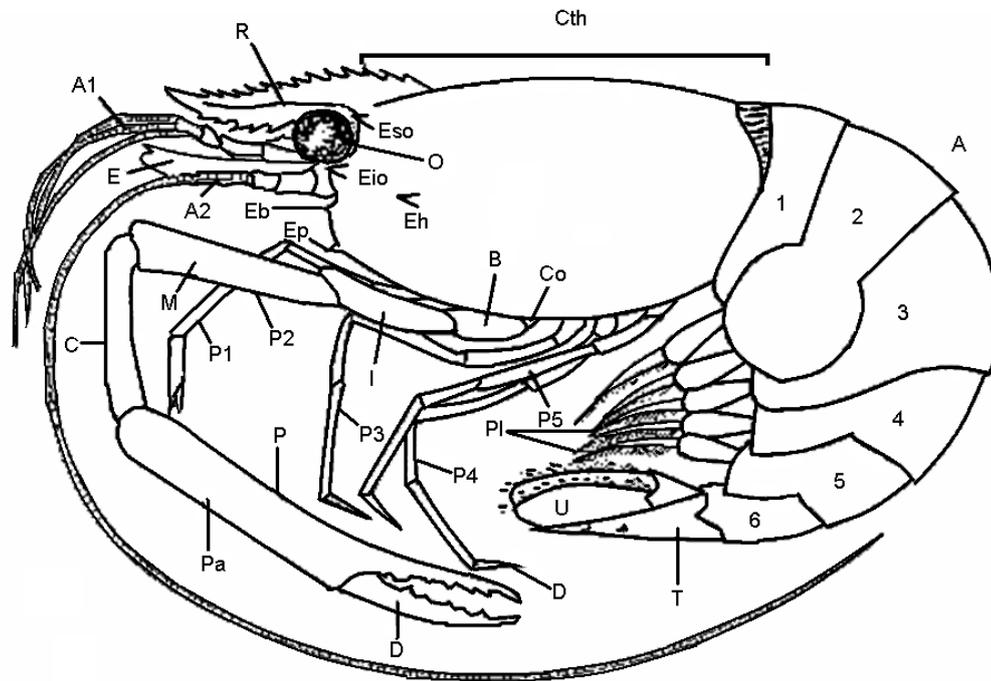


Figure 2 : Schéma annoté d'une crevette (d'après Monod, 1980) ; A : abdomen, A1 : antennule, A2 : antenne, B : basis, C : carpe, Co : coxa, Cth : céphalothorax, D : dactyle (à la pince : doigt mobile), E : écaille antennaire, Eb : épine branchiostège, Eh : épine hépatique, Eio : épine infra-orbitaire (antennaire), Ep : épine ptérygostomienne, Eso : épine supra-orbitaire, I : ischion, M : mérus, O : orbite, P : propode, P1-P5 : péréiopodes, Pa : paume (de la pince), Pl : pléopodes, R : rostre, T : telson, U : uropodes, 1-6 : segments abdominaux.

### ***1-2-1-1-1- Tête***

La tête ou céphalon est formé de cinq segments soudés portant cinq paires d'appendices appelées appendices céphaliques. Il comprend :

- l'acron (la partie antérieure de la tête) portant une paire d'yeux pédonculés situés de part et d'autre du rostre. Le rostre est la pointe avant de la carapace, généralement denticulé sur l'un de ses bords ou sur les deux ;

- deux paires d'appendices sensoriels constituées d'une paire d'antennules et d'une paire d'antennes ;

- trois paires d'appendices masticateurs formées d'une paire de mandibules, d'une paire de maxilles et d'une paire de maxillules.

### ***1-2-1-1-2- Thorax***

Le thorax encore appelé péréion est formé de huit segments soudés. Chez la quasi-totalité des crevettes, cette partie porte trois paires de pattes mâchoires ou maxillipèdes et cinq paires de pattes locomotrices ou péréiopodes dont certaines se terminent soit en pinceaux de soies, soit en pinces ou en crochets (**Mariappan *et al.*, 2000**). Chaque patte locomotrice est composée d'un exopode et d'un endopode. L'endopode est réduit ou n'existe pas. Quant à l'exopode, il comprend sept segments : le coxa (faisant des mouvements antéro-postérieurs), le basis (pour des mouvements dorso-ventraux), l'ischion, le mérus, le carpe, la paume et le dactyle ou doigt.

### ***1-2-1-1-3- Abdomen***

L'abdomen ou le pléon est comprimé latéralement et formé de six segments bien distincts ou pleuras qui portent chacun une paire d'appendices natatoires appelés pléopodes (**Griessinger *et al.*, 1991**). Le sixième segment porte des pléopodes modifiés en uropodes (appendices foliacés, aplatis formant une palette permettant les mouvements vifs de recul et de fuite). Le telson, pointu ou non et sans appendices, termine l'abdomen. Il porte l'orifice anal sur sa face ventrale.

### ***1-2-1-1-4- Dimorphisme sexuel***

Le dimorphisme sexuel chez la crevette est présenté sur la figure 3. Le mâle possède de grandes pinces asymétriques ou non. L'orifice génital se trouve au niveau de la cinquième paire de péréiopodes. Le mâle présente un appendice masculin (d) sur les seconds pléopodes (Figure 3a) et/ou une protubérance ou un point dur (f) au centre du premier somite (segment) abdominal, perceptible au toucher (Figure 3b) (**New et Singholka, 1985 ; Rao et Tripathi, 1993**). La femelle possède des pinces de taille presque identique et l'orifice génital se trouve au niveau de la troisième paire de péréiopodes. Les pléopodes portent de nombreuses soies (Figure 3a) qui retiennent les œufs de la cavité ovigère formée par les extrémités des troisième, quatrième et cinquième segments abdominaux. La femelle n'a pas de protubérance au centre du premier somite abdominal (Figure 3c).

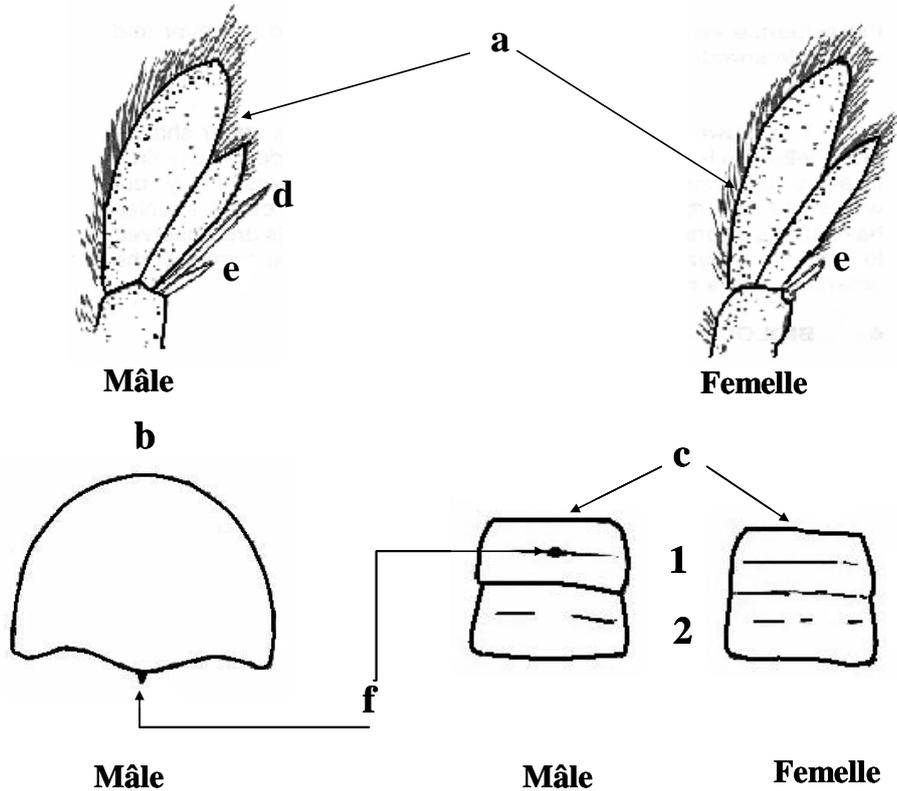


Figure 3 : Dimorphisme sexuel chez les crevettes Caridea (d'après **Rao et Tripathi, 1993**) ; Second pléopode (a), Section transversale du premier somite d'une crevette mâle (b) ; face ventrale des somites 1 & 2 (c), appendice masculin (d), appendice interne (e), point dur ou protubérance (f).

### 1-2-1-2- Aperçu taxonomique

La position des crevettes dans la classification des Crustacés d'après **Martin et Davis (2001)** est indiquée sur la figure 4. Les crevettes appartiennent au phylum des Arthropodes, au sous-phylum des Crustacés, à la classe des Malacostracés et à l'ordre des Décapodes. Cet ordre comprend deux sous-ordres : les Dendrobranchiata Bate, 1888 et les Pleocyemata Burkeuroad, 1963. Le sous-ordre des Dendrobranchiata renferme les crevettes Penaeidea Rafinesque, 1815. Celui des Pleocyemata est constitué de sept infra-ordres dont les Caridea Dana, 1852, groupe faisant l'objet de la présente étude. Les caractéristiques distinctives de ces deux groupes des crevettes (Caridea, Penaeidea) sont présentées par la figure 5. Chez les Caridea, le pleura du deuxième segment abdominal couvre ceux du premier et du troisième segment (Figure 5a). Au contraire, chez les Penaeidea, le pleura du second segment abdominal ne couvre que celui du segment suivant (troisième segment). Le recouvrement est régulier (Figure 5b), en tuiles de toit (recouvertes-recouvrantes) (**Griessinger et al., 1991**).

L'infra-ordre des Caridea regroupe environ 2500 espèces décrites, réparties en 10 superfamilles et 31 familles (**Martin & Davis, 2001 ; De Grave, 2007 ; De Grave et al., 2008**).

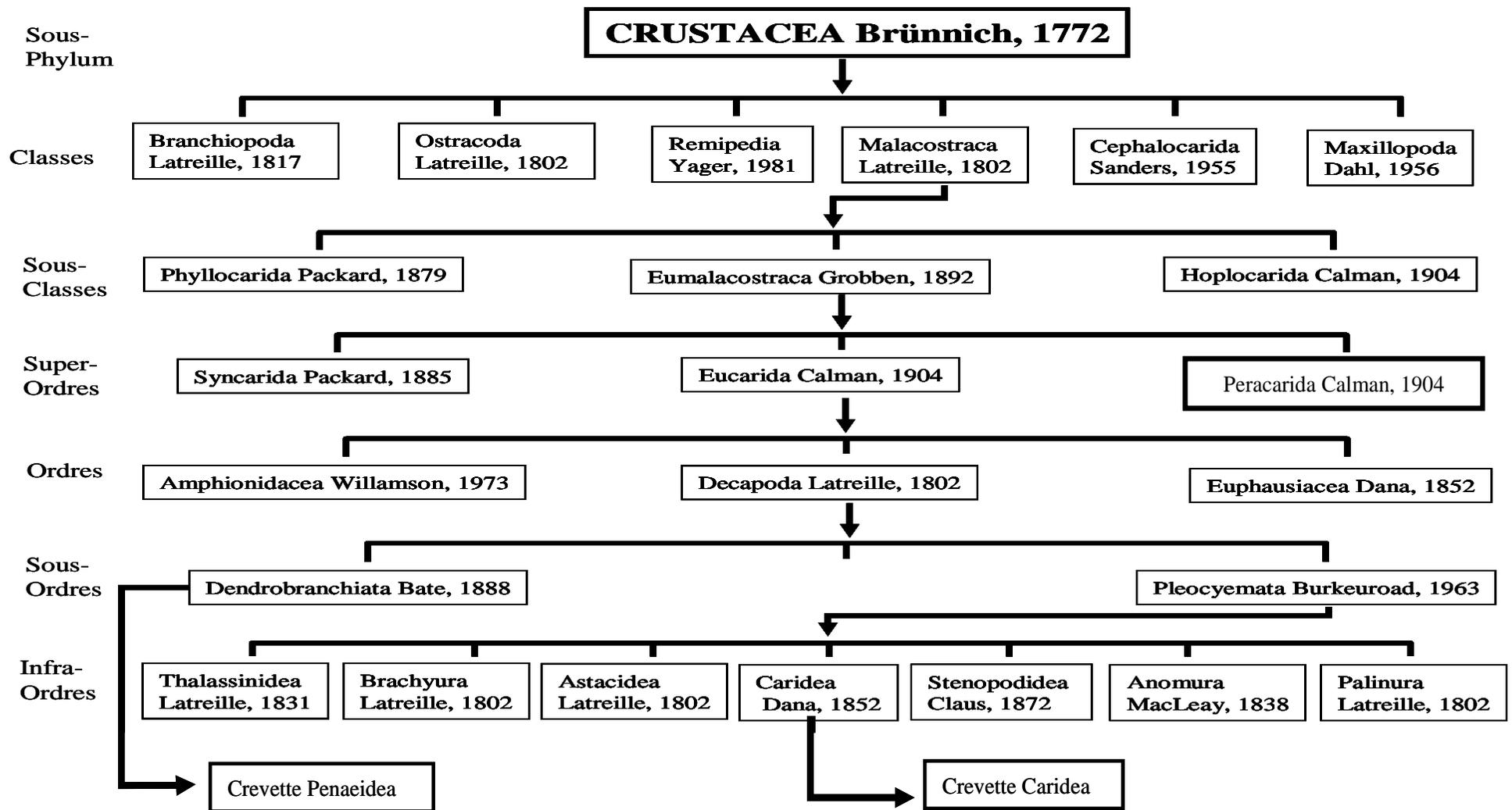


Figure 4 : Classification du sous-phylum des Crustacés (d'après Martin et Davis, 2001).

De ces familles, seulement huit se rencontrent dans les eaux douces. Il s'agit des Alpheidae Rafinesque, 1815, Atyidae De Haan, 1849, Desmocarididae Borradaile, 1915, Palaemonidae Rafinesque, 1815, Euryrhynchidae Holthuis, 1850, Kakaducarididae Bruce, 1993, Typhlocarididae Annandale & Kemp, 1913 et Xiphocarididae (Holthuis, 1993) (**De Grave et al., 2008**). Ces mêmes auteurs indiquent que les quatre premières familles citées sont présentes en Afrique de l'Ouest. La présente étude ne porte que sur les Atyidae et Palaemonidae.

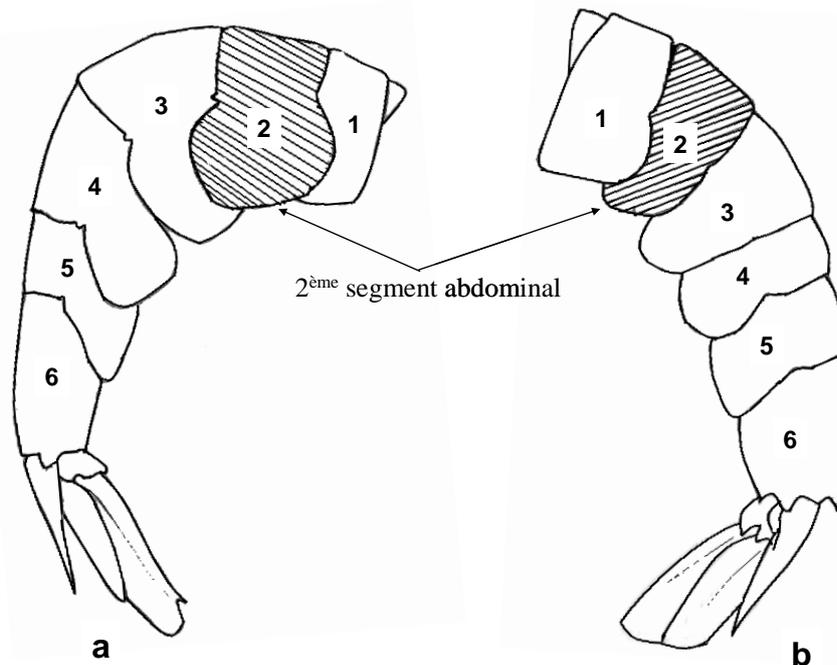


Figure 5 : Caractéristiques distinctives des Caridea (a) et des Penaeidea (b) (d'après **Fincham et Wickins, 1976**) ; 1-6 : segments abdominaux.

#### **1-2-1-2-1- Famille des Atyidae**

Selon **Monod (1966, 1977, 1980)**, les crevettes appartenant à la famille des Atyidae sont caractérisées, par :

- les deux premières paires de péréiopodes plus ou moins identiques ;
- les carpes des pattes de la deuxième paire de péréiopodes non subdivisés ;
- les pattes des deux premières paires de péréiopodes terminées par des pinces insérées plus ou moins obliquement dans une échancrure distale du carpe ;
- les doigts des pattes des deux premières paires de péréiopodes prolongés par un pinceau de soies, à l'exception de l'espèce *Xiphocaris elongata* (De Hann, 1844) (**Lévêque, 1974**) ;
- les mandibules sans palpe.

Cette famille renferme 35 genres (**Kazmi et al., 2002**) et 359 espèces/sous-espèces décrites (**De Grave et al., 2008**). **Monod (1980)** et **Lévêque et al. (1983)** signalent la présence de trois genres dans les eaux douces de Côte d'Ivoire : *Atya* Leach, 1816, *Caridinopsis* Bouvier, 1912 et *Caridina* H. Milne Edwards, 1837. Seuls, deux genres (*Atya* et *Caridina*) de la famille des Atyidae ont une importance commerciale (**Holthuis, 1980**). Cette étude ne concerne que le genre *Atya*.

### 1-2-1-2-1-1- Systématique du genre *Atya*

L'identification de certains individus de ce genre est parfois difficile. Cette difficulté est liée au fait qu'ils présentent des caractères (par exemple la forme du rostre) intermédiaires entre différentes espèces (**Eppe et Fiévet, 2000**). La position systématique de ce genre selon **Martin et Davis (2001)** se présente comme suit :

Phylum.....	Arthropoda
Sous-Phylum.....	Crustacea
Classe.....	Malacostraca
Sous-Classe.....	Eumalacostraca
Super-Ordre.....	Eucarida
Ordre.....	Decapoda
Sous-Ordre.....	Pleocyemata
Infra-Ordre .....	Caridea
Super-Famille.....	Atyoidea
Famille.....	Atyidae
Genre.....	<i>Atya</i>

Le genre *Atya* compte 12 espèces décrites dont quatre peuplent les eaux douces africaines. Ce sont *A. africana* Bouvier, 1904, *A. gabonensis* Giebel, 1875, *A. intermedia* Bouvier, 1904 et *A. scabra* (Leach, 1815) (**Monod, 1980 ; Holthuis, 1980 ; Page et al., 2008**). Ces quatre espèces sont rencontrées en Afrique de l'Ouest (**Monod, 1980 ; Page et al., 2008**). Leur détermination est, jusqu'à présent, faite sur la base de la clé d'identification proposée par **Monod (1980)**. Trois (*A. africana*, *A. gabonensis*, *A. scabra*) de ces quatre espèces sont signalées en Côte d'Ivoire (**Lévêque et al., 1983 ; Gooré Bi, 1998 ; N'zi, 2007**).

### ***1-2-1-2-1-2- Description du genre *Atya****

Le genre *Atya* renferme les populations les plus importantes en taille (50 à 125 mm longueur totale) de la famille des Atyidae (**Monod, 1980, Hobbs et Hart, 1982 ; Page et al., 2008**). Elles sont de grandes tailles, trapues et grisâtres, ressemblant aux écrevisses (**Monod, 1980**). Ce genre est défini par les descripteurs suivants (**Monod, 1980**) :

- pinces des deux premières paires de péréiopodes fendues jusqu'à la base ;
- pas de paume
- carpe échancré en demi-lune ;
- crible digital plus long que les pinces ;
- pattes de la troisième paire très massives et robustes avec le dactyle réduit (comme les paires 4 et 5) à une griffe.

### ***1-2-1-2-2- Famille des *Palaemonidae****

La systématique de cette famille a beaucoup évolué depuis 1950. **Holthuis (1950)** définit quatre sous-familles à l'intérieur de la famille des Palaemonidae (Palaemoninae Rafinesque, 1815, Pontoniinae Kingsley, 1878, Typhlocaridinae, Euryrhynchinae Holthuis, 1950). **Balss (1957)** reconnaît également quatre sous-familles dans cette famille. Cependant, selon cet auteur, la sous-famille des Euryrhynchinae ne mérite qu'un rang de genre (*Euryrhynchus* Miers, 1877) au sein de la famille des Palaemoninae. De plus, **Balss (1957)** élève le genre *Desmocarid* Sollaud, 1911, défini par **Holthuis (1950)** comme appartenant aux Palaemoninae, au rang de sous-famille (Desmocaridinae). Pour **Powell (1976)**, les relations systématiques entre les Typhlocaridinae et les Euryrhynchinae sont peu probables parce que basées principalement sur des caractères non valides (le rostre, les yeux, la formule branchiale) ou des traits communs à beaucoup de genres (*e.g.* la largeur du lobe postérieur du telson). **Bruce (1986)** les considère comme deux sous-familles séparées en se fondant principalement sur la longueur du flagelle antennulaire dorsale. Quant à **Chace (1992)**, dans une révision systématique des crevettes Caridea, il élève deux sous-familles (Desmocaridinae et Typhlocaridinae) des Palaemonidae au rang de famille (Desmocarididae et Typhlocarididae). Cet auteur reconnaît, par la suite, deux sous-familles au sein de la famille des Typhlocarididae : Typhlocaridinae et Euryrhynchinae. La sous-famille Typhlocaridinae est caractérisée par la présence de suture longitudinale sur la carapace. Quant à celle des Euryrhynchinae, elle se distingue par le troisième flagelle antennulaire non entièrement fusionné aux deux autres. Cette classification est confirmée par **Chace et Bruce (1993)** qui soulignent que les caractères virtuellement simples qui distinguent les deux groupes sont assez importants pour justifier leur reconnaissance comme famille.

Egalement, **Holthuis (1993)** et **De Grave et al. (2008)**, étudiant respectivement la révision de toutes les familles Caridea et la diversité des crevettes dans les eaux douces, ont maintenu ces deux sous-familles à l'intérieur des Typhlocarididae. Actuellement, la famille des Palaemonidae ne renferme que deux sous-familles : Palaemoninae et Pontoniinae. La sous-famille des Pontoniinae renferme uniquement des espèces marines (**Valencia et Campos, 2007**). Celle des Palaemoninae qui fait l'objet de la présente étude, regroupe des espèces marines, estuariennes et d'eaux douces. Selon **Monod (1966, 1980)**, les crevettes appartenant à cette sous-famille sont caractérisées par :

- les deux premières paires de pattes plus ou moins dissemblables ;
- les pattes des deux premières paires de péréiopodes terminées par des pinces normales situées dans le prolongement du carpe et sans pinceaux de soies sur les doigts ;
- le carpe des pattes de la deuxième paire de péréiopodes non segmenté mais plutôt entier ;
- le rostre bien développé et denté

Cette sous-famille comporte au moins 17 genres (**Holthuis, 1980 ; Ramos-Porto et Coelho, 1998 ; Valencia et Campos, 2007**) dont quatre (*Leander* Desmarest, 1849, *Palaemon* Weber, 1795, *Brachycarpus* Bate, 1888 et *Macrobrachium* Bate, 1868) ont des représentants en Afrique de l'Ouest. La présente étude a porté sur le genre *Macrobrachium*.

#### ***1-2-1-2-2-1- Systématique du genre Macrobrachium***

La différenciation entre certaines espèces de ce genre est souvent difficile du fait de la grande homogénéité des formes et de la grande variabilité morphologique intraspécifique (**Mariappan et Balasundaram, 2004**). Comme chez le genre *Atya*, la détermination des représentants du genre *Macrobrachium* en Afrique de l'Ouest est faite à l'aide de la clé d'identification de **Monod (1980)**. Selon cet auteur, la clé n'est pas satisfaisante pour ce genre. De plus, **De Grave et al. (2008)** signale que *Macrobrachium* est l'un des genres de crevettes chez lesquelles le statut taxonomique des populations est douteux. La position systématique du genre *Macrobrachium*, proposée par **Martin et Davis (2001)** est la suivante :

Phylum.....	Arthropoda
Sous-Phylum.....	Crustacea
Classe.....	Malacostraca
Sous-Classe.....	Eumalacostraca
Super-Ordre.....	Eucarida
Ordre.....	Decapoda
Sous-Ordre.....	Pleocyemata
Infra-Ordre .....	Caridea
Super-Famille.....	Palaemonoidea
Famille.....	Palaemonidae
Sous-Famille.....	Palaemoninae
Genre.....	<i>Macrobrachium</i>

Le genre *Macrobrachium* est le plus diversifié de la famille des Palaemonidae (**Holthuis, 1980 ; Valencia et Campos, 2007 ; De Grave et al., 2008**). Actuellement, plus de 210 espèces sont décrites dans le monde entier (**Jayachandran, 2001 ; Short, 2004**). Certains auteurs (*e.g.* **Wowor et Choy, 2001 ; Cai et Ng, 2002 ; Cai et al., 2004**) indiquent que de nombreuses espèces ne sont pas encore décrites. Il est difficile d'estimer la richesse spécifique réelle de ce genre à cause des nouvelles espèces qui sont décrites chaque année (**De Grave et al., 2008**). Selon ces auteurs, la courbe cumulative du nombre d'espèces (Figure 6) décrites n'est pas asymptotique ; il reste donc beaucoup de taxons à découvrir. Dix huit espèces sont rencontrées en Afrique y compris l'île de Madagascar (**Itis, 2001**). En Afrique de l'Ouest, on note la présence de 11 espèces dont une non décrite (**Holthuis, 1980 ; Monod, 1980 ; Powell, 1980**). Ce sont *Macrobrachium chevalieri* (Roux, 1935), *M. dux* (Lenz, 1910), *M. felicinum* Holthuis, 1949, *M. macrobrachion* (Herklots, 1851), *M. raridens* (Hilgendorf, 1893), *M. sollaudii* (De Man, 1912), *M. thysi* (Powell, 1980), *M. vollenhovenii* (Herklots, 1857), *M. equidens* (Dana, 1852), *M. zariquieyi* Holthuis, 1949 et *M. sp.*. Les huit premières espèces citées sont signalées dans les cours d'eaux ivoiriens (**Lévêque et al., 1983 ; N'zi, 2007**). En plus de ces huit espèces, **N'zi (2007)** indiquent la présence de trois autres non décrites (*Macrobrachium* sp1., *M. sp2.* et *M. sp3*).

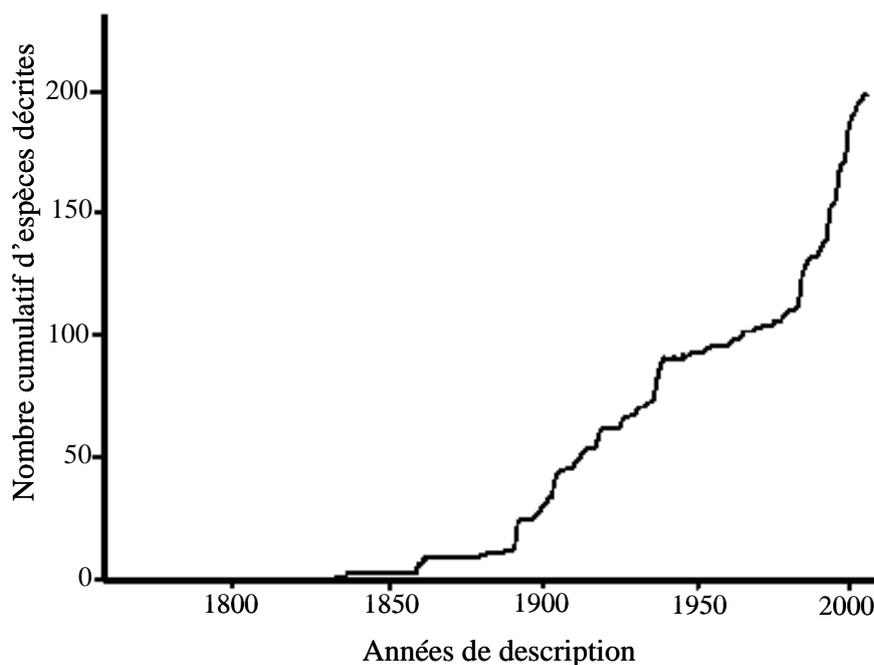


Figure 6 : Evolution du nombre d'espèces de crevette décrites du genre *Macrobrachium* de 1830 à 2000 (d'après **De Grave et al., 2008**).

#### ***1-2-1-2-2-2- Description du genre Macrobrachium***

Le genre *Macrobrachium* regroupe les espèces de plus grande taille (jusqu'à 320 mm longueur totale) de la famille des Palaemonidae (**Holthuis, 1980**). Selon **Monod (1977, 1980)**, les caractères déterminant ce genre sont :

- présence d'épines hépatiques ;
- absence d'épines supraorbitaires et branchiostèges ;
- pattes de la deuxième paire robustes avec de fortes pinces ;
- doigts des trois dernières pattes (3-5) simples (sans pinces).

#### **1-2-2 Biogéographie**

Les crevettes sont largement distribuées entre les eaux marines, saumâtres et douces de l'équateur aux pôles (**Fischer et al., 1981**). Ces animaux, ne pouvant à aucun stade de leur développement résister à une sécheresse prolongée, n'habitent pas les eaux temporaires (**Monod, 1980**). En revanche, les mares permanentes, même dans les déserts, peuvent abriter des crevettes. Les familles des Atyidae et des Palaemonidae sont rencontrées dans la plupart des eaux continentales (fleuves, lacs, rivières, marécages, fossés d'irrigation, canaux et étangs) ainsi que dans les estuaires de la zone intertropicale (**Monod, 1966, 1977 ; Powell, 1980**). A l'exception de la région Antarctique, les crevettes Caridea sont présentes dans toutes les régions biogéographiques du monde (Figure 7) (**De Grave et al., 2008**).

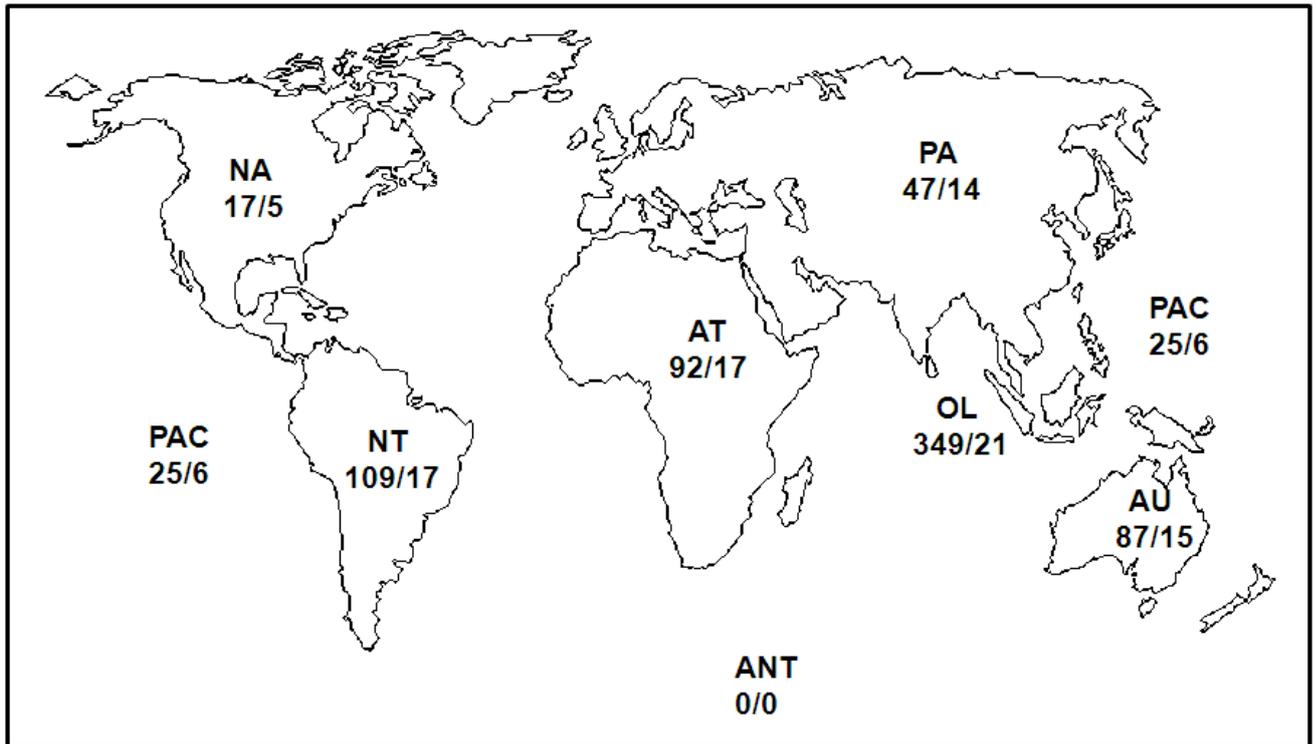


Figure 7 : Distribution géographique des crevettes Caridea décrites jusqu'à décembre 2005 (nombre d'espèces/nombre de genres) (d'après **De Grave et al., 2008**) ; PA : Paléarctique, NA : Néarctique, NT : Néotropique, AT : Afrotropique, OL : Oriental, AU : Australasien, PAC : Iles pacifiques océaniques, ANT : Antarctique.

La famille des Palaemonidae comprend des espèces adaptées aussi bien aux milieux marins qu'aux eaux douces et saumâtres (**Fischer et al., 1981 ; Schneider, 1992 ; Valencia et Campos, 2007**). Selon **De Grave et al. (2008)**, cette famille est présente dans sept régions biogéographiques (Paléarctique, Néarctique, Néotropique, Afrotropique, Orientale, Australasienne, Iles pacifiques océaniques). Le genre *Macrobrachium* est rencontré dans toutes ces régions biogéographiques (**Holthuis et Provenzano, 1970 ; Holthuis, 1980 ; Ramos-Porto et Coelho, 1998 ; Barko et Hrabik, 2004 ; Chen et al., 2009**). En Afrique de l'Ouest, les dix espèces identifiées du genre *Macrobrachium* sont rencontrées aussi bien dans les eaux douces que saumâtres (**Monod, 1980 ; Powell, 1980 ; Marioghae, 1982**). La distribution des espèces de ce genre dans les cours d'eaux de Côte d'Ivoire est indiquée dans le tableau II.

Les crevettes de la famille des Atyidae occupent les mêmes aires de distribution (régions intertropicales et subtropicales) que les Palaemonidae (**Keith et Vigneux, 2002 ; Poupin, 2005 ; Magalhães et Pereira, 2007 ; Klotz et al., 2007 ; Valencia et Campos, 2007 ; Page et al., 2008**). Selon ces auteurs, les espèces appartenant au genre *Atya* sont rencontrées en Afrique, aux Antilles, en Asie, en Australie et en Amérique centrale et du Sud.

Tableau II : Répartition des espèces de *Macrobrachium* signalées en Côte d'Ivoire ; 1 : Powell (1980), 2 : Lévêque *et al.* (1983), 3 : Gooré Bi (1998), 4 : N'zi (2007).

Espèces	Bassins	Banco (1)	Bandama (2 & 4)	Agnébi (3 & 4)	Bia (3)	Comoé (4)	Sassandra (4)	Boubo (4)	Mé (4)	Tanoé (4)	Dodo (4)	San Pédro (4)	Néro (4)
<i>Macrobrachium chevalieri</i> (J. Roux, 1935)						x			x		x		
<i>M. dux</i> (Lenz, 1910)				x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>M. felicinum</i> Holthuis, 1949			x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>M. macrobrachion</i> (Herklots, 1851)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>M. raridens</i> (Hilgendorf, 1893)			x	x	x	x	x		x			x	
<i>M. sollaudii</i> (De Man, 1912)				x				x	x				
<i>M. thysi</i> Powell, 1980		x											
<i>M. vollenhovenii</i> (Herklots, 1857)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Les quatre espèces rencontrées en Afrique de l'Ouest sont réparties comme suit :

- *Atya africana* est signalé dans les eaux douces du Gabon et du Congo (Monod, 1966). En Côte d'Ivoire, cette espèce a été rencontrée dans le Bandama (Lévêque *et al.*, 1983), la Bia (Gooré Bi, 1998), le Sassandra, le Tanoé, le Boubo, le Mémé, le Nounoua, le Nero et le Dodo (N'zi, 2007). C'est une espèce côtière qui peut remonter certains fleuves (Monod, 1980).

- *A. gabonensis* est distribué dans les fleuves littoraux du Sénégal au Gabon et dans les îles du Golfe de Biafra (São Tomé) (Monod, 1966, 1980). Dans les eaux douces ivoiriennes, elle est signalée dans le Bandama (Lévêque *et al.*, 1983), le Sassandra et le Tanoé (N'zi, 2007). L'espèce peut remonter plus loin en zone soudanaise et sa distribution serait liée à la présence de fond rocheux (Monod, 1980). Elle est également signalée au Surinam (Guyane Hollandaise) (Magalhães et Pereira, 2007).

- *A. intermedia* est connu des eaux dulçaquicoles de São Tomé (Monod, 1980). Elle n'est pas rencontrée dans les cours d'eaux ivoiriens.

- *A. scabra* a une distribution plus large que celle des autres espèces. Son aire de distribution couvre les Antilles, l'Amérique centrale et du sud, l'île de Carpe Vert et l'Afrique de l'Ouest (Holthuis, 1980 ; Ramos-Porto et Coelho, 1998 ; Page *et al.*, 2008). En Côte d'Ivoire, elle est présente dans le Bandama (Lévêque *et al.*, 1983), le Bia (Gooré Bi, 1998), le Tanoé, le Mémé, le Nero et le Dodo (N'zi, 2007).

### 1-2-3- Génétique des espèces des genres *Atya* et *Macrobrachium*

Les études sur la différenciation génétique des espèces de crevettes d'eaux douces sont peu nombreuses. Selon **De Grave et al. (2008)**, les études génétiques sur ces crustacés ont commencé récemment et sont principalement basées sur la génétique moléculaire.

Chez les espèces du genre *Macrobrachium*, les premiers travaux se sont limités à la diversité génétique de différentes populations de *M. rosenbergii* (De Man, 1879) en raison de son importance en aquaculture (*e.g.* **Malecha, 1977 ; Hedgecock et al., 1979 ; Lindenfelser, 1984 ; Mather et de Bruyn, 2003**). Les recherches comparant différentes espèces sont celles de **Pereira (1997)**, **Murphy et Austin (2002, 2003, 2005)**, **Short (2004)**, **Liu et al. (2007)** et de **Wowor et al. (2009)**. Selon **Murphy et Austin (2005)**, **Liu et al. (2007)** et **Wowor et al. (2009)**, les espèces de *Macrobrachium* étudiées forment un clade monophylétique, excepté quelques espèces (*e.g.* *M. intermedium* (Stimpson, 1860), *M. equidens* et *M. latidactylus* (Thallwitz, 1891)). Les distances génétiques entre elles sont relativement uniformes, avec quelques exceptions. Par exemple, les distances génétiques entre deux populations de *M. rosenbergii* sont plus grandes que celles obtenues entre *M. lar* (J. C. Fabricius, 1798) et *M. mammillodactylus* (Thallwitz, 1892), échantillonnés à des distances géographiques similaires. Elles sont beaucoup plus grandes que les distances génétiques entre un certain nombre d'espèces de l'Amérique du Sud et Centrale (*M. acanthochirus* Villalobos, 1967, *M. olfersii* (Wiegmann, 1836), *M. crenulatum* (Holthuis, 1950)) et de l'Afrique de l'ouest (*M. zariquieyi*).

Concernant le genre *Atya*, **Page et al. (2008)** indiquent que *A. scabra* et *A. margaritacea*, deux espèces morphologiquement similaires (**Hobbs et Hart, 1982**), sont fermement liés sur le plan génétique. Selon ces auteurs, *A. scabra*, *A. margaritacea*, *A. lanipes* Holthuis, 1963 et *A. innocous* (Herbst, 1792) divergent génétiquement. Ce groupe d'espèces forme un clade frère d'*A. gabonensis* d'origine ouest-africaine. Ensemble, ces espèces d'*Atya* forment un grand clade qui exclut *A. ortmannioides*, considéré par **Hobbs et Hart (1982)** comme primitif. De plus, **Fiévet et al. (2001)**, par analyse du polymorphisme enzymatique, ont différencié *A. innocous* et *A. scabra* à partir de quatre locus (Ldh, Gpi, Mpi et Pgm). En Côte d'Ivoire, aucune étude génétique n'a été menée sur les crevettes d'eau douce.

# **CHAPITRE II :**

## **MATERIEL ET METHODES**

## 2-1- MATERIEL

### 2-1-1- Matériel biologique

Le matériel biologique analysé est constitué de 1046 spécimens de crevettes dont 840 mâles et 206 femelles (taille comprise entre 40,05 et 189,63 mm Longueur totale) provenant des cours d'eau Comoé, Bandama, Sassandra, Bia, N'zi, Eholié et Banco. Les données relatives à la taille des échantillons et aux sites d'échantillonnage sont consignées dans le tableau III.

Tableau III : Données relatives aux sites d'échantillonnage des crevettes : coordonnées géographiques et taille des échantillons.

Cours d'eaux	Localités	Latitude, Longitude	Taille des échantillons		
			Mâles	Femelles	Total
Eholié	Sanhouman	05°23'N/03°08'W	32	20	52
Banco	Banco	05°23'N/04°03'W	4	2	6
Bia	Biaka	05°50'N/03°19'W	264	56	320
Comoé	Bettié	06°05'N/03°24'W	112	90	202
N'zi	N'zianouan	05°96'N/04°79'W	67	9	76
Bandama	N'denou	06°09'N/05°02'W	131	9	140
	Tiassalé	05°52'N/04°49'W	48	13	61
Sassandra	Buyo	06°16'N/07°01'W	180	9	189
Total			840	206	1046

### 2-1-2- Matériel technique

L'échantillonnage et l'analyse morphométrique des crevettes ont été effectués grâce à plusieurs outils :

- une épuisette pour l'échantillonnage des spécimens ;
- un pied à coulisse de type MITUTOYO (0 - 300 mm) d'une précision 0,05 mm pour les mensurations ;
- une loupe binoculaire de type OLYMPUS SZ.30 pour le comptage et la mesure des individus de petite taille.

L'étude génétique a été faite à l'aide du matériel composé :

- d'une trousse à dissection et des tubes Eppendorf qui ont respectivement servi pour le prélèvement et la conservation du muscle des crevettes ;
- des mortiers et des pilons en porcelaine pour le broyage des muscles ;
- une centrifugeuse (Hermle Z 300K) pour la centrifugation des broyats ;

- d'amidon de pomme de terre hydrolysé, des erlenmeyers (1 L de volume) et d'une plaque chauffante avec agitateur magnétique servant à la préparation du gel d'amidon (support de migration) ;
- de moules en plexiglass (20 x 17 x 1 cm<sup>3</sup>) pour la coulée du gel ;
- du papier Whatman N°3, des éponges, des générateurs munis d'électrodes et un chronomètre pour la migration des protéines ;
- des assiettes contenant les différentes solutions de révélation pour la lecture des génotypes.

## 2-2- METHODES

### 2-2-1- Echantillonnage des crevettes

La figure 8 présente les différents sites d'échantillonnage. Les crevettes du Comoé, Bandama, Sassandra, Bia, N'zi et Eholié proviennent des pêches commerciales. Elles ont été capturées à l'aide des nasses. Les individus de la rivière Banco ont été capturés à l'aide d'une époussette. L'échantillonnage s'est fait ponctuellement Mars 2005 à Mars 2007.

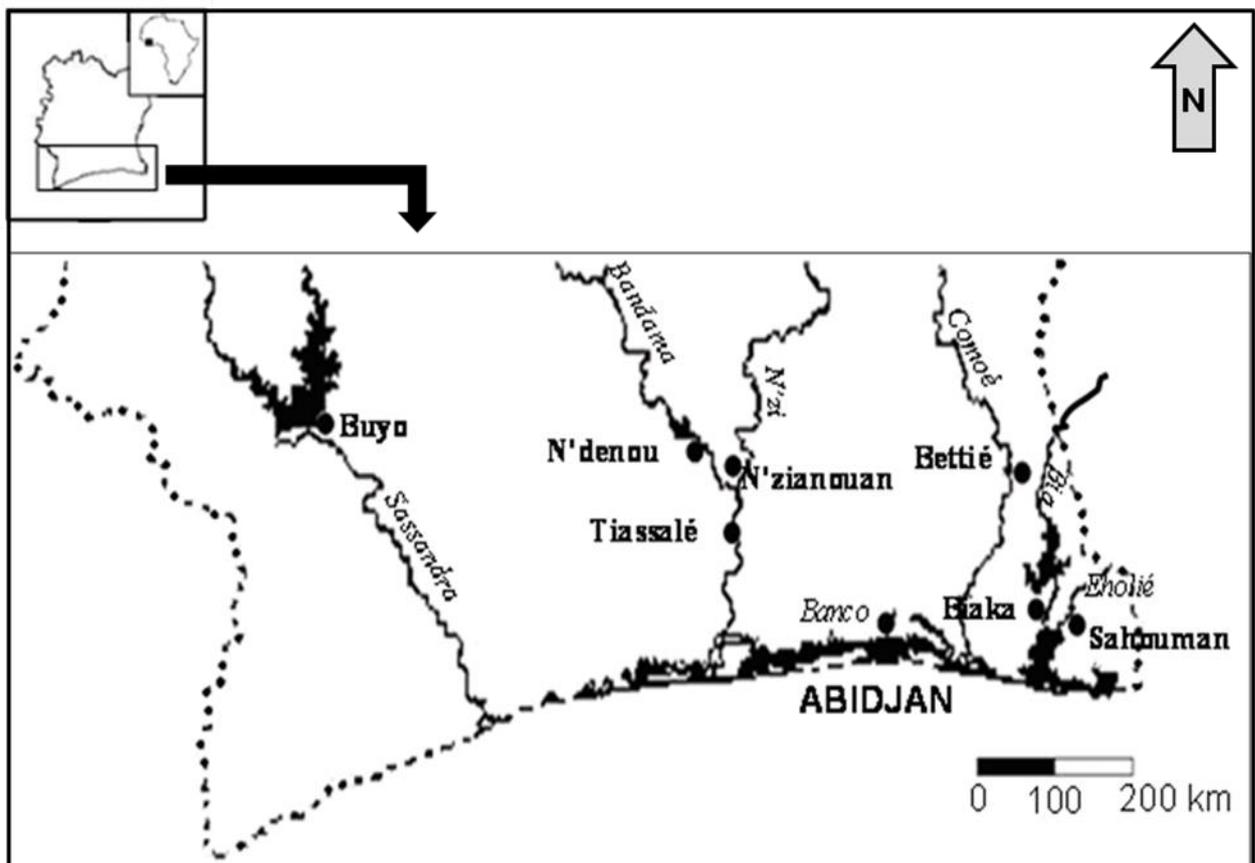


Figure 8 : Situation géographique des sites d'échantillonnage (●) des crevettes.

### **2-2-2- Analyse morphologique**

La méthodologie basée sur « l'espèce-sans-dimension » ou MESD de **Mayr (1970)** a été utilisée pour l'analyse systématique des spécimens de crevettes récoltés. Cette méthode a été utilisée parce qu'elle est la plus adaptée à la résolution des problèmes d'identification et son application a eu beaucoup de succès dans les révisions systématiques de plusieurs espèces notamment chez les poissons africains (**Thys van den Audenaerde, 1970 ; Teugels, 1986 ; Gourène, 1988 ; Tshibwabwa, 1997**).

L'expression "espèce-sans-dimension" a été utilisée pour désigner un concept d'espèce caractérisé par l'isolement reproductif de deux populations locales et sympatriques, sans considération des dimensions spatio-temporelles. L'espèce peut ainsi être délimitée en utilisant ses caractéristiques propres et les caractéristiques propres des populations locales sans les dimensions spatio-temporelles. Les étapes de cette méthode se présentent comme suit :

- les spécimens d'un cours d'eau sont soigneusement examinés. Cet examen est basé sur les données de la littérature relative aux espèces de crevettes citées ou décrites dans les zones étudiées. A partir de ces données bibliographiques, les caractères qui peuvent permettre la compréhension du groupement des spécimens en populations naturelles sont déterminés. Il s'agit des différents descripteurs morphologiques, métriques, méristiques et géographiques. Cette première étape permet de regrouper les individus en plusieurs taxons appelés Unités Taxonomiques Opérationnelles (UTO).

- les taxons de chaque zone géographique sont comparés avec ceux des bassins voisins. Ainsi, de proche en proche, l'examen est étendu à toutes les zones étudiées. Cette démarche présente l'avantage de déterminer l'existence d'une ou plusieurs espèces ou des morphotypes dans les populations des régions considérées.

- les échantillons de différentes populations supposées appartenir à la même espèce sont comparés dans un ordre géographique logique. Ces comparaisons font ressortir les similarités et les différences entre ces populations.

- les groupes identifiés et définis sont assignés chacun à une espèce. Les espèces reconnues valides sont décrites, une carte de distribution géographique est proposée et dans la mesure du possible, une clé d'identification pratique est élaborée pour les zones étudiées.

#### **2-2-2-1- Caractères étudiés**

L'étude systématique est basée sur l'analyse de divers caractères prélevés sur des individus regroupés en taxons. Ce dernier est défini, d'après **Simpson (1961)**, comme étant un groupe d'organismes reconnus en tant qu'unité formelle à chaque niveau de la classification. Il doit être

reconnaissable par un ou plusieurs attributs propres ou caractères et avoir une identité au niveau spécifique. Un caractère est donc tout attribut observable d'un organisme. Selon **Sneath et Sokal (1973)** et **Darlu et Tassy (1993)**, c'est à partir des caractères qu'on peut faire des comparaisons entre les organismes et déterminer les relations qui existent entre eux.

#### **2-2-2-1-1- Choix des caractères**

Le choix des caractères a été fait selon les critères utilisés dans les travaux antérieurs sur les poissons (*e.g.* **Gourène, 1988** et **Tshibwabwa, 1997**) et les crevettes (*e.g.* **Kuris et al., 1987 ; Moraes-Riodades et Valenti, 2004 ; Mariappan et Balasundaram, 2004 ; García-Dávila et al., 2005**). Ce sont :

- 1- la stabilité des caractères au sein des genres *Macrobrachium* et *Atya* ;
- 2- la pertinence des descripteurs dans la discrimination des espèces les unes des autres ;
- 3- l'existence des caractères sur les individus à classer et à identifier ;
- 4- la comparabilité des attributs avec les descriptions antérieures faites par d'autres auteurs.

En plus de ces quatre critères, les conditions complémentaires suivantes ont été définies dans la sélection des caractères :

- ils doivent être observables et enregistrables avec des instruments ;
- ils doivent avoir peu de variations intraspécifiques.

#### **2-2-2-1-2- Types de caractères**

Les caractères choisis pour l'étude des crevettes sont de trois types : quantitatifs, qualitatifs et géographiques. Les caractères quantitatifs sont de deux types : continus et discrets. Les caractères continus ou morphométriques concernent les différentes mensurations effectuées sur les spécimens. Les caractères quantitatifs discrets ou caractères méristiques définissent le comptage de certains descripteurs du corps tel que le nombre de dents sur la face dorsale du rostre ou le nombre d'épines sur le telson. Les caractères qualitatifs représentent les attributs morphologiques notamment les positions de la pointe du rostre par rapport aux extrémités antérieures du pédoncule antennulaire et de l'écaille antennaire, la position de la dernière dent dorsale par rapport à celle de la face ventrale du rostre. Les données géographiques concernent les coordonnées (latitude et longitude) des localités d'échantillonnage. Les individus récoltés dans chacune de ces localités peuvent présenter des caractères spécifiques propres.

#### **2-2-2-1-2-1- Caractères morphométriques**

Les mesures prises sur les crevettes dans la présente étude sont faites selon les six conditions formulées par **Simpson (1961)**. Selon cet auteur, les mesures doivent être logiques, se

rapporter à un problème bien précis et bien défini, adéquates, bien délimitées, standardisées et comparables. En outre, la technique de mesure adoptée par **Kuris *et al.* (1987)** pour la séparation des morphotypes de *Macrobrachium rosenbergii* a été utilisée.

Dans cette étude, 54 caractères morphométriques ont été mesurés entre des points fixes du corps de chaque spécimen de crevettes. Les mesures sur les individus de grande taille ont été réalisées à l'œil nu. En revanche, celles des spécimens de petite taille ont été effectuées sous une loupe binoculaire. Les différentes mensurations ont été faites à l'aide d'un pied à coulisse. Pendant les mensurations, la crevette est couchée sur la face ventrale, la tête tournée à gauche de l'observateur. Toutes les dimensions des deux pattes de la deuxième (*Macrobrachium*) ou troisième (*Atya*) paire de péréiopodes et leurs articles ont été mesurées le long de la ligne latérale externe. Les nombres 1 et 2 correspondent respectivement au chélipède majeur et au chélipède mineur chez les crevettes ayant des pattes de différentes tailles. Lorsque les péréiopodes sont de tailles égales, le nombre 1 est attribué à la patte droite et le nombre 2 à celle de gauche. Les mesures des largeurs des différents membres des pattes sont faites au niveau de la partie la plus large (extrémité distale) de chaque article. Les différentes mensurations effectuées (Figure 9) sont définies comme suit :

- la longueur totale (LT) : distance entre la pointe du rostre et le bout du telson ;
- la longueur de la carapace (LC) : distance horizontale du creux orbitaire au milieu de l'extrémité postérieure du céphalothorax ;
- la longueur intermédiaire de la carapace (LC1) : distance du bord postérieur du céphalothorax au rebord du rostre (prise sur les spécimens du genre *Atya*) ;
- la longueur du rostre (LR) : distance de la pointe du rostre à la base de la dent épigastrique ;
- la longueur de la tête (Lt) : distance horizontale de la pointe du rostre au milieu de l'extrémité postérieure du céphalothorax ;
- la longueur de la deuxième ou troisième paire de pattes (L1 et L2) : distance comprise entre l'extrémité postérieure de l'ischion et le bout du dactyle ou des crochets des pattes ;
- les longueurs des ischions (LI1 et LI2) : distances comprises entre les extrémités antérieures et postérieures des ischions ;
- les longueurs des mérus (LM1 et LM2) : distances comprises entre les extrémités antérieures et postérieures des mérus ;
- les longueurs des carpes (LCA1 et LCA2) : distances comprises entre les extrémités antérieures et postérieures des carpes ;

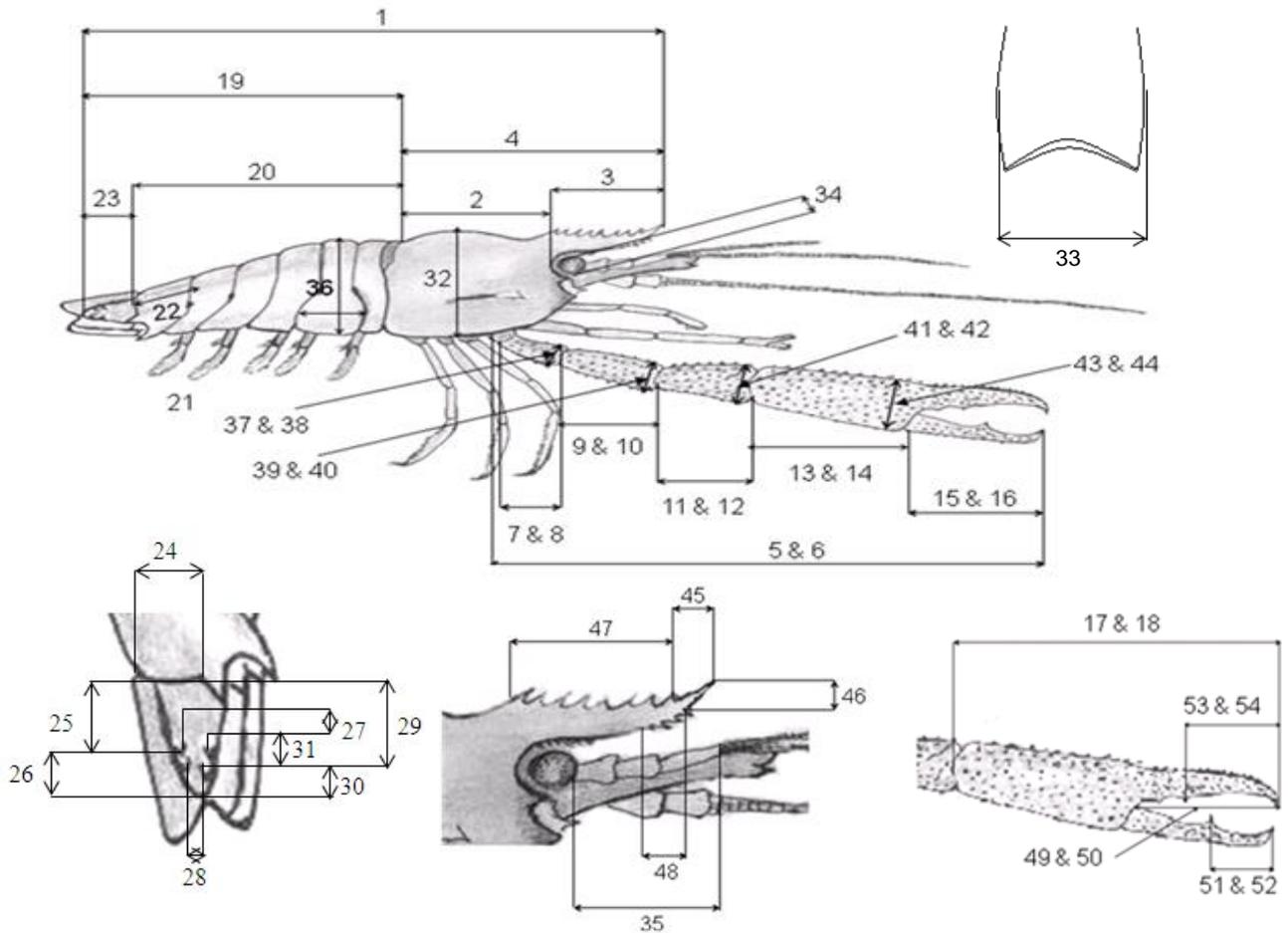


Figure 9 : Schéma indiquant les différentes mensurations effectuées sur chaque spécimen de crevette (1 : longueur totale, 2 : longueur de la carapace, 3 : longueur du rostre, 4 : longueur de la tête, 5 & 6 : longueurs de la deuxième ou troisième paire de pattes locomotrices, 7 & 8 : longueurs des ischions, 9 & 10 : longueurs des mérus, 11 & 12 : longueurs des carpes, 13 & 14 : longueurs des paumes, 15 & 16 : longueurs des doigts, 17 & 18 : longueurs des propodes, 19 : longueur de la queue, 20 : longueur de l'abdomen, 21 : largeur de la deuxième pleura, 22 : longueur du sixième segment abdominal, 23 : longueur du telson, 24 : largeur du telson, 25 : distance 1<sup>ère</sup> paire épines-base du telson, 26 : distance 1<sup>ère</sup> paire épines-bout du telson, 27 : distance entre les épines de la 1<sup>ère</sup> paire, 28 : distance entre les épines de la 2<sup>ème</sup> paire, 29 : distance 2<sup>ème</sup> paire épines-base du telson, 30 : distance 2<sup>ème</sup> paire épines-bout du telson, 31 : distance entre les deux paires épines du telson, 32 : hauteur du céphalothorax, 33 : largeur du céphalothorax, 34 : diamètre de l'œil, 35 : longueur du pied antennulaire, 36 : hauteur du deuxième pleura, 37 & 38 : largeur des ischions, 39 & 40 : largeur des mérus, 41 & 42 : largeur des carpes, 43 & 44 : largeur des paumes, 45 : distance dernière dorsale-bout du rostre, 46 : distance dernière dent ventrale-bout rostre, 47 : longueur de la base des dents dorsales, 48 : longueur de la base des dents ventrales, 49 & 50 : longueurs des doigts fixes, 51 & 52 : distances dent conique-bout du dactyle, 53 & 54 : distances dent-bout du doigt fixe).

- les longueurs des paumes (LPA1 et LPA2) : distances comprises entre les extrémités postérieures des paumes et la base des dactyles ;
- les longueurs des doigts (LDO1 et LDO2) : distances des extrémités antérieures des paumes au bout des doigts ;
- la longueur de la queue (LQ) : distance horizontale de l'extrémité antérieure de l'abdomen à la pointe du telson ;
- la longueur de l'abdomen (LAb) : distance horizontale de l'extrémité postérieure du céphalothorax à la base du telson ;
- la largeur du deuxième pleura (l2P) : distance comprise entre les extrémités antérieure et postérieure du deuxième pleura ;
- la longueur du sixième segment abdominal (L6S) : distance entre les extrémités antérieure et postérieure du sixième somite abdominal ;
- la longueur du telson (Tel) : distance horizontale entre la base et la pointe du telson ;
- la largeur du telson (lat) : distance entre les bords latéraux du telson au niveau de l'extrémité antérieure ;
- la distance D1 : distance de l'extrémité antérieure du telson à la première paire d'épines sur le telson ;
- la distance D2 : distance de l'extrémité antérieure du telson à la deuxième paire d'épines sur le telson ;
- la distance D1P : distance entre les épines de la première paire d'épines du telson ;
- la distance D2P : distance entre les épines de la deuxième paire d'épines du telson ;
- la distance D3 : distance de la première paire d'épines du telson au bout du telson ;
- la distance D4 : distance de la deuxième paire d'épines du telson au bout du telson ;
- la longueur entre les deux épines (D2PE) : distance entre les deux paires d'épines du telson ;
- la hauteur du céphalothorax (HC) : distance entre les bords dorsal et ventral du céphalothorax ;
- la largeur du céphalothorax (lcth) : distance entre les extrémités latérales du céphalothorax ;
- le diamètre de l'œil (DO) : distance entre les bords latéraux de l'œil ;
- la longueur du pied antennulaire (Pan) : distance de la base du pédoncule antennulaire à la base de l'antennule ;
- la hauteur du deuxième pleura (HP2) : distance entre les bords dorsal et ventral du deuxième segment abdominal ;

- les largeurs des ischions (lai1 et lai2) : distances entre les bords latéraux des ischions au niveau de l'extrémité postérieure ;
- les largeurs des mérus (lam1 et lam2) : distances entre les bords latéraux des mérus au niveau de l'extrémité postérieure ;
- les largeurs des carpes (lac1 et lac2) : distances entre les bords latéraux des carpes au niveau de l'extrémité postérieure ;
- les largeurs des paumes (lap1 et lap2) : distances entre les bords latéraux des paumes au niveau de l'extrémité postérieure ;
- la distance de la pointe du rostre à la dernière dent ventrale du rostre (Ddb) ;
- la distance de la pointe du rostre à la dernière dent dorsale du rostre (Dbb) ;
- la longueur de la base des dents dorsales : distance de la première à la dernière dent dorsale du rostre (Ld) ;
- la longueur de la base des dents ventrales : distance de la première à la dernière dent ventrale du rostre (Lv) ;
- les longueurs des doigts fixes : distance de la base au bout des doigts fixes (Dp1 & Dp2) ;
- les distances des dents coniques des doigts mobiles au bout desdits doigts (Dm1 & Dm2) ;
- les distances des dents coniques des doigts fixes au bout desdits doigts (Df1 & Df2).

Les longueurs totale et standard sont exprimées en millimètres. Toutes les autres mesures, prises en millimètre, sont converties en pourcentage de la longueur standard. Dans cette étude, la longueur de la carapace a été utilisée comme longueur standard. Ce choix s'explique par le fait que la carapace des décapodes est dure, difficilement déformable et facile à mesurer. De ce fait, elle est la dimension la plus fiable (**Grandjean *et al.*, 1997 ; Mariappan et Balasundaram, 2004**). Ces données sont standardisées afin d'éviter les variations de taille dues aux différences d'âge entre les populations. Cette standardisation repose sur la relation allométrique entre les données morphométriques et la taille des crevettes. De plus, 26 ratios entre ces variables métriques ont été calculés Ces ratios sont mentionnés dans le tableau IV.

#### ***2-2-2-1-2-2- Caractères méristiques***

Sept descripteurs méristiques ont été relevés sur chaque individu de crevette :

- le nombre de dents sur la face ventrale du rostre (nvr) ;
- le nombre de dents sur la face dorsale du rostre (ndr) ;
- le nombre de dents dorsales post-orbitales (npo) ;
- le nombre d'épines sur la face dorsale du telson (net) ;
- le nombre de dents sur le doigt fixe (ndf) ;

- le nombre de dents sur le doigt mobile (ndm) ;
- le nombre d'épines sur le bord latéral interne de la paume (nep).

Tableau IV : Liste des rapports entre les caractères métriques utilisés dans cette étude.

Numéro	Abréviation	Définition
1	L1/L2	Longueur de la patte1/longueur de la patte2 de la seconde paire de péréiopodes
2	I1/I2	Longueur de l'ischion 1/longueur de l'ischion2
3	I/L1	Longueur de l'ischion1/longueur de la patte1
4	I/M1	Longueur de l'ischion1/longueur du mérus1
5	I/C1	Longueur de l'ischion1/longueur du carpe1
6	M1/M2	Longueur du mérus1/longueur du mérus2
7	M/L1	Longueur du mérus1/longueur de la patte1
8	M/P1	Longueur du mérus1/longueur de la paume1
9	C1/C2	Longueur du carpe1/longueur du carpe2
10	C/L1	Longueur du carpe1/longueur de la patte1
11	C/M1	Longueur du carpe1/longueur du mérus1
12	C/P1	Longueur du carpe1/longueur de la paume1
13	C/D1	Longueur du carpe1/longueur du doigt1
14	P/L1	Longueur de la paume1/longueur de la patte1
15	D/L1	Longueur du doigt1/longueur de la patte1
16	dm/D1	Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du doigt1
17	df/D1	Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt1
18	Dm/df1	Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe1
19	lai/I1	Largeur de l'ischion1/longueur de l'ischion1
20	lam/M1	Largeur du mérus1/longueur du mérus1
21	lac/C1	Largeur du carpe1/longueur du carpe1
22	lap/P1	Largeur de la paume1/longueur de la paume1
23	lcth/HC	Largeur de la carapace/hauteur de la carapace
24	R/T	Longueur du rostre/longueur de la tête
25	Pl/Ab	Largeur du 2 <sup>ème</sup> pléopode/longueur de l'abdomen
26	ltel/Te	Largeur du telson/longueur du telson

### **2-2-2-1-2-3- Observations morphologiques**

Les caractères qualitatifs ou morphologiques utilisés dans cette étude sont externes. Ils sont directement observables sur les spécimens. Ce sont :

- la position de la plus grande patte de la seconde paire de péréiopodes (à gauche ou à droite du spécimen) ;
- la présence ou l'absence d'épines post-orbitaires ;
- la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure du pédoncule antennulaire et de l'écaille antennaire (inférieure, égale ou supérieure) ;
- la position de la dernière dent dorsale du rostre par rapport à celle de la face ventrale (inférieure, égale ou supérieure) ;



### 2-2-2-2- Analyses statistiques

La méthode de l'espèce-sans-dimension exige que le relevé des paramètres métriques, méristiques, morphologiques ou autres soit fait sur un grand nombre d'individus des populations étudiées. Plusieurs comparaisons sont d'abord faites entre les spécimens. Les différences entre eux « point par point » et « caractère par caractère » sont notées. Ensuite, des groupes-espèces sont constitués et les variations intra et interspécifiques sont mises en évidence. Enfin, un outil mathématique est choisi pour synthétiser l'information afin d'obtenir une meilleure représentation des résultats et surtout de les confirmer.

Cette démarche facilite la prise de décision définitive sur la classification ou l'identification des individus. Ainsi, plusieurs types d'analyses statistiques ont été utilisés. Il s'agit des statistiques univariées, bivariées et multivariées. Les données métriques et méristiques ont été traitées séparément parce que ces deux types de variables sont différents statistiquement et biologiquement (Ihsen *et al.*, 1981). Les caractères métriques sont continus et plus modifiables par l'environnement alors que les descripteurs méristiques sont discrets et fixes au dernier stade de développement.

#### 2-2-2-2-1- Statistiques univariées

Elles ont concerné la statistique descriptive, les tests statistiques tels que le *t* de Student pour variables indépendantes, le *U* de Mann Whitney, l'analyse de variance (ANOVA) à un facteur ainsi que le test de proportion de Khi-deux de Pearson.

Au niveau de la statistique descriptive, les paramètres de tendance centrale tels que la moyenne et la médiane ont été calculés pour chaque espèce. En outre, les paramètres de dispersion tels que l'erreur type sur la moyenne, l'écart type, l'étendue (minimum-maximum) et le coefficient de variation ont été déterminés.

Ces statistiques ont permis de décrire et de faire ressortir les limites de variation des caractères. Par ailleurs, elles sont indispensables pour la détermination des variations inter et intra spécifiques. A l'exception du coefficient de variation (CV), toutes les statistiques ont été obtenues à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1. Ce coefficient se calcule selon la relation 1 (Zar, 1999) :

$$CV_i = \left( \frac{\sigma_i}{\mu_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

$\sigma_i$  = écart type de la variable *i* pour le groupe considéré ;

$\mu_i$  = moyenne de la variable *i* pour le groupe considéré.

Selon la valeur de  $CV_i$ , trois structures de l'ensemble étudié sont mises en évidence :

- si  $CV_i$  est inférieur à 2 %, le groupe est très homogène ;
- si  $CV_i$  est compris entre 2 et 25 %, le groupe est homogène ;
- si  $CV_i$  est supérieur à 25 %, le groupe est hétérogène.

Ce coefficient a également permis de soustraire des bases de données les variables pour lesquelles le groupe étudié est très homogène ( $CV \leq 2\%$ ).

Le test  $t$  de Student pour variables indépendantes est un test paramétrique employé pour comparer deux objets. Dans la présente étude, il a été utilisé pour comparer les valeurs moyennes des paramètres entre les différents groupes-espèces deux à deux. Les conditions requises pour l'application de ce test sont :

- l'indépendance des données ;
- la taille de l'échantillon, les échantillons de grande taille ( $n \geq 30$  pour chaque groupe-espèce) sont supposés avoir une distribution normale ;
- la normalité de la distribution des données lorsque  $n \leq 30$ . La normalité a été déterminée à l'aide du test  $W$  de Shapiro-Wilk (**Shapiro et al., 1968**).
- l'homogénéité des variances. Elle a été vérifiée avec le test de Brown et Forsythe (**Brown et Forsythe, 1974**).

Lorsque les conditions d'applicabilité du test  $t$  de Student ne sont pas remplies, son équivalent non-paramétrique, le test  $U$  de Mann Whitney, est employé pour la comparaison des groupes-espèces de crevettes deux à deux. A la suite du test  $U$  de Mann Whitney, les variations des différents caractères sont représentées avec des boîtes à moustache.

L'analyse de variance (ANOVA) est l'équivalente du test  $t$  de Student lorsqu'il y a plus de deux populations à comparer. Elle a été suivie du test de comparaison multiple de différence significative d'honnêteté de Tukey.

Le test de proportion de Khi-deux de Pearson a été utilisé pour évaluer la différence du nombre d'individus présentant un caractère morphologique particulier entre des groupes-espèces.

#### **2-2-2-2- Statistiques bivariées**

Les coefficients de corrélation  $r$  de Pearson et l'analyse caractère par caractère (représentation de chaque variable en fonction de la longueur standard) constituent les statistiques bivariées utilisées.

Le coefficient de corrélation a été calculé pour mesurer la relation linéaire entre deux variables. Il a été déterminé dans le but de détecter les variables fortement corrélées afin

d'éliminer les redondances (**Murta, 2000**). Deux paramètres sont considérés redondants si le coefficient de corrélation entre eux est supérieur ou égal à 0,90.

L'analyse caractère par caractère a été réalisée afin de déterminer la variation de chaque descripteur métrique pour des spécimens de classe de longueur de carapace similaire appartenant à des groupes-espèces différents.

### ***2-2-2-2-3- Statistiques multivariées***

Contrairement aux statistiques univariées et bivariées qui ne traitent qu'une ou deux variables à la fois, les méthodes d'analyses multidimensionnelles s'intéressent à l'ensemble des caractères (**Bouroche et Saprota, 1992**). Trois techniques multivariées ont été utilisées : l'analyse en composantes principales (ACP), l'analyse factorielle discriminante suivie du test de validation croisée et l'analyse de classification hiérarchique (ACH). Les deux premières analyses citées (ACP, AFD) permettent de faire une bonne synthèse de l'information contenue dans les variables étudiées en réduisant les dimensions de la matrice originale tout en minimisant la perte de l'information (**Brito et al., 2006**). Elles sont recommandées dans le traitement des données tant méristiques que morphométriques en systématique (**Gourène, 1988 ; Tshibwabwa, 1997**) et largement utilisées dans les travaux de variabilité morphologique (*e.g.* **Turan et al., 2005 ; Murphy et al., 2007 ; Quilang et al., 2007**). Pour toutes ces analyses, à l'exception de l'analyse de classification hiérarchique, tous les caractères morphométriques ont été transformés en leur logarithme décimal ( $\log(x+1)$ ) afin de les normaliser, de linéariser les relations exponentielles de type allométrique de croissance (**Humphries et al., 1981 ; Bookstein et al., 1985**) et de réduire les différences de variance entre les variables (**Macholán et al., 2008**).

#### ***2-2-2-2-3-1- Analyse en composantes principales***

Cette analyse a été utilisée pour évaluer la variation morphométrique et méristique entre les spécimens de crevettes et identifier les variables susceptibles de contribuer plus à cette variation. Dans cette étude, deux matrices ont été constituées et séparément soumises à l'ACP à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1. La première matrice est composée des caractères morphométriques. La seconde est constituée des descripteurs méristiques dans laquelle les variables ne nécessitent pas de transformation. Pour l'interprétation des résultats, trois matrices issues de cette analyse sont indispensables : une matrice des valeurs propres, une matrice des saturations, une matrice des coordonnées des objets (ou individus).

La matrice des valeurs propres représente les contributions ou les poids des composantes principales dans l'analyse. Aussi, permet-elle de voir la proportion de la variance totale exprimée

par chaque axe et celle expliquée par les axes choisis pour les différentes représentations. Ici, tous les axes ayant une valeur propre supérieure ou égale à 1 ont été considérés comme importants. La matrice des saturations ou des coefficients de corrélation indique l'importance des relations liant les axes (nouvelles variables réduites) aux variables originales (paramètres bruts d'origine). Dans cette étude, la corrélation est dite forte entre un descripteur et un axe lorsque le coefficient de corrélation est supérieur ou égal 0,70. La matrice des coordonnées des spécimens permet de représenter graphiquement les individus dans les plans des composantes principales prises deux à deux.

#### **2-2-2-2-3-2- Analyse factorielle discriminante**

L'analyse factorielle discriminante (AFD), est un type d'analyse de classement (Tomassone, 1988). Elle a pour but d'attribuer un ensemble d'objets (spécimens) nouveaux à des catégories prédéterminées d'objets. L'application la plus courante de cette analyse en systématique est celle qui consiste à inclure, dans l'analyse, de nombreuses variables relevées sur un grand nombre d'individus dans le but de déterminer les variables qui discriminent au mieux les différents groupes. C'est cet aspect qui a été utilisé dans la présente étude. L'AFD a permis de construire un modèle prédictif d'appartenance des individus de crevette à des groupes-espèces et de les interpréter. Cette analyse a été faite en utilisant le programme STATISTICA 7.1. Elle a porté sur les mêmes matrices constituées pour l'ACP.

La procédure pas à pas d'inclusion a été utilisée pour réduire le nombre de variables (Jain *et al.*, 2000 ; Poulet *et al.*, 2004) en éliminant les éventuelles redondances (Ferrito *et al.*, 2007). Elle permet de trouver des combinaisons linéaires des variables discriminantes qui donnent le maximum de différence intragroupe tout en minimisant la variabilité intergroupe (Tomassone, 1988). L'analyse utilise un test nommé le lambda de Wilk ( $\lambda$ ) pour tester la variance des matrices intragroupes (Poulet *et al.*, 2005). Le lambda de Wilk varie entre 0 (pouvoir discriminant maximum) et 1 (pouvoir discriminant nul). Ce rapport est calculé pour chaque variable incluse dans l'analyse. Le programme évalue à chaque étape la variable qui contribue le plus à la discrimination des populations étudiées. Cette variable est retenue et incluse dans le modèle. Celui qui a une contribution faible est exclu du modèle. Tous les autres descripteurs redondants à la variable incluse ne sont plus pris en compte. Ensuite, la distance de Mahalanobis entre les centres de gravité des différents groupes est déterminée. Celle entre chaque observation et les différents centres de gravité est aussi calculée. Sur la base de ces distances, chaque observation est attribuée au groupe qui a le centre de gravité le plus proche et le pourcentage de classification

correcte des individus est déterminé pour évaluer l'efficacité de l'analyse discriminante (**Silva, 2003 ; Tomović & Džukić, 2003 ; Marques *et al.*, 2006**).

Un test de validation croisée est effectué pour évaluer la capacité des variables à discriminer les groupes-espèces de crevettes. Dans la procédure de validation croisée, un individu est extrait de la matrice originale et l'analyse discriminante est effectuée sur les observations restantes et elle est, ensuite, utilisée pour classifier le spécimen omis (**Poulet *et al.*, 2004, 2005**). Enfin, une nouvelle matrice de classification correcte est proposée.

### **2-2-2-2-3-3- Analyse de classification hiérarchique**

L'objectif de l'analyse de classification hiérarchique (ACH) est de rassembler des objets (par exemple des groupes-espèces ou des populations de crevettes) dans des classes de plus en plus larges, en utilisant certaines mesures de similarité ou de distance. Les résultats de ce type de classification sont habituellement représentés sous la forme d'un dendrogramme (arbre de classification hiérarchique). Dans cette étude, elle a été utilisée pour rassembler soit les groupes-espèces, soit les différentes populations selon leurs similarités morphologiques.

Pour le rassemblement des groupes-espèces, l'analyse de classification hiérarchique a été effectuée sur les valeurs moyennes des caractères étudiés (**Sokal et Rohlf, 1995**). Au niveau des populations de crevettes, la distance de Mahalanobis déterminée par l'analyse discriminante a été utilisée comme base tel que recommandé par **Dryden et Mardia (1998)** et **Ferrito *et al.* (2007)**. Dans les deux cas, la méthode de Ward appliquée à la distance euclidienne a été utilisée parce qu'elle met plus l'accent sur les distances intergroupes (**Werner *et al.*, 1999**). A chaque pas de l'algorithme, elle fusionne les deux classes qui présentent la plus faible distance interclasses (**Ward, 1963**).

### **2-2-3- Analyse génétique**

Outre les caractères morphologiques, métriques, méristiques et géographiques, l'expression génétique a été utilisée pour la différenciation des populations étudiées. La technique employée est l'électrophorèse des protéines enzymatiques. Elle présente la variabilité rencontrée chez les enzymes qui renferment plusieurs formes protéiques fonctionnelles (**Fiévet *et al.*, 2001**).

#### **2-2-3-1- Principe de l'électrophorèse des protéines enzymatiques**

L'électrophorèse permet de séparer les particules chargées en solution sous l'action d'un champ électrique (**Agnèse, 1989**). Elle met en évidence la présence, dans un gel, d'une ou plusieurs protéines ayant la même activité catalytique (**Fiévet *et al.*, 2001**). Les protéines étant

généralement incolores, il est nécessaire d'utiliser une technique de révélation qui repose sur les propriétés de chaque protéine. Pour ce faire, les protéines ayant une activité enzymatique sont utilisées (**Pasteur *et al.*, 1987**).

Au cours de l'analyse, chaque zone d'activité enzymatique sur le gel caractérise un locus. Pour chaque locus et chaque échantillon, une ou plusieurs bandes colorées par des réactions catalytiques spécifiques apparaissent sur le gel. Ces bandes marquent la position des protéines enzymatiques ayant migré dans le gel sous l'effet d'un champ électrique constant. Les différentes bandes sont interprétées comme étant les variants de la protéine appelés allèles. Les éventuelles différences de migration traduisent la présence de diverses formes des protéines enzymatiques et donc de différents variants du gène qui les codent (**Eppe et Fiévet, 2000**). Par convention, l'allèle le plus commun prend l'indice « 100 ». Les autres allèles sont nommés par des indices proportionnels à leur vitesse relative de migration sur le gel (**Eppe et Fiévet, 2000 ; Fiévet *et al.*, 2001**).

En électrophorèse des protéines, les données reposent sur les différentes alternatives alléliques et se composent des génotypes de chaque individu pour chaque système enzymatique. Dans cette étude, chaque échantillon est assimilé à une population représentant une réserve de gène tel que proposé par **Fiévet *et al.* (2001)**. Cette technique permet d'analyser un grand nombre de spécimens ainsi que plusieurs dizaines d'enzymes pour chaque individu. Elle reste la méthode la plus simple, rapide et la moins onéreuse de la génétique biochimique des populations (**Agnèse, 1989**). Cette méthode a été utilisée par divers auteurs sur des crevettes d'eaux douces (*e.g.* **Eppe et Fiévet, 2000 ; Fiévet *et al.*, 2001**) et marines (*e.g.* **Drengstig *et al.*, 2000 ; Ramos-Gusmão *et al.*, 2005 ; Ramos-Paredes et Grijalva-chon, 2003**). Elle a été également employée dans l'étude génétique d'autres crustacés (crabes, écrevisses, langoustes) (*e.g.* **Agerberg et Jansson, 1995 ; Creasey *et al.*, 2000 ; Gomez-Uchida *et al.*, 2003 ; Brian *et al.*, 2006**) et d'autres organismes (poissons, coquillages et mollusques) (*e.g.* **Zouros et Foltz, 1984 ; Soewardi, 1988 ; Eppe *et al.*, 1999 ; Galand et Fevolden, 2000 ; Park *et al.*, 2000 ; Poulet *et al.*, 2004 ; Adépo-Gourène, 2008**).

### 2-2-3-2- Polymorphisme enzymatique

Cette étude a porté sur le prélèvement du muscle abdominal qui est un tissu performant au niveau enzymatique et disponible en quantité suffisante même chez les spécimens de petite taille (**Fiévet *et al.*, 2001**). Les muscles ont été broyés dans de l'eau distillée pour obtenir un extrait de l'ensemble des enzymes en solution. Le broyat est centrifugé à 4 °C et à 4500 trs/min pendant 45 minutes. Le surnageant est recueilli, transféré dans des tubes Eppendorf et congelé.

Le tampon utilisé pour la préparation des gels (Tampon-gel) peut être de même nature que celui de la migration (Tampon de migration) mais plus concentré. Ce système de migration est dit continu. Il peut aussi être de nature différente (système discontinu). Pour cette étude, le système continu avec le tampon Tris-citrate, de pH 6,3 pour le gel et 6,7 pour la migration (**Pasteur *et al.*, 1988**), a été utilisé. Le gel d'amidon utilisé est monodimensionnel et sans gradient de concentration. Il permet ainsi plusieurs colorations simultanées sur un même échantillon après délaminage frontal de la plaque de gel. Le gel est préparé au laboratoire par cuisson de 50 g d'amidon de pomme de terre hydrolysé dans 380 mL de solution tampon gel. La solution est dégazée à l'aide d'une pompe à vide. Le gel ainsi obtenu est coulé dans un moule en plexiglas et débarrassé des bulles d'air restantes. Il se prend en masse et est recouvert d'un film de cellophane pour éviter la dessiccation. Il est laissé refroidi pendant au moins 4 heures sur la pailasse.

La migration des protéines est réalisée horizontalement sur le gel d'amidon. Des languettes de papier Whatman N° 3 (10 x 5 mm<sup>2</sup>) sont imprégnées d'extraits protéiques déposées le long d'une incision linéaire pratiquée dans le gel refroidi. L'avancée du front de migration est matérialisée et contrôlée grâce à des taches témoins de bleu de bromophénol. Le gel, couvert de cellophane, est disposé sur les bacs contenant la solution tampon où baignent les électrodes de platine et les éponges. Ces dernières sont appliquées sur le gel pour assurer le contact électrochimique. Le tampon assure l'ionisation permanente du gel pendant toute la durée de la migration. L'ensemble est soumis, durant 4 à 5 heures, à un courant continu de 85 à 95 mA et 200 à 380 mV qui provoque la migration des protéines chargées. La migration est faite à 4 °C

Ensuite, le gel est démoulé et découpé en 4 tranches horizontales minces d'environ 2 mm d'épaisseur après élimination des parties marginales. Chaque tranche est destinée à la révélation spécifique d'un système enzymatique impliquant l'incubation dans une solution contenant les substrats nécessaires à la réaction catalytique de la protéine. Cette incubation a été réalisée à l'obscurité et à environ 40 °C. L'activité enzymatique des protéines permet la localisation de celles-ci dans la tranche de gel après migration par des colorations spécifiques. Lorsque la coloration est suffisante, la révélation est arrêtée par une solution d'acide acétique dilué. La méthode de révélation par réduction d'un colorant accepteur d'électrons a été employée. Le produit utilisé est le système formé par le nitro-bleu de tétrazolium (NBT) ou le bromure de dimethylthiazol diphényltétrazolium (MTT) et le méthosulfate de phénazine (PMS). Dans cette réaction, le cofacteur de l'enzyme (NADP ou NADPH) réduit le NBT. L'activité de l'enzyme est indiquée par la présence d'une ou de plusieurs bandes de couleur bleue qui représente le

phénotype de cette protéine. La composition des tampons et des systèmes enzymatiques est donnée par l'annexe 1.

### 2-2-3-3- Traitement des données génétiques

#### 2-2-3-3-1- Mesure de la variabilité génétique

Trois indices ont été utilisés pour la détermination de la variabilité génétique. Le premier est le taux de polymorphisme (P) qui estime la proportion de locus polymorphes, c'est-à-dire le nombre de locus polymorphes par rapport au nombre de locus étudiés. Un locus est considéré comme polymorphe si la fréquence de l'allèle le plus commun est inférieure à un seuil défini, 99 % ( $P_{99\%}$ ) ou 95 % ( $P_{95\%}$ ) par exemple. La valeur de P est affectée par la taille de l'échantillon. Le second indice est la diversité allélique. Elle mesure le nombre moyen d'allèles par locus. Le troisième est l'hétérozygotie moyenne théorique ( $H_e$ ) ou diversité génique ( $H_i$ ), sur un locus ou un ensemble de locus (Nei, 1972). Elle a été employée pour mesurer l'hétérozygotie attendue sous Hardy-Weinberg pour un locus  $i$ . Un individu est hétérozygote lorsqu'il porte deux allèles différents sur ses chromosomes.  $H_i$  est déterminée selon la relation (2) :

$$H_i = 1 - \sum P_{j^2} \quad (2)$$

$P_j$  est la fréquence de l'allèle  $j$  du locus  $i$  et  $P_{j^2}$  représente la probabilité de tirer deux fois l'allèle  $j$ .

Pour l'ensemble des locus étudiés dans une population,

$$H = \frac{\sum H_i}{L} \quad (3)$$

$L$  est le nombre total de locus étudiés.

En plus de l'hétérozygotie théorique ( $H_i$ ), l'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) a été utilisée pour mesurer la variabilité génétique intraspécifique. Dans notre cas, la taille des échantillons étant petite, la formule (4) proposée par Nei (1978) a été employée :

$$H_o = \frac{2N(1 - \sum P_{j^2})}{(2N - 1)} \quad (4)$$

$N$  est le nombre total d'individus.

### 2-2-3-3-2- Mesure de la divergence génétique

#### 2-2-3-3-2-1- Distance génétique

La distance génétique est utilisée pour quantifier le degré de divergence génétique entre des groupes (espèces ou populations) prises deux à deux. Plusieurs indices permettent de mesurer les distances génétiques. Dans cette étude, l'indice de distance génétique de **Nei (1978)** a été utilisé pour l'estimation du degré de divergence génétique car il est plus adapté aux unités taxonomiques de faible taille. Ces distances ont été utilisées pour la construction du dendrogramme à partir de la méthode de **Ward (1963)** appliquée à la distance euclidienne avec le logiciel STATISTICA 7.1.

#### 2-2-3-3-2-2- Paramètres de Wright

Les paramètres F de **Wright (1931, 1951)** sont des mesures de corrélations entre gamètes qui s'apparient et déterminent un écart, quel que soit son sens, à la panmixie (**Chikhi, 1995**). Deux paramètres F ont été employés dans la présente étude : le  $F_{is}$  et le  $F_{ST}$ .

- le  $F_{is}$  mesure la part de déficit en hétérozygotes total à l'intérieur d'une sous population. Il répartit la variation globale des individus, relativement à la variation totale dans leur sous population. Il est déterminé selon la relation (5).

$$F_{is} = 1 - \frac{H_o}{2P(1-P)} \quad (5)$$

$H_0$  est la moyenne des hétérozygoties observées dans les échantillons ;

P est le taux de polymorphisme

$F_{is}$  varie de -1 à 1. Lorsqu'il est négatif, il traduit un excès en hétérozygotes ( $F_{is} = -1$ , il y a 100% d'hétérozygotes) et  $F_{is} = 0$ , la population est en équilibre de Hardy-Weinberg. Un  $F_{is}$  positif définit un déficit en hétérozygotes ( $F_{is} = 1$ , il y a 100% d'homozygotes).

- le  $F_{ST}$  mesure la part du déficit total en hétérozygotes due à la structure en sous-populations. Il répartit la variation dans les sous-populations relativement à celle de la population totale. Cet indice ne mesure les écarts que sous la forme de structuration, de différenciation (**Chikhi, 1995**). La formule de calcul de ce paramètre est indiquée ci-dessous.

$$F_{st} = (F_{it} - F_{is}) / (1 - F_{is}) \quad (6)$$

Avec  $F_{it} = 1 - [(H_i / 2P) (1 - P)]$  ;  $H_i$  est l'hétérozygotie observée dans l'ensemble des échantillons qui constituent la population totale.

Le  $F_{st}$  est compris de entre 0 et 1. Lorsque  $F_{st} = 0$ , toutes les sous-populations se comportent comme une seule population. Si le  $F_{st} = 1$ , toutes les sous-populations ont fixé des allèles différents (structuration maximale ou fixation). Le nombre de migrants échangés par génération, associé au niveau de différenciation des populations, a été également évalué. Tous les paramètres ont été déterminés à l'aide du programme GENETIX version 4.03 (**Belkhir et al., 2004**).

# CHAPITRE III :

## DONNEES D'ETUDES

Une partie de ce chapitre a fait l'objet de publication dans une revue indexée (IF = 0,732)  
(Annexe 14)

**KONAN, K. M., OUATTARA, A., ADEPO-GOURENE, A. B. & GOURENE, G., 2008.**  
Morphometric differentiation between two sympatric *Macrobrachium* Bates 1868 shrimps (Crustacea  
Decapoda Palaemonidae) in West-African rivers. *Journal of Natural History*, 42 (31-32) : 2095-2115. (Impact  
factor : 0,732)

### **3-1- DIFFERENCIATION MORPHOLOGIQUE INTERSPECIFIQUE**

#### **3-1-1- Résultats**

L'examen minutieux de 1046 spécimens de crevettes a permis de retenir les observations suivantes :

1- les pleuras des premier et troisième somites abdominaux sont recouverts par celui du deuxième somite ;

2- les pattes des deux premières paires de péréiopodes sont identiques et terminées par des pinceaux de soies ;

3- les pattes de la troisième paire de pattes locomotrices sont massives, développées et terminées par des crochets ;

4- le rostre est réduit et inerme ;

5- les pattes des deux premières paires de péréiopodes sont différentes et terminées par des pinces ;

6- les pattes de la deuxième paire de pattes locomotrices sont massives, bien développées et terminées par de fortes pinces ;

7- le rostre est développé et denté.

Toutes les crevettes analysées présentent le premier caractère ci-dessus mentionné. Sur la base des six autres caractères, deux grands groupes (G1 et G2) ont été constitués. Les individus du premier groupe (G1) sont caractérisés par les descripteurs 2, 3 et 4 (Figure 11a). Ceux du deuxième groupe (G2) se différencient du premier par les caractères 5, 6 et 7 (Figure 11b). Afin de mieux cerner les limites de variation des différents caractères au sein des différents groupes, les données ont été traitées par sexe.

#### **3-1-1-1- Etude du groupe G1**

Dans cet ensemble, 88 spécimens provenant tous de la rivière Bia ont été examinés. Il représente 8,41 % de la totalité des crevettes étudiées. Ce groupe est composé de 62 individus mâles et 26 femelles.

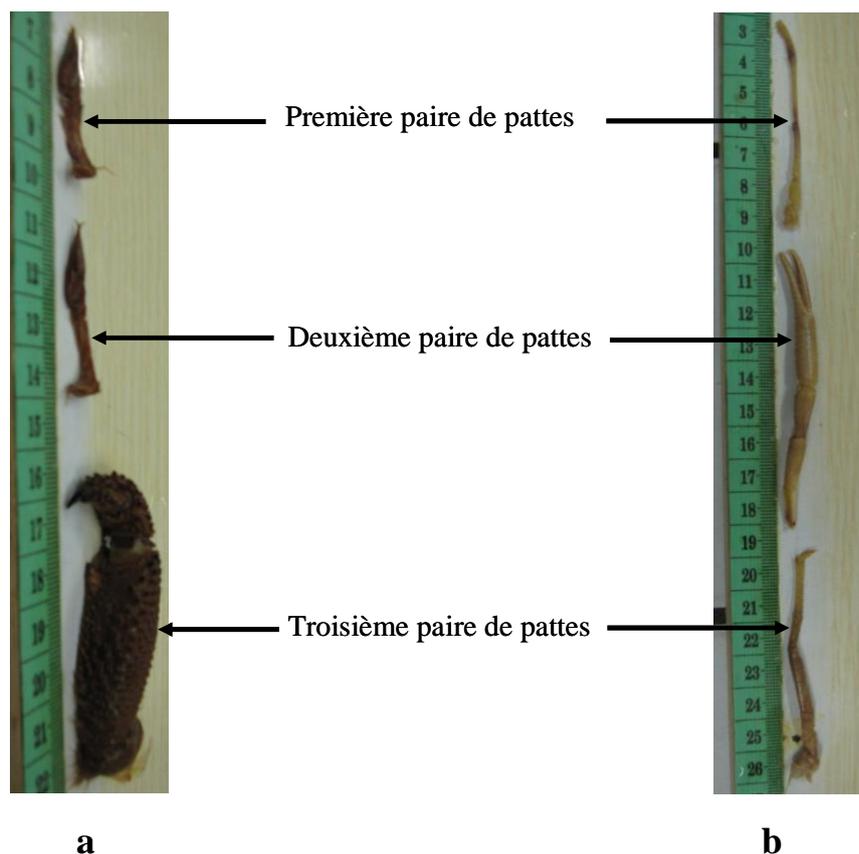


Figure 11 : Morphologie comparée des pattes des trois premières paires de péréiopodes des crevettes du groupe G1 (a) et du groupe G2 (b).

### ***3-1-1-1-1- Mâles***

#### ***3-1-1-1-1-1- Caractères métriques***

Dans l'optique de mieux mettre en évidence la variabilité entre les groupes, les caractères ayant un coefficient de variation inférieur ou égal à 2 % au sein des groupes ont été soustraits des analyses.

#### ***a- Analyse caractère par caractère***

La distribution des fréquences de taille de la plupart des caractères étudiés est unimodale. Seule, la longueur intermédiaire de la carapace présente deux pics (figure 12). Le premier mode est compris entre 106 et 107 %LC. Il caractérise le sous-groupe identifié A1. Le second mode est situé entre 114 et 116 %LC. Il définit le sous-groupe A2.

#### ***b- Etude du sous-groupe A1***

Ce sous-groupe renferme la majorité des crevettes du groupe G1 avec 60 individus (96,77 %).

*α- Analyse individuelle des descripteurs*

Seulement trois des 19 descripteurs analysés présentent une distribution bimodale. Ces caractères sont la largeur du mérus (lam1), la longueur du mérus (LM1) et la largeur du carpe (lac1). Les deux pics sont plus nets pour lam1. Cet attribut a donc été retenu comme caractère de base pour la répartition des représentants de A1 en deux lots (A11 et A12).

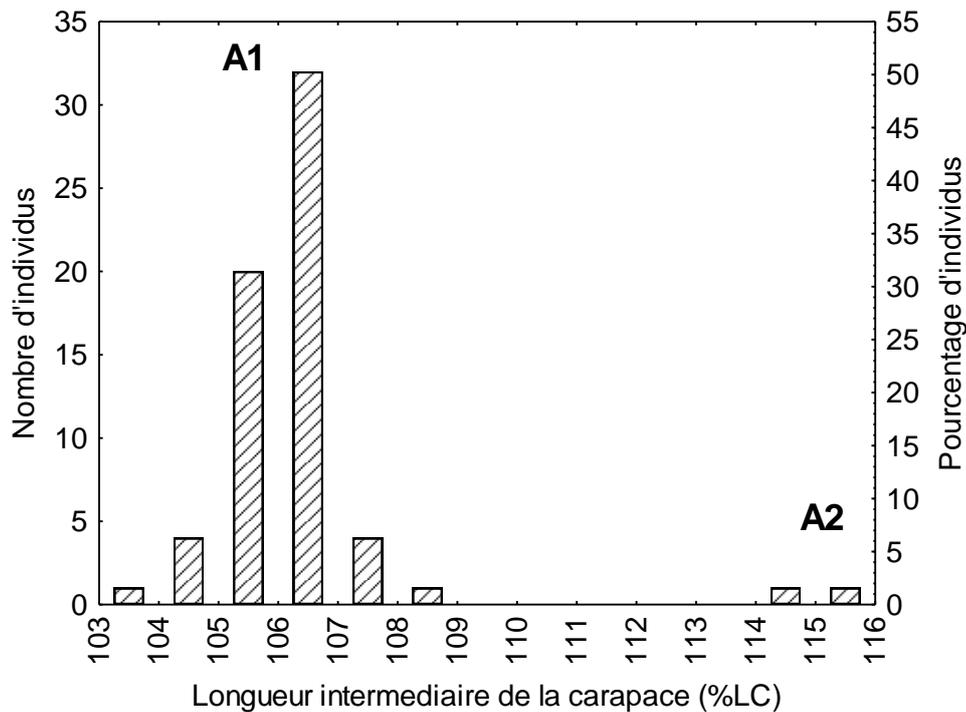


Figure 12 : Distribution des fréquences de la longueur intermédiaire de la carapace des spécimens mâles du groupe G1.

**- Largeur du mérus**

La distribution des fréquences de la largeur du mérus chez les individus du sous-groupe A1 est présentée par la figure 13. Un mode est obtenu entre 27,56 et 29,06 %LC. Il correspond au lot A11, rassemblant les crevettes dont la largeur du mérus varie de 26,06 à 30,55 %LC. Le second pic, noté entre 32,05 et 32,80 %LC, matérialise le lot A12. Chez les spécimens de A12, la largeur du mérus est comprise entre 30,55 et 37,29 %LC. Pour la suite des analyses, les lots A11 et A12 ont été maintenus. Les deux autres variables ont été représentées en fonction de la longueur de la carapace pour une meilleure mise en évidence de leur contribution dans la séparation des deux lots.

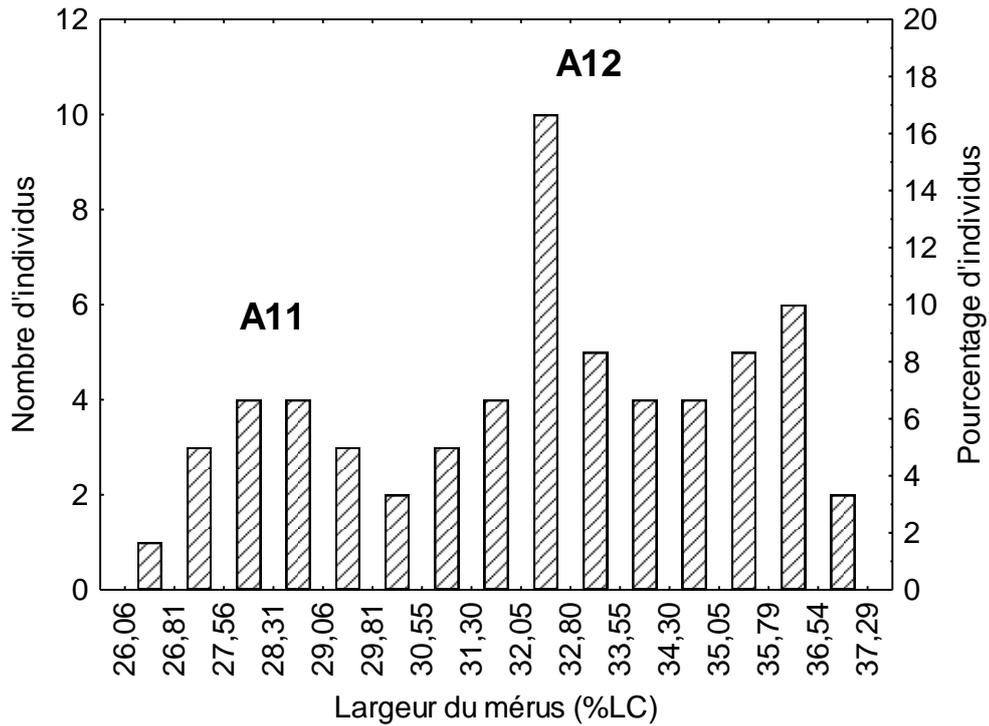


Figure 13 : Distribution des fréquences de la largeur du mérius des spécimens du sous-groupe A1.

**- Longueur du mérius**

La variation de la longueur du mérius en fonction de la longueur de la carapace des spécimens de A1 (Figure 14a) révèle que les lots A11 et A12 se distinguent assez nettement avec un léger chevauchement. Le mérius des spécimens de A11 est plus court (65 à 76 %LC) que celui des individus de A12 (74 à 98 %LC).

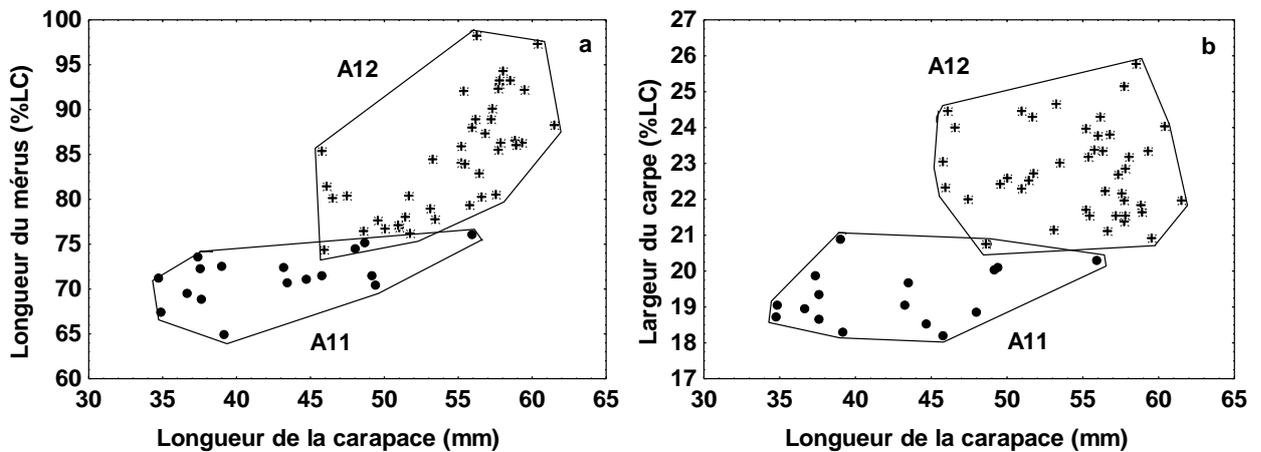


Figure 14 : Variation de la longueur du mérius (a) et de la largeur du carpe (b) des spécimens des lots A11 et A12 en fonction de la longueur de la carapace.

**- Largeur du carpe**

La figure 14b illustre la variation de la largeur du carpe en fonction de la longueur de la carapace. Deux polygones distincts sont également obtenus. Ils indiquent que les crevettes du lot A12 ont un carpe plus large (20,75 à 25,75 %LC) que celui des individus du lot A11 (18 à 21 %LC). Toutefois, une petite zone intermédiaire entre les deux polygones est observée.

***β- Comparaison entre A11 et A12***

**- Statistique élémentaire**

Le test de normalité de Shapiro-Wilk indique que la distribution des données n'est pas normale ( $p < 0,05$ ) pour neuf des 23 caractères analysés. Les résultats du test  $U$  de Mann Whitney appliqué à ces neuf descripteurs (Tableau V) révèlent qu'à l'exception de la largeur du telson, tous les autres paramètres diffèrent significativement ( $p < 0,01$  ;  $p < 0,001$ ) entre les lots A11 et A12. La longueur du rostre, la largeur du deuxième pleura, la longueur de la tête et la hauteur du 2<sup>ème</sup> pleura ont des valeurs plus élevées chez les spécimens de A11. En revanche, les spécimens de ce lot présentent, contrairement à celles de A12, de faibles valeurs de la longueur de la paume, la longueur du pied antennulaire, la largeur de l'ischion et la largeur de la paume.

Tableau V : Résultats du test  $U$  de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des lots A11 et A12 ; N : nombre d'individus,  $U$  : valeur statistique du test,  $p$  : probabilité, \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p > 0,05$ ).

Caractères	A11		A12		U de Mann Whitney	
	N	Médiane	N	Médiane	U	p
Longueur du rostre	17	26,53	43	23,64	152,00	***
Longueur de la paume	17	12,90	43	14,39	88,00	***
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura	17	44,83	43	41,50	125,00	***
Longueur du pied antennulaire	17	20,65	43	21,53	198,00	**
Largeur de l'ischion	17	20,14	43	23,02	12,00	***
Largeur de la paume	17	14,32	43	16,48	79,00	***
Longueur de la tête	17	118,09	43	116,38	172,00	**
Largeur du telson	17	23,18	43	23,49	301,00	NS
Hauteur du 2 <sup>ème</sup> pleura	17	57,44	43	53,86	82,00	***

Le test  $t$  de Student a été appliqué aux 14 autres caractères qui présentent une distribution normale. Douze de ces variables diffèrent significativement ( $p < 0,05$  ;  $p < 0,01$  ;  $p < 0,001$ ) d'un lot à l'autre (Tableau VI). Les pattes de la troisième paire de péréiopodes des individus du lot A12 sont plus longues et plus larges que celles des populations de A11. Ces derniers sont caractérisés par un abdomen, un telson et une queue plus longs. A l'exception du ratio longueur du mérus/longueur du carpe, tous les rapports sont plus élevés chez les populations de A12.

Les coefficients de variation (CV) sont mentionnés dans le tableau VI. Dans l'ensemble, les différents caractères analysés varient très peu au sein des lots constitués. Le CV est inférieur à 25 % pour toutes les variables. A niveau du lot A11, le CV varie de 0,92 à 16,80 % alors qu'il est compris entre 0,64 et 13,38 % au sein de A12. Les deux lots constituent donc des entités homogènes. Les coefficients de corrélation entre les différents paramètres sont notés dans le tableau de l'annexe 2.

Tableau VI: Résultats du test *t* de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des lots A11 et A12 ; N: nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t*: valeur statistique du test, p: probabilité, \* : p < 0,05, \*\* : p < 0,01, \*\*\* : p < 0,001, NS : non significatif (p > 0,05), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	A11				A12				<i>t</i> de Student	
	N	Moy	ET	CV (%)	N	Moy	ET	CV (%)	<i>t</i>	p
<b>Métriques (%LC)</b>										
Longueur de l'ischion	17	22,11	0,96	4,33	43	24,46	1,23	5,02	-7,07	***
Longueur du mérus	17	71,31	2,77	3,89	43	84,76	6,30	7,44	-8,45	***
Longueur de l'abdomen	17	125,39	3,65	2,91	43	115,89	6,79	5,86	5,45	***
Longueur du telson	17	26,02	0,82	3,15	43	24,35	1,03	4,23	5,95	***
Largeur du mérus	17	28,31	1,24	4,38	43	33,77	1,81	5,36	-11,39	***
Largeur du carpe	17	19,35	0,83	4,31	43	22,80	1,22	5,35	-10,68	***
Longueur de la queue	17	157,48	24,78	15,73	43	137,68	18,43	13,38	3,39	**
Longueur intermédiaire de la carapace	17	106,27	0,97	0,92	43	106,13	0,68	0,64	0,65	NS
Largeur de l'ischion	17	8,28	0,59	7,10	43	7,92	0,66	8,37	1,95	NS
<b>Ratios</b>										
C/M1	17	0,44	0,04	16,80	43	0,48	0,09	4,15	2,29	*
M/P1	17	5,48	0,53	9,52	43	5,93	0,49	8,28	-4,13	***
C/P1	17	2,45	0,33	13,20	43	2,77	0,23	8,17	-5,45	***
lcth/HC	17	0,79	0,03	12,28	43	0,81	0,03	3,58	-2,99	**
lat/Lte	17	0,92	0,05	5,46	43	0,95	0,05	5,27	-2,86	**

### - Analyse en Composantes Principales

Cette analyse a été effectuée sur 22 paramètres mesurés sur 60 crevettes. Le tableau VII indique les poids factoriels, les valeurs propres et les proportions de variances des principales composantes de l'ACP. Cinq axes ont été distingués. L'ensemble de ces composantes principales explique environ 73,51 % de la variance totale des caractères, avec 54,01 % pour les deux premiers axes. L'axe 1 (44,51 %) et l'axe 2 (9,50 %) ont été retenus pour l'ordination des spécimens. L'axe 1 est expliqué par deux groupes de variables. L'ensemble constitué par la longueur du mérus (poids factoriel = 0,91), la largeur de l'ischion (0,90), la longueur de l'ischion (0,85), la largeur du carpe (0,82) et la largeur de la paume (0,70) est fortement et positivement corrélé à l'axe 1. Il s'oppose à l'ensemble, formé par la hauteur du 2<sup>ème</sup> somite (-0,75), la longueur de l'abdomen (-0,74) et la largeur du 2<sup>ème</sup> pleura (-0,73), négativement corrélé au même

axe. La seconde composante principale met en évidence le ratio lat/Lte (-0,75). Ce descripteur est négativement corrélé à cet axe. La projection des individus dans le plan formé par les axes 1 et 2 révèle que la première composante principale contribue plus à la discrimination des deux lots mis en évidence par l'analyse individuelle des caractères figure 15. Cet axe rassemble vers ses coordonnées négatives les individus appartenant au lot A11. Ils sont caractérisés par des valeurs élevées des caractères corrélés négativement à l'axe 1. Ce même facteur regroupe vers ses coordonnées positives les crevettes issues du lot A12. Celles-ci sont définies par des valeurs élevées des attributs positivement corrélés à l'axe1.

Tableau VII : Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les cinq premiers axes factoriels de l'analyse en composantes principales des individus des lots A11 et A12 ; (\*) : axes considérés dans l'ordination et en gras variables corrélées à un des axes, voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	Axe1*	Axe2*	Axe3	Axe4	Axe5
<b>Métriques</b>					
Longueur du rostre	-0,61	0,60	-0,30	0,21	-0,08
<b>Longueur de l'ischion</b>	<b>0,85</b>	-0,08	-0,17	0,20	-0,11
<b>Longueur du mérus</b>	<b>0,91</b>	-0,06	-0,02	0,17	0,04
Longueur de la paume	0,66	0,36	-0,06	0,41	-0,14
<b>Longueur de l'abdomen</b>	<b>-0,74</b>	0,13	-0,20	0,18	0,07
<b>Largeur du 2<sup>ème</sup> pleura</b>	<b>-0,73</b>	0,26	-0,22	0,01	0,12
Longueur du telson	-0,64	-0,39	-0,10	0,35	-0,23
Longueur du pied antennulaire	0,38	-0,28	-0,52	-0,06	-0,43
<b>Largeur de l'ischion</b>	<b>0,90</b>	0,04	-0,14	0,13	0,02
<b>Largeur du carpe</b>	<b>0,82</b>	0,22	-0,14	0,17	0,03
<b>Largeur de la paume</b>	<b>0,70</b>	0,22	-0,04	-0,01	0,02
Longueur de la queue	-0,48	-0,59	-0,10	0,34	-0,28
Longueur de la tête	-0,60	0,50	-0,16	0,28	0,01
Largeur du telson	0,01	-0,43	-0,37	0,34	0,67
<b>Longueur intermédiaire de la carapace</b>	-0,08	0,06	<b>-0,70</b>	-0,47	-0,14
Largeur du rostre	-0,36	0,13	0,27	0,35	-0,33
<b>Hauteur du 2<sup>ème</sup> somite</b>	<b>-0,75</b>	-0,04	-0,09	0,08	0,28
<b>Ratios</b>					
C/M1	0,34	0,24	0,48	-0,54	-0,01
M/P1	-0,47	-0,52	-0,31	-0,53	0,14
C/P1	-0,61	-0,55	-0,51	-0,09	0,13
lcth/HC	-0,45	0,27	0,24	-0,09	0,34
<b>lat/Lte</b>	-0,19	<b>-0,75</b>	0,39	0,32	0,22
Valeur propre	8,01	1,71	1,28	1,17	1,06
Variance exprimée (%)	44,51	9,50	7,10	6,52	5,88
Cumul de variance exprimée (%)	44,51	54,01	61,11	67,63	73,51

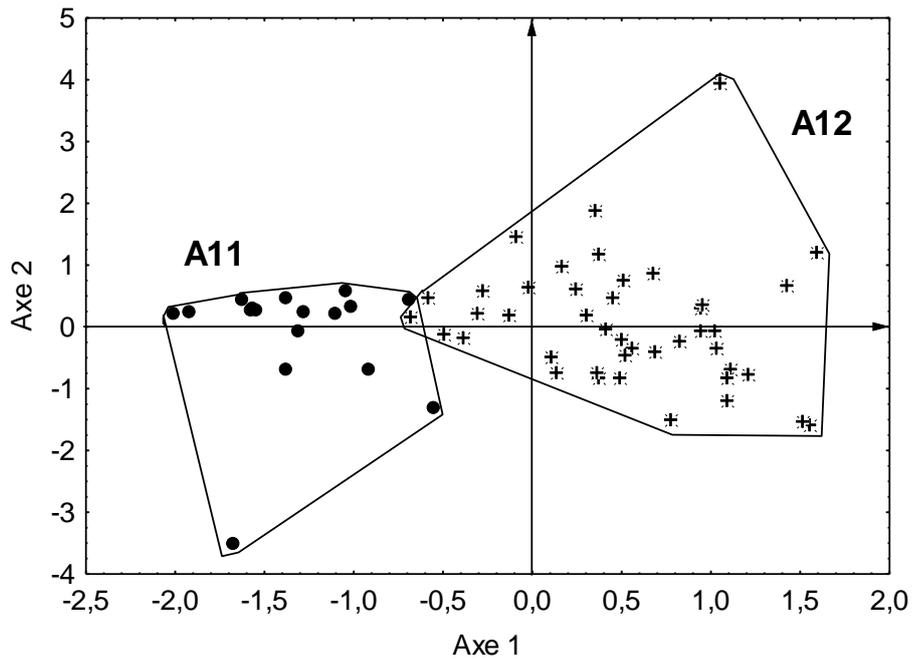


Figure 15 : Ordination des individus des lots A11 et A12 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.

#### - Analyse Factorielle Discriminante

L'analyse discriminante pas à pas ascendante a sélectionné trois variables sur les 22 caractères analysés. Ces trois descripteurs sont, par ordre d'importance du pouvoir discriminant, la largeur du carpe ( $\lambda = 0,73$  ;  $F = 20,53$  ;  $p < 0,001$ ), la largeur de l'ischion ( $\lambda = 0,81$  ;  $F = 13,34$  ;  $p < 0,001$ ) puis la longueur du telson ( $\lambda = 0,91$  ;  $F = 5,66$  ;  $P = 0,021$ ). La distance de Mahalanobis (15,85) qui sépare les centres de gravité des deux groupes est hautement significative ( $F = 62,14$  ;  $p < 0,001$ ). Le taux de classification correct total est estimé à 100 %. Tous les spécimens des lots A11 et A12 appartiennent effectivement à leur groupe d'origine.

#### *c- Etude du sous-groupe A2*

Le sous-groupe A2 est constitué de deux individus (3,33 %). Chez ces deux spécimens, les échancrures latérales du rostre forment un angle aigu limité par une forte pointe. Compte tenu de la faible taille du sous-groupe A2, les analyses statistiques n'ont pas été appliquées à ces données.

#### *3-1-1-1-2- Caractères méristiques*

Au cours de cette analyse, les lots formés sur la base des caractères métriques ont été considérés. Tous les paramètres présentent une distribution unimodale. Les résultats du test  $U$  de

Mann Whitney montrent qu'aucun caractère méristique ne varie significativement ( $p > 0,05$ ) entre les lots A11 et A12.

### 3-1-1-1-2- Femelles

#### 3-1-1-1-2-1- Caractères métriques

##### a- Analyse caractère par caractère

Les descripteurs susceptibles de séparer les femelles en deux sous-groupes sont ceux relatifs à la taille et à la forme des pattes de la troisième paire de périopodes. Les trois variables prises en compte dans l'étude de A1 ont été retenues. La séparation étant également plus nette pour la largeur du mérus, les sous-groupes ont été formés sur la base de ce caractère. La figure 16 illustre sa fréquence de distribution. Quant à la figure 17, elle fait état des représentations de la longueur du mérus et de la largeur du carpe en fonction de la longueur de la carapace.

##### a- Largeur du mérus

Deux classes modales s'observent sur la figure 16. La première (21,28 à 22,25 %LC) détermine le sous-groupe Z1. Ce dernier ne renferme qu'un seul spécimen. La seconde classe modale (27,10 à 28,07) définit le sous-groupe Z2, composé des individus (25) dont la largeur du mérus oscille entre 24,19 à 30,97 %LC. Z1 et Z2 ont été maintenus pour les analyses qui suivent.

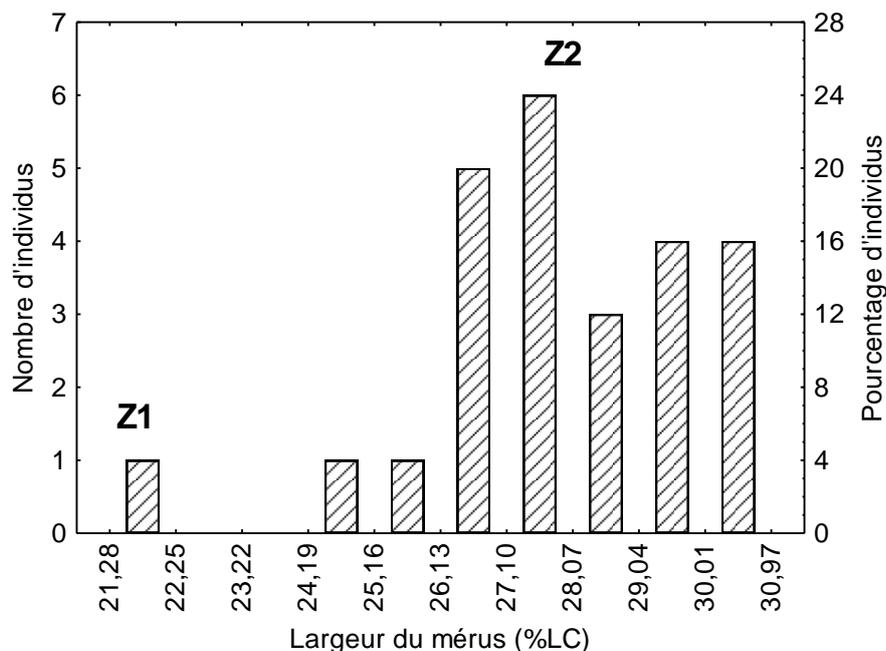


Figure 16 : Distribution des fréquences de la largeur du mérus des spécimens femelles du groupe G1.

***β- Longueur du mérus***

La Figure 17a indique que les sous-groupes Z1 et Z2 se discriminent nettement. Le seul spécimen de Z1 a un mérus plus court (60,98 %LC) que celui des individus de Z2 (64,64 à 82,76 %LC).

***γ- Largeur du carpe***

La variation de la largeur du carpe en fonction de la longueur de la carapace est présentée par la figure 17b. Le seul individu de Z1 est également distinct de ceux de Z2. Les populations de Z2 ont un carpe plus large (16,30 à 23,30 %LC) que celui de l'unique exemplaire de Z2 (15,49 %LC).

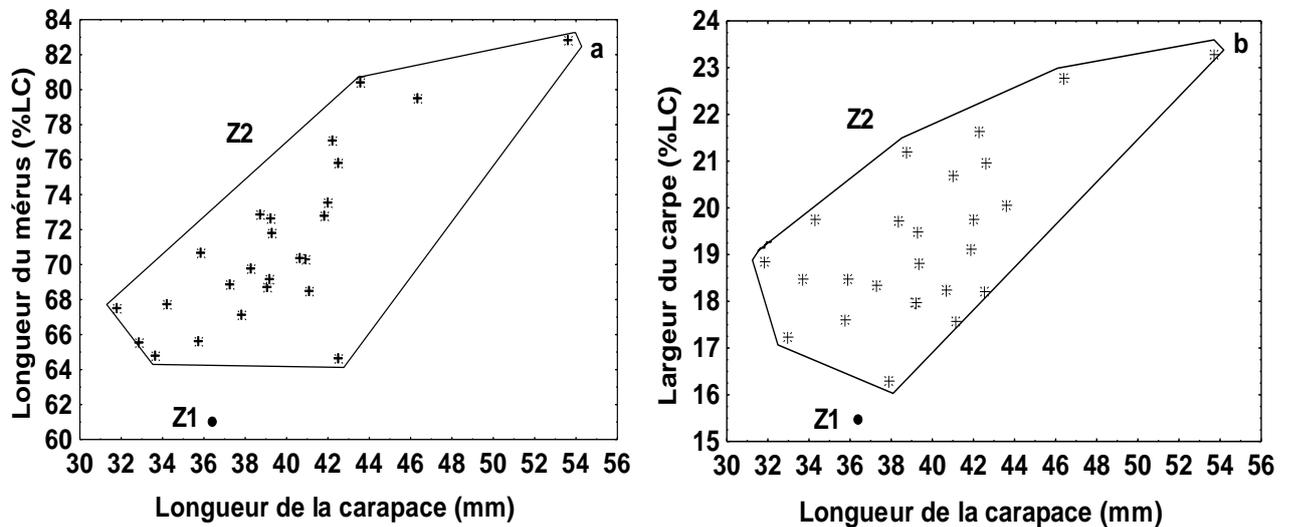


Figure 17 : Variation de la longueur du mérus (a) et de la largeur du carpe (b) des spécimens des sous-groupes Z1 et Z2 en fonction de la longueur de la carapace.

***b- Coefficient de variation***

Le sous-groupe Z1 ne renfermant qu'un individu, le coefficient de variation (CV) n'a été calculé que pour Z2. Toutes les valeurs de CV sont inférieures à 25 % (Tableau VIII). Elles varient de 0,82 (Longueur intermédiaire de la carapace) à 13,76 % (Diamètre de l'œil). Le sous-groupe Z2 est donc homogène.

***3-1-1-1-2-2- Caractères méristiques***

Comme chez les mâles, les variables méristiques ne permettent pas de différencier des groupes au sein des femelles.

Tableau VIII : Valeurs moyennes, écart-type et coefficients de variation des caractères métriques des spécimens du sous-groupe Z2.

Caractères	Nombre	Moyenne (%LC)	Ecart-type	Coefficient de variation (%)
Longueur du rostre	25	27,21	2,14	7,85
Longueur de la patte P3	25	126,32	7,54	5,97
Longueur de l'ischion	25	22,91	1,24	5,41
Longueur du mérus	25	71,11	4,89	6,87
Longueur du carpe	25	32,11	3,15	9,80
Longueur de la paume	25	12,74	1,00	7,84
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura	25	60,37	7,18	11,90
Longueur du telson	25	26,07	1,29	4,94
Diamètre de l'œil	25	4,85	0,67	13,76
Longueur du pied antennulaire	25	19,47	1,53	7,86
Largeur de l'ischion	25	19,51	1,40	7,20
Largeur du mérus	25	27,98	1,79	6,39
Largeur du carpe	25	19,31	1,72	8,89
Largeur de la paume	25	13,85	1,26	9,13
Longueur de la queue	25	167,58	18,23	10,88
Longueur de la tête	25	118,68	1,95	1,64
Largeur du telson	25	24,33	0,96	3,94
Longueur intermédiaire de la carapace	25	106,62	0,87	0,82
Largeur du rostre	25	8,56	0,62	7,30
Hauteur du 2 <sup>ème</sup> pleura	25	67,07	5,48	8,16

### 3-1-1-2- Etude du groupe G2

Un total de 958 spécimens, repartis en 778 mâles et 180 femelles, a été analysé dans ce groupe. Il représente environ 91,59 % de l'effectif total des crevettes étudiées. Dans ce groupe, les 33 caractères ayant un coefficient de variation supérieur à 2 % ont été considérés.

#### 3-1-1-2-1- Mâles

##### 3-1-1-2-1-1- Caractères métriques

###### a- Analyse individuelle des caractères

La distribution des fréquences révèle que seul le rapport longueur du carpe/longueur du mérus (C/M1) (Figure 18) est déterminant dans la discrimination des crevettes analysées. Cette distribution indique l'existence de deux sous-groupes (X1 et X2) au sein de la population. Chez les individus du sous-groupe X1, C/M1 varie de 0,85 à 1,04. Cet ensemble constitue l'essentiel du stock (96,40 % soit 750 sur 778 individus). Concernant les spécimens du sous-groupe X2, ils présentent un ratio C/M1 compris entre 1,07 et 1,29. Ils ne représentent que 3,60 % (28 spécimens) de la population G2.

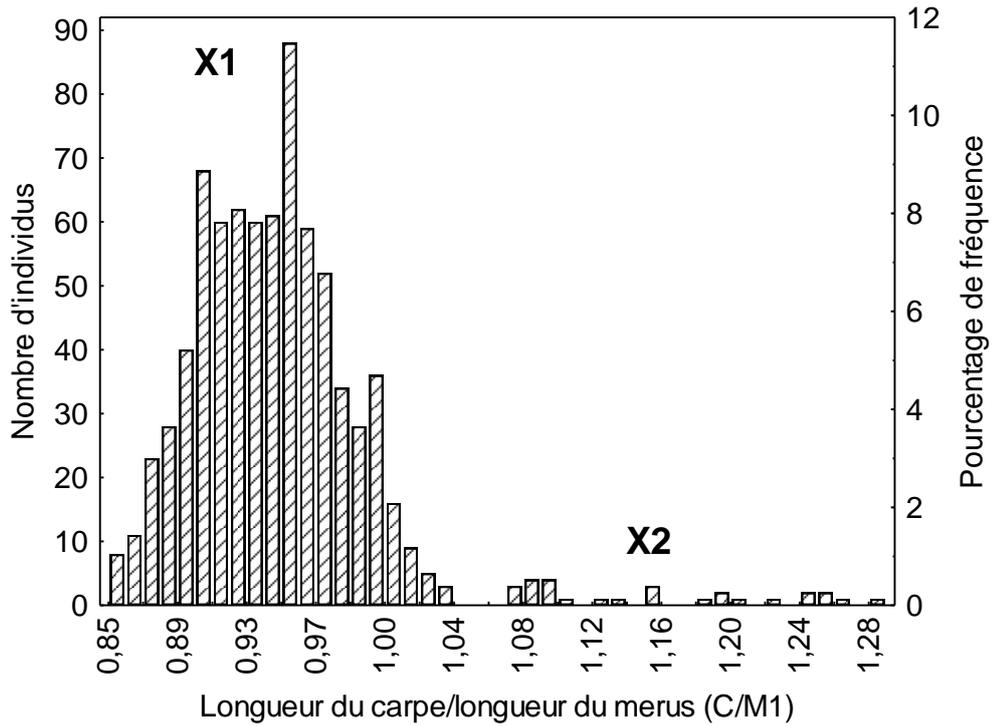


Figure 18 : Distribution des fréquences du rapport longueur du carpe/longueur du mérus (C/M1) des spécimens mâles du groupe G2.

Le tableau IX fait état des coefficients de variation (CV) des différents caractères métriques au sein des sous-groupes X1 et X2. Dans l'ensemble, le CV varie de 4,14 et 87,87 %. A l'intérieur du lot X1, ce coefficient est compris entre 4,14 et 29,41 %. Le sous-groupe X1 est hétérogène pour quatre descripteurs. Il s'agit de la largeur du mérus (27,01 %), de la largeur du carpe (28,02 %), de la largeur de la paume (28,10 %) et de la longueur de la paume (29,41 %). Au sein du sous-groupe X2, CV oscille entre 5,65 et 87,87 %. La population X2 est hétérogène pour 11 des 33 caractères. Ce sont la largeur du mérus (26,24 %), la longueur du carpe (26,54 %), la longueur du mérus (27,81 %), la largeur de la paume (40,67 %) et les rapports C/P1 (29,69 %), lam/M1 (30,93 %), C/D1 (34,89 %), lap/P1 (38,16 %), lac/C1 (43,38 %), dm/D1 (83,18 %) et df/D1 (87,87 %). La matrice de corrélation entre les variables est présentée à l'annexe 3.

### ***b- Différenciation des sous-groupes X1 et X2***

#### ***a- Test t de Student***

Le test *t* de Student révèle que 22 des 33 descripteurs analysés varient significativement ( $p < 0,01$  ;  $p < 0,001$ ) entre les deux sous-groupes (Tableau IX). Les valeurs moyennes des ratios I/M1, D/P1, lai/I1, lac/C1, dm/D1 et df/D1 sont plus élevées chez les individus du sous-groupe

X1 comparés à celles des crevettes du sous-groupe X2. En revanche, les rapports L1/L2, C/M1, M/P1, C/P1, C/D1, lap/P1 et dm/df1 sont significativement plus faibles chez les spécimens du sous-groupe X1. Il en est de même pour les longueurs du rostre, de la tête, de la patte 1, de l'ischion, du mérus, du carpe, de la queue, du telson ainsi que la largeur du céphalothorax.

Tableau IX : Résultats du test *t* de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des sous-groupes X1 et X2 ; N : nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t* : valeur statistique du test, p : probabilité, \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p > 0,05$ ) ; voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	X1				X2				t de Student	
	N	Moy	ET	CV(%)	N	Moy	ET	CV(%)	t	p
<b>Métriques (%LC)</b>										
Longueur du rostre	751	79,93	6,73	8,42	28	83,56	7,83	9,37	-2,79	**
Longueur de la patte 1	751	288,78	55,24	19,13	28	352,67	79,66	22,59	-5,90	***
Longueur de l'ischion	751	39,95	3,49	8,73	28	44,95	5,01	11,15	-7,32	***
Longueur du mérus	751	53,52	9,23	17,24	28	76,40	21,25	27,81	-12,02	***
Longueur du carpe	751	50,29	9,34	18,57	28	103,04	15,46	15,00	-28,50	***
Longueur de la paume	751	81,96	24,11	29,41	28	87,70	21,59	24,62	-1,24	NS
Longueur du doigt	751	66,26	13,48	20,35	28	64,10	15,37	23,98	0,83	NS
Longueur de la tête	751	150,22	7,01	4,67	28	154,48	13,01	8,42	-3,03	**
Longueur du telson	751	42,19	3,87	9,16	28	46,18	5,21	11,28	-5,29	***
Longueur de la queue	751	175,80	12,32	7,01	28	183,28	16,13	8,80	-3,11	**
Hauteur de la carapace	751	70,56	4,77	6,76	28	70,98	9,99	14,07	-0,43	NS
Largeur de la carapace	751	55,19	2,66	4,82	28	57,79	3,26	5,65	-5,03	***
Diamètre de l'œil	751	13,35	1,74	13,06	28	13,68	1,67	12,17	-1,00	NS
Largeur de l'ischion	751	13,97	3,00	21,49	28	13,68	2,55	18,65	0,51	NS
Largeur du mérus	751	15,72	4,25	27,01	28	17,15	4,50	26,24	-1,74	NS
Largeur du carpe	751	17,23	4,76	28,02	28	16,98	4,62	26,54	-1,65	NS
Largeur de la paume	751	20,68	5,81	28,10	28	20,90	8,50	40,67	-0,20	NS
Longueur de l'abdomen	751	133,72	10,30	7,71	28	137,30	12,01	8,75	-1,79	NS
<b>Ratios</b>										
L1/L2	751	1,11	0,11	9,99	28	1,34	0,28	21,11	-9,79	***
I/M1	751	0,76	0,09	11,44	28	0,62	0,14	22,08	7,92	***
C/M1	751	0,94	0,04	4,14	28	1,16	0,07	5,95	-28,15	***
M/P1	751	0,68	0,09	13,96	28	0,90	0,12	12,83	-12,01	***
C/P1	751	0,63	0,09	14,89	28	1,25	0,37	29,69	-27,54	***
C/D1	751	0,77	0,08	9,96	28	1,44	0,50	34,89	-29,31	***
D/P1	751	0,83	0,08	10,05	28	0,77	0,13	16,60	3,84	***
R/T	751	0,53	0,03	6,41	28	0,54	0,03	6,27	-1,65	NS
lai/I1	751	0,35	0,07	18,96	28	0,31	0,06	18,82	3,49	***
lam/M1	751	0,29	0,04	15,29	28	0,30	0,09	30,93	-0,72	NS
lac/C1	751	0,36	0,06	17,31	28	0,23	0,10	43,38	10,40	***
lap/P1	751	0,25	0,03	11,61	28	0,34	0,13	38,16	-11,29	***
dm/D1	751	0,53	0,09	16,39	28	0,29	0,24	83,18	13,27	***
df/D1	751	0,64	0,08	11,81	28	0,30	0,27	87,87	19,58	***
dm/df1	751	0,83	0,08	9,17	28	0,99	0,12	11,88	-10,56	***

### *$\beta$ - Distinction de X1 et X2 par l'ACP*

Le tableau X et la figure 19 présentent les résultats de l'ACP sur 29 caractères (14 métriques et 15 ratios) des 779 individus du groupe G2. Les deux premiers axes factoriels

cumulent à eux seuls plus de 61 % de la variance totale exprimée par l'ensemble des axes. Seuls, ces axes ont été considérés pour la suite de l'analyse. L'axe 1 exprime 43,74 % de la variance totale et est principalement expliquée par la largeur du mérus, la largeur de l'ischion, la largeur de la paume, la longueur de la paume, la longueur du doigt, la longueur de l'abdomen et les ratios lai/I1, lam/M1, M/P1, I/M1, D/P1 et dm/D1. Cet axe contribue très faiblement à la discrimination des sous-groupes X1 et X2. L'axe 2 explique 17,79 % de la variation totale. Il est fortement influencé par la longueur du carpe et les rapports C/M1 et C/D1. Ces descripteurs contribuent plus à la séparation de X1 et X2.

Tableau X : Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes de l'analyse en composantes principales des individus de X1 et X2 ; (\*) : Axes considérés dans l'ordination et en gras les variables fortement corrélées à chacun des axes, voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Variables	Axe 1 *	Axe 2 *	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
<b>Métriques</b>						
Longueur du rostre	0,64	-0,35	0,09	0,16	0,47	0,26
Longueur de l'ischion	-0,33	-0,58	0,31	-0,44	0,15	0,37
Longueur du mérus	-0,68	-0,66	0,21	-0,05	-0,01	0,10
<b>Longueur du carpe</b>	-0,47	<b>-0,86</b>	-0,02	-0,04	-0,07	-0,04
<b>Longueur de la paume</b>	<b>-0,91</b>	-0,26	0,24	0,04	0,11	0,08
<b>Longueur du doigt</b>	<b>-0,89</b>	-0,16	0,21	-0,02	0,07	0,27
Longueur du telson	0,64	-0,27	-0,10	0,16	0,40	-0,23
Hauteur de la carapace	-0,18	0,09	0,13	-0,86	-0,02	0,04
Largeur de la carapace	0,00	-0,27	-0,09	-0,44	0,43	-0,32
Diamètre de l'œil	0,67	-0,04	-0,15	-0,09	0,44	0,01
<b>Largeur de l'ischion</b>	<b>-0,95</b>	-0,06	0,09	-0,03	0,17	-0,03
<b>Largeur du mérus</b>	<b>-0,96</b>	-0,12	0,06	-0,05	0,11	-0,01
<b>Largeur de la paume</b>	<b>-0,94</b>	0,01	-0,08	-0,05	0,21	0,03
<b>Longueur de l'abdomen</b>	<b>0,73</b>	-0,10	-0,06	-0,29	0,37	-0,08
<b>Ratios</b>						
L1/L2	-0,52	-0,21	-0,38	0,00	-0,05	0,19
<b>I/M1</b>	<b>0,77</b>	0,42	-0,09	-0,26	0,09	0,13
<b>C/M1</b>	0,08	<b>-0,86</b>	-0,15	0,10	-0,08	-0,21
<b>M/P1</b>	<b>0,83</b>	-0,39	-0,13	-0,13	-0,19	0,01
C/P1	0,56	-0,63	-0,29	-0,09	-0,19	-0,14
<b>C/D1</b>	0,27	<b>-0,85</b>	0,01	-0,04	-0,13	-0,34
<b>D/P1</b>	<b>0,72</b>	0,30	-0,21	-0,15	-0,15	0,34
R/T	0,50	-0,26	-0,01	0,50	0,43	0,29
<b>lai/I1</b>	<b>-0,89</b>	0,20	-0,06	0,18	0,12	-0,24
<b>lam/M1</b>	<b>-0,78</b>	0,30	-0,42	-0,02	0,09	-0,12
lac/C1	-0,60	0,66	-0,21	-0,07	0,20	-0,15
<b>lap/P1</b>	-0,15	0,16	<b>-0,90</b>	-0,15	0,08	0,03
<b>dm/D1</b>	<b>0,77</b>	0,23	0,48	-0,06	-0,03	-0,11
df/D1	0,57	0,36	0,62	-0,04	0,05	-0,22
dm/df1	0,56	-0,30	-0,34	-0,04	-0,17	0,22
Valeurs propres	12,69	5,16	2,40	1,73	1,44	1,09
Variance exprimée (%)	43,74	17,79	8,28	5,98	4,99	3,76
Cumul de variance exprimée (%)	43,74	61,54	69,81	75,79	80,78	84,54

La projection des individus dans le plan factoriel 1 x 2 (Figure 19) révèle que les crevettes du sous-groupe X1 sont distribuées le long de l'axe 1. Les spécimens appartenant à ce lot sont caractérisés par de faibles valeurs de C/M1, C/D1 et de la longueur du carpe. Les individus du deuxième sous-groupe (X2) sont tous repartis dans la partie négative de l'axe 2. Ils sont principalement définis par des valeurs élevées de C/M1, C/D1 et de la longueur du carpe.

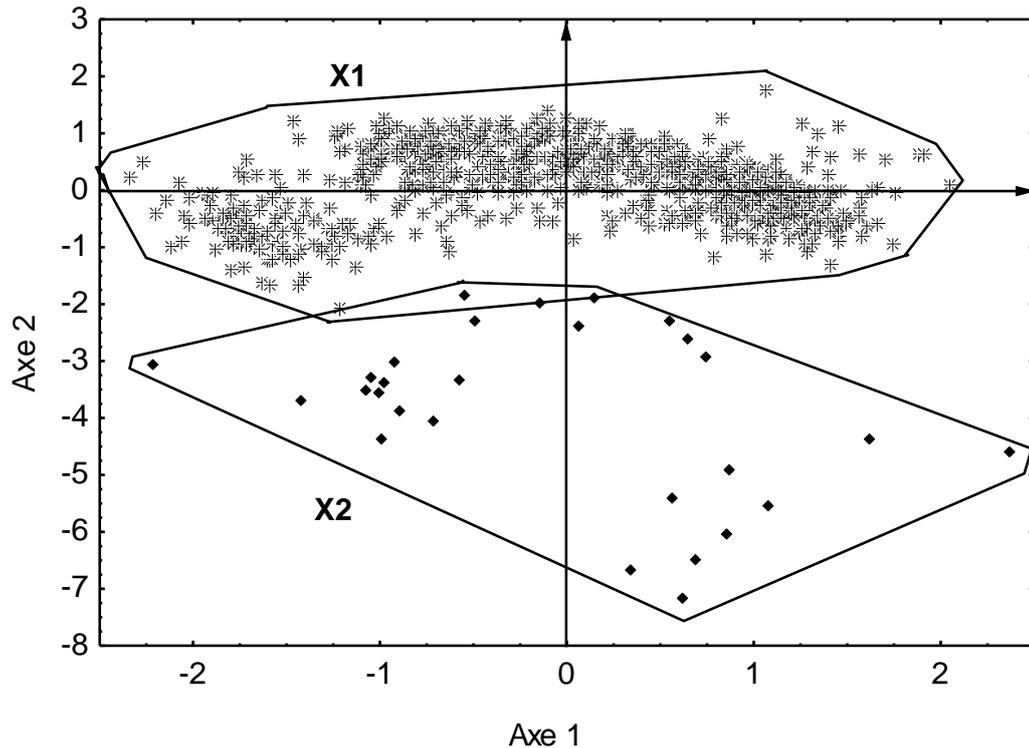


Figure 19 : Ordination des individus des sous-groupes X1 et X2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales des données métriques.

#### *$\gamma$ - Discrimination de X1 et X2*

L'analyse factorielle discriminante pas à pas ascendante révèle que 22 des 33 caractères analysés permettent la différenciation des crevettes de chaque sous-groupe ( $\lambda = 0,98$  ;  $F = 14,92$  ;  $p < 0,001$ ) (Tableau XI). Le descripteur le plus discriminant est la longueur du carpe ( $\lambda = 0,64$  ;  $p < 0,001$ ). Toutes les crevettes analysées appartiennent à leur groupe d'origine (taux de classement correct = 100 %).

Tableau XI : Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des sous-groupes X1 et X2 ; F : valeur statistique de l'analyse discriminante, p : probabilité, \* :  $p < 0,05$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Variables	Lambda de Wilk ( $\lambda$ )	F	p
<b>Métriques</b>			
Longueur du rostre	0,98	14,79	***
Longueur de l'ischion	0,94	46,18	***
Longueur du mérus	0,83	156,36	***
Longueur du carpe	0,64	430,37	***
Longueur de la paume	0,93	58,48	***
Longueur du doigt	0,95	38,87	***
Hauteur de la carapace	0,95	36,28	***
Diamètre de l'œil	0,98	11,79	***
Largeur de l'ischion	0,97	21,64	***
Largeur de la paume	0,98	11,97	***
<b>Ratios</b>			
L1/L2	0,96	34,91	***
C/M1	0,83	154,60	***
C/P1	0,91	77,19	***
C/D1	0,82	163,79	***
R/T	0,99	6,06	*
lai/I1	0,95	37,12	***
lam/M1	0,96	35,45	***
lac/C1	0,98	18,57	***
lap/P1	0,84	148,23	***
dm/D1	0,90	82,95	***
df/D1	0,95	36,56	***
dm/df1	0,91	71,74	***

### 3-1-1-2-1-2 - Caractères méristiques

Dans cette partie, les analyses ont été faites sur la base des sous-groupes (X1 et X2) formés à partir des variables métriques. Les résultats du test  $U$  de Mann Whitney indiquent que deux des sept descripteurs analysés se sont révélés déterminants dans la discrimination des lots étudiés. Il s'agit du nombre de dents sur le doigt mobile (ndm) ( $U = 1626$  ;  $N_{X1} = 750$  ;  $N_{X2} = 28$  ;  $p < 0,001$ ) et le nombre de dents sur le doigt fixe (ndf) ( $U = 161$  ;  $N_{X1} = 750$  ;  $N_{X2} = 28$  ;  $p < 0,001$ ). Les boîtes à moustache représentant ces deux variables indiquent que ndm (Figure 20a) varie de 5 à 17 avec une médiane de 13 pour le sous-groupe X1 alors qu'il évolue de 2 à 7 (médiane = 5) pour X2. La médiane de ndf (Figure 20b) est de 12,5 avec une gamme de variation de 5 à 17 chez le sous-groupe X1. Ce caractère varie de 2 à 5 avec une médiane de 4 dents pour les spécimens de X2.

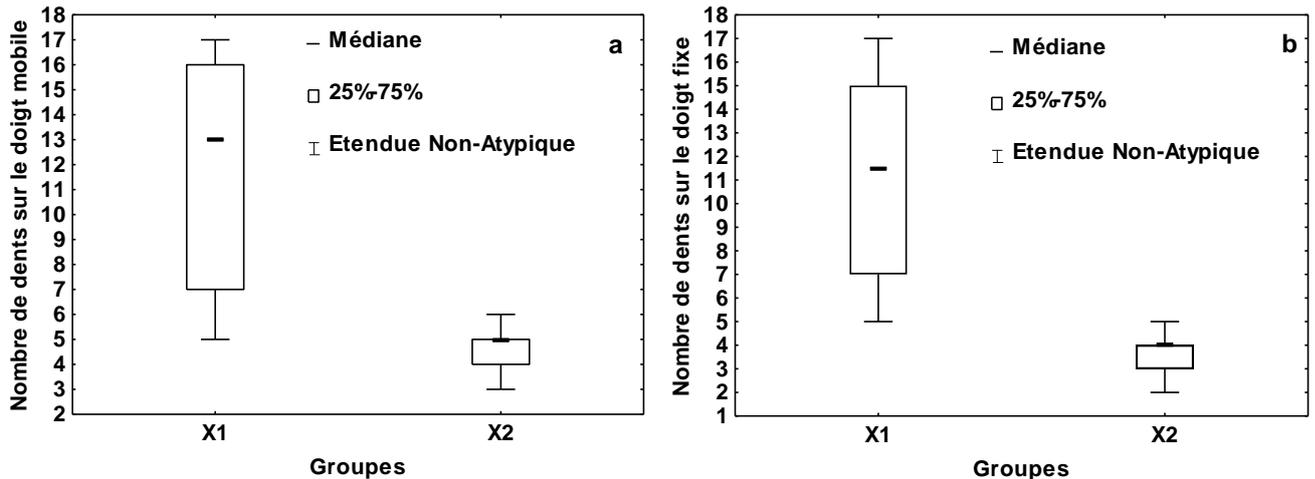


Figure 20 : Variation du nombre de dents sur le doigt mobile (a) et sur le doigt fixe (b) des spécimens des sous-groupes X1 et X2.

### 3-1-1-2-1-3- Analyse du sous-groupe X1

#### a- Caractères métriques

##### *α- Analyse caractère par caractère*

Trois descripteurs susceptibles de différencier des lots au sein de la population étudiée, ont été retenus. Il s'agit des ratios largeur du mérus/longueur du mérus, longueur du carpe/longueur de la paume et largeur du carpe/longueur du carpe.

#### - Largeur du mérus/longueur du mérus

L'histogramme obtenu à partir de la distribution de ce caractère (Figure 21) met en évidence l'existence de deux entités (M1 et M2). L'entité M1 est caractérisée par de faibles valeurs de largeur du mérus/longueur du mérus qui varient de 0,20 à 0,27. Les fortes valeurs (0,27-0,43) de ce rapport déterminent les individus du lot M2. Pour la suite des analyses, les entités formées sur la base de ce caractère ont été considérées. Pour une meilleure compréhension de l'existence des deux lots, les autres attributs ont été représentés en fonction de la longueur de la carapace sous forme de nuages de points.

#### - Longueur du carpe/longueur de la paume

La représentation du ratio longueur du carpe/longueur de la paume (C/P1) en fonction de la longueur de la carapace est présentée par la figure 22a. Il ressort de ce graphe que les spécimens de M1 sont définis par des valeurs élevées du ratio C/P1. Elles se situent entre 0,70 et 0,95. En revanche, les populations de l'ensemble M2 sont caractérisées par de faibles valeurs de C/P1 qui

oscillent entre 0,45 et 0,75. Un léger chevauchement entre les polygones rassemblant les spécimens appartenant aux deux entités est observé.

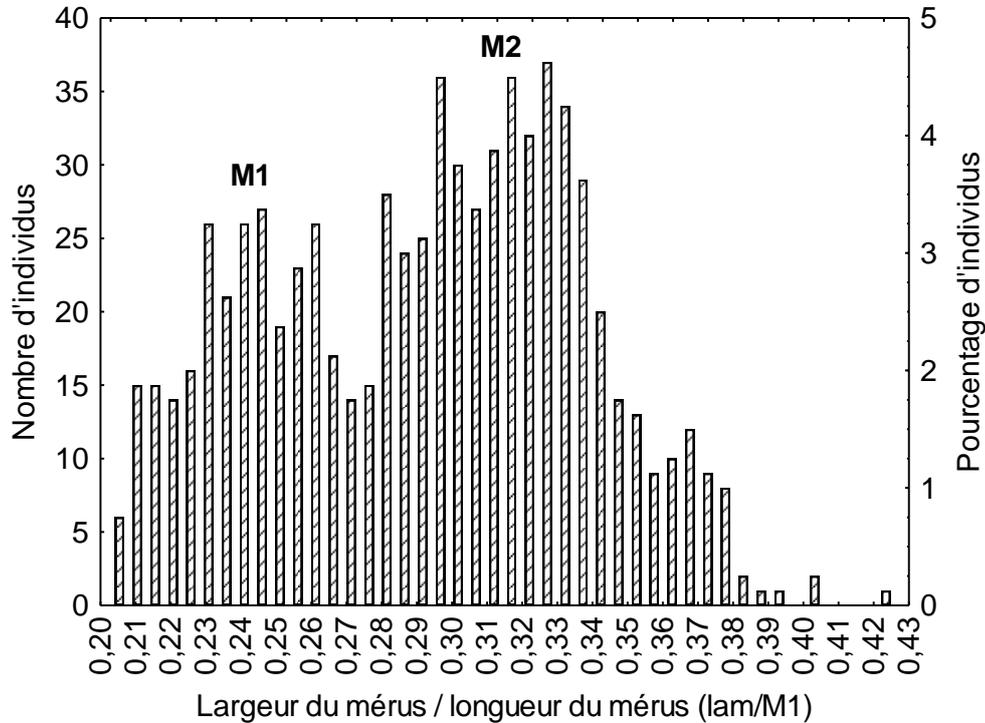


Figure 21 : Distribution des fréquences du ratio largeur du mérus/longueur du mérus (lam/M1) des spécimens du sous-groupe X1.

**- Largeur du carpe/longueur du carpe**

La figure 22b illustre l'expression de la largeur du carpe/longueur du carpe (lac/C1) en fonction de la longueur de la carapace. Sur ce graphique, l'existence des deux entités est également mise en évidence. Les faibles valeurs de lac/C1 (0,19 à 0,35) définissent les populations de M1. Quand aux valeurs élevées (0,29 à 0,57) de ce paramètre, elles sont caractéristiques des spécimens de M2. Malgré cette discrimination, une petite zone d'intersection entre les deux polygones est enregistrée.

***β- Variabilité intralot***

Les résultats du coefficient de variation sont mentionnés dans le tableau XII. Pour les deux entités, le coefficient de variation (CV) est compris entre 3,68 et 26,45 %. Au niveau de M1, le CV varie de 3,68 à 13,15 % pour tous les caractères. Le lot M1 constitue une entité homogène. Au sein de M2, les descripteurs analysés varient faiblement ( $4,19 \leq CV \leq 21,79 \%$ ) à l'exception de la longueur de la paume. Ce caractère dont le coefficient de variation est de 26,45 % traduit une hétérogénéité de la population M2.

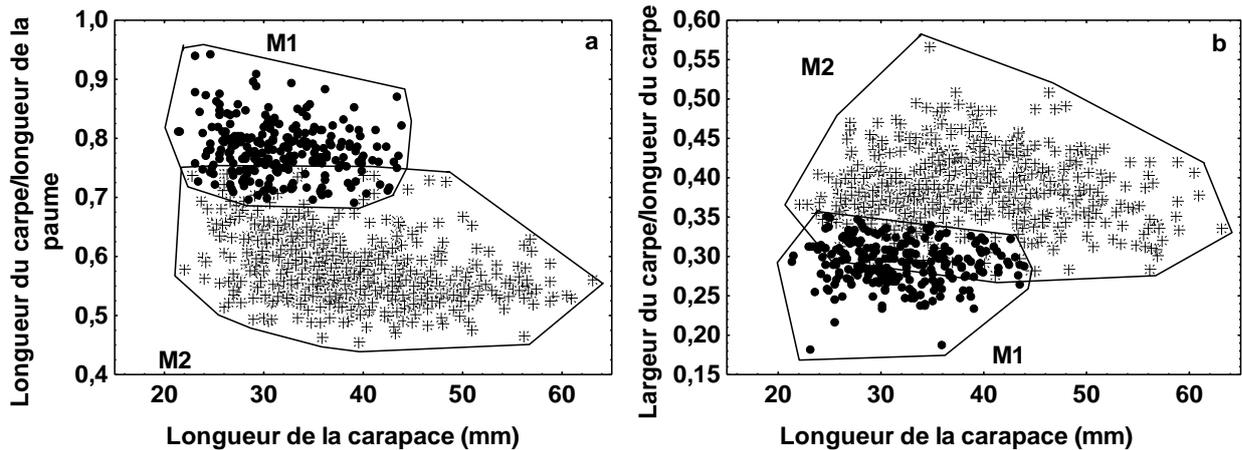


Figure 22 : Variation des ratios longueur du carpe/longueur de la paume (a) et largeur du carpe/longueur du carpe (a) des entités M1 et M2 en fonction de la longueur de la carapace.

### *γ- Comparaison entre M1 et M2*

#### **- Test *t* de Student**

Les résultats du test *t* de Student comparant M1 et M2 révèlent que hormis la longueur de l'ischion et la largeur de la carapace, tous les paramètres étudiés diffèrent significativement ( $p < 0,001$ ) entre les deux entités (M1 et M2) (Tableau XII). Les rapports entre les longueurs des différents membres de la deuxième patte (I/M1, C/M1, M/P1, C/P1, C/D1 et D/P1) et le ratio R/T sont plus élevés chez les populations M1 que chez celles de M2. Par ailleurs, le rostre, le telson et l'abdomen sont plus longs pour les individus du sous-groupe M1 comparés à ceux des spécimens du sous-groupe M2. L'œil est plus large chez les représentants de M1 (14,42 %). En revanche, les crevettes de M1 présentent des ratios entre les largeurs des membres du second périopode et leur longueur (lam/M1, lac/C1 et lap/P1) significativement plus petits que les individus de M2. Excepté l'ischion dont la longueur ne diffère pas entre M1 et M2, tous les articles du second périopode sont statistiquement plus longs et plus larges pour les exemplaires de M2. Les crevettes de cet ensemble ont une hauteur de carapace plus grande.

Tableau XII : Résultats du test *t* de Student et coefficients de variation des variables métriques des entités M1 et M2 ; N : nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t* : valeur statistique du test, p : probabilité, \*\*\* : p < 0,001, NS : non significatif (p > 0,05), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	M1				M2				t de Student	
	N	Moy	ET	CV (%)	N	Moy	ET	CV (%)	t	p
<b>Métriques (%LC)</b>										
Longueur du rostre	243	84,97	5,43	6,40	508	77,52	5,91	7,62	16,58	***
Longueur de la patte 1	243	272,24	19,42	7,13	508	302,80	59,09	19,51	-16,52	***
Longueur de l'ischion	243	39,82	3,21	8,05	508	40,01	3,61	9,03	-0,72	NS
Longueur du mérus	243	48,71	4,18	8,59	508	55,82	10,06	18,02	-10,58	***
Longueur du carpe	243	46,40	4,81	10,36	508	52,15	10,36	19,86	-8,24	***
Longueur de la paume	243	63,24	8,32	13,15	508	90,91	24,05	26,45	-17,44	***
Longueur du doigt	243	55,93	6,03	10,79	508	71,20	13,27	18,64	-17,10	***
Longueur du telson	243	44,71	3,53	7,90	508	40,98	3,41	8,33	13,85	***
Hauteur de la carapace	243	69,37	4,67	6,73	508	71,13	4,72	6,64	-4,81	***
Largeur de la carapace	243	55,26	2,90	5,25	508	55,15	2,54	4,61	0,53	NS
Diamètre de l'œil	243	14,42	1,40	9,71	508	12,84	1,66	12,91	12,86	***
Largeur de l'ischion	243	11,12	1,23	11,10	508	15,34	2,61	17,03	-23,95	***
Largeur du mérus	243	11,62	1,34	11,55	508	17,69	3,72	21,04	-24,68	***
Largeur du carpe	243	13,23	1,62	12,02	508	19,11	4,32	21,47	-24,58	***
Largeur de la paume	243	15,06	1,87	12,44	508	23,36	5,09	21,79	-24,63	***
Longueur de l'abdomen	243	141,32	9,08	6,42	508	130,09	8,77	6,74	16,23	***
<b>Ratios</b>										
L1/L2	243	1,04	0,09	8,32	508	1,15	0,11	9,27	-13,08	***
I/M1	243	0,82	0,06	7,27	508	0,73	0,08	11,31	15,24	***
C/M1	243	0,95	0,04	3,68	508	0,93	0,04	4,19	6,59	***
M/P1	243	0,77	0,05	6,29	508	0,63	0,07	10,84	29,96	***
C/P1	243	0,74	0,05	7,07	508	0,59	0,06	11,02	32,03	***
C/D1	243	0,83	0,06	7,16	508	0,73	0,06	8,40	20,61	***
D/P1	243	0,89	0,05	6,06	508	0,80	0,08	9,99	15,50	***
R/T	243	0,55	0,03	5,20	508	0,52	0,03	6,30	11,13	***
lai/I1	243	0,28	0,03	11,58	508	0,38	0,05	13,29	-28,76	***
lam/M1	243	0,24	0,02	7,00	508	0,32	0,03	8,93	-40,14	***
lac/C1	243	0,29	0,03	9,17	508	0,39	0,05	12,26	-29,54	***
lap/P1	243	0,24	0,02	9,26	508	0,26	0,03	11,47	-10,12	***
dm/D1	243	0,62	0,05	8,81	508	0,50	0,07	14,75	22,58	***
df/D1	243	0,70	0,06	8,20	508	0,61	0,07	11,04	16,83	***
dm/df1	243	0,88	0,06	7,09	508	0,81	0,07	8,64	14,43	***

### - Analyse en Composantes Principales

Les six premières composantes principales expriment 81,01 % de la variation morphométrique entre M1 et M2 (Tableau XIII). Les deux premiers axes factoriels, cumulant 56,22 % de la variance totale, ont été retenus pour l'ordination des spécimens. La première composante (42,87 %) est fortement expliquée, dans l'ordre décroissant de poids factoriel, par la largeur de la paume (0,94), des ratios C/P1 (-0,93), lai/I1 (0,91), dm/D1 (-0,88) et lam/M1 (0,86), de la longueur de la patte 1 (0,78), du rapport lac/C1 (0,77), de la longueur de l'abdomen (0,74), des ratios longueur D/P1 (-0,72) et df/D1 (-0,71). Cette composante contribue plus à la séparation

des ensembles (M1 et M2) concernés. La seconde composante principale explique 13,35 % de la variation totale. Elle est principalement définie comme une représentation des ratios lap/P1 (-0,76) et C/M1 (0,71). Cette composante participe faiblement à la ségrégation de M1 et M2.

Tableau XIII : Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes factoriels de l'analyse en composantes principales des entités M1 et M2 ; (\*) : Axes considérés dans l'ordination et en gras les variables fortement corrélées à un des axes, voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Variables	Axe 1*	Axe 2*	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
<b>Métriques</b>						
Longueur du rostre	-0,69	0,28	0,08	0,30	0,46	0,12
<b>Longueur de la patte 1</b>	<b>0,78</b>	0,56	-0,14	0,13	0,09	-0,03
Longueur de l'ischion	0,25	0,45	-0,61	0,37	0,20	-0,18
Longueur de la tête	-0,69	0,08	0,27	0,29	0,06	0,21
<b>Hauteur de la carapace</b>	0,26	-0,39	<b>-0,72</b>	0,30	0,04	-0,22
Largeur de la carapace	-0,02	0,09	0,09	0,79	-0,44	-0,18
Diamètre de l'œil	-0,69	-0,18	0,10	0,35	0,23	0,03
<b>Largeur de la paume</b>	<b>0,94</b>	0,09	0,05	0,22	0,07	0,02
<b>Longueur de l'abdomen</b>	<b>-0,74</b>	-0,15	-0,10	0,43	0,02	0,02
Distance dent-bout du dactyle	0,14	0,39	-0,65	0,08	-0,19	0,39
<b>Longueur du doigt fixe</b>	<b>0,72</b>	0,29	-0,36	0,14	-0,07	0,40
<b>Ratios</b>						
L1/L2	0,55	0,04	0,07	0,03	0,31	0,02
<b>I/M1</b>	<b>-0,76</b>	-0,47	-0,16	0,12	0,04	-0,08
<b>C/M1</b>	-0,22	<b>0,71</b>	0,16	0,01	-0,16	-0,15
C/D1	-0,64	0,55	0,10	-0,05	-0,10	-0,18
<b>D/P1</b>	<b>-0,72</b>	-0,39	-0,19	-0,05	-0,02	0,04
<b>C/P1</b>	<b>-0,93</b>	0,10	-0,06	-0,06	-0,08	-0,09
R/T	-0,55	0,32	0,33	0,10	0,48	0,24
<b>lcth/HC</b>	-0,25	0,41	<b>0,71</b>	0,23	-0,33	0,09
<b>lai/I1</b>	<b>0,91</b>	0,05	0,29	0,02	-0,08	0,09
<b>lam/M1</b>	<b>0,86</b>	-0,28	0,22	0,11	-0,08	0,08
<b>lac/C1</b>	<b>0,77</b>	-0,51	0,23	0,16	0,00	0,13
<b>lap/P1</b>	0,20	<b>-0,76</b>	0,28	0,30	-0,01	0,07
<b>dm/D1</b>	<b>-0,88</b>	-0,09	-0,22	-0,08	-0,21	0,22
<b>df/D1</b>	<b>-0,71</b>	-0,12	-0,22	-0,06	-0,23	0,48
dm/df1	-0,68	-0,01	-0,09	-0,07	-0,08	-0,24
Valeur propre	11,15	3,47	2,65	1,64	1,15	1,00
Variance exprimée (%)	42,87	13,35	10,19	6,32	4,43	3,85
Cumul de variance exprimée (%)	42,87	56,22	66,41	72,74	77,16	81,01

La projection des individus dans le plan factoriel 1 x 2 (Figure 23) met en évidence les deux entités avec un léger recouvrement des nuages de points. Le polygone regroupant les représentants de M1 est entièrement localisé dans la partie négative de l'axe 1. Leur orientation est associée aux valeurs élevées des variables présentant une forte corrélation négative à cet axe (C/P1, dm/D1, LAb, D/P1, df/D1). Les spécimens de M2 sont principalement distribués de l'origine des axes vers les coordonnées positives de la première composante principale. Leur répartition est influencée par les caractères présentant une forte corrélation positive à l'axe 1. Il

s'agit, notamment, de la largeur de la paume, de la longueur de la patte 1 et des rapports  $lai/I1$ ,  $lam/M1$  et  $lac/C1$ . Chez ces crevettes, les pattes de la deuxième paire de pattes locomotrices sont plus longues et larges.

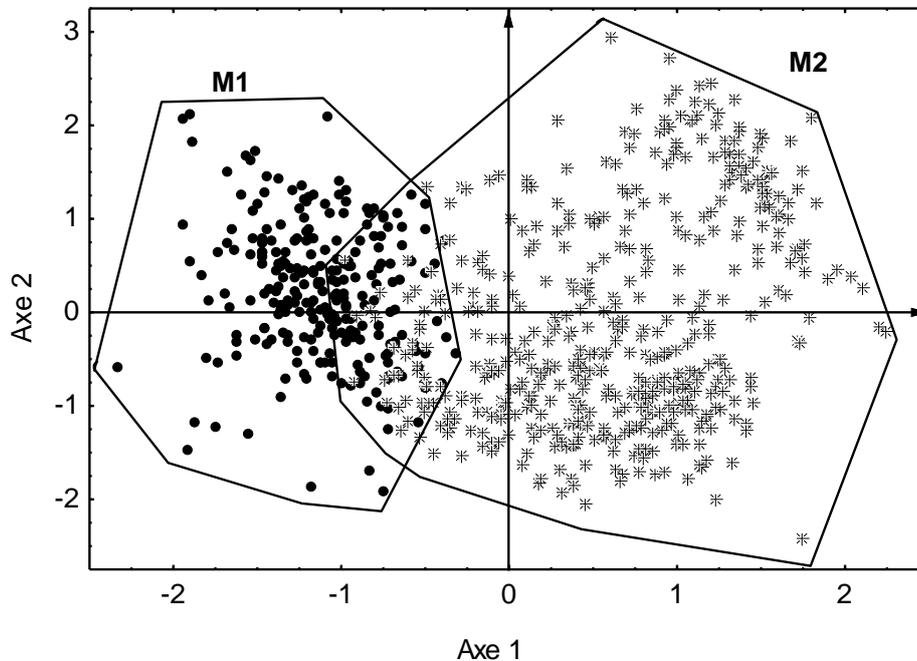


Figure 23 : Projection des individus de M1 et M2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.

#### - Analyse Factorielle Discriminante

Sur 27 variables analysées, l'AFD pas à pas a mis en évidence sept caractères déterminants dans la séparation des entités étudiées (Tableau XIV). Il ressort une discrimination très significative entre M1 et M2 ( $\lambda = 0,98$  ;  $F = 10$  ;  $p = 0,0016$ ). La distance de Mahalanobis (14,07) entre les deux entités est également significative à un niveau de 0,1 % ( $F = 335,01$ ). Les caractères discriminant M1 et M2 sont, par ordre décroissant de pouvoir discriminant, les ratios  $lam/M1$  ( $\lambda = 0,92$ ),  $C/P1$  ( $\lambda = 0,96$ ),  $I/M1$  ( $\lambda = 0,97$ ),  $D/P1$  ( $\lambda = 0,97$ ),  $C/D1$  ( $\lambda = 0,98$ ),  $df/D1$  ( $\lambda = 0,98$ ) et  $L1/L2$  ( $\lambda = 0,99$ ).

La matrice de classification (Tableau XV) obtenue à la suite de l'AFD révèle que 96,35 % (713 sur 740 crevettes) des spécimens sont correctement attribués à leur groupe d'origine. Pour l'entité M1, 248 sur 258 (soit 96,12 %) individus ont des caractéristiques morphométriques propres de cet ensemble. Les dix autres (3,88 %) sont similaires aux spécimens de l'entité M2. Au niveau de M2, le pourcentage de classification correcte enregistré est de 96,47 % (465 sur 482 crevettes). Seuls, 3,53 % (17 individus) des représentants de M2 ont été classés dans M1.

Les résultats du test de validation croisée (Tableau XV) montrent que le classement fait par l'analyse discriminante est exact. Cette analyse range 638 sur 740 crevettes (soit 86,22 %) dans leur groupe d'origine. Les individus du groupement M1 sont correctement classés à 62,02 % (160 sur 258 spécimens). Au niveau de l'ensemble M2, le taux de classement correct obtenu est de 99,17 % (478 sur 482 crevettes).

Tableau XIV : Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des entités M1 et M2 ; F : valeur statistique d'inclusion d'une variable dans l'analyse, p : probabilité, \* :  $p < 0,05$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , voir tableau IV pour les abréviations des ratios

Caractères	Lambda de Wilk ( $\lambda$ )	F d'inclusion	p
L1/L2	0,99	4,74	*
I/M1	0,97	20,95	***
C/D1	0,98	12,70	***
D/P1	0,97	20,38	***
C/P1	0,96	29,47	***
lam/M1	0,92	67,17	***
df/D1	0,98	12,41	***

Tableau XV : Matrice de classification des individus de X1 dans les entités M1 et M2 par l'analyse discriminante et le test de validation croisée.

		Prédiction des individus			Total
		Groupes	M1	M2	
Matrice originale	Nombre d'individus	M1	248	10	258
		M2	17	465	482
	Pourcentage	M1	96,12	3,88	100
		M2	3,53	96,47	100
Validation croisée	Nombre d'individus	M1	160	98	258
		M2	4	478	482
	Pourcentage	M1	62,02	37,98	100
		M2	99,17	0,83	100

### ***b- Descripteurs méristiques***

Les entités (M1 et M2) constituées sur la base des paramètres métriques ont été retenues pour l'analyse des variables méristiques.

### ***a- Analyse individuelle des descripteurs***

Cette analyse a consisté à représenter la distribution des fréquences de chaque descripteur méristique. A l'exception des nombres de dents sur le doigt mobile (Figure 24a) et sur le doigt fixe (Figure 24b), tous les autres caractères ne laissent entrevoir, *a priori*, aucune possibilité de discrimination entre les entités M1 et M2. Le nombre de dents sur le doigt mobile oscille entre 3 et 7 pour les deux populations avec les pics à 4 et 5 respectivement chez M1 et M2. Concernant

le nombre de dents sur le doigt fixe, le mode de M1 est obtenu à 3 alors que celui de M2 est 4. Ce caractère varie de 2 à 6 pour M1 et de 2 à 7 pour M2.

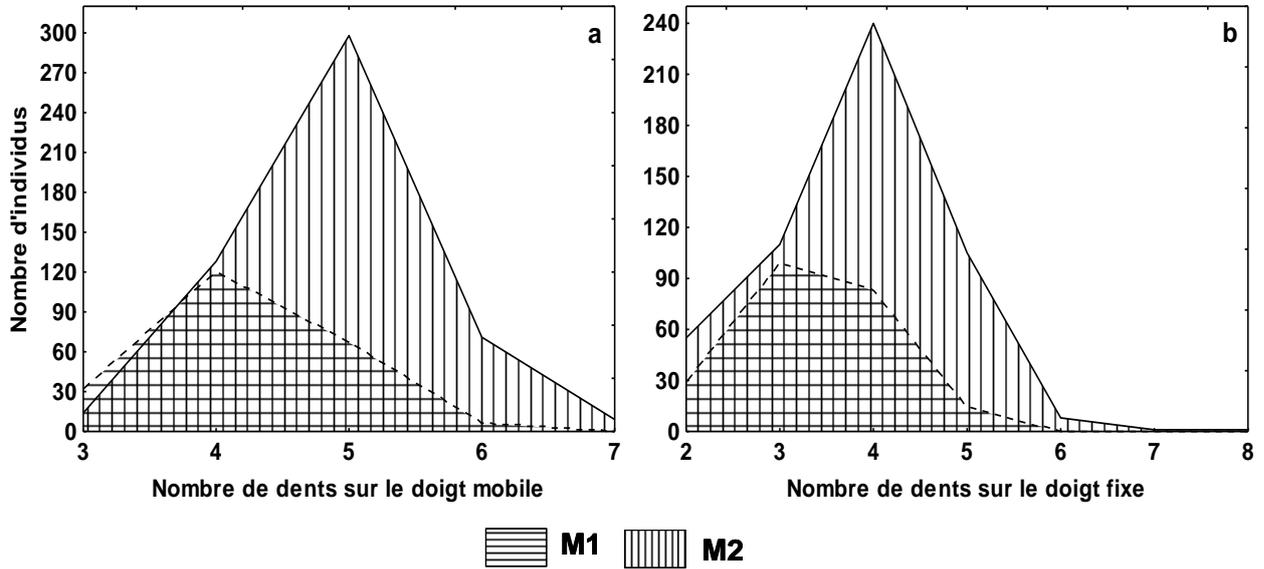


Figure 24 : Polygones de fréquences représentant le nombre de dents sur le doigt mobile (a) et fixe (b) des crevettes des entités M1 et M2.

***β- Test t de Student***

Le tableau XVI indique les résultats du test *t* de Student comparant les valeurs moyennes des caractères méristiques des spécimens de M1 et de M2. Les paramètres nombres de dents sur le doigt mobile (ndm) et sur le doigt fixe (ndf) diffèrent significativement ( $p < 0,001$ ) entre les entités. Chez les spécimens de M1, ndm et ndf moyens sont plus faibles (4,23 et 3,36 respectivement) comparativement à ceux des représentants de M2 (4,87 et 3,82 respectivement).

Tableau XVI : Résultats du test *t* de Student des variables méristiques des spécimens des entités M1 et M2 ; N : nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t* : valeur statistique du test, p : probabilité, \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p > 0,05$ ).

Caractères	M1			M2			t de Student	
	N	Moy	ET	N	Moy	ET	t	p
Nombre de dents sur le dactyle (ndm)	225	4,21	0,71	520	4,87	0,74	11,37	***
Nombre dents sur le doigt fixe (ndf)	225	3,36	0,79	520	3,82	0,96	6,32	***
Nombre de dents dorsales du rostre (ndr)	225	12,88	0,88	520	13,02	0,90	1,94	NS
Nombre de dents ventrales du rostre (nvr)	225	3,95	0,64	520	3,97	0,67	0,42	NS
Nombre dents post-orbitales du rostre (npo)	225	4,24	0,50	520	4,24	0,50	-0,20	NS
Nombre d'épines sur le telson (net)	225	3,91	0,43	520	3,90	0,49	-0,23	NS
Nombre d'épines sur la ligne latérale interne de la paume (nep)	225	16,77	2,41	520	16,52	2,33	-1,33	NS

**c- Observations morphologiques**

De toutes les observations morphologiques, seule la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire est déterminante dans la discrimination de M1 et M2. La répartition des spécimens de M1 et M2 en fonction de ce descripteur est présentée par le tableau XVII. Dans le sous-groupe M1, 78,91 % des individus (soit 202 sur 256) possèdent la pointe du rostre située au même niveau ou dépassant l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. Au sein du sous-groupe M2, la majorité des spécimens (82,64 % ; 395 sur 478) ont la pointe du rostre n'atteignant pas l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. Le test Khi-deux de Pearson indique une différence significative ( $\chi^2 = 265,84$  ;  $p < 0,001$ ) entre les effectifs de chaque position.

Tableau XVII : Répartition des individus de M1 et M2 en fonction de la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire ; (0) : pointe du rostre ne dépasse pas l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire ; (1) : pointe du rostre est au même niveau ou dépasse l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire.

Groupes		Position de la pointe du rostre par rapport à l'écaille antennaire		Totaux
		0	1	
M1	Effectif	54	202	256
	Pourcentage	21,09	78,91	100
M2	Effectif	395	83	478
	Pourcentage	82,64	17,36	100

**3-1-1-2-1-4- Examen de l'entité M2**

**a- Descripteurs morphométriques**

***α- Analyse caractère par caractère***

Cette analyse a permis de retenir trois descripteurs susceptibles de caractériser différents lots au sein de la population M2. Ce sont la longueur de la paume, la longueur du mérus et la largeur de l'ischion.

**- Longueur de la paume**

La distribution des classes de longueur de la paume met en évidence deux modes distincts (Figure 25). Ces deux modes permettent de distinguer deux entités (M21 et M22). La paume des individus appartenant à M21 est courte avec une longueur comprise entre 40 et 103 %LC. Pour ce lot, le pic est situé à 85 %LC. Quant aux spécimens de M22, ils possèdent une paume longue de taille variant de 103 à 155 %LC. Pour la suite des analyses, les lots M21 et M22 ont été

considérés. Les autres caractères ont été représentés en fonction de la longueur de la carapace sous forme de nuage de points.

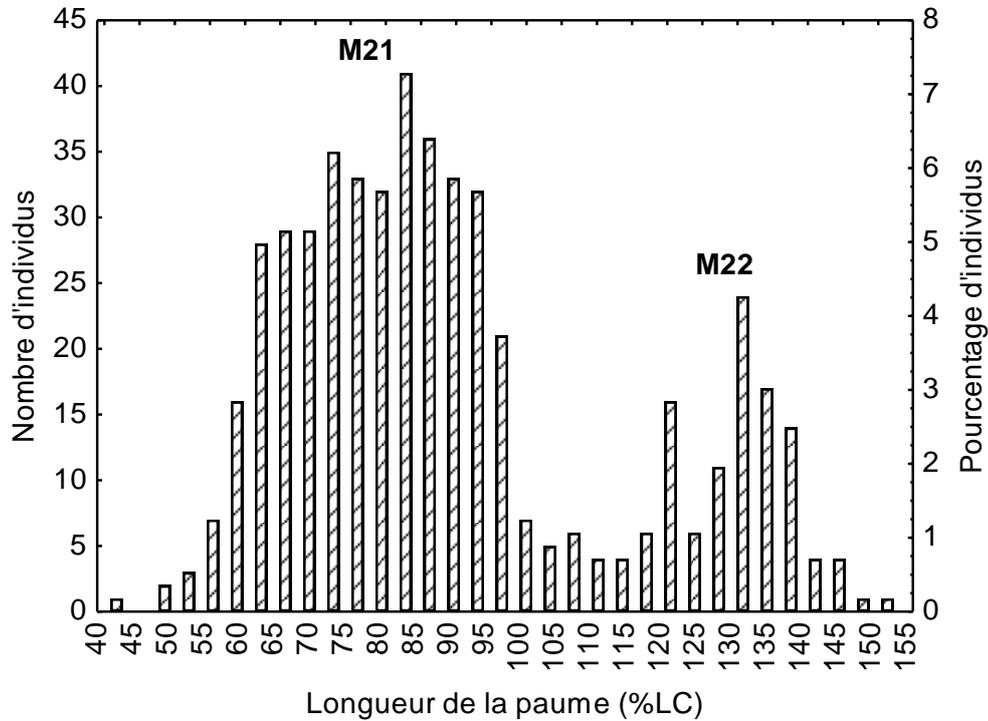


Figure 25 : Distribution des fréquences de la longueur de la paume des spécimens de l'entité M2.

**- Longueur du mérus**

La représentation de la longueur du mérus en fonction de la longueur de la carapace distingue les lots M21 et M22 (Figure 26a). Les représentants de M21, repartis dans la partie inférieure du graphe, ont un mérus de longueur comprise entre 35 et 65 %LC. Ceux de la sous-entité M22 ont un mérus de taille variant de 57 à 85 %LC. Ils sont distribués dans la partie supérieure de l'axe des ordonnées. Signalons qu'une petite zone intermédiaire existe entre les deux ensembles.

**- Largeur de l'ischion**

La figure 26b illustre la représentation de la largeur de l'ischion des crevettes de M2 en fonction de la longueur de la carapace. Les deux sous entités mises en évidence se séparent avec une petite zone de chevauchement. Les individus appartenant à M21 sont rassemblés entre 7 et 19 %LC de largeur de l'ischion. En revanche, ceux de M22 sont regroupés entre 15 et 23 %LC de largeur de l'ischion.

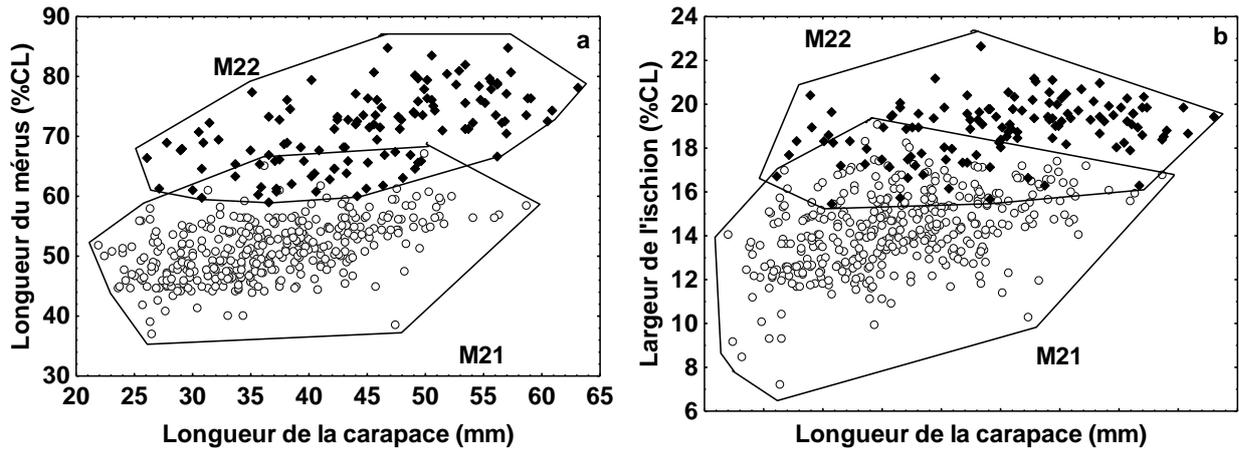


Figure 26 : Variation de la longueur du mérus (a) et la largeur de l'ischion (b) des spécimens des sous-entités M21 et M22 en fonction de la longueur de la carapace.

***β- Variabilité intrasous-entité***

Le tableau XVIII fait état des résultats du coefficient de variation (CV) des différents descripteurs métriques des représentants des sous-entités M21 et M22. Dans l'ensemble, le CV oscille entre 3,35 et 17,89 %. A l'intérieur de M21, CV varie de 4,10 à 17,89 %. Pour les populations de M22, la variabilité des caractères analysés se situe entre 3,35 et 14,02 %. Les deux sous entités constituent des groupes homogènes.

***γ- Comparaison entre M21 et M22***

**- Test *t* de Student**

A l'exception des ratios R/T et lam/M1, de la hauteur et la largeur de la carapace, tous les descripteurs métriques analysés diffèrent significativement ( $p < 0,01$  ;  $p < 0,001$ ) entre M21 et M22 (Tableau XVIII). Les valeurs des rapports I/M1, M/P1, C/P1, D/P1, lac/C1, lap/P1, dm/D1, df/D1 et dm/df1 sont statistiquement plus élevées chez les spécimens de M21 comparés à ceux de M22. Il en est de même pour la longueur du rostre, la longueur du telson, la longueur de l'abdomen et du diamètre de l'œil. En revanche, les ratios L1/L2, C/M1, C/P1, lai/I1 et lam/M1 présentent de faibles valeurs pour M21 comparativement à M22. De faibles valeurs des longueurs et des largeurs des articles (ischion, mérus, carpe, paume et doigt) de la patte 1 de la 2<sup>ème</sup> paire de péréopodes sont également obtenues pour M21.

Tableau XVIII : Résultats du test *t* de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des sous-entités M21 et M22 ; N : nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t* : valeur statistique du test, *p* : probabilité, \*\* : *p* < 0,01, \*\*\* : *p* < 0,001, NS : non significatif (*p* > 0,05), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	M21				M22				<i>t</i> de Student	
	N	Moy	ET	CV (%)	N	Moy	ET	CV (%)	<i>t</i>	<i>p</i>
<b>Métriques (%LC)</b>										
Longueur du rostre	386	77,90	5,93	7,61	122	76,29	5,70	7,47	2,64	**
Longueur de l'ischion	386	38,61	2,37	6,13	122	44,45	3,28	7,38	-21,53	***
Longueur du mérus	386	50,93	4,61	9,05	122	71,28	6,24	8,75	-38,84	***
Longueur du carpe	386	47,07	4,51	9,59	122	68,23	6,47	9,48	-40,32	***
Longueur de la paume	386	79,08	11,94	15,09	122	128,34	10,52	8,19	-40,85	***
Longueur du doigt	386	65,19	7,62	11,69	122	90,19	8,60	9,54	-30,60	***
Longueur du telson	386	41,55	3,39	8,15	122	39,19	2,85	7,28	6,94	***
Hauteur de la carapace	386	71,08	4,80	6,75	122	71,30	4,48	6,28	-0,45	NS
Largeur de la carapace	386	55,06	2,57	4,66	122	55,44	2,45	4,42	-1,42	NS
Diamètre de l'œil	386	13,17	1,52	11,51	122	11,79	1,65	14,02	8,60	***
Largeur de l'ischion	386	14,21	1,76	12,40	122	18,93	1,29	6,79	-27,39	***
Largeur du mérus	386	15,72	2,15	13,83	122	20,08	1,54	7,23	-28,14	***
Largeur du carpe	386	16,04	2,40	14,96	122	22,90	1,91	8,34	-28,81	***
Largeur de la paume	386	21,37	3,82	17,89	122	29,66	3,08	10,38	-21,79	***
Longueur de l'abdomen	386	132,22	7,95	6,01	122	123,36	7,81	6,33	10,77	***
<b>Ratios</b>										
L1/L2	386	1,14	0,11	9,52	122	1,18	0,09	7,89	-4,01	***
I/M1	386	0,76	0,06	8,26	122	0,63	0,04	6,32	22,64	***
C/M1	386	0,92	0,04	4,10	122	0,96	0,03	3,35	-8,57	***
M/P1	386	0,65	0,06	9,22	122	0,56	0,03	5,85	16,71	***
C/P1	386	0,60	0,06	10,46	122	0,53	0,03	5,93	11,88	***
C/D1	386	0,73	0,06	8,60	122	0,76	0,05	6,90	-5,11	***
D/P1	386	0,83	0,06	7,38	122	0,70	0,05	7,13	20,74	***
R/T	386	0,52	0,03	6,52	122	0,52	0,03	5,42	1,96	NS
lai/I1	386	0,37	0,05	12,49	122	0,43	0,04	8,87	-12,83	***
lam/M1	386	0,32	0,03	8,99	122	0,32	0,03	8,60	-2,14	NS
lac/C1	386	0,39	0,05	12,44	122	0,38	0,04	10,95	3,53	***
lap/P1	386	0,27	0,03	9,38	122	0,23	0,02	10,41	14,73	***
dm/D1	386	0,52	0,06	12,18	122	0,42	0,05	11,82	15,50	***
df/D1	386	0,63	0,06	9,23	122	0,56	0,07	12,40	10,81	***
dm/df1	386	0,82	0,07	7,90	122	0,75	0,06	7,62	10,43	***

### - Différenciation de M21 et M22

Vingt trois paramètres ont été retenus pour l'analyse en composantes principales après élimination des variables redondantes. Les poids factoriels des caractères, les valeurs propres et les proportions de la variance exprimée par les six premiers axes de l'ACP des individus de M21 et M22 sont indiqués dans le tableau XIX. Ces six composantes principales cumulent 80,70 % de la variabilité morphométrique des crevettes analysées. Les axes 1 et 2, considérés dans l'ordination des populations, expliquent respectivement 37,65 et 18,36 % de la variance totale, soit environ 56,01 %. L'axe1 est présenté comme une composition principale de la largeur du mérus (-0,93), des ratios dm/D1 (0,87), C/P1 (0,86), lai/I1 (-0,84), I/M1 (0,80), de la longueur du

méris (-0,77), de la longueur de l'abdomen (0,75) et du rapport D/P1 (0,72). Cet axe rassemble vers ses coordonnées négatives les individus issus de M21 (Figure 27). Ceux-ci sont caractérisés par les valeurs élevées des descripteurs fortement et négativement corrélés à l'axe 1. Cet axe regroupe dans sa partie positive, la majorité des spécimens de M22. Ils se distinguent par les fortes valeurs de variables corrélées positivement à la première composante principale. L'axe 2 est principalement expliqué par lac/C1 (-0,79), lap/P1 (-0,78), C/D1 (0,75) et C/M1 (0,71). Cet axe influence moins la répartition des individus dans le plan factoriel.

Tableau XIX : Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes de l'analyse en composantes principales des sous-entités M21 et M22 ; (\*) : axes considérés dans l'ordination, en gras les variables fortement corrélées à un des axes, voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	Axe 1*	Axe 2*	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
<b>Métriques</b>						
Longueur du rostre	0,54	0,45	0,25	-0,26	-0,49	0,05
Longueur de l'ischion	-0,48	0,40	-0,43	-0,50	-0,08	0,04
<b>Longueur du méris</b>	<b>-0,77</b>	0,53	-0,20	-0,20	-0,06	0,01
Longueur du telson	0,67	0,23	0,41	-0,20	0,05	0,11
Hauteur de la carapace	-0,21	-0,50	-0,58	-0,41	-0,04	0,09
Largeur de la carapace	0,00	-0,13	0,10	-0,66	0,25	-0,50
Diamètre de l'œil	0,67	-0,03	0,33	-0,36	-0,04	0,11
<b>Largeur du méris</b>	<b>-0,93</b>	0,20	0,02	-0,17	0,04	0,02
<b>Longueur de l'abdomen</b>	<b>0,75</b>	-0,11	0,13	-0,44	0,11	0,10
<b>Ratios</b>						
L1/L2	-0,43	-0,02	0,15	-0,01	-0,34	0,24
<b>I/M1</b>	<b>0,80</b>	-0,44	-0,07	-0,11	0,04	0,00
<b>C/M1</b>	-0,03	<b>0,71</b>	0,26	0,04	0,37	-0,10
<b>C/P1</b>	<b>0,86</b>	0,23	-0,15	0,11	0,14	-0,06
<b>C/D1</b>	0,23	<b>0,75</b>	0,15	-0,01	0,41	0,14
<b>D/P1</b>	<b>0,72</b>	-0,37	-0,29	0,15	-0,20	-0,19
R/T	0,45	0,48	0,42	-0,04	-0,44	0,04
<b>lai/I1</b>	<b>-0,84</b>	-0,03	0,38	0,10	0,12	0,02
lam/M1	-0,58	-0,53	0,40	-0,02	0,21	0,04
<b>lac/C1</b>	-0,40	<b>-0,79</b>	0,38	-0,06	0,00	0,07
<b>lap/P1</b>	0,21	<b>-0,78</b>	0,39	-0,10	0,04	0,03
<b>dm/D1</b>	<b>0,87</b>	-0,04	-0,19	0,09	0,18	0,11
df/D1	0,68	-0,10	-0,25	-0,02	0,26	0,51
dm/df1	0,61	0,07	0,01	0,19	-0,05	-0,53
Valeur propre	8,66	4,22	2,04	1,48	1,17	1,00
Variance exprimée (%)	37,65	18,36	8,85	6,42	5,08	4,33
Cumul de variance exprimée (%)	37,65	56,01	64,86	71,28	76,37	80,70

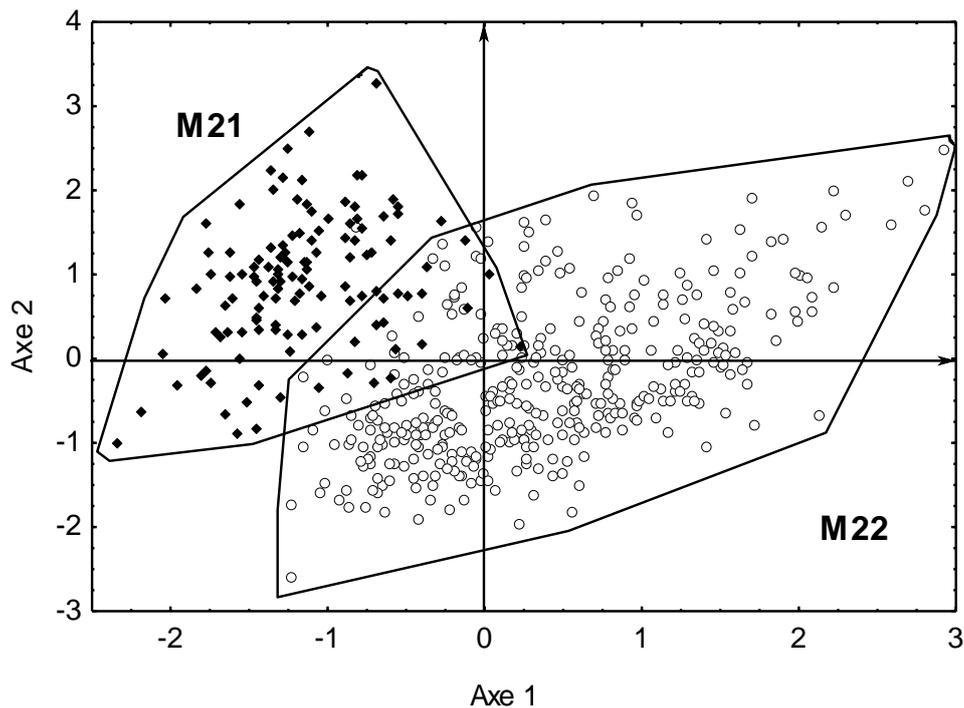


Figure 27 : Ordination des individus de M21 et M22 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.

#### - Discrimination de M21 et M22

Des 23 paramètres soumis à l'analyse discriminante pas à pas, neuf contribuent plus à la séparation des sous-entités M21 et M22 ( $\lambda = 0,80$  ;  $F = 127,08$  ;  $p < 0,001$ ) (Tableau XX). Ces variables sont, par ordre d'importance de pouvoir discriminant, la longueur du mérus ( $\lambda = 0,77$ ), I/M1 ( $\lambda = 0,83$ ), la longueur de l'ischion ( $\lambda = 0,85$ ), le diamètre de l'œil ( $\lambda = 0,94$ ), la largeur du mérus ( $\lambda = 0,94$ ), lap/P1 ( $\lambda = 0,95$ ), D/P1 ( $\lambda = 0,98$ ), L1/L2 ( $\lambda = 0,98$ ) et dm/df1 ( $\lambda = 0,98$ ). La distance de Mahalanobis (25,97) entre les deux sous entités est hautement significative ( $F = 263,31$  ;  $p < 0,001$ ).

La matrice de classification (Tableau XXI) obtenue à la suite de cette analyse révèle que la proportion d'individus correctement classés est de 98,03 % (soit 498 sur 508). Le taux de classification correcte le plus élevé (99,74 %) est enregistré avec M21. Au niveau de M22, les spécimens de crevettes ont été bien classés à 92,62 %. Ces forts taux sont confirmés par le test de validation croisée. Les résultats de ce test indiquent que le taux de classement de l'analyse discriminante est exact à 96,26 % (489 individus/508) (Tableau XXI). Les crevettes de M21 sont correctement classées à 99,48 % alors que celles de M22 le sont à 86,07 %.

Tableau XX : Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des sous-entités M21 et M22 ; F : valeur statistique d'inclusion d'une variable dans l'analyse, p : probabilité, \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	Lambda de Wilk ( $\lambda$ )	F d'inclusion	p
<b>Métriques</b>			
Longueur de l'ischion	0,85	87,49	***
Longueur du mérus	0,77	145,59	***
Diamètre de l'œil	0,94	34,27	***
Largeur du mérus	0,94	33,21	***
<b>Ratios</b>			
L1/L2	0,98	8,60	**
I/M1	0,83	103,02	***
D/P1	0,98	10,41	**
lap/P1	0,95	26,78	***
dm/df1	0,98	7,88	**

Tableau XXI : Matrice de classification des individus de M2 dans les sous-entités M21 et M22 par l'analyse discriminante et le test de validation croisée.

		Sous-entités	Prédiction des individus		Total
			M21	M22	
Matrice originale	Nombre d'individus	M21	385	1	386
		M22	9	113	122
	Pourcentage	M21	99,74	0,26	100
		M22	7,38	92,62	100
Validation croisée	Nombre d'individus	M21	384	2	386
		M22	17	105	122
	Pourcentage	M21	99,48	0,52	100
		M22	13,93	86,07	100

### *b- Descripteurs méristiques*

Pour l'étude des descripteurs méristiques, les deux sous-entités formées avec les paramètres métriques ont été considérées. Les résultats du test  $t$  de Student comparant M21 et M22 sont présentés par le tableau XXII. Parmi les sept descripteurs méristiques analysés, trois diffèrent significativement ( $p < 0,01$ ) entre M21 et M22. Ces caractères sont le nombre de dent sur le dactyle (ndm), le nombre de dents sur le doigt fixe (ndf) et le nombre de dents post-orbitales du rostre (npo). Les descripteurs ndm et ndf sont statistiquement plus faibles (4,82 et 3,75 respectivement) chez les spécimens de M21 que chez ceux de M22 (5,02 et 4,16 respectivement). En revanche, npo est significativement plus élevé pour les représentants de M21 (4,29) comparés aux populations de M22.

Tableau XXII : Résultats du test *t* de Student comparant les variables méristiques des sous-entités M21 et M22 ; N : nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, *t* : valeur statistique du test, *p* : probabilité, \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p < 0,05$ ).

Caractères	M21			M22			t de Student	
	N	Moy	ET	N	Moy	ET	t	p
Nombre de dents du dactyle (ndm)	386	4,82	0,75	122	5,02	0,64	-2,59	**
Nombre de dents du doigt fixe (ndf)	386	3,75	0,98	122	4,16	0,64	-4,32	***
Nombre de dents dorsales du rostre (ndr)	386	13,04	0,92	122	12,96	0,86	0,85	NS
Nombre de dents ventrales du rostre (nvr)	386	3,96	0,66	122	4,00	0,68	-0,60	NS
Nombre de post-orbitales du rostre (npo)	386	4,29	0,50	122	4,04	0,45	4,92	***
Nombre d'épines sur le telson (net)	386	3,87	0,55	122	3,97	0,26	-1,83	NS
Nombre d'épines sur la ligne latérale interne de la paume (nep)	386	16,49	2,36	122	16,66	2,29	-0,73	NS

### 3-1-1-2-1-5- Etude du sous-groupe X2

Ce sous-groupe a été scindé en deux lots sur la base de la morphologie des pattes de la deuxième paire de péréiopodes :

- le premier lot, appelé L1, rassemble les crevettes ayant un carpe aussi long ou plus court que la paume (Figure 28a) ;
- le second lot, nommé L2, regroupe les individus possédant un carpe nettement plus long que la paume (Figure 28b).

Les lots L1 et L2 ont été retenus pour les analyses qui suivent.

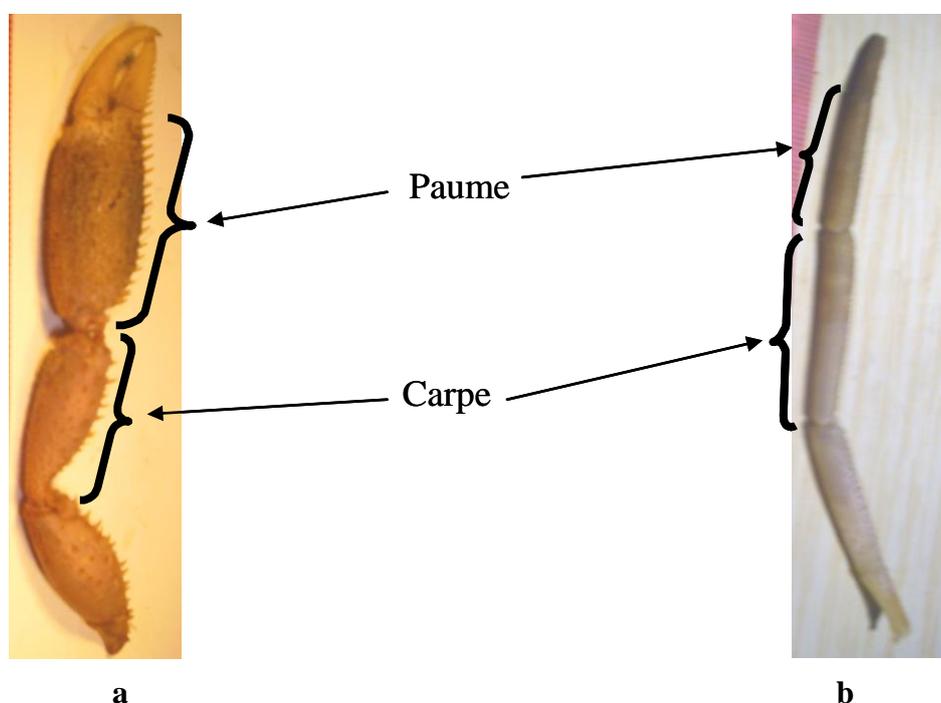


Figure 28 : Morphologie comparée des carpes et paumes des crevettes des lots L1 (a) et L2 (b).

### ***a- Caractères métriques***

#### ***α- Analyse individuelle des caractères***

Quatre paramètres permettant de séparer au mieux les lots L1 et L2 ont été considérés. Ce sont les ratios longueur du carpe/longueur de la paume (C/P1), longueur du mérus/longueur de la paume (M/P1), longueur de la patte1/longueur de la patte2 (L1/L2) et largeur de la paume/longueur de la paume (lap/P1). Les variations de ces descripteurs en fonction de la longueur de la carapace sont illustrées sur la figure 29.

##### **- Longueur du carpe/longueur de la paume**

La représentation du rapport longueur du carpe/longueur de la paume (C/P1) en fonction de la longueur de la carapace (Figure 29a) sépare nettement les lots L1 et L2. L1 est constitué des individus dont le ratio C/P1 est compris entre 0,68 et 1,00. En revanche, L2 est composé de spécimens qui ont un ratio C/P1 oscillant entre 1,17 et 1,39.

##### **- Longueur du mérus/longueur de la paume**

Sur la figure 29b, matérialisant la variation du ratio longueur du mérus/longueur de la paume (M/P1) en fonction de la longueur de la carapace, deux polygones se distinguent sans chevauchement. Les crevettes représentées par le polygone L1 ont des ratios M/P1 faibles (0,65 à 0,90). Quant aux individus rassemblés dans le polygone L2, ils sont caractérisés par des ratios M/P1 élevés (0,98 à 1,10).

##### **- Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2**

Le rapport longueur de la patte 1/longueur de la patte 2 (L1/L2) en fonction de la longueur de la carapace sépare nettement les deux lots (Figure 29c) sans recouvrement des nuages de points les représentant. Chez les populations de L1, la longueur de la patte 1 fait 1,27 à 1,78 fois la longueur de la patte 2. Pour les spécimens de L2, la patte 1 mesure 1,01 à 1,14 fois la patte 2.

##### **- Largeur de la paume/longueur de la paume**

La figure 29d exprime le rapport largeur de la paume/longueur de la paume (lap/P1) en fonction de la longueur de la carapace. Deux ensembles distincts se dégagent également. Le premier, identifié L1, regroupe les individus ayant un rapport lap/P1 élevé (0,22 à 0,49). Le second (L2) rassemble les populations dont le ratio lap/P1 est faible (0,12 à 0,18).

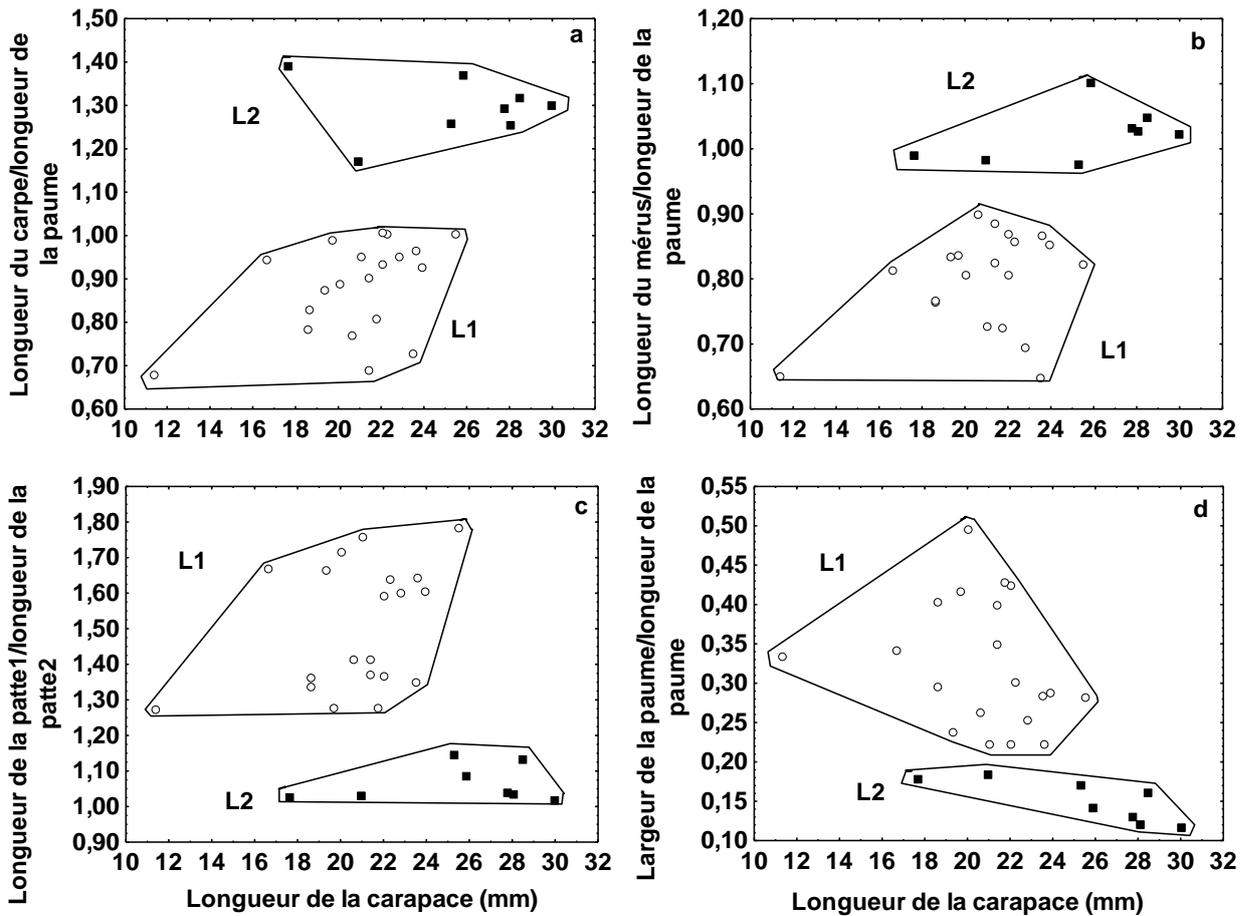


Figure 29 : Variation des ratios longueur du carpe/longueur de la paume (a), longueur du mérius/longueur de la paume (b), longueur de la patte1/longueur de la patte2 (c) et largeur de la paume/longueur de la paume (d) des crevettes des lots L1 et L2 en fonction de la longueur de la carapace.

### ***$\beta$ - Coefficient de variation***

Les résultats du coefficient de variation sont présentés dans le tableau XXIII. Globalement, ce coefficient varie de 2,58 à 51,13 %. Au sein de la population L1, la variabilité des paramètres est comprise entre 3,18 et 51,13 %. Les plus grandes variations ( $CV > 25\%$ ) ont été obtenues avec la longueur de la paume (26,69 %), la largeur du mérius (27,05 %), la longueur du mérius (27,60 %), lam/M1 (29,55 %), lap/P1 (30,30 %), la largeur de la paume (30,40 %), dm/df1 (39,14 %), lcth/HC (41,28 %) et la largeur du céphalothorax (51,13 %). A l'intérieur du lot L2, le coefficient de variation oscille entre 2,58 et 28,09 %. Les variabilités les plus marquées ont été enregistrées avec les descripteurs longueur du mérius (27,80 %) et longueur de la paume (28,09 %). Il ressort de cette analyse que les deux lots mis en évidence constituent des groupes hétérogènes.

*γ- Comparaison entre les lots L1 et L2*

**- Test de comparaison**

Le test de normalité de Shapiro-Wilk indique que la distribution des données n'est pas normale pour 14 des 32 caractères analysés. Pour ces 14 attributs, le test non paramétrique *U* de Mann Whitney a été appliqué en lieu et place du test *t* de Student. Les résultats des tests *t* de Student et *U* de Mann Whitney comparant les variables métriques et leurs ratios des lots L1 et L2 sont respectivement mentionnés dans les tableaux XXIII et XXIV. L'analyse du tableau XXIII révèle que 9 des 18 caractères métriques analysés diffèrent significativement ( $p < 0,05$ ) entre les deux lots. La largeur de la paume et la longueur du doigt fixe ont des valeurs plus élevées pour les spécimens de L1 comparés à ceux L2. A l'opposé, les grandes valeurs de la hauteur de la carapace, de la largeur de la carapace et de la largeur du carpe sont caractéristiques des populations de L2. Au niveau des rapports, les représentants de L1 sont déterminés par des valeurs élevées des ratios L1/L2, lam/M1 et lap/P1. Quant à ceux de L2, ils sont définis par les plus grandes valeurs de C/D1.

Tableau XXIII : Résultats du test *t* de Student et coefficients de variation des variables métriques des spécimens des lots L1 et L2 ; N : nombre d'individus, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t* : valeur statistique du test, p : probabilité, \* :  $p < 0,05$ , \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p > 0,05$ ), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	L1				L2				<i>t</i> de Student	
	N	Moy	ET	CV (%)	N	Moy	ET	CV (%)	<i>t</i>	p
<b>Métriques (%LC)</b>										
Longueur de l'ischion	20	336,72	75,19	22,33	8	375,63	91,85	24,45	-1,16	NS
Longueur du mérus	20	70,09	19,34	27,60	8	87,09	24,21	27,80	-1,96	NS
Longueur de la paume	20	85,15	22,73	26,69	8	83,96	23,59	28,09	0,12	NS
Hauteur de la carapace	20	67,16	9,72	14,48	8	77,88	4,01	5,14	-2,99	**
Largeur de la carapace	20	39,48	20,19	51,13	8	61,23	2,53	4,14	-3,00	**
Diamètre de l'œil	20	13,41	1,63	12,17	8	14,23	1,68	11,79	-1,20	NS
Largeur du mérus	20	17,88	4,84	27,05	8	15,35	3,07	20,02	1,37	NS
Largeur du carpe	20	94,82	5,31	5,60	8	120,40	15,61	12,96	6,50	***
Largeur de la paume	20	24,70	7,51	30,40	8	12,59	1,32	10,50	4,48	***
Longueur du doigt fixe	20	58,96	11,28	19,13	8	49,48	10,15	20,51	2,06	*
<b>Ratios</b>										
L1/L2	20	1,50	0,18	11,70	8	1,06	0,05	4,77	6,92	***
I/M1	20	0,69	0,15	21,41	8	0,58	0,13	22,48	1,84	NS
C/D1	20	1,01	0,18	18,11	8	2,09	0,29	13,77	-11,85	***
R/T	20	0,55	0,04	7,34	8	0,55	0,03	4,76	0,33	NS
lcth/HC	20	0,63	0,26	41,28	8	0,77	0,04	4,73	-1,46	NS
lam/M1	20	0,27	0,08	29,55	8	0,18	0,02	10,35	3,15	**
lap/P1	20	0,29	0,09	30,30	8	0,14	0,02	13,70	4,76	***
dm/df1	20	0,86	0,34	39,14	8	0,91	0,09	9,65	-0,39	NS

Le test  $U$  de Mann Whitney (Tableau XXIV) indique que tous les descripteurs analysés varient significativement ( $p < 0,05$  ;  $p < 0,01$  ;  $p < 0,001$ ) d'un lot à l'autre. A l'exception de la largeur de l'ischion et des ratios D/P1, lai/I1 et lac/C1, tous les caractères ont des valeurs plus élevées chez les représentants de L2 comparativement à ceux de L1.

Tableau XXIV : Résultats du test  $U$  de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des lots L1 et L2 ; N : nombre d'individus,  $U$  : valeur statistique du test,  $p$  : probabilité, \* :  $p < 0,05$ , \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	L1		L2		U de Mann Whitney	
	N	Médiane	N	Médiane	U	p
<b>Métriques (%LC)</b>						
Longueur du rostre	20	79,74	8	92,17	24	**
Longueur de l'ischion	20	43,47	8	49,26	38	*
Longueur du carpe	20	87,56	8	112,73	32	*
Longueur de la queue	20	180,92	8	193,29	36	*
Longueur de la tête	20	148,42	8	169,65	0	***
Longueur du telson	20	43,32	8	50,01	38	*
Largeur de l'ischion	20	13,92	8	12,65	41	*
Longueur de l'abdomen	20	132,61	8	143,79	36	*
<b>Ratios</b>						
C/P1	20	0,91	8	1,29	0	***
C/M1	20	1,10	8	1,25	1	***
M/P1	20	0,82	8	1,02	0	***
D/P1	20	0,85	8	0,63	0	***
lai/I1	20	0,32	8	0,26	20	**
lac/C1	20	0,31	8	0,13	0	***

### - Analyse en Composantes Principales

Les cinq premiers axes de l'analyse en composantes principales effectuées sur les données métriques des individus du sous-groupe X2 expliquent 89,52 % de la variabilité totale (Tableau XXV). La variance cumulée pour le facteur 1 (43,96 %) et le facteur 2 (22,83 %), considérés pour l'ordination, représente 66,78 % de la variation morphométrique entre les lots L1 et L2. Le nuage de points (Figure 30) indique que la première composante principale participe plus à la séparation des deux lots. Cet axe présente une forte corrélation positive avec les rapports C/D1 (0,93), C/M1 (0,88), C/P1 (0,88), M/P1 (0,84) et à la longueur de la tête (0,78). Les valeurs élevées de ces descripteurs déterminent les individus de L2 et influencent leur répartition vers les coordonnées positives de l'axe 1. Inversement, cette composante est fortement et négativement expliquée par les ratios L1/L2 (-0,83), D/P1 (-0,82), lap/P1 (-0,77), lac/C1 (-0,71) et la largeur de la paume (-0,75). Ces attributs influencent plus la distribution des spécimens de L1. La deuxième composante principale contribue moins à la différenciation des individus de L1 et L2. Ce facteur

est essentiellement caractérisé par la longueur du carpe (0,74), la longueur du doigt (0,72), la longueur de la queue (-0,72) et la largeur de la carapace (-0,72).

Tableau XXV : Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les cinq premiers axes de l'analyse en composantes principales des individus des lots L1 et L2 ; en gras les variables fortement corrélées à un des axes ; (\*) : axes considérés dans l'ordination, voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Variables	Axe 1*	Axe 2*	Axe 3	Axe 4	Axe 5
<b>Métriques</b>					
Longueur du rostre	0,61	-0,45	0,19	-0,26	0,44
Longueur de l'ischion	0,45	0,45	0,63	-0,27	0,20
<b>Longueur du carpe</b>	0,48	<b>0,74</b>	0,41	-0,06	0,15
<b>Longueur du doigt</b>	-0,57	<b>0,72</b>	0,30	-0,17	0,10
<b>Longueur de la queue</b>	0,49	<b>-0,72</b>	0,08	-0,36	-0,13
<b>Longueur de la tête</b>	<b>0,78</b>	-0,29	0,21	0,25	0,38
Longueur du telson	0,40	-0,68	0,02	-0,45	-0,11
Hauteur de la carapace	0,46	-0,34	0,52	0,38	-0,38
<b>Largeur de la carapace</b>	0,48	<b>-0,72</b>	0,32	0,08	-0,22
Largeur de l'ischion	-0,45	-0,16	0,78	-0,02	-0,17
<b>Largeur de la paume</b>	<b>-0,75</b>	0,01	0,51	0,11	-0,19
Longueur de l'abdomen	0,54	-0,65	0,04	-0,30	-0,08
Longueur du doigt fixe	-0,44	0,32	0,61	-0,31	-0,21
<b>Ratios</b>					
<b>L1/L2</b>	<b>-0,83</b>	0,45	0,09	-0,10	0,00
<b>I/M1</b>	<b>0,88</b>	0,13	0,04	0,24	-0,01
<b>C/P1</b>	<b>0,88</b>	0,24	0,13	0,19	-0,05
<b>M/P1</b>	<b>0,84</b>	0,27	0,05	0,24	-0,26
<b>C/D1</b>	<b>0,93</b>	0,24	0,15	0,14	-0,01
<b>D/P1</b>	<b>-0,82</b>	-0,21	-0,24	0,06	-0,23
lai/I1	-0,63	-0,34	0,29	0,34	0,44
lam/M1	-0,56	-0,65	0,26	0,29	0,28
<b>lac/C1</b>	<b>-0,71</b>	-0,60	0,17	-0,05	0,25
<b>lap/P1</b>	<b>-0,77</b>	-0,43	0,08	0,18	-0,19
Valeur propre	10,11	5,25	2,65	1,34	1,23
Variance exprimée (%)	43,96	22,83	11,53	5,83	5,37
Cumul de variance exprimée (%)	43,96	66,78	78,32	84,15	89,52

### - Analyse Factorielle Discriminante

Les résultats de cette analyse (Tableau XXVI) révèlent que les lots L1 et L2 sont bien différenciés. La distance de Mahalanobis (123,56) entre ces lots est hautement significative ( $F = 119,49$ ;  $p < 0,001$ ). Les caractères les plus importants dans la discrimination de ces regroupements sont, dans l'ordre décroissant de la contribution, C/P1 ( $\lambda = 0,32$ ), lap/P1 ( $\lambda = 0,47$ ), L1/L2 ( $\lambda = 0,56$ ) et la largeur de la paume ( $\lambda = 0,81$ ). La matrice de classification donne un taux de classement de 100 % pour l'ensemble des crevettes de L1 et L2.

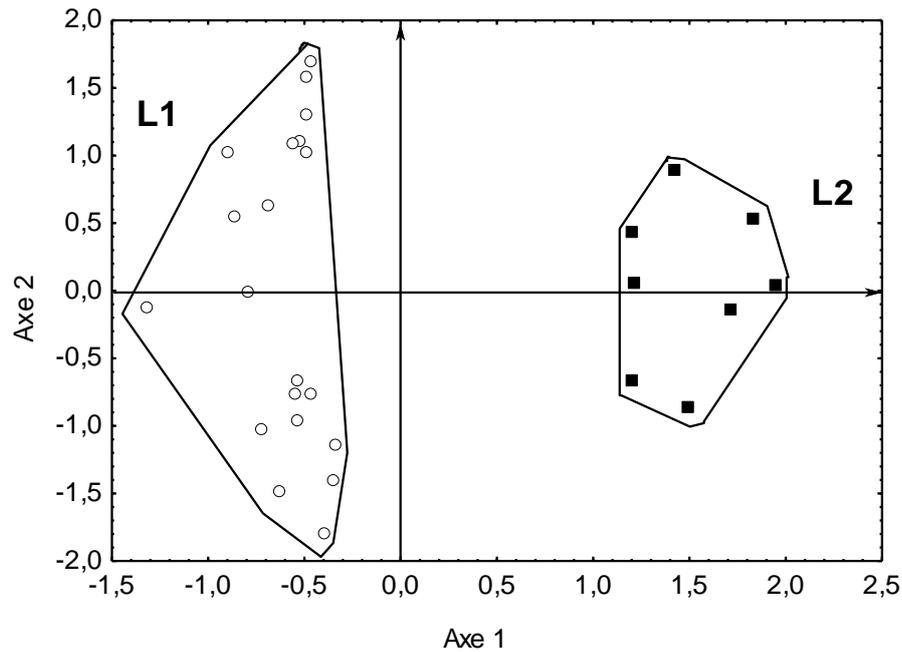


Figure 30 : Projection des individus des lots L1 et L2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.

Tableau XXVI : Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des lots L1 et L2 ; F : valeur statistique d'inclusion d'une variable dans l'analyse ; p : probabilité, \* :  $p < 0,05$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p > 0,05$ ), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Variables	Lambda de Wilk ( $\lambda$ )	F d'inclusion	p
<b>Métriques</b>			
Largeur de la carapace	0,88	3,00	NS
Largeur de la paume	0,81	5,26	*
<b>Ratios</b>			
L1/L2	0,56	16,99	***
C/P1	0,32	47,40	***
lap/P1	0,47	24,43	***

### *b- Descripteurs méristiques*

La distribution des fréquences des caractères méristiques discriminant L1 et L2 sont illustrées par la figure 31. Le nombre de dents sur le dactyle (doigt mobile) (Figure 31a) varie de 5 à 9 pour les individus de L2 alors qu'il est compris entre 11 et 17 pour ceux de L1. Ces derniers sont également caractérisés par un nombre élevé de dents sur le doigt fixe (9 à 17) contrairement aux spécimens de L2 (5 à 8) (Figure 31b). Concernant le nombre de dents dorsales du rostre (ndr), les modes sont de 11 et 16 dents (Figure 31c). Le premier mode (11) détermine les populations de L2 chez lesquelles ndr oscille entre 9 et 12. Toutefois, la présence d'un spécimen de L2 avec ndr égal à 16 est notée. Le second pic (16) définit les crevettes du lot L1 dont le ndr

est situé entre 11 et 19. Au niveau du nombre de dents post-orbitales (npo), les deux modes sont de 2 et 5 (Figure 31d). A l'exception d'un individu (npo = 5), tous les spécimens du lot L2 ont un npo égal à 2. Quant à ceux de L1, ils présentent un npo variant de 3 à 6 avec le pic à 5.

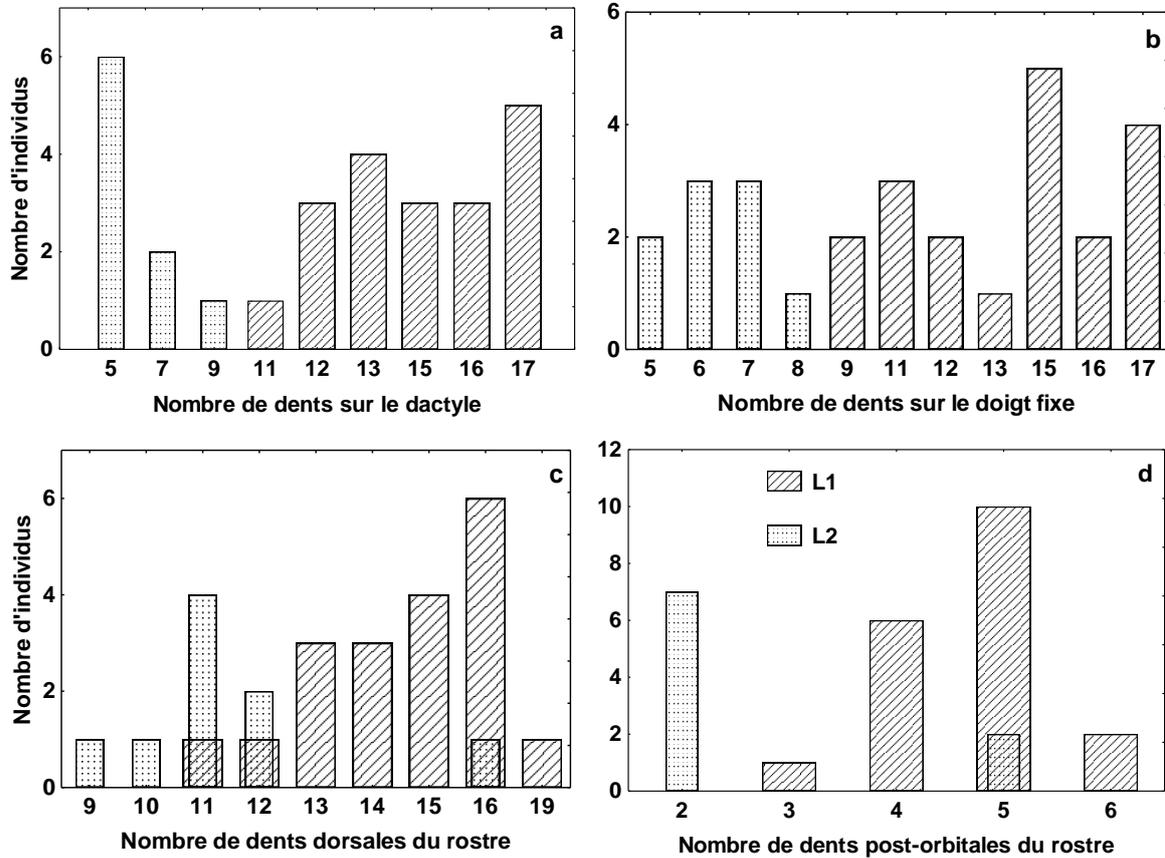


Figure 31 : Distribution des fréquences des caractères méristiques des spécimens des lots L1 et L2.

### 3-1-1-2-1-6- Examen du lot L1

Ce lot est constitué de 20 individus de crevettes. L'examen morphologique de tous ces spécimens a permis de subdiviser le lot L1 en deux sous-lots : L11 et L12. Les membres de L11 ont des doigts fortement recourbés, ne se touchant qu'au niveau de leur bout et laissant entre eux un espace rempli de soies (Figure 32a). Le représentant de L12 a des doigts non recourbés, se touchant presque sur toute leur longueur et ne possédant pas de soies internes (Figure 32b).

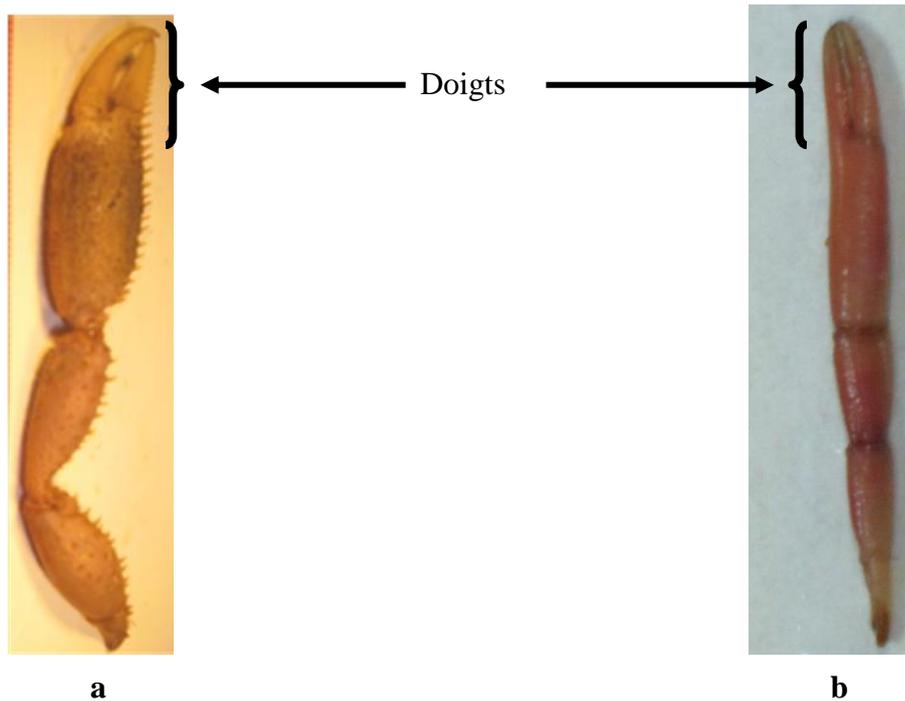


Figure 32 : Morphologie comparée des doigts des crevettes des sous-lots L11 (a) et L12 (b).

#### ***3-1-1-2-1-7- Etude détaillée du sous-lot L11***

Le sous-lot L11 renferme 19 crevettes. Les analyses multivariées n'ont pas été appliquées aux données de ce sous-lot parce que le nombre de variables est supérieur à celui des spécimens.

#### ***a- Caractères métriques***

##### ***α- Analyse individuelle des descripteurs***

L'analyse individuelle des caractères a mis en évidence cinq descripteurs permettant de scinder le sous-lot L11 en deux ensembles. Il s'agit des longueurs de la patte 1, du mérus et du doigt, les rapports longueur de l'ischion/longueur du mérus et longueur de la patte 1/longueur de la patte 2.

#### **- Longueur de la patte 1**

La distribution des fréquences (Figure 33) indique deux pics très distincts. Les deux pics matérialisent les ensembles E1 et E2. Les valeurs relativement faibles de la longueur de la patte 1 (240 à 280 %LC) caractérisent les populations de E1. Quant aux valeurs élevées de cet attribut (360 à 440 %LC), elles définissent les individus de E2. Pour la suite de l'analyse, E1 et E2 ont été pris en compte. Les quatre autres variables ont été représentées sous forme de nuages de points (Figure 34). Sur ces graphiques, E1 et E2 se distinguent nettement.

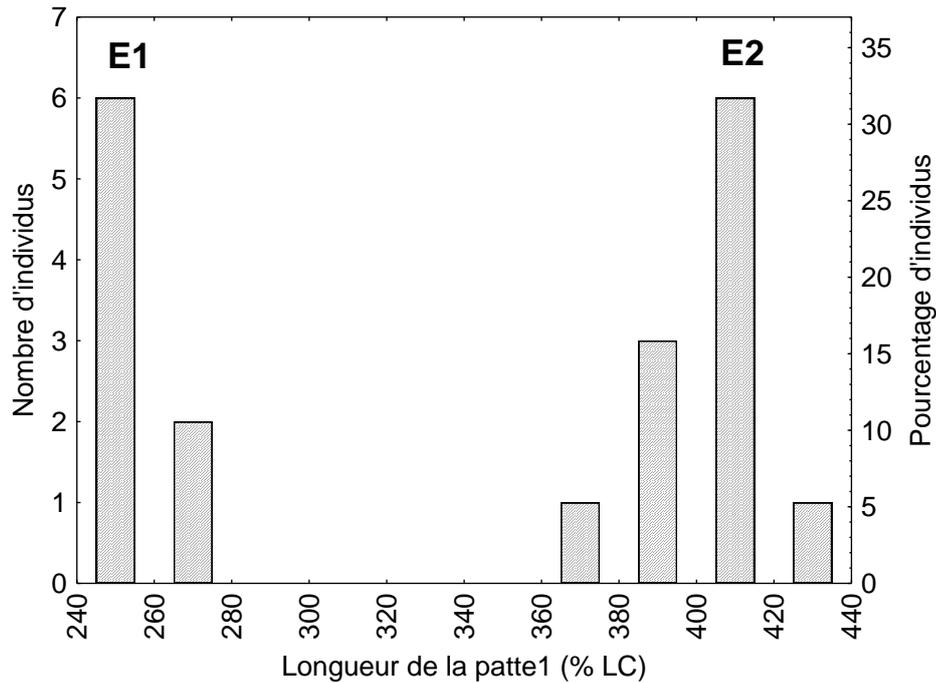


Figure 33 : Distribution des fréquences de la longueur de la patte 1 des spécimens du sous-lot L11.

**- Longueur du mérus**

La figure 34a, représentant la longueur du mérus en fonction de la longueur de la carapace, met en évidence deux polygones bien différenciés. Le premier matérialise les crevettes de l'ensemble E1 dont la longueur du mérus varie entre 47,29 et 56,41 %LC. Le second regroupe les individus de l'ensemble E2 avec une longueur de mérus oscillant entre 76,60 et 93,44 %LC.

**- Longueur du doigt**

La variation de la longueur du doigt en fonction de la longueur de la carapace est illustrée par la figure 34b. Sur ce graphe, E1 et E2 se distinguent nettement. Les représentants de E1 sont repartis dans la partie inférieure de l'axe des ordonnées (49,36 - 58,54 %LC). Quant à ceux de E2, ils sont distribués dans la zone supérieure du même axe (72,75 - 87,77 %LC).

**- Longueur de l'ischion/longueur du mérus**

La figure 34c, illustrant le ratio longueur de l'ischion/longueur du mérus (I/M1) en fonction de la longueur standard, différencie également les ensembles E1 et E2. Les crevettes de E1 sont associées aux plus grandes valeurs du rapport I/M1 (0,73 - 0,86). Inversement, la distribution des spécimens de E2 est fortement influencée par les faibles valeurs de I/M1 (0,48 - 0,59).

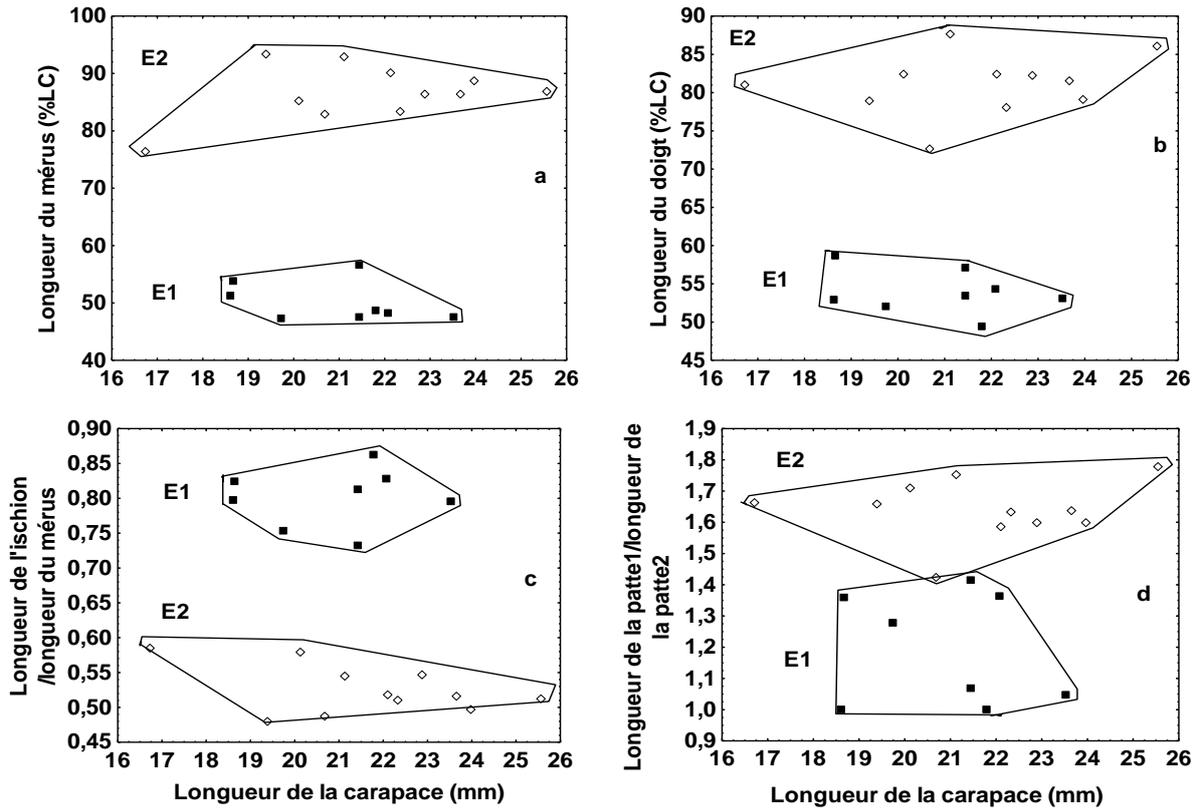


Figure 34 : Variations des caractères longueur du mérus (a), longueur du doigt (b), longueur de l'ischion/longueur du mérus (c) et longueur de la paume1/longueur de la paume2 (d) des crevettes des ensembles E1 et E2 en fonction de la longueur de la carapace.

**- Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2**

La représentation de ce descripteur en fonction de la longueur standard est indiquée par la figure 34d. Comme dans les cas précédents, les deux ensembles sont bien séparés. Les membres de E1 ont un ratio longueur de la patte 1/longueur de la patte 2 faible (1,27 - 1,41) contrairement à ceux de E2 déterminés par des valeurs élevées (1,49 - 1,78).

***β- Comparaison entre E1 et E2***

Les résultats du test *U* de Mann Whitney sont mentionnés dans le tableau XXVII. Vingt et un des 31 caractères soumis à ce test varient significativement ( $p < 0,05$ ) d'un ensemble à l'autre. Les variables L1/L2, C/P1, C/D1, longueur de la patte 1, longueur de l'ischion, longueur du mérus, longueur du carpe, longueur de la paume et longueur du doigt ont des valeurs statistiquement plus élevées chez les individus de E1 que celles des spécimens de E2. A l'opposé, les paramètres I/M1, lcth/HC, lam/M1, lac/C1, lap/P1, longueur du rostre, longueur de la tête,

longueur de la queue, longueur du telson, largeur de la carapace et longueur de l'abdomen constituent le groupe des attributs ayant des valeurs élevées pour les populations de E2.

Tableau XXVII : Résultats du test *U* de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des ensembles E1 et E2 ; N : nombre d'individus, *U* : valeur statistique du test, p : probabilité, \* : p < 0,05, \*\* : p < 0,01, \*\*\* : p < 0,001, NS : non significatif (p > 0,05), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	E1		E2		U de Mann Whitney	
	N	Médiane	N	Médiane	U	p
<b>Métriques</b>						
Longueur du rostre	11	75,94	8	83,08	16,00	*
Longueur de la patte 1	11	402,74	8	251,05	0,00	***
Longueur de l'ischion	11	44,82	8	40,25	5,00	***
Longueur du mérus	11	86,58	8	48,33	0,00	**
Longueur du carpe	11	97,67	8	51,35	0,00	***
Longueur de la paume	11	104,07	8	60,86	0,00	***
Longueur du doigt	11	81,61	8	53,18	0,00	***
Longueur de la queue	11	164,87	8	185,77	10,00	**
Longueur de la tête	11	142,23	8	156,86	15,00	*
Longueur du telson	11	41,31	8	46,82	8,00	**
Hauteur de la carapace	11	61,14	8	71,04	29,00	NS
Largeur de la carapace	11	19,20	8	55,73	15,00	*
Diamètre de l'œil	11	13,33	8	13,92	29,00	NS
Largeur de l'ischion	11	13,75	8	13,72	44,00	NS
Largeur du mérus	11	17,69	8	17,68	36,00	NS
Largeur du carpe	11	18,04	8	18,01	36,00	NS
Largeur de la paume	11	23,66	8	23,73	37,00	NS
Longueur de l'abdomen	11	127,46	8	140,38	6,00	**
<b>Ratios</b>						
L1/L2	11	1,64	8	1,35	0,00	***
I/M1	11	0,55	8	0,78	14,00	*
C/M1	11	1,10	8	1,11	37,00	NS
C/P1	11	0,94	8	0,82	26,00	*
M/P1	11	0,82	8	0,79	38,00	NS
C/D1	11	1,19	8	0,97	20,00	*
D/P1	11	0,80	8	0,88	26,00	NS
R/T	11	0,53	8	0,54	41,00	NS
lcth/HC	11	0,33	8	0,78	20,00	*
lai/II	11	0,31	8	0,35	28,00	NS
lam/M1	11	0,21	8	0,34	15,00	*
lac/C1	11	0,21	8	0,33	14,00	*
lap/P1	11	0,26	8	0,40	13,00	*

### *b- Descripteurs méristiques*

La distribution des fréquences de tous les caractères méristiques est unimodale. Aucune différence significative (Mann Whitney, p > 0,05) de ces caractères n'est obtenue entre E1 et E2.

#### *3-1-1-2-1-8- Sous-lot L12*

Ce sous-lot ne renferme qu'un seul individu. Il n'a donc pas fait l'objet d'une étude détaillée.

### **3-1-1-2-1-9- Examen du lot L2**

Le lot L2 est composé de huit spécimens de crevettes. Pour la même raisons évoquée dans le cas de L1 (nombre de caractère supérieur à au nombre d'individus), la statistique multivariée n'a pu être appliquée.

#### ***a- Caractères métriques***

##### ***α- Analyse individuelle des variables***

Cette analyse a permis de sélectionner trois descripteurs qui séparent au mieux les spécimens de L2 en deux sous-lots. Ces variables sont la longueur du carpe, la longueur du rostre et le rapport longueur de l'ischion/longueur du mérus (I/M1).

##### **- Longueur du mérus/longueur de la paume**

La distribution des fréquences des individus du lot L2 sur la base du rapport longueur du mérus/longueur de la paume (M/P1) est présentée par la figure 35. Deux pics, correspondant aux deux sous-lots (L21 et L22), se dégagent. Le premier (L21) représente les spécimens dont le ratio M/P1 (0,97 - 0,99) est inférieur à 1. Le second (L22) regroupe les crevettes ayant un rapport M/P1 (1,02 - 1,06) supérieur ou égal à 1. Ces deux sous-lots ont été retenus pour la représentation des trois autres variables en fonction de la longueur de la carapace (Figure 36).

##### **- Longueur du carpe**

Les crevettes de L21 et de L22 présentent différentes gammes de variation de la longueur du carpe (Figure 36a). Elle oscille entre 61,13 à 95,62 %LC au sein du sous-lot L21 et 103,40 à 146,91 %LC au niveau de L22.

##### **- Longueur du rostre**

Les individus de L21 ont une longueur du rostre qui varie entre 82,20 et 89,50 %LC (Figure 36b). Ceux de L22 présentent une longueur du rostre comprise entre 90,65 et 103,28 %LC.

##### **- Longueur de l'ischion/longueur du mérus**

La variation du ratio longueur de l'ischion/longueur du mérus (I/M1) chez L21 et L22 est indiquée par la figure 36c. Les deux sous-lots mis en évidence se discriminent nettement. Les

valeurs élevées du rapport I/M1 (0,66 - 0,81) déterminent les représentants de L21. Quant aux faibles valeurs de ce descripteur (0,45 - 0,53), elles sont caractéristiques des populations de L22.

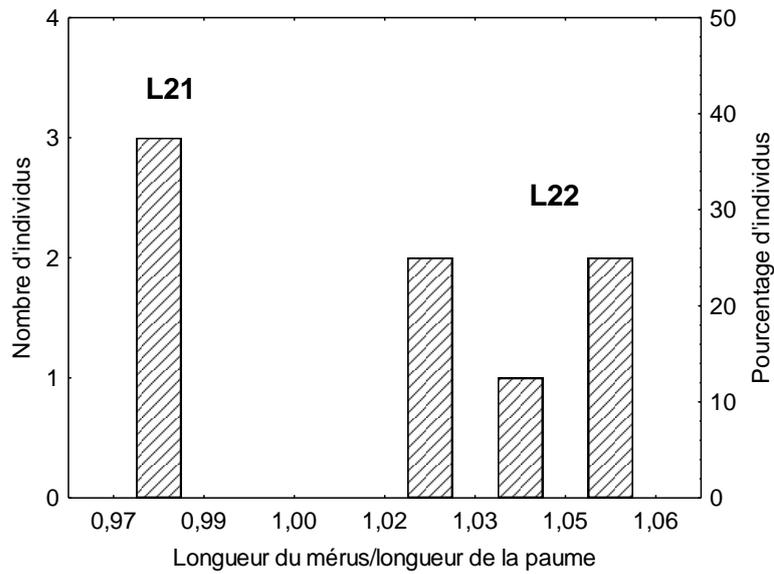


Figure 35 : Distribution de fréquences du ratio longueur du mérus/longueur de la paume des spécimens du lot L2.

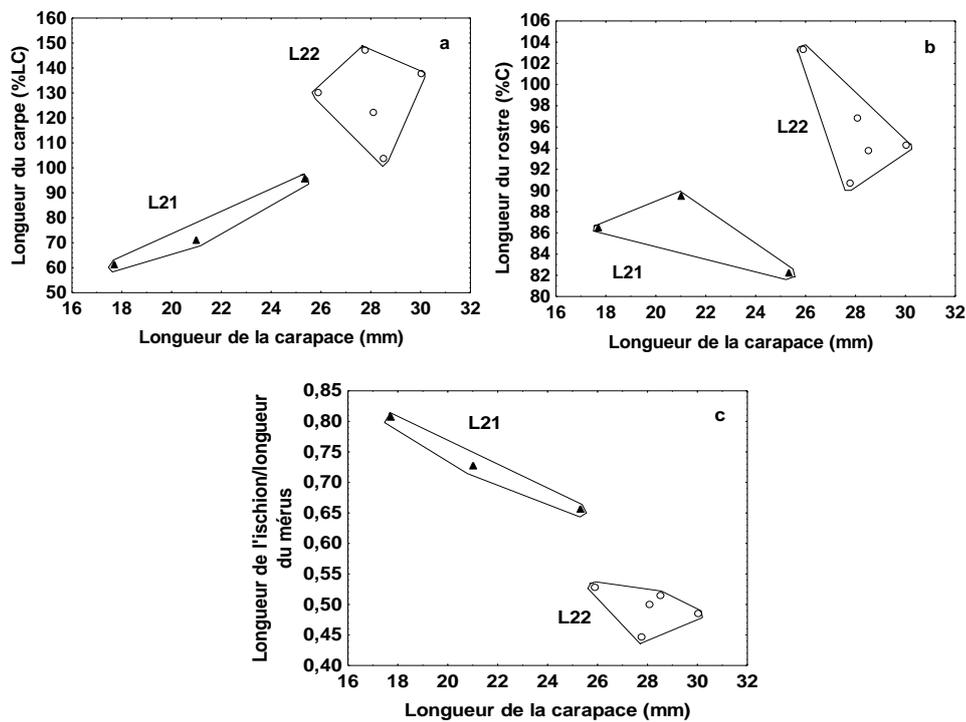


Figure 36 : Variations des caractères longueur du carpe (a), longueur du rostre (b) et longueur de l'ischion/longueur du mérus (c) des crevettes des sous-lots L21 et L22 en fonction de la longueur de la carapace.

***β- Comparaison entre L21 et L22***

Le tableau XXVIII présente les résultats du test *U* de Mann Whitney comparant les sous-lots L21 et L22. L'analyse du tableau révèle que 11 des 30 descripteurs analysés varient significativement. Les ratios I/M1, lam/M1 et lac/C1 présentent des valeurs élevées chez les individus de L21 comparativement à ceux de L22. Au contraire, les spécimens de L21 sont caractérisés par les faibles valeurs de la longueur du rostre, des caractères relatifs à la taille de la patte1 (longueurs de la patte 1, du mérus, du carpe et de la paume et des rapports M/P1 et C/D1 comparés aux populations de L22.

Tableau XXVIII : Résultats du test *U* de Mann Whitney comparant les variables métriques des spécimens des sous-lots L21 et L22 ; N : nombre d'individus, *U* : valeur statistique du test, p : probabilité, \* : p < 0,05, NS : non significatif (p < 0,05), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	L21		L22		U de Mann Whitney	
	N	Médiane	N	Médiane	U	p
<b>Métriques (%)</b>						
Longueur du rostre	3	86,44	5	94,21	0,00	*
Longueur de la patte 1	3	274,34	5	440,31	0,00	*
Longueur de l'ischion	3	43,38	5	52,34	2,00	NS
Longueur du mérus	3	59,62	5	104,44	0,00	*
Longueur du carpe	3	71,05	5	130,00	0,00	*
Longueur de la paume	3	67,71	5	97,33	0,00	*
Longueur du doigt	3	41,67	5	55,43	0,00	*
Longueur de la queue	3	199,52	5	187,07	5,00	NS
Longueur de la tête	3	166,90	5	173,30	2,00	NS
Longueur du telson	3	50,29	5	49,42	5,00	NS
Hauteur de la carapace	3	80,79	5	77,90	2,00	NS
Largeur de la carapace	3	60,24	5	60,16	6,00	NS
Diamètre de l'œil	3	15,95	5	13,21	1,00	NS
Largeur de l'ischion	3	10,86	5	13,34	5,00	NS
Largeur du mérus	3	12,57	5	17,37	1,00	NS
Largeur du carpe	3	12,63	5	13,46	2,00	NS
Largeur de la paume	3	12,95	5	12,62	6,00	NS
Longueur de l'abdomen	3	149,05	5	138,53	5,00	NS
<b>Ratios</b>						
L1/L2	3	1,03	5	1,04	7,00	NS
I/M1	3	0,73	5	0,50	0,00	*
C/M1	3	1,21	5	1,25	5,00	NS
M/P1	3	0,98	5	1,03	0,00	*
C/P1	3	1,26	5	1,30	1,00	NS
C/D1	3	1,83	5	2,20	0,00	*
D/P1	3	0,69	5	0,60	1,00	NS
R/T	3	0,52	5	0,55	1,00	NS
lcth/HC	3	0,74	5	0,77	5,00	NS
lai/I1	3	0,25	5	0,27	6,00	NS
lam/M1	3	0,20	5	0,17	0,00	*
lac/C1	3	0,16	5	0,12	0,00	*
lap/P1	3	0,13	5	0,13	4,00	NS

### ***b- Descripteurs méristiques***

Les caractères méristiques n'ont pas permis de différencier les sous-lots L21 et L22 tout comme les sous-lots de L1 (test  $U$  de Mann Whitney,  $p > 0,05$ ).

#### ***3-1-1-2-2- Femelles***

Le groupe des femelles est composé de 180 crevettes. L'analyse morphologique de tous les spécimens a permis de les diviser en deux sous-groupes (F1 et F2). Un seul spécimen représente le sous-groupe F1. Il est caractérisé par un mérus et un carpe distinctement plus longs que la paume. Les représentants du sous-groupe F2, sont définis par un mérus et un carpe plus court que la paume.

##### ***3-1-1-2-2-1- Sous-groupe F1***

Le sous-groupe F1 étant constitué d'un seul individu, les analyses statistiques n'ont pas concerné cette entité.

##### ***3-1-1-2-2-2- Sous-groupe F2***

Ce sous-groupe compte 179 crevettes. Il a été scindé en deux entités : F21 et F22. Comme F1, l'entité F21 est constituée d'un seul spécimen. Ce dernier, de petite taille (longueur totale = 40,05 mm ; longueur de la carapace = 11,40 mm), porte de très petite épine sur les pattes de la seconde paire de péréiopodes. Cette femelle est ovigère avec des œufs de grande taille et peu nombreux. Les membres de l'entité F22 sont déterminés par leur grande taille (longueur totale  $\geq$  79,85 mm ; longueur de la carapace  $\geq$  22,65 mm), leurs pattes recouvertes d'épines plus ou moins saillantes. Les femelles ovigères portent de nombreux œufs de petite taille. Cette entité est composée de 178 individus.

##### ***3-1-1-2-2-3- Entité F21***

Cette entité étant constituée d'une seule crevette, elle n'a pas fait l'objet de traitements statistiques.

##### ***3-1-1-2-2-4- Entité F22***

Compte tenu de la plasticité morphologique au sein de cette population, cette partie a nécessité une analyse individuelle des différents relevés afin de mettre en évidence d'éventuelles subdivisions.

*a- Caractères métriques*

*α- Analyse caractère par caractère*

Sur l'ensemble des caractères analysés, quatre sont susceptibles de discriminer différentes unités au sein de F22. Ce sont la longueur du carpe/longueur de la paume (C/P1), la longueur du mérus/longueur du mérus (M/P1), la largeur du mérus/longueur du mérus (lam/M1) et la largeur du carpe/longueur du carpe (lac/C1).

**- Longueur du carpe/longueur de la paume**

La distribution des fréquences du rapport longueur du carpe/longueur de la paume (C/P1) est présentée par la figure 37. Deux modes principaux correspondant à deux unités (U1 et U2) se dégagent. Le premier est situé entre 0,67 et 0,68 et le second entre 0,74 et 0,75. L'unité U1 renferme les spécimens dont le ratio C/P1 varie de 0,61 à 0,71. Quant à la seconde unité (U2), elle rassemble les crevettes ayant un rapport C/P1 oscillant entre 0,71 à 0,85. Les unités U1 et U2 ont été retenues pour la suite des analyses.

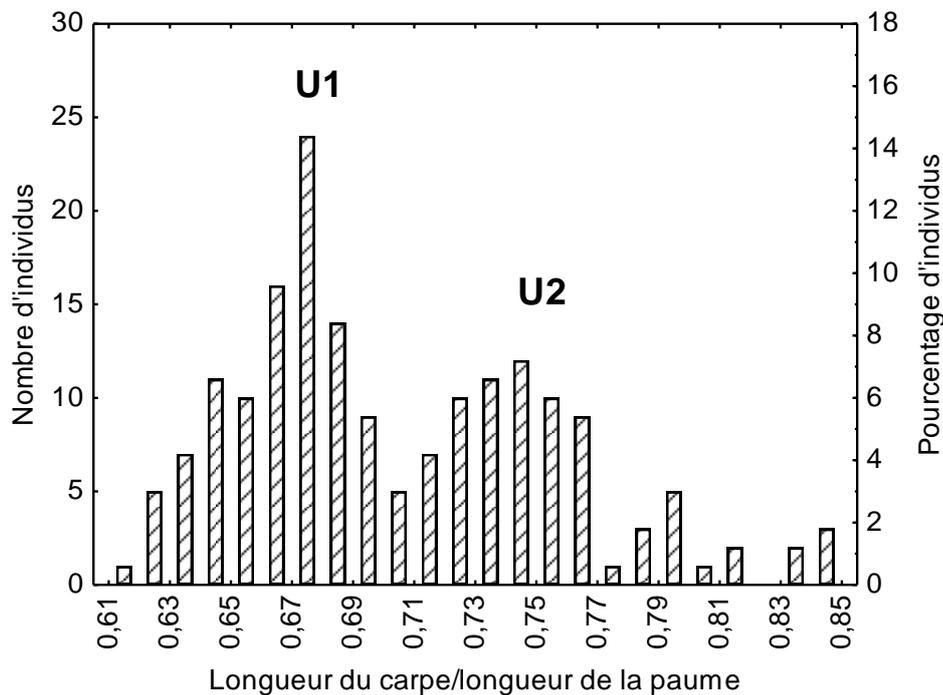


Figure 37 : Distribution de fréquences du ratio longueur de carpe/longueur de la paume des spécimens femelles de l'entité F22.

**- Longueur du mérus/longueur de la paume**

La représentation du ratio longueur du mérus/longueur de la paume (M/P1) des individus des unités U1 et U2 en fonction de la longueur de la carapace est indiquée par la figure 38a. Ce graphe présente deux nuages de points distincts. Néanmoins une petite zone de recouvrement des deux nuages est observée. Les populations de U2, rassemblées dans la partie supérieure de la figure, sont définies par un ratio M/P1 variant de 0,74 à 0,90. En revanche, celles de U1, regroupées dans la zone inférieure du graphe, sont caractérisées par un rapport M/P1 compris entre 0,64 et 0,77.

**- Largeur du mérus/longueur du mérus**

La répartition des femelles dans le plan formé par la longueur de la carapace et le ratio largeur du mérus/longueur du mérus (Figure 38b) met en évidence les deux unités (U1 et U2). Toutefois, un chevauchement plus ou moins important des polygones respectifs est noté. Celui représentant U1 est localisé entre 0,25 et 0,32. Quant au polygone matérialisant les spécimens de U2, il se situe entre 0,20 et 0,27.

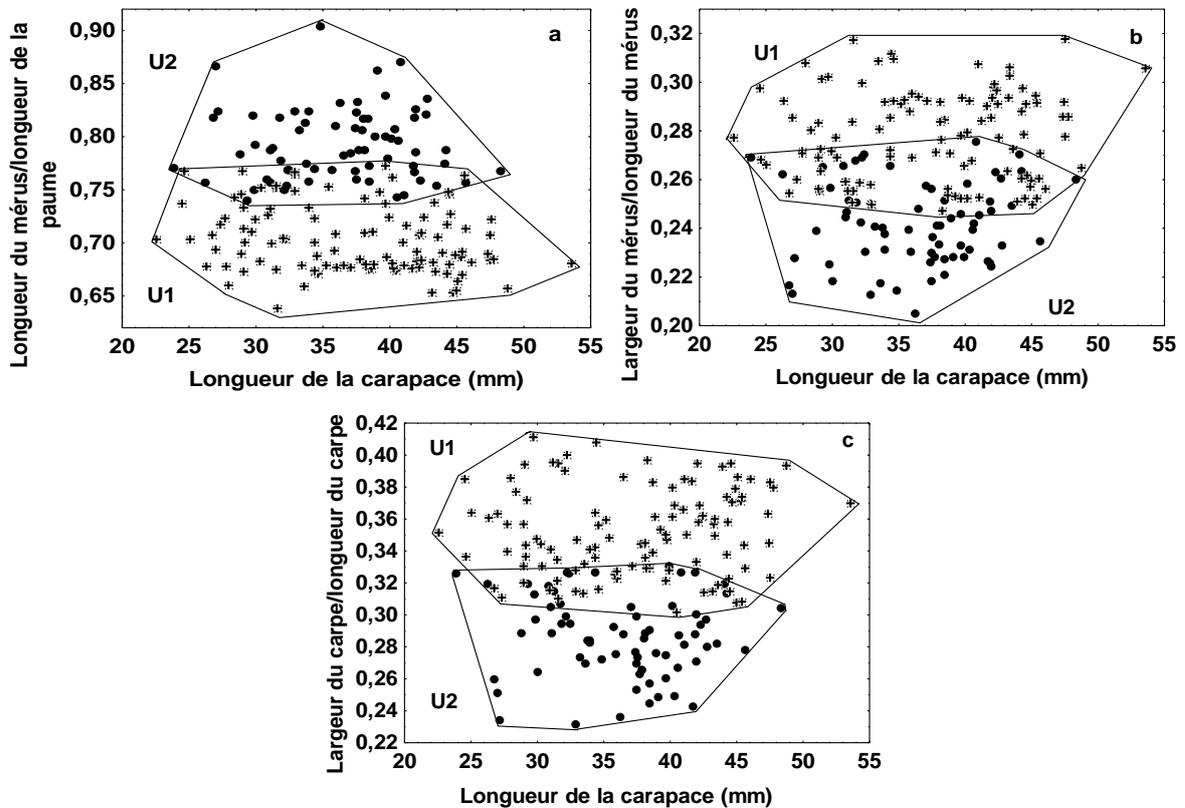


Figure 38 : Variations des ratios longueur du mérus/longueur de la paume (a) largeur du mérus/longueur du mérus (b) et largeur du carpe/longueur du carpe (c) des crevettes des unités U1 et U2 en fonction de la longueur de la carapace.

### **- Largeur du carpe/longueur du carpe**

La figure 38c présente la distribution des populations femelles dans l'espace bidimensionnel longueur de la carapace-ratio largeur du carpe/longueur du carpe (lac/C1). Sur cette figure, les nuages de points définissant U1 et U2 sont distincts malgré le léger chevauchement. Les représentants de U1 sont distribués dans la partie du graphe où les valeurs de lac/C1 sont plus élevées (0,31 à 0,41). Ceux de U2 sont, en revanche, répartis dans la zone des valeurs faibles de lac/C1 (0,23 à 0,33).

### ***β- Variabilité intra-unité***

La variabilité de tous les paramètres analysés est comprise entre 2,96 et 12,13 % pour l'ensemble des deux sous-groupes (Tableau XXIX). Elle varie de 2,96 à 10,67 % au sein du lot U1. A l'intérieur de U2, le coefficient de variation oscille entre 3,40 et 12,13 %. Ce résultat révèle que les deux sous-groupes constituent chacune une entité homogène.

### ***γ- Comparaison entre U1 et U2***

#### **- Test *t* de Student**

L'analyse des résultats du test *t* de Student comparant les unités U1 et U2 révèle que 27 des 38 descripteurs diffèrent significativement ( $p < 0,05$ ) entre elles (Tableau XXIX). Des 27 paramètres, 13 ont des valeurs statistiquement plus élevées chez les crevettes de U2 comparées à celles de U1. Ces attributs sont la longueur du rostre, la longueur de la queue, la longueur du telson, de la longueur de la tête, la longueur de l'abdomen et les ratios I/M1, C/M1, M/P1, C/P1, C/D1, D/P1, dm/D1 et dm/df1. Les valeurs des 14 autres variables sont significativement plus faibles pour les spécimens de U2 comparativement à ceux de U1. Les résultats de ce test confirment la distinction observée entre U1 et U2 sur la base de l'analyse caractère par caractère.

#### **- Analyse en Composantes Principales**

Après l'élimination des variables redondantes (annexe 4), 22 paramètres ont été retenus pour les analyses multivariées. Le tableau XXX indique les poids factoriels des variables, les valeurs propres et les proportions de variance expliquée par les six premiers axes. Ces axes cumulent environ 81,12 % de la variance totale. Les axes 1 et 2, expliquant ensemble 50,23 %, ont été pris en compte pour l'ordination des individus. Les deux groupes en présence sont plus discriminés sur l'axe 1 avec un léger chevauchement au niveau de l'origine des deux composantes principales (Figure 39).

Tableau XXIX : Résultats du test *t* de Student et coefficients de variation des variables métriques des individus des unités U1 et U2 ; N : nombre de spécimens, Moy : moyenne, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, *t* : valeur statistique du test, *p* : probabilité, \* : *p* < 0,05, \*\* : *p* < 0,01, \*\*\* : *p* < 0,001, NS : non significatif (*p* > 0,05), voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	U1				U2				<i>t</i> de Student	
	N	Moy	ET	CV (%)	N	Moy	ET	CV (%)	<i>t</i>	<i>p</i>
<b>Métriques (%LC)</b>										
Longueur du rostre	109	81,02	5,89	7,27	69	84,19	5,76	6,85	-3,53	***
Longueur de la patte 1	109	264,72	15,47	5,84	69	257,79	22,86	8,87	2,41	*
Longueur de l'ischion	109	40,93	3,38	8,27	69	41,38	3,42	8,26	-0,85	NS
Longueur du mérus	109	50,79	3,48	6,86	69	50,29	4,85	9,65	0,81	NS
Longueur du carpe	109	48,27	4,21	8,73	69	48,42	5,62	11,60	-0,20	NS
Longueur de la paume	109	68,71	5,11	7,44	69	64,02	6,62	10,34	5,31	***
Longueur du doigt	109	58,96	4,27	7,24	69	56,30	5,15	9,15	3,73	***
Longueur de la queue	109	183,15	5,67	3,09	69	186,92	7,07	3,78	-3,92	***
Longueur de la tête	109	151,79	4,49	2,96	69	154,14	5,67	3,68	-3,07	**
Longueur du telson	109	42,04	3,11	7,39	69	43,06	2,63	6,10	-2,26	*
Haut de la carapace	109	71,32	3,04	4,26	69	71,42	3,86	5,41	-0,19	NS
Largeur de la carapace	109	56,89	3,83	6,72	69	56,92	3,09	5,43	-0,05	NS
Diamètre de l'œil	109	13,32	1,40	10,48	69	13,73	1,31	9,55	-1,97	NS
Largeur de l'ischion	109	12,47	0,97	7,75	69	11,68	1,18	10,08	4,85	***
Largeur du mérus	109	13,48	1,10	8,17	69	12,31	1,12	9,07	6,92	***
Largeur du carpe	109	15,36	1,17	7,63	69	13,99	1,41	10,05	7,06	***
Largeur de la paume	109	16,72	1,62	9,67	69	15,16	1,70	11,24	6,15	***
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura	109	47,16	3,28	6,95	69	47,40	3,33	7,03	-0,46	NS
Longueur de l'abdomen	109	140,19	10,45	7,46	69	143,60	5,88	4,09	-2,47	*
Largeur du telson	109	19,27	1,39	7,21	69	19,18	1,44	7,53	0,44	NS
Distance dent-bout dactyle	109	35,83	3,36	9,38	69	35,20	3,40	9,66	1,21	NS
Distance dent-bout du doigt fixe	109	40,83	3,66	8,96	69	39,17	3,75	9,58	2,91	**
Longueur du doigt fixe	109	57,56	5,25	9,12	69	55,14	5,26	9,55	2,99	**
<b>Ratios</b>										
L1/L2	109	1,07	0,11	10,67	69	1,02	0,05	5,07	3,87	***
I/M1	109	0,81	0,04	5,34	69	0,83	0,05	5,82	-2,06	*
I/C1	109	0,85	0,07	8,78	69	0,86	0,07	7,83	-0,78	NS
C/M1	109	0,95	0,03	3,41	69	0,96	0,03	3,40	-2,33	*
M/P1	109	0,71	0,04	5,47	69	0,78	0,04	5,09	-13,04	***
C/P1	109	0,67	0,04	5,33	69	0,75	0,04	5,47	-13,60	***
C/D1	109	0,82	0,07	7,95	69	0,86	0,06	6,59	-4,10	***
D/P1	109	0,86	0,05	5,79	69	0,88	0,04	4,91	-3,44	***
lai/I1	109	0,31	0,03	9,78	69	0,28	0,03	10,36	5,02	***
lam/M1	109	0,28	0,02	7,10	69	0,25	0,02	9,52	8,78	***
lac/C1	109	0,35	0,03	8,67	69	0,29	0,04	12,13	10,80	***
lap/P1	109	0,25	0,02	8,77	69	0,24	0,02	8,37	2,64	**
dm/D1	109	0,61	0,04	7,06	69	0,63	0,04	6,13	-2,85	**
df/D1	109	0,69	0,05	7,12	69	0,70	0,04	5,61	-0,48	NS
dm/df1	109	0,88	0,04	4,76	69	0,89	0,05	5,30	-2,44	*

Les populations de U2, réparties majoritairement dans la partie positive du facteur 1, présentent des valeurs élevées des caractères C/P1 et M/P1. Par ailleurs, les faibles valeurs des descripteurs largeur du carpe, largeur de la paume, largeur du mérus, largeur de l'ischion, lam/M1 et lac/C1 caractérisent ces populations. A l'opposé, leurs valeurs élevées gouvernent la

distribution des spécimens de U1 du côté négatif du facteur 1. Ceux-ci sont aussi déterminés par de faibles rapports C/P1 et M/P1. La seconde (16,85 %) est principalement expliquée par la longueur de l'ischion (0,89) et la distance dent conique-bout du doigt fixe (0,76). Ce facteur contribue très faiblement à la distinction de U1 et U2. En somme, les pattes de la deuxième paire des individus de U1 sont plus larges que celles des populations de U2.

Tableau XXX : Poids factoriels des caractères métriques, valeurs propres et proportions de la variance exprimée par les six premiers axes de l'analyse en composantes principales des individus des unités U1 et U2 ; en gras les variables fortement corrélées à un des axes, (\*) : axes considérés dans l'ordination, voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	Axe 1*	Axe 2*	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
<b>Métriques</b>						
Longueur du rostre	0,50	0,09	-0,02	-0,03	0,12	-0,05
<b>Longueur de l'ischion</b>	-0,29	<b>0,89</b>	-0,01	0,05	0,24	-0,11
<b>Largeur de l'ischion</b>	<b>-0,81</b>	0,23	-0,13	-0,17	0,21	0,16
<b>Largeur du mérus</b>	<b>-0,85</b>	0,27	-0,06	-0,07	0,17	0,05
<b>Largeur du carpe</b>	<b>-0,90</b>	0,17	-0,06	-0,11	0,22	0,04
<b>Largeur de la paume</b>	<b>-0,86</b>	0,06	0,02	-0,17	0,30	0,05
Distance dent-bout dactyle	0,05	0,68	0,67	-0,14	0,16	0,13
<b>Distance dent-bout du doigt fixe</b>	-0,12	<b>0,76</b>	0,41	-0,36	-0,04	-0,28
<b>Ratios</b>						
L1/L2	-0,21	0,31	0,33	0,51	-0,14	-0,23
I/M1	0,12	-0,59	0,40	0,27	0,19	-0,19
C/M1	0,24	0,62	-0,22	0,41	0,00	-0,03
<b>M/P1</b>	<b>0,78</b>	-0,16	-0,22	-0,35	0,26	-0,05
<b>C/P1</b>	<b>0,82</b>	0,08	-0,25	-0,16	0,27	-0,06
C/D1	0,40	0,49	-0,60	0,29	-0,15	0,14
D/P1	0,42	-0,20	0,66	-0,14	0,23	-0,28
lai/I1	-0,65	-0,14	-0,26	-0,39	-0,22	0,33
<b>lam/M1</b>	<b>-0,78</b>	-0,18	0,19	0,17	-0,32	-0,08
<b>lac/C1</b>	<b>-0,71</b>	-0,17	0,31	0,24	-0,34	-0,04
lap/P1	-0,47	-0,60	0,09	-0,29	0,10	-0,04
dm/D1	0,60	0,17	0,47	-0,18	-0,30	0,46
df/D1	0,37	0,31	0,11	-0,53	-0,61	-0,13
dm/df1	0,30	-0,05	0,52	0,28	0,22	0,69
Valeur propre	7,35	3,71	2,58	1,70	1,36	1,16
Variance exprimée (%)	33,39	16,85	11,74	7,72	6,18	5,26
Cumul de variance exprimée (%)	33,39	50,23	61,97	69,69	75,87	81,12

#### - Analyse Factorielle Discriminante

Le tableau XXXI indique les résultats de l'analyse discriminante sur les caractères métriques des crevettes des unités U1 et U2. L'analyse pas à pas révèle que 5 des 22 variables examinées contribuent significativement dans la discrimination des spécimens des deux unités. Ce sont, par ordre d'importance, C/P1 ( $\lambda = 0,85$ ), lap/P1 ( $\lambda = 0,87$ ), M/P1 ( $\lambda = 0,91$ ), df/D1 ( $\lambda = 0,94$ ) et la largeur du carpe ( $\lambda = 0,98$ ). La distance de Mahalanobis (15,58) entre les centres de gravité des groupes est très hautement significative ( $F = 128,66$  ;  $p < 0,001$ ).

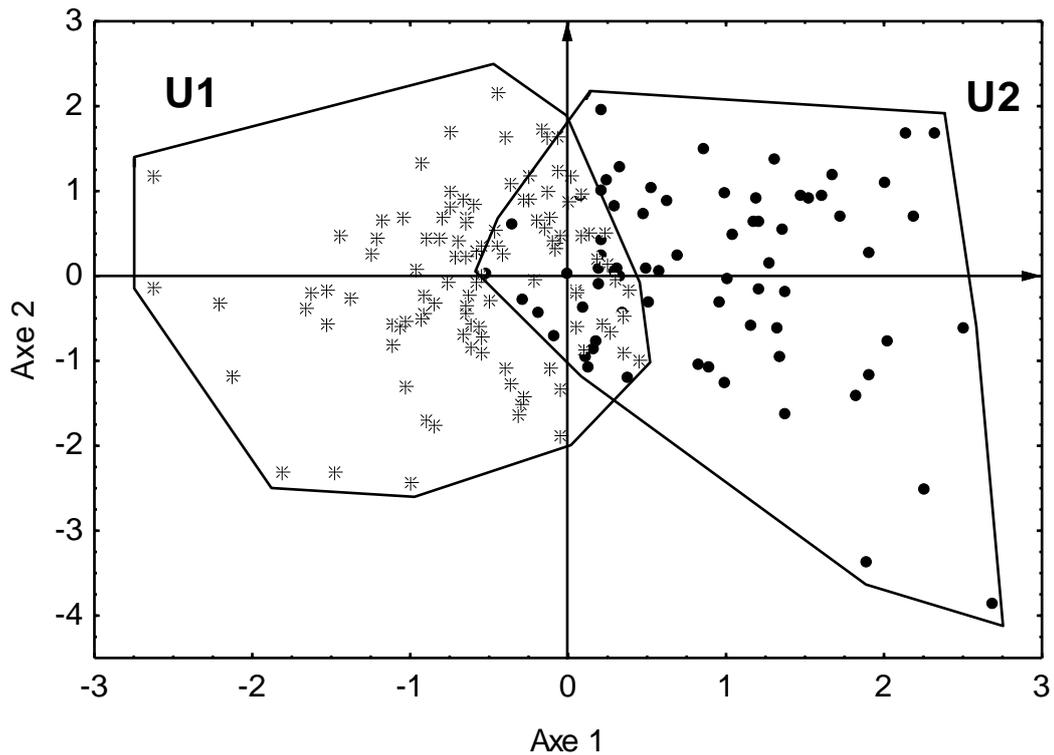


Figure 39 : Projection des individus des unités U1 et U2 dans le plan factoriel 1 x 2 de l'analyse en composantes principales sur les données métriques.

Selon la matrice de classification (Tableau XXXII), 99,44 % des individus (177 sur 178) sont classés dans leur groupe d'origine. Toutes les crevettes de U1 appartiennent effectivement à ce sous-groupe (100 %). Seul, un spécimen de l'unité U2 a été mal classé (1,45 %). Le taux de classement correct obtenu pour ce lot est de 98,55 %. Le test de validation croisée n'a pas été appliqué parce qu'une unité (U1) a été prédite à 100 %.

Tableau XXXI: Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des spécimens des unités U1 et U2 ; F : valeur statistique d'inclusion d'une variable dans l'analyse, p : probabilité, \* :  $p < 0,05$ , \*\* :  $p < 0,01$ , \*\*\* :  $p < 0,001$ , voir tableau IV pour les abréviations des ratios.

Caractères	Lambda de Wilk ( $\lambda$ )	F d'inclusion	p
Largeur du carpe	0,98	3,96	*
M/P1	0,91	16,49	***
C/P1	0,85	31,00	***
lap/P1	0,87	26,61	***
df/D1	0,94	10,93	**

Tableau XXXII : Matrice de classification correcte des individus femelles de l'entité F22 dans les unités U1 et U2 par l'analyse discriminante des données métriques.

		Prédiction des spécimens		
		U1	U2	Total
Nombre d'individus	U1	109	0	109
	U2	1	68	69
Pourcentage	U1	100	0	100
	U2	1,45	98,55	100

### *b- Caractères méristiques*

#### *α- Analyse caractère par caractère*

Tous les histogrammes représentant les différents descripteurs sont unimodaux. Les caractères méristiques ne permettent donc pas de différencier d'éventuelles unités au sein des femelles de l'entité F22.

#### *β- Comparaison entre U1 et U2*

Le test t de Student révèle qu'aucun caractère ne diffère significativement ( $p > 0,05$ ) entre les lots étudiés. Ces résultats confirment ceux de l'analyse caractère par caractère. Compte tenu de l'invariabilité des descripteurs méristiques, les analyses multivariées n'ont pas été effectuées.

### *c- Observations morphologiques*

Dans cette partie, seule la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire a été prise en compte. Le tableau XXXIII fait état de la répartition des spécimens en fonction de ce caractère. Au sein de l'unité U1, 90 des 109 crevettes analysées (82,57 %) ont la pointe du rostre qui n'atteint pas l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. Au niveau de U2, des 69 spécimens, 53 (76,81 %) ont la pointe du rostre dépassant ou au même niveau que l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. La différence entre les effectifs de chaque position est hautement significative (test Khi deux de Pearson,  $\chi^2 = 61,85$  ;  $p < 0,001$ ).

Tableau XXXIII : Répartition des individus de U1 et U2 en fonction de la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire ; (0) : pointe du rostre ne dépasse pas l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire ; (1) : pointe du rostre est au même niveau ou dépasse l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire.

Groupes		Position de la pointe du rostre par rapport à l'écaille antennaire		Totaux
		0	1	
U1	Effectif	90	19	109
	Pourcentage	82,57	17,43	100
U2	Effectif	16	53	69
	Pourcentage	13,19	76,81	100

### 3-1-2- Discussion

Les résultats de la présente étude montrent que les différences morphologiques observées entre les diverses unités taxonomiques tant au sein du groupe G1 qu'au niveau du groupe G2 sont assez nettes. Elles sont principalement dues à la variation des caractères morphométriques considérés. De plus, des pourcentages élevés de classification correcte (> 62 %) sont obtenus pour toutes les unités. Ces forts taux démontrent que les descripteurs morphométriques considérés ont un poids taxonomique important. Ces attributs sont donc utiles pour la mesure de la variabilité morphométrique entre les différents taxons. A ce propos, **Warheit (1992)** ne rapporte-t-il pas que les traits morphométriques sont des éléments essentiels en systématique. Chez les crevettes, les caractères morphométriques sont d'ailleurs largement utilisés dans la discrimination de plusieurs espèces (**Jayachandran et Joseph, 1988 ; Chace et Bruce, 1993 ; Suzuki et Kusamura, 1997 ; Jayachandran, 1998 ; Mariappan et Balasundaram, 2004 ; Tzeng et Yeh, 2004 ; García-Dávila et al., 2005, Spence et Knowlton, 2008**). Ils sont également employés dans la différenciation des espèces d'autres décapodes tels que les langoustes (**Creasey et al., 2000 ; Debuse et al., 2001**), les crabes (**Cumberlidge et Huguet, 2003 ; Sant'anna et al., 2006**) et les écrevisses (**Allegrucci et al., 1992 ; Ridge et al., 2008**). De même, les descripteurs morphométriques servent à la caractérisation d'autres groupes d'animaux comme les brachiopodes (**Bachinou et Bougdhiri, 2005**), les poissons (**Gourène et Teugels, 1991a, 1991b ; Boden et al., 1997 ; Geerinckx et al., 2004 ; Næsje et al., 2004 ; Aguirre et Shervette, 2005 ; Sušnik et al., 2006**), les serpents (**Brito et al., 2006**), les insectes (**Csász et Markó, 2004 ; Doosti et al., 2007 ; Talarico et al., 2007**), les mammifères (**Hafner et al., 2004 ; Lockwood et al., 2004**) et les oiseaux (**Ward et Smith, 1998**).

Sur la base de la forme du pleura du deuxième somite abdominal, toutes les crevettes examinées ont été classées dans l'infraordre des Caridea. Selon **Monod (1966, 1980)** les

individus de cette entité zoologique ont le pleura du deuxième somite abdominal couvrant à la fois ceux des premier et troisième somites abdominaux. Ainsi, la clé établie par cet auteur a permis d'identifier les spécimens du groupe G1 comme issus de la famille des Atyidae et, plus particulièrement, du genre *Atya*. Ce dernier regroupe les crevettes ayant les pinces des deux premières paires de péréiopodes fendues jusqu'à la base, la paume et le carpe échancrés en demi lune, le crible digital plus long que les pinces et les pattes de la troisième paire très massives et robustes avec le dactyle réduit (comme les paires 4 et 5) à une griffe. Quant aux populations du groupe G2, elles ont été rattachées à la famille des Palaemonidae, à la sous-famille des Palaemoninae et, singulièrement, au genre *Macrobrachium*. Ce genre est défini par les deux premières paires de pattes plus ou moins dissemblables, le carpe de la deuxième patte non segmenté, les pattes des deux premières paires terminées par des pinces normales situées dans le prolongement du carpe et sans pinceaux de soies sur les doigts. Le rostre est bien développé et denté. Il se distingue également par la présence d'épines hépatiques mais par l'absence d'épines supraorbitaires et branchiostèges, des pattes de la deuxième paire robustes avec de fortes pinces et des doigts des trois dernières pattes (3-5) simples.

Concernant le genre *Atya*, les descripteurs associés à la largeur et la longueur de la troisième paire de péréiopodes (largeur de l'ischion, largeur du mérus et longueur de la patte) et à la longueur intermédiaire de la carapace sont les plus discriminants. A ceux-ci, s'ajoutent la longueur de la tête et la longueur du pédoncule antennulaire. Ces caractères sont couramment utilisés dans la différenciation des espèces de la famille des Atyidae. De plus, ils sont essentiels dans la description des taxons spécifiques de cette famille. En effet, **Fiévet *et al.* (2001)** ont montré que la longueur et la largeur de la patte P3 sont déterminantes dans la ségrégation des populations de *Atya innocous* (Herbst, 1792) et *A. scabra*. Par ailleurs, la largeur et la longueur du mérus, du carpe et du propode font partie des principaux caractères qui ont permis à **Felgenhauer et Martin (1983)** de séparer *A. abelei* de *A. innocous*. Quant à **Yam et Cai (2003)**, ils ont différencié les Atyidae *Caridina trifasciata* (Yam & Cai, 2003) et *C. cantonensis* Yu, 1938 sur la base des longueurs du pédoncule antennulaire, du carpe et de la largeur du mérus. Ces mêmes caractères ont été déterminants dans la caractérisation des espèces de la famille des Atyidae de la Malaisie péninsulaire et du Singapore par **Cai *et al.* (2007)**.

De faibles coefficients de variation ont été obtenus pour toutes les variables au sein des unités taxonomiques opérationnelles A11 et A12. Ils s'expliquent par une faible variation intragroupe des descripteurs analysés ; ce qui traduit une grande homogénéité de A11 et A12. Ainsi, se référant à la description faite par **Monod (1966, 1980)** et **Lévêque (1974)**, les crevettes

des lots A11 ont été attribuées à l'espèce *Atya africana* Bouvier, 1904. Quant à celles de A12, elles ont été identifiées à l'espèce *A. scabra* (Leach, 1815). Les deux spécimens de A2 ont été rattachés à *A. gabonensis*. La présence de ces trois espèces a été notée en Côte d'Ivoire par **Lévêque et al. (1983)**, **Gooré Bi (1998)** et **N'zi (2007)**. Aucun spécimen de *A. intermedia* signalé par **Monod (1980)** en Afrique de l'Ouest, n'a été échantillonné.

Au niveau de *Macrobrachium*, les paramètres les plus discriminants sont ceux liés à la largeur et à la longueur des pattes P2. Dans ce genre, les descripteurs morphométriques ont joué un rôle important dans la détermination des différents taxons. A ce sujet, **Chace et Bruce (1993)** affirment que les pattes de la deuxième paire de péréiopodes sont taxonomiquement importantes chez les Palaemonidae notamment le genre *Macrobrachium*. Les clés de détermination des espèces de ce genre décrites en Afrique de l'Ouest (**Monod, 1966, 1980**), en Australie (**Fincham, 1987**), au Myanmar (**Cai et Ng, 2002**), en Colombie (**Valencia et Campos, 2007**) et au Nord-ouest du Mexique (**Hermández et al. (2007)**) sont principalement basées sur des caractères morphométriques, notamment la forme et la taille des seconds péréiopodes. Selon **Jayachandran (1998)**, le ratio entre la longueur du chélipède et la longueur de la carapace est spécifique à chaque espèce. Cet auteur a séparé deux espèces morphologiquement proches, *M. malcolmsonii* (H. Milne-Edwards, 1844) et *M. birmanicum* (Schenkel, 1902) à partir de la longueur du carpe et des ratios longueur du mérus/longueur de la paume, longueur du carpe/longueur de la patte et longueur du carpe/longueur du doigt. Quant à **Koshy (1973)**, **Nagamine et Knight (1980)**, ils ont discriminé *Macrobrachium dayanum* (Henderson, 1893) et *M. rosenbergii* en se fondant sur la longueur du propode et celle du carpe. De plus, **Suzuki et Kusamura (1997)** ont différencié *M. nipponese* (De Haan, 1849) de *M. formosense* Bate, 1868 sur la base de la longueur et de la largeur du dactyle du second péréiopode. Par ailleurs, dans la description de *M. feunteuni* (Keith et Vigneux, 2002), **Keith et Vigneux (2002)** ont différencié cette espèce de *M. lepidactyloides* (De Man, 1892) et de *M. lepidactylus* (Hilgendorf, 1879) sur la base de la longueur du doigt par rapport à celle de la paume et la longueur du carpe par rapport à celle du mérus. De même, **Mariappan et Balasundaram (2004)** ont caractérisé *M. nobilii* (Henderson et Matthai, 1910) par la différence de taille entre le carpe et le propode. **Jayachandran et al. (2007)**, en décrivant *M. kulsiense* Jayachandran, Lal Mohan et Raji, 2007, ont indiqué que les longueurs des différents articles du second péréiopode font partie des principaux caractères permettant de la distinguer d'une espèce sœur, *M. mirabile* (Kemp, 1917). Récemment, les ratios entre les descripteurs métriques liés à la forme et à la taille du second péréiopode ont permis à **Konan et al. (2008)** de lever toute équivoque quant à l'identification de deux espèces morphologiquement proches, *M.*

*vollenhovenii* et *M. macrobrachion*. Par ailleurs, **García-Dávila et al. (2005)** ont utilisé les ratios entre les articles du second péréiopode pour décrire la variabilité morphométrique entre deux espèces du genre *Palaemonetes* Heller, 1869 (*P. carteri* Gordon, 1932 et *P. ivonicus* Holthuis, 1950) provenant du fleuve Amazone. Selon **Walker et Poore (2003)**, le second péréiopode est l'un des caractères morphologiques les plus utilisés dans la classification générique à l'intérieur de la sous-famille des Palaemoninae. La forme et la taille du second péréiopode font partie des principaux descripteurs qui ont permis à **Walker et Poore (2003)** de proposer une nouvelle diagnose du genre *Palaemon* et la différenciation des espèces du Sud de l'Australie.

De fortes variations de certains descripteurs sont observées pour les spécimens des sous-groupes M2 et L11. Cette grande variabilité serait attribuable soit à une grande plasticité de ces paramètres au sein des différents groupes, soit à l'adaptation des crevettes à un habitat particulier et/ou à l'existence de morphotypes à l'intérieur des populations. Selon **Dimmock et al. (2004)**, la plasticité morphologique des caractères taxonomiques pertinents (*e. g.* le rostre, le second péréiopode) des crevettes du genre *Macrobrachium* est fortement influencée par les paramètres environnementaux. Chez les crustacés, les différences morphométriques et la variabilité des traits morphologiques sont de possibles réponses adaptatives aux conditions de l'environnement (**Grandjean et al., 1997 ; Sarda et al., 1998**). Par ailleurs, la variation morphotypique est un phénomène bien connu chez les mâles de *Macrobrachium*. L'espèce *M. rosenbergii* présente trois morphotypes mâles (mâles à pinces bleues : PB, mâles à pinces oranges : PO et petits mâles : PM) distingués par **Cohen et al. (1981)** et **Kuris et al. (1987)**. Quant à **Ranjeet et Kurup (2002)**, ils ont mentionné une croissance hétérogène individuelle des morphotypes mâles de cette espèce. En outre, **Moraes-Riudades et Valenti (2004)** ont signalé l'existence de quatre morphotypes distincts chez les mâles de *M. amazonicum* (Heller, 1862). Il s'agit de mâles à pinces translucides (PT), pinces brun clair (PBC), pinces vertes 1 (PV1) et pinces vertes 2 (PV2).

Six groupes-espèces du genre *Macrobrachium* ont été identifiées dans le cadre de la présente étude. S'agissant des mâles, sur la base des diagnoses faites par **Monod (1966, 1980)** et des caractères analysés, les crevettes appartenant au groupe M1 ont été rattachées à l'espèce *M. macrobrachion*. Les individus du groupe M2 ont été attribués à *M. vollehovenii*. Les groupes-espèces M21 et M22 ont été identifiés comme des morphotypes mâles de *M. vollehovenii*. Les représentants de L11 sont attribués à *M. felicinum*. E1 et E2 sont considérés comme des morphotypes de *M. felicinum*. L'unique spécimen de L12 est rattaché à l'espèce *M. thysi*. Quant aux populations de L21, elles sont identifiées à *M. dux*. Enfin, les individus de L22 sont reconnus comme appartenant à *M. sollaudii*.

Au niveau des femelles, six groupe-espèces ont été retenus. L'unique individu de chacun des groupes Z1, F1 et F21 est respectivement attribué à *Atya africana*, *M. dux* et *M. thysi*. Les spécimens de U1 ont été identifiés à l'espèce *M. vollenhovenii*. Ceux de U2 ont rattachés au taxon spécifique *M. macrobrachion*. Les populations de Z2 ont été reconnues comme appartenant à l'espèce *A. scabra*. Aucun spécimen femelle de *M. sollaudii* et de *M. felicinum* n'a été échantillonné. Malgré l'homogénéité qu'indiquent les résultats du coefficient de variation dans le groupe des femelles de l'espèce *M. vollenhovenii*, quelques spécificités existent. Par exemple, des femelles avec les seconds péréiopodes différents de forme et de taille ont été rencontrées. Ces résultats contrastent avec ceux de **Monod (1966, 1980)** et **Gooré Bi (1998)**. Selon ces auteurs, les femelles de cette espèce ont les pattes de la deuxième de paire de péréiopodes similaires. Cette particularité observée dans cette étude pourrait être due à l'existence de morphotypes femelles chez *M. vollenhovenii* ou aux phénomènes d'autotomie (autoamputation) et de régénération. En effet, selon **Mc Vean (1982)**, **Juanes et Smith (1995)** et **Mariappan et al., (2000)**, les crustacés pratiquent largement l'autotomie d'un ou plusieurs membres pendant les compétitions inter et intraspécifiques pour des ressources limitées comme la nourriture et les partenaires. Ces auteurs ont mentionné que l'autoamputation est aussi une stratégie pour échapper à la prédation ou se débarrasser des membres accidentés.

La présence de toutes les espèces identifiées dans cette étude a été notée par **Monod (1966, 1980)**, **Lévêque et al. (1983)**, **Gooré Bi (1998)** et **N'zi (2007)**. Cependant, l'espèce *Macrobrachium chevalieri*, signalée par **Lévêque et al. (1983)** et **N'zi (2007)** n'a pas été rencontrée.

De tous les travaux réalisés sur les espèces de crevettes d'eaux douces de Côte d'Ivoire, seuls ceux de **Gooré Bi (1998)** ont porté sur la différenciation morphométrique des deux espèces les plus proches (*M. macrobrachion*, *M. vollenhovenii*). Toutefois, les recherches de cet auteur n'ont pas permis de séparer ces deux espèces contrairement aux nôtres qui les discriminent avec un léger chevauchement. Cette différence s'explique par le grand nombre de descripteurs (54 contre 7 dans les études antérieures) et les méthodes statistiques utilisés dans ce travail. Par ailleurs, les caractères définis (longueurs du carpe et du mérus) par **Monod (1966, 1980)** n'ont pas été déterminants dans la discrimination de *M. vollenhovenii* et *M. macrobrachion*. Selon cet auteur, la longueur du carpe est supérieure ou égale à celle du mérus chez *M. macrobrachion*. En revanche, le carpe est plus court que le mérus chez *M. vollenhovenii*. Les résultats de la présente étude montrent que le rapport longueur du carpe/longueur du mérus (C/M1) n'a pas de poids taxonomique important dans la discrimination de *M. vollenhovenii* et *M. macrobrachion*. Cette

différence se justifierait par le fait que la description de **Monod (1966, 1980)** n'est basée que sur des observations morphologiques et non sur des mensurations. Par conséquent, *M. vollenhovenii* et *M. macrobrachion* méritent d'être classés dans le groupe des espèces de *Macrobrachium* ayant le carpe de longueur inférieure ou égale à celle du mérus.

Malgré la discrimination des différentes espèces rencontrées, une petite zone de chevauchement entre les nuages de points de *M. vollenhovenii* et *M. macrobrachion* est observée. L'existence de la population intermédiaire pourrait s'expliquer, comme démontré plus haut, par une grande plasticité des paramètres au sein des différents groupes, une adaptation des crevettes à un habitat particulier et/ou à l'existence de morphotypes à l'intérieur des populations. Par ailleurs, au cours de nos travaux, des spécimens présentant plus ou moins les diagnoses des deux espèces ont été rencontrés. Des individus étroitement liés à *Macrobrachium vollenhovenii* ont les péréiopodes P2 de longueur et de forme semblables. A l'opposé, certains spécimens identifiés à *M. macrobrachion* possèdent des péréiopodes P2 de taille et de formes différentes. Les différentes espèces vivant en sympatrie, l'existence des spécimens intermédiaires serait liée à une possible hybridation entre ces différents couples d'espèces. L'hybridation est un phénomène commun chez les oiseaux, les poissons et plusieurs autres groupes taxonomiques (**Arnold, 1997**). Chez les crevettes, cette interfécondation est bien connue au sein du genre *Macrobrachium* ; comme l'a observé **Shokita (1978)** entre *M. asperalum* (Von Martens, 1868) et *M. shokitai* Fujino & Baba, 1973. **Sankolli et al. (1982)** ont également mis en évidence l'hybridation possible entre *M. rosenbergii* et *M. malcolmsonii*. De même, **Graziani et al. (2003)** ont signalé l'existence d'hybridation entre *M. rosenbergii* et *M. carcinus* (Linnaeus, 1758). Ce phénomène est aussi rapporté chez les crevettes du genre *Palaemonetes* (**Boston et Provenzano, 1982**) et les écrevisses des genres *Orconectes* Cope, 1872 (**Capelli et Capelli, 1980 ; Smith, 1981 ; Perry et al., 2002**) et *Procambarus* Ortmann, 1905 (**Cesaroni et al., 1992**).

Pour une meilleure détermination des crevettes qui ont fait l'objet de la présente étude, une clé d'identification pratique pour toutes les espèces identifiées est proposée.

### 3-1-3- Clé d'identification

#### 3-1-3-1- Clé des familles et des genres

Les familles concernées étant monogénériques, la clé des familles a été étendue aux genres dans ce travail.

- 1 - Pattes des deux premières paires de péréiopodes identiques et terminées par des pinceaux de soies ; pattes de la troisième paire de pattes locomotrices massives, développées et terminées par des crochets ; rostre réduit et inerme.....Atyidae (*Atya*).
- Pattes des deux premières paires de péréiopodes différents et terminées par des pinces ; pattes de la deuxième paire de pattes locomotrices massives, bien développées et terminées par de fortes pinces ; rostre développé et denté.....Palaemonidae (*Macrobrachium*).

#### 3-1-3-2- Clé des espèces

##### 3-1-3-2-1- Genre *Atya* Leach, 1816

- 1 - Echancrures latérales du rostre formant un angle aigu limité en dehors par une forte pointe, longueur intermédiaire de la carapace supérieure ou égale à 114 %LC.....*A. gabonensis*
- Echancrures latérales du rostre ne formant pas d'angle aigu et non limité en dehors par une forte pointe, longueur intermédiaire de la carapace inférieure ou égale à 107 %LC.....2
- 2 - Echancrures latérales du rostre moins profonde, soies intermédiaires du telson disposées en une seule série, largeur du mérus inférieure à 30,55 %LC, longueur du mérus compris entre 60,98 et 76 %LC.....*A. africana*
- Echancrures latérales du rostre plus profondes, soies intermédiaires du telson disposées en deux séries, largeur du mérus supérieure à 30,55 %LC, longueur du mérus des mâles compris entre 74 et 98,20 %LC, celle des femelles variant de 64 à 82,76 %LC ...*A. scabra*

##### 3-1-3-2-2- Genre *Macrobrachium* Bate, 1868

- 1- Carpe du second péréiopode plus court ou de même longueur que le mérus, ratio longueur du carpe/longueur du mérus inférieur à 1,08.....2
- Carpe du second péréiopode plus long que le mérus ; ratio longueur du carpe/longueur du mérus supérieur à 1,08.....3
- 2- Mérus 0,20 à 0,27 fois long que large ; longueur du carpe faisant 0,70 à 0,95 fois celle de la paume ; la pointe du rostre au même niveau ou dépassant l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire.....*M. macrobrachion*

- Méris 0,27 à 0,43 fois long que large ; longueur du carpe faisant 0,45 à 0,75 fois celle de la paume ; la pointe du rostre n'atteignant pas l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire.....*M. vollenhovenii*
- 3- Carpe plus long que la paume (longueur du carpe/longueur de la paume = 1,17 à 1,39) ; méris aussi long ou plus long que la paume (M/P1 = 0,98 à 1,14).....4
  - Carpe plus court ou de même longueur que la paume (longueur du carpe/longueur de la paume = 0,61 à 1) ; méris plus court que la paume (M/P1 = 0,58 à 0,90).....5
- 4- Méris de longueur supérieure à celle de la paume (M/P1 = 1,02 à 1,06) ; carpe de longueur supérieure à celle de la carapace (103,40 à 149,91 %LC) ; longueur de l'ischion/longueur du méris inférieur à 2/3.....*M. sollaudii*
  - Méris de longueur sensiblement égale à la paume (M/P1 = 0,98 à 0,99) ; carpe de longueur inférieure à celle de la carapace (61,13 à 95,62 %LC) ; longueur de l'ischion/longueur du méris supérieur à 2/3.....*M. dux*
- 5- Doigts non recourbés, se touchant presque sur toute leur longueur et ne possédant pas de soies internes.....*M. thysi*
  - Doigts fortement recourbés, ne se touchant qu'au niveau de leur bout et laissant entre eux un espace rempli de soies..... *M. felicinum*

### 3-1-4- Description des espèces

*Atya gabonensis* Giebel, 1875

**Diagnose :** Echancres latérales du rostre formant un angle aigu limité en dehors par une forte pointe ; la longueur intermédiaire de la carapace supérieure ou égale à 114 %LC.

**Description :** Ce taxon spécifique (Figure 40) est caractérisé par l'échancrure latérale du rostre formant un angle aigu limité par une forte pointe, la longueur intermédiaire de la carapace fait 114 à 116 %LC, le bord inféro-interne du méris des pattes avec ergot. La longueur du carpe égale 46,01 à 47,90 %LC. L'ischion est large (largeur supérieure ou égale à 26 %LC), la tête fait plus de 125 %LC, le telson est plus large (25,74 à 26,16 %LC). L'annexe 5 résume les principaux caractères métriques et méristiques de *A. gabonensis*.



Figure 40 : Spécimen d'*Atya gabonensis* provenant de la rivière Bia.

*Atya africana* Bouvier, 1904

**Diagnose :** Echancrure latérale du rostre moins profonde ; soies intermédiaires du telson disposées en une seule série ; mérus large (21,28 à 30,34 %LC) et long (60,98 à %LC) ; carpe large (15,50 à 20,86 %LC).

**Description :** Cette espèce est déterminée par l'échancrure latérale du rostre moins profonde, les soies du telson disposées en deux séries (Figure 41). Les pattes de la troisième paire de péréiopodes sont moins longues et moins massives. Le nombre d'épines sur la face dorsale du telson varie de 7 à 10. La largeur du mérus fait 21,28 à 30,34 %LC. Sa longueur est de 60,98 à 75,97 %LC. Les différents caractères métriques et méristiques sont indiqués à l'annexe 6.



Figure 41 : Spécimen d'*Atya africana* provenant de la rivière Bia.

*Atya scabra* (Leach, 1815)

**Diagnose :** Echancrures latérales du rostre plus profondes ; soies intermédiaires du telson disposées en deux séries ; largeur du mérus supérieure à 30,55 %LC ; longueur du mérus des mâles comprise entre 74,00 et 98,20 %LC et celle des femelles faisant 64,64 à 82,76 %LC.

**Description :** Chez *A. scabra* (Figure 42), les échancrures latérales du rostre sont plus profondes, les soies intermédiaires du telson sont disposées en deux séries. La largeur du mérus est supérieure à 30,55 %LC. La longueur du mérus des mâles est comprise entre 74,00 et 98,20 %LC et celle des femelles fait 64,64 à 82,76 %LC. Le nombre d'épines sur la face dorsale du telson varie de 8 à 12 (annexe 7).



Figure 42 : Spécimen d'*Atya scabra* provenant de la rivière Bia.

**Synonymie :** *Astacus (Atya) scabra* Voigt, 1836 ; *Atya mexicana* Wiegmann, 1836 ; *Atya margaritacea* A. Milne Edwards, 1864 ; *Atya punctata* Kingsley, 1878.

*Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851)

**Diagnose :** Pointe de son rostre au même niveau ou dépassant l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire ; mérus faisant environ 0,20 à 0,27 sa longueur ; longueur carpe faisant environ 0,70 à 0,95 fois celle de la paume.

**Description :** Cette espèce (Figure 43) a la longueur du carpe inférieure ou égale à celle du mérus. Chez les spécimens de *M. macrobrachion*, la pointe du rostre dépasse ou atteint généralement l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. Ils ont des pattes plus ou moins identiques ( $L1/L2 = 1,02$ ), moyennes et moins larges. La valeur moyenne de la longueur de la

patte P2 est d'environ 256,44 %LC. Celle de la largeur (prise au niveau de la paume) est d'environ 15,12 %LC. Le nombre de dents rostrales varie de 11 à 16 sur la face dorsale et de 2 à 7 sur la face ventrale, donnant une formule dentaire 11-16 / 2-7. Le rostre est long (84,88 %LC) et étroit. C'est une espèce de taille relativement grande. Elle atteint en moyenne 111,91 mm longueur totale (LT) et 33,04 mm longueur de la carapace (LC). Les valeurs maximales observées sont 151,50 mm LT et 47,19 mm LC (annexe 8).



Figure 43 : Spécimen de *Macrobrachium macrobrachion* provenant du fleuve Sassandra.

**Synonymie :** *Palaemon macrobrachion* (Herklots, 1851), *Palaemon africanus* (Kingsley, 1882).

*Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857)

**Diagnose :** Pointe du rostre n'atteignant pas l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire ; largeur du mérus environ 0,27 à 0,43 fois sa longueur et la longueur du carpe faisant 0,45 à 0,75 fois celle de la paume.

**Description :** Les individus appartenant à cette espèce (Figure 44) ont la longueur du carpe inférieure ou égale à celle du mérus. Le rapport carpe sur mérus (C/M1) est en moyenne de 0,94. Ils ont généralement la pointe du rostre inférieure à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. Les mâles adultes portent de fortes dents coniques au niveau des doigts de la deuxième paire de pattes. Le nombre de dents varie de 11 à 18 sur la face dorsale du rostre, de 2 à 8 sur la face ventrale et de 3 à 6 sur la partie post-orbitaire. La formule dentaire est donc de 11-18 / 2-8 pour le rostre. Le nombre d'épines sur le bord latéral interne de la paume est compris entre 11 et 25. Sur la face dorsale du telson, il oscille entre 0 et 5. Les pattes de la deuxième paire sont grandes et larges. La longueur de la patte fait en moyenne 299,06 %LC et la largeur 22,35 %LC. Le rostre est recourbé avec une longueur moyenne de 80,50 %LC. C'est une espèce de grande taille

atteignant en moyenne 123,25 mm longueur totale (LT) et 38,46 mm longueur de la carapace (LC). La taille maximale observée est de 189,63 mm LT et 63 mm LC (annexe 9).

**Synonymie :** *Palaemon vollenhovenii* (Herklots, 1857), *Palaemon jamaicensis africanus* (Bouvier, 1895), *Palaemon jamaicensis angolensis* (De Man, 1904), *Palaemon jamaicensis herklotsii* (De Man, 1925).



Figure 44 : Spécimen de *Macrobrachium vollenhovenii* provenant du fleuve Comoé.

*Macrobrachium sollaudii* (De man, 1912)

**Diagnose :** Carpe distinctement plus long que la paume ( $C/P1 = 1,25$  à  $1,39$ ) ; longueur du mérus supérieure à celle de la paume ( $M/P1 = 1,02$  à  $1,06$ ) ; carpe de longueur supérieure à celle de la carapace ( $103,40$  à  $149,91$  %LC) ; longueur de l'ischion inférieure aux  $2/3$  de celle du mérus ( $I/M1 < 2/3$ ).

**Description :** *M. sollaudii* (Figure 45) a le carpe du second périopode distinctement plus long que le mérus ( $C/M1 = 1,25$ ) et de très longues pattes faisant environ  $432,32$  %LC. Sa taille moyenne est de  $100,18$  mm longueur totale et  $28,08$  mm longueur de la carapace, avec des pattes P2 sensiblement égales. Elle a un long rostre ( $94,32$  %LC). Le rostre porte 9 à 12 dents sur le bord dorsal, 5 à 6 sur la face ventrale et 2 post-orbitales. La formule dentaire est 9-12/5-6. Au niveau des doigts, le nombre de dents varie de 5 à 8 sur le bord interne du doigt fixe et de 5 à 9 pour le doigt mobile (dactyle). Les principaux descripteurs sont consignés à l'annexe 10.

*Macrobrachium dux* (Lenz, 1910)

**Diagnose :** L'espèce se caractérise par le carpe plus long que la paume ( $C/P1 = 1,17$  à  $1,25$ ), le mérus de longueur sensiblement égale à celle de la paume ( $M/P1 = 0,98$ ), carpe de longueur

inférieure à celle de la carapace (61,13 à 95,62 %LC) et la longueur de l'ischion faisant plus de 2/3 de celle du mérus ( $I/M1 = 0,77$ ).



Figure 45 : Spécimen de *Macrobrachium sollaudii* provenant de la rivière Eholié.

**Description :** *M. dux* (Figure 46) a le carpe du second périopode de longueur plus grande que celle du mérus ( $C/M1 = 1,23$ ), une longueur totale de 77,24 mm et une longueur de la carapace de 20,96 mm avec des pattes P2 presque identiques. Son rostre fait 85,84 %LC de long. Le nombre de dents rostrales est de 11 sur la face dorsale. Il est compris entre 4 et 8 sur le bord ventral. Sa formule dentaire est 11/4-8. Deux dents sont présentes sur la partie post-orbitaire du rostre. Sur la face interne des doigts, le nombre de dents oscille entre 5 et 7 pour le doigt fixe. Il est de 5 pour le doigt mobile (dactyle). L'annexe 11 présente les différents caractères.

**Synonymie :** *Palaemon dux* (Lenz, 1910), *Palaemon lenzii* (De Man, 1911), *Palaemon dux congoensis* (De Man, 1912), *Palaemon dux tenuicarpus* (De Man, 1925).



Figure 46 : Spécimen de *Macrobrachium dux* provenant de la rivière Banco.

*Macrobrachium thysi* Powell, 1980

**Diagnose :** Carpe plus court que la paume ( $C/P1 = 0,65$ ) ; mérus plus court que la paume ( $M/P1 = 0,61$ ) ; doigts non recourbés, se touchant presque sur toute leur longueur et ne possédant pas de soies internes.

**Description :** Chez *M. thysi* (Figure 47), le carpe a une longueur supérieure à celle du mérus ( $C/M1 = 1,04$  à  $1,06$ ). Le mérus, le carpe et le doigt ont des longueurs inférieures à celle de la paume. Cette espèce est de petite taille (40,05 à 40,20 mm longueur totale et 11,39 à 11,40 mm longueur de la carapace). La longueur du rostre fait environ celle de la carapace (92,06 %LC). La pointe du rostre est au même niveau que l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. Les seconds périopodes sont asymétriques avec de très fines épines. Le nombre de dents est de 10 et 3 respectivement sur les faces dorsale et ventrale du rostre, donnant ainsi une formule dentaire de 10/3. Il est compris entre 3 et 4 sur la partie post-orbitaire du rostre. Cette espèce porte 2 à 3 dents sur les parties internes des doigts et 4 épines sur le telson (annexe 12).



Figure 47 : Spécimen de *Macrobrachium thysi* provenant de la rivière Banco

*Macrobrachium felicinum* Holthuis, 1949

**Diagnose :** Carpe et mérus plus courts que la paume ( $C/P1 = 0,89$  et  $M/P1 = 0,80$ ) ; doigts fortement recourbés, ne se touchant qu'au niveau de leur bout et laissant entre eux un espace rempli de soies ; pattes de la deuxième paire de périopodes très différentes.

**Description :** *M. felicinum* (Figure 48) a le carpe plus long que le mérus, la pointe du rostre au même niveau que l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire. L'espèce *M. felicinum* est de petite taille (69,15 mm longueur totale et 21,36 mm longueur de la carapace). La patte majeure de la seconde paire de périopodes est très longue (243,04 à 438,63 %LC) avec une large paume (15,24 à 52,29 %LC). L'espace entre les doigts de la plus petite patte est rempli de soies. Cette

espèce possède 11 à 19 dents sur le bord dorsal du rostre et 2 à 6 sur la face ventrale, soit une formule dentaire de 11-19/2-6. La partie post-orbitaire du rostre porte 3 à 6 dents. Au niveau des pinces, le doigt fixe dispose de 9 à 17 dents et le dactyle, 11 à 17 dents. Le telson porte sur la face dorsale 4 épines. Sur la ligne latérale interne de la paume, on en dénombre 15 à 17 (annexe 13).



Figure 48 : Spécimen de *Macrobrachium felicinum* provenant du fleuve Comoé.

### 3-1-5- Distribution

La distribution des neuf espèces identifiées est indiquée dans le tableau XXXIV. A l'exception de la rivière Banco, *Macrobrachium macrobrachion* et *M. vollenhovenii* sont repartis dans tous les cours d'eau échantillonnés. *M. felicinum* est présent dans les bassins Comoé et Bia. Les autres espèces sont rencontrées dans au plus un hydrosystème.

Tableau XXXIV : Distribution des espèces de crevette récoltées dans les bassins échantillonnés ; + : présence

Espèces de crevette	Bassins échantillonnés						
	Eholié	Bia	Comoé	Banco	N'zi	Bandama	Sassandra
<b>Palaemonidae</b>							
<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>	+	+	+		+	+	+
<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	+	+	+		+	+	+
<i>Macrobrachium dux</i>				+			
<i>Macrobrachium felicinum</i>		+	+				
<i>Macrobrachium sollaudii</i>	+						
<i>Macrobrachium thysi</i>				+			
<b>Atyidae</b>							
<i>Atya scabra</i>		+					
<i>Atya gabonensis</i>		+					
<i>Atya africana</i>		+					

**3-1-6- Similarité morphométrique entre les espèces du genre *Macrobrachium***

Les résultats de l'analyse de classification hiérarchique indiquant les ressemblances et les dissemblances entre les espèces identifiées du genre *Macrobrachium* sont présentés par la figure 49. Trois grands groupes (I, II et III) se forment à la distance euclidienne de 0,7. Chaque groupe rassemble les espèces ayant les caractéristiques morphométriques similaires. L'ensemble I est composé des espèces *Macrobrachium vollenhovenii*, *M. macrobrachion* et *M. thysi*. Le rassemblement II est constitué de *M. felicinum*. Quant au groupe III, il est formé des espèces *M. dux* et *M. sollaudii*. De cette analyse, il apparaît que la similarité morphologique entre *M. vollenhovenii* et *M. macrobrachion* est très nette. Ces deux espèces ne sont dissociables qu'à une distance euclidienne inférieure à 0,35.

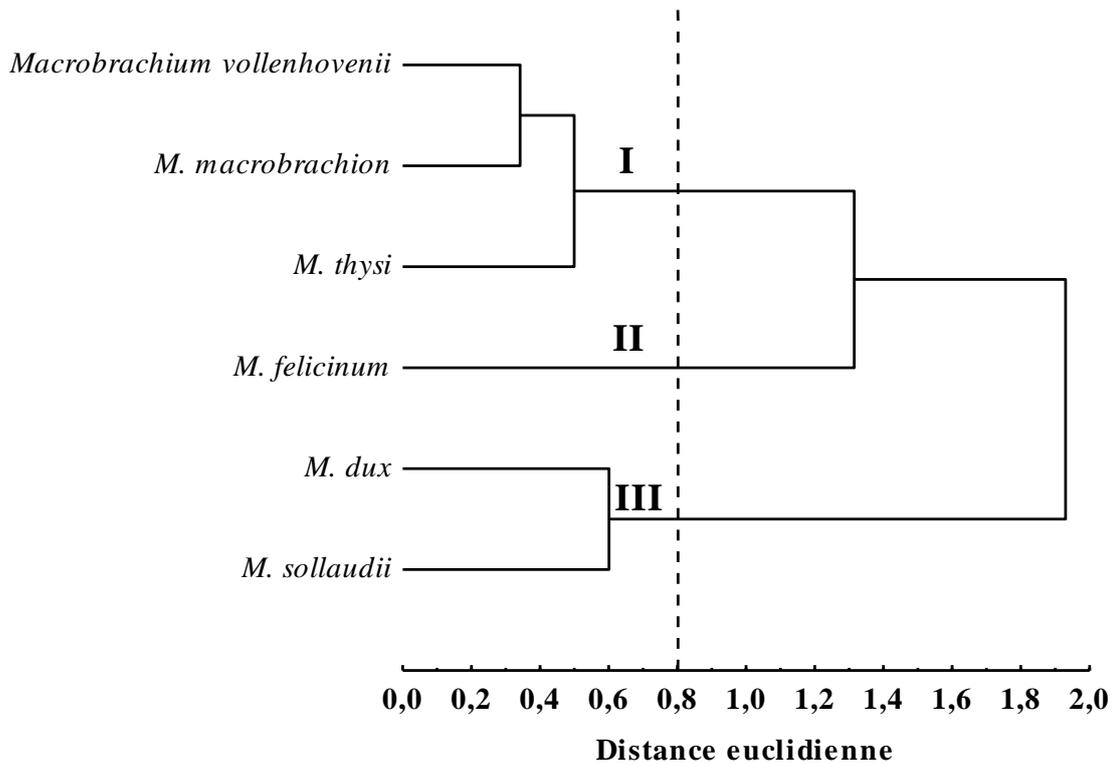


Figure 49 : Dendrogramme montrant les similarités morphométriques entre les espèces du genre *Macrobrachium* (M.) ; I-III : numéro des groupes.

### 3-2- DIFFERENCIATION GENETIQUE

L'analyse de la diversité génétique, par la technique de l'électrophorèse enzymatique, a concerné les espèces :

- *Atya scabra* pour le genre *Atya* ;
- *Macrobrachium dux*, *M. felicinum*, *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* pour le genre *Macrobrachium*.

#### 3-2-1- Résultats

##### 3-2-1-1- Diversité génétique

L'analyse du polymorphisme enzymatique a été effectuée sur 17 locus représentant 10 systèmes enzymatiques. Parmi les 17 locus, cinq n'ont montré aucune variabilité sur l'ensemble des populations. Ce sont : ACO, AK-1, AK-2, ME-2 et MDH-2. Les douze autres locus présentent un polymorphisme inter ou intra spécifique (Tableau XXXV). Cinq de ces locus sont représentés par deux allèles dans les échantillons. Il s'agit de AAT-1, CK-1, CK-2, LDH-2 et PT-2. Quatre (GPI, LDH-1, MDH-1 et ME-1) sont caractérisés par trois allèles. Quant aux trois derniers (AAT-2, PGM et PT-1), ils sont définis par quatre allèles.

Quelques locus expriment, chez certaines espèces, des allèles spécifiques (présents uniquement chez ces dernières). Ces locus qui permettent de distinguer génétiquement ces espèces des autres sont appelés locus diagnostiques (Tableau XXXVI). L'espèce *Atya scabra* se distingue de celles de *Macrobrachium* par huit locus diagnostiques. Les représentants de cette espèce sont monomorphes pour la majorité des locus. Les allèles spécifiques à ce taxon sont AAT-2\*96, CK-1\*90, CK-2\*105, GPI\*20, LDH-2\*110, MDH-1\*80, PT-1\*90, PT-2\*90.

Au sein du genre *Macrobrachium*, le nombre de locus diagnostiques varie de un à deux. Ainsi, *M. felicinum* se distingue de *M. dux* par les locus GPI, ME-1 et PGM. La première présente les allèles GPI\*80, ME-1\*80 et PGM\*105. Quant à la seconde, elle est caractérisée par la présence de l'allèle 100 à ces locus. *M. felicinum* se différencie également de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* par les locus LDH-1, ME-1 et PGM avec les allèles respectifs LDH-1\*110, ME-1\*80 et PGM\*105 tandis que les deux dernières espèces se définissent par l'allèle 100. L'allèle PGM\*105 spécifique à *Macrobrachium felicinum* est également présent, bien que rare, chez *M. vollenhovenii*. Par ailleurs, l'allèle GPI\*80, qui est le seul observé chez *M. felicinum*, est relativement fréquent chez *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii*, en plus de l'allèle commun 100. Seul le locus LDH-1 est diagnostique entre *M. dux* et *M. macrobrachion* ou *M. vollenhovenii*.

Tableau XXXV : Fréquences alléliques des locus polymorphes chez les différentes populations. As : *Atya scabra*, Md : *Macrobrachium dux*, MmS : *M. macrobrachion* de Sassandra, MmBa : *M. macrobrachion* de Bandama, MmN : *M. macrobrachion* de N'zi, MmCo : *M. macrobrachion* de Comoé, MmBi : *M. macrobrachion* de Bia, MvS : *M. vollenhovenii* de Sassandra, MvBa : *M. vollenhovenii* de Bandama, MvN : *M. vollenhovenii* de N'zi, MvCo : *M. vollenhovenii* de Comoé, MvBi : *M. vollenhovenii* de Bia, voir l'annexe 1 pour l'abréviation des locus.

Locus	As	Md	Mf	MX1	MX2	MmS	MmBa	MmN	MmCo	MmBi	MvS	MvBa	MvN	MvCo	MvBi
N	14	11	19	9	8	20	36	15	20	18	10	21	16	17	42
<b>AAT-1</b>															
100	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110					1										
<b>AAT-2</b>															
90								0,07							
96	1														
100		1	1	1	1	1	1	0,86	1	1	1	1	1	1	1
105								0,07							
<b>CK-1</b>															
90	1														
100		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>CK-2</b>															
100		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
105	1														
<b>GPI</b>															
20	1														
80		0,09	1	0,28		0,08	0,01	0,07	0,05		0,10	0,05			
100		0,91		0,72	1	0,92	0,99	0,93	0,95	1	0,90	0,95	1	1	1
<b>LDH-1</b>															
80				1											
100					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	1	1	1												
<b>LDH-2</b>															
100		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	1														
<b>MDH-1</b>															
80	1														
100		1	1	1	0,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,98
110					0,13										0,02
<b>ME-1</b>															
80	0,07		1		0,13										
100	0,93	1		1	0,87	1	1	1	1	1	0,95	1	1	1	1
105											0,05				
<b>PGM</b>															
80							0,04								0,01
90					0,06			0,10	0,03				0,06	0,06	
100	1	1		1	0,88	1	0,96	0,90	0,97	1	1	1	0,88	0,94	0,98
105			1		0,06								0,06		0,01
<b>PT-1</b>															
80		0,05													
90	1														
100		0,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
105		0,05													
<b>PT-2</b>															
90	1														
100		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau XXXVI : Allèles spécifiques à certains taxons ; As : *Atya scabra*, Mx1 et Mx2 : lots problématiques, voir l'annexe 1 pour l'abréviation des locus.

Locus	Espèces		
	As	MX1	MX2
AAT-1			110
AAT-2	96		
CK-1	90		
CK-2	105		
GPI	20		
LDH-1		80	
LDH-2	110		
MDH-1	80		
PT-1	90		
PT-2	90		

Aucun des locus analysés ne permet de distinguer l'espèce *M. macrobrachion* de *M. vollenhovenii*. Par ailleurs, les analyses électrophorétiques ont révélé la présence de deux lots de spécimens nommés pour la suite des analyses *M. x1* et *M. x2*. Les spécimens de *M. x1* proviennent tous du Bandama. Ce lot avait été initialement identifié comme appartenant à l'espèce *M. macrobrachion*. Cependant, il se distingue par l'expression, au locus LDH-1, du seul allèle LDH-1\*80, absent chez tous les autres spécimens du genre *Macrobrachium* analysés. Les spécimens de *M. x2* proviennent essentiellement de la Bia ; un seul a été collecté dans le Bandama. Hormis un seul individu, initialement attribué à l'espèce *M. vollenhovenii*, tous les autres avaient été identifiés comme des spécimens de *M. macrobrachion*. Ce lot se différencie des autres spécimens du genre *Macrobrachium* par l'expression au locus AAT-1 de l'allèle spécifique AAT-1\*110.

Les différents indices de diversité génétique sont présentés par le tableau XXXVII. Le nombre d'allèles par locus varie de 1 à 1,2353 avec une moyenne de 1,106 dans l'ensemble des échantillons. Le plus petit nombre est obtenu avec les échantillons de *Macrobrachium felicinum* et de *M. macrobrachion* de Bia. Quand au plus grand nombre, il est enregistré chez les populations de *M. x2* et de *M. macrobrachion* de N'zi. L'hétérozygotie observée est comprise entre 0 et 0,0275 dans l'ensemble des populations. Les valeurs les plus élevées de cet indice ont été notées dans les groupes *M. macrobrachion* de N'zi (0,0275), *M. x1* (0,0196) et *M. vollenhovenii* de Sassandra (0,0176). Elle est nulle chez les stocks de *Atya scabra*, *M. felicinum*, *M. macrobrachion* de Bia et *M. vollenhovenii* de Bandama. L'hétérozygotie attendue ( $H_e$ ) varie de 0 à 0,0391. Elle est élevée chez les populations de *M. x2* (0,0391) et de *M. macrobrachion* de N'zi (0,0320) alors qu'elle est nulle pour *M. felicinum* et *M. macrobrachion* de Bia. S'agissant du taux de polymorphisme ( $P_{95\%}$ ), les plus grandes valeurs sont observées dans les échantillons *M.*

*x2* et *M. macrobrachion* du N'zi (17,65 % chacun). Il est de 11,76 % chez chacune des populations de *M. dux* et de *M. vollenhovenii* de Sassandra. Tous les autres stocks polymorphes présentent un taux de polymorphisme de 5,88 %.

Tableau XXXVII : Indices de diversité génétique dans les échantillons analysés ; P95% : taux de polymorphisme à 95 %.

Populations	Hétérozygotie observée (Ho)	Hétérozygotie attendue (He)	P <sub>95%</sub>	Nombre d'allèles par locus (A)
<i>Atya scabra</i>	0	0,0078	5,88	1,0588
<i>Macrobrachium felicinum</i>	0	0	0	1,0000
<i>M. x1</i>	0,0196	0,0236	5,88	1,0588
<i>M. dux</i>	0,0053	0,0197	11,76	1,1765
<i>M. x2</i>	0,0147	0,0391	17,65	1,2353
<i>M. macrobrachion</i> Sassandra	0,0088	0,0082	5,88	1,0588
<i>M. macrobrachion</i> Bandama	0,0065	0,0063	0	1,1176
<i>M. macrobrachion</i> N'zi	0,0275	0,0320	17,65	1,2353
<i>M. macrobrachion</i> Comoé	0,0088	0,0085	5,88	1,1176
<i>M. macrobrachion</i> Bia	0	0	0	1,0000
<i>M. vollenhovenii</i> Sassandra	0,0176	0,0162	11,76	1,1176
<i>M. vollenhovenii</i> Bandama	0	0,0053	0	1,0588
<i>M. vollenhovenii</i> N'zi	0,0147	0,0133	5,88	1,1176
<i>M. vollenhovenii</i> Comoé	0,0069	0,0065	5,88	1,0588
<i>M. vollenhovenii</i> Bia	0,0028	0,0055	0	1,1765

### 3-2-1-2- Divergence génétique

#### 3-2-1-2-1- Distance génétique

La distance génétique (D) de Nei (1978) entre les échantillons analysés varie de 0 à 0,901 (Tableau XXXVIII). Celle qui sépare *Atya scabra* et les espèces du genre *Macrobrachium* est élevée. Elle est comprise entre 0,629 (*M. dux*) et 0,901 (*M. x2*). Entre les espèces de *Macrobrachium*, la distance génétique oscille entre 0 et 0,322. La plus élevée est obtenue entre *M. felicinum* et *M. x2* (D = 0,322). Celle, enregistrée entre *M. felicinum* et toutes les populations de *M. macrobrachion* et de *M. vollenhovenii*, est également importante (D = 0,252 à 0,268). La distance génétique entre les échantillons de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* est très faible voire nulle (D = 0 à 0,001).

Le dendrogramme construit à partir de la matrice de distances génétiques répartit les échantillons en trois groupes (Figure 50). Le groupe I est composé des spécimens de l'espèce *A. scabra*. Le deuxième rassemble les individus de *M. felicinum*. Le groupe III est constitué de *M. dux*, des deux entités problématiques (*M. x1* et *M. x2*) et de tous les échantillons de *M. macrobrachion* et de *M. vollenhovenii*. Au sein de ce regroupement, *M. x1* et *M. x2* sont

génétiqument plus proches de *M. dux*. Les populations de *M. macrobrachion* et de *M. vollenhovenii* convergent sur le plan génétique.

Tableau XXXVIII : Distances génétiques de Nei (1978) entre les différentes populations de crevette ; *M.* : *Macrobrachium*, *macrob* : *macrobrachion*, *vollen* : *vollenhovenii*, *Sas* : *Sassandra*, *Ban* : *Bandama*, *Com* : *Comoé*.

Populations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 <i>A. scabra</i>	....														
2 <i>M. felicinum</i>	0,873	....													
3 <i>M. x1</i>	0,746	0,234	....												
4 <i>M. dux</i>	0,629	0,184	0,063	....											
5 <i>M. x2</i>	0,906	0,322	0,136	0,131	....										
6 <i>M. macrob Sas</i>	0,754	0,258	0,063	0,061	0,064	....									
7 <i>M. macrob Ban</i>	0,761	0,264	0,065	0,062	0,063	0	....								
8 <i>M. macrob N'zi</i>	0,755	0,257	0,066	0,063	0,064	0,001	0,001	....							
9 <i>M. macrob Com</i>	0,757	0,260	0,064	0,061	0,063	0	0	0	....						
10 <i>M. macrob Bia</i>	0,759	0,268	0,065	0,062	0,063	0	0	0,001	0	....					
11 <i>M. vollen Sas</i>	0,756	0,252	0,063	0,061	0,064	0	0	0,001	0	0	....				
12 <i>M. vollen Ban</i>	0,756	0,262	0,064	0,061	0,063	0	0	0,001	0	0	0	....			
13 <i>M. vollen N'zi</i>	0,768	0,257	0,067	0,063	0,063	0	0	0	0	0	0,001	0,001	....		
14 <i>M. vollen Com</i>	0,763	0,265	0,066	0,062	0,063	0	0	0	0	0	0	0	0	....	
15 <i>M. vollen Bia</i>	0,759	0,266	0,066	0,062	0,063	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	....

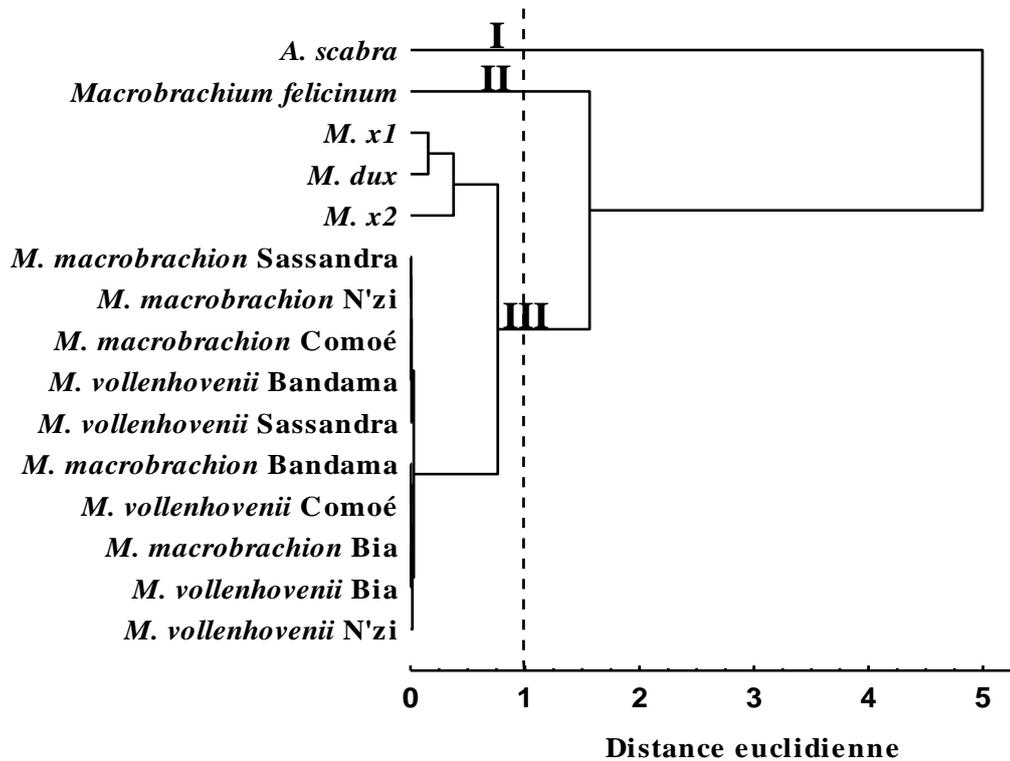


Figure 50 : Dendrogramme montrant la similarité génétique entre les populations de *Macrobrachium* étudiées construit à l'aide du programme classification hiérarchique à partir de la matrice de distance de Nei (1978).

**3-2-1-2-2- Structuration génétique des différentes populations**

Cette partie a concerné les espèces *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* chez lesquelles plusieurs populations ont été analysées.

**3-2-1-2-2-1- Paramètre  $F_{is}$**

Le tableau XXXIX présente les paramètres  $F_{is}$  dans les populations de *M. macrobrachion*. Aucune valeur de  $F_{is}$  total n'est statistiquement proche de 1 ou -1 ( $F_{is}$  total = -0,056 à 0,17 ;  $p > 0,05$ ). Au niveau de l'espèce *M. vollenhovenii*, les valeurs de  $F_{is}$  total ne sont significatives que pour les populations du Bandama ( $F_{is} = 1$  ;  $p < 0,001$ ) et de la Bia ( $F_{is} = 0,498$  ;  $p < 0,05$ ) (Tableau XL). Ces deux échantillons sont caractérisés par un déficit en hétérozygotes au niveau des locus GPI (Bandama ;  $F_{is} = 1$ ) et MDH-1 (Bia ;  $F_{is} = 1$ ). Les valeurs de l'hétérozygotie observée chez les populations de *M. macrobrachion* de N'zi et de Sassandra, sont plus élevées que celles de l'hétérozygotie attendue ; cependant, les valeurs de  $F_{is}$  correspondantes indiquent que ces excès d'hétérozygotes ne sont significatifs.

Tableau XXXIX : Valeurs du paramètre  $F_{is}$  dans les échantillons de *Macrobrachium macrobrachion* ; voir l'annexe 1B pour l'abréviation des locus ; NS : non significatif.

Locus	Comoé	N'zi	Bandama	Sassandra
AAT-2		0,472 NS		
GPI	-0,027 NS	-0,037 NS	0	-0,056 NS
PGM	0	-0,076 NS	-0,029 NS	
<b><math>F_{is}</math> total</b>	-0,018 NS	0,17 NS	-0,021 NS	-0,056 NS

Tableau XL : Valeurs du paramètre  $F_{is}$  dans les échantillons de *Macrobrachium vollenhovenii* ; voir l'annexe 1B pour l'abréviation des locus, \* :  $P \leq 0,05$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$  ; NS : non significatif.

Locus	Bia	Comoé	N'zi	Bandama	Sassandra
GPI				1***	-0,059 NS
MDH-1	1***				
ME-1					0
PGM	-0,006NS	-0,032 NS	-0,071 NS		
<b><math>F_{is}</math> total</b>	0,498*	-0,032 NS	-0,071 NS	1***	-0,038 NS

**3-2-1-2-2-2- Paramètre  $F_{ST}$**

Les valeurs du paramètre  $F_{ST}$  et du nombre de migrants par génération ( $N_m$ ) déterminées entre les populations de *Macrobrachium macrobrachion* et entre celles de *M. vollenhovenii* sont respectivement consignées dans les tableaux XLI et XLII. Le  $F_{ST}$  varie de 0 à 0,068 chez *M. macrobrachion* et de 0,0 à 0,060 entre les couples de populations de *M. vollenhovenii*. Aucune

valeur de  $F_{ST}$  n'est statistiquement différente de 0 ( $p > 0,05$ ). Ces faibles valeurs sont associées à un nombre élevé de migrants par génération ( $Nm > 3$ ) entre tous les échantillons des deux espèces.

Tableau XLI : Valeurs du paramètre  $F_{ST}$  et du nombre de migrants par génération entre les échantillons de *Macrobrachium macrobrachion* ; au dessus de la diagonale :  $F_{ST}$ , en dessous de la diagonale : nombre de migrants ( $Nm$ ), NS : non significatif ( $p > 0,05$ ).

Populations	Sassandra	Bandama	Nzi	Comoé	Bia
<b>Sassandra</b>	----	0,026 NS	0,038 NS	0,000 NS	0,048 NS
<b>Bandama</b>	9,38	----	0,067 NS	0,002 NS	0,006 NS
<b>Nzi</b>	6,26	3,46	----	0,026 NS	0,068 NS
<b>Comoé</b>	$\infty$	104,49	9,52	----	0,014 NS
<b>Bia</b>	4,99	41,59	3,45	17,51	----

Tableau XLII : Valeurs du paramètre  $F_{ST}$  et du nombre de migrants par génération entre les échantillons de *Macrobrachium vollenhovenii* ; au dessus de la diagonale :  $F_{ST}$ , en dessous de la diagonale : nombre de migrants ( $Nm$ ), NS : non significatif ( $p > 0,05$ ).

Populations	Sassandra	Bandama	Nzi	Comoé	Bia
<b>Sassandra</b>	----	0,000 NS	0,054 NS	0,049 NS	0,060 NS
<b>Bandama</b>	$\infty$	----	0,052 NS	0,015 NS	0,005 NS
<b>Nzi</b>	4,39	4,59	----	0,000 NS	0,040 NS
<b>Comoé</b>	4,84	16,13	$\infty$	----	0,003 NS
<b>Bia</b>	3,94	54,32	6,05	84,36	----

### 3-2-2- Discussion

Les résultats (fréquence allélique, allèles diagnostiques, distance génétique) montrent que l'espèce *Atya scabra* et les taxons du genre *Macrobrachium* sont génétiquement très différents. Cette grande différenciation génétique s'explique par le fait que, sur le plan taxonomique, ces deux genres sont distincts au niveau superfamille. *Atya* est issu de la superfamille des Atyoidea alors que *Macrobrachium* appartient à celle des Palaemonoidea. De plus, **Beurlen (1950)** *In De Grave (2008)* rapporte que les Atyoidea sont les premières crevettes à coloniser les eaux douces depuis la période du Crétacé. Quant aux individus des Palaemonoidea, ils sont apparus dans les eaux douces au dernier Oligocène ou au début du Miocène (**Short, 2004 ; Murphy et Austin, 2005**). Ces périodes de colonisation différentes justifieraient la grande différence génétique observée entre les espèces des deux genres.

Au niveau du genre *Macrobrachium*, la faible variabilité génétique observée entre les espèces étudiées serait attribuable à une grande homogénéité génétique au sein de ce groupe. Cette homogénéité est confirmée par les faibles valeurs des paramètres de la diversité génétique (hétérozygotie observée :  $H_o = 0 - 0,0275$  ; hétérozygotie attendue :  $H_e = 0 - 0,0391$  ; taux de polymorphisme :  $P_{95\%} = 0 - 17,65$  ; nombre d'allèles :  $A = 1 - 1,2353$ ). Selon **Brian et al. (2006)**

la faible variabilité génétique est caractéristique des Décapodes. Des valeurs similaires de  $H_o$  (0 – 0,158) ont été obtenues par **Creasey et Rogers (1999)** chez les crustacés du fond marin. Par ailleurs, cette faible divergence génétique peut s'expliquer par la monophylie (l'état d'un groupe qui comprend seulement une espèce-mère et toutes les espèces qui descendent de celle-ci) du genre *Macrobrachium*. Les taxons spécifiques analysés seraient donc issus d'un ancêtre commun. Ces résultats corroborent ceux de **Murphy et Austin (2005)** sur 30 espèces de *Macrobrachium*, **Liu et al. (2007)** sur 15 espèces de l'Est asiatique et de **Wowor et al. (2009)** sur 45 espèces du Sud-est et l'Est de l'Asie. Ces auteurs, utilisant l'ADN mitochondrial, ont montré qu'à l'exception de *M. intermedium* (**Murphy et Austin, 2005**), *M. equidens* et *M. latidactylus* (**Liu et al., 2007 ; Wowor et al., 2009**), toutes les espèces de leur étude appartiennent à un clade monophylétique. Ils confirment également les résultats des travaux de **Mulley et Latter (1980)** et **Pasteur et al. (1983)** sur des espèces de crevette Penaeidae Rafinesque, 1815. Ces mêmes observations ont été faites par **Creasey et al. (2000)** chez d'autres crustacés décapodes tels que les langoustes du genre *Munidopsis* Whiteaves, 1874 (Galatheidae Samouelle, 1819). Aussi, cette faible variabilité génétique serait-elle attribuable au fait que les locus utilisés ne soient pas les mieux indiqués pour la caractérisation génétique des espèces de *Macrobrachium*. La différence morphologique observée entre les espèces étudiées n'est pas reflétée au niveau génétique. **Murphy et Austin (2005)** sont arrivés à des conclusions similaires sur une trentaine d'espèces de *Macrobrachium*. Ces auteurs ont indiqué que la distinction morphologique apparente au sein du genre *Macrobrachium* n'est pas observable au niveau génétique. Cela suggère que chez les espèces analysées, la divergence génétique et la différence morphologique sont des phénomènes indépendants. A ce sujet, **Paugy et Lévêque (1999)** et **Brian et al. (2006)** ne rapportent-ils pas que les corrélations ne sont pas toujours positives entre les distances génétiques et la divergence morphologique. Par ailleurs, **Pasteur et al. (1983)** ont signalés une très faible variabilité génétique entre sept espèces de la famille des Penaeidae alors que leur détermination morphologique ne souffre d'aucune ambiguïté. Des observations similaires sont faites chez d'autres animaux tels que deux isopodes du genre *Mesamphisopus* Nicholls, 1943 (**Gouws et al., 2005**), des espèces de poissons des genres *Haplochromis* Hilgendorf, 1888 du lac Victoria (**Sage et al., 1984 In Paugy et Lévêque, 1999**), *Cyprinodon* Lacepède, 1803 (**Strecker et al., 1996 ; Strecker, 2006**) et *Brevoortia* Gill, 1861 (**Anderson et McDonald, 2007**) et des lézards du genre *Acanthodactylus* Wiegmann, 1834 (**Fonseca et al., 2008**).

Malgré la faible variabilité génétique observée entre les espèces du genre *Macrobrachium*, *M. felicinum* est génétiquement différent des autres. Ces résultats concordent avec ceux des

analyses morphologiques qui le discriminent nettement des autres. La distance de **Nei (1978)** le séparant des autres varie de 0,184 à 0,325. Ceci s'expliquerait par le nombre de locus diagnostiques (LDH-1, GPI, PGM et ME-1) qui différencient cette espèce des autres. Les allèles diagnostiques observés sont de bons marqueurs génétiques pour la discrimination de *M. felicinum*. La distance génétique entre les populations du groupe III sur le dendrogramme présentant la similarité génétique est très faible. Celle séparant les populations de *M. macrobrachion* et *Macrobrachium vollenhovenii* est quasiment nulle. Le degré de similarité morphologique (faible) et génétique (élevé) de ces espèces démontre que la relation entre les deux phénomènes n'est pas nécessairement causale. En effet, **Brian et al. (2006)** rapporte que les paramètres phénotypiques et génotypiques sont relativement indépendants et que l'expression du phénotype est plus déterminée par l'environnement. Au sein du groupe III, *M. dux*, *M. x1* et *M. x2*, formant une entité, paraissent génétiquement peu différents de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii*. Les allèles LDH-1\*110, LDH-1\*80 et AAT-1\*110 fixés respectivement chez *M. dux*, *M. x1* et *M. x2* sont responsables de cette discrimination. Ce résultat est confirmé par l'étude morphologique qui ségrège aisément *M. dux* (identifié par l'analyse morphométrique) des espèces *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii*. De plus, *M. dux* est une espèce dont les femelles sont caractérisées par des œufs de grands diamètres (2-3 mm) contrairement aux deux autres chez lesquelles les femelles ont de petits œufs (< 1mm) (**Monod, 1966**). Par ailleurs, le développement larvaire de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* se déroule en partie en eaux saumâtres alors celui de *M. dux* a lieu entièrement en eau douce.

Au niveau intraspécifique, la diversité génétique entre les populations de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* est très faible. Les stocks analysés ne présentent pas d'écart à l'équilibre de Hardy-Weinberg ; cependant, des déficits en hétérozygotes sont observés dans les échantillons de Bandama et Bia de *M. vollenhovenii*. Ces déficits sont imputables à la présence d'allèles rares dans les populations concernées (**Hartl et Clark, 1997**). Aucune différenciation n'est observée entre les populations de l'une ou l'autre des deux espèces ( $F_{ST}$  non significatifs). Cette similarité génétique est expliquée par les nombre élevés de migrants par génération ( $N_m > 3$ ) entre les populations de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii*. Ces nombres de migrants élevés traduisent un échange de gènes importants entre les populations de chacune des deux espèces qui, de ce fait, auraient tendance à s'homogénéiser. Pour chacune des espèces, toutes les populations se comportent donc comme un seul stock. Ces résultats sont similaires à ceux de **Creasey et al. (2000)** sur les stocks de la langouste *Munidopsis scobina* Alcock, 1894 au large de l'Arabie Saoudite ainsi qu'à ceux de **Brian et al. (2006)** sur les populations de crabe *Carcinus*

*maenas* Linnaeus, 1758 des côtes du Royaume Uni. La présence des deux groupes problématiques, *M. x1* et *M. x2*, justifierait une probable existence d'autres espèces au sein des populations examinées. Ces groupes génétiquement plus proches de *M. dux* n'ont pas été identifiés par l'étude morphologique.

### **3-3- DIFFERENCIATION MORPHOLOGIQUE INTRASPECIFIQUE**

#### **3-3-1- Résultats**

Compte tenu de la faible taille des échantillons de la majorité des espèces aux différents sites, cette partie de l'étude n'a concerné que les mâles de *Macrobrachium vollehovenii* de quatre cours d'eau (Bia, Comoé, Bandama et Sassandra). Elle a porté sur 260 spécimens (65/site).

##### **3-3-1-1- Comparaison intrapopulationnelle**

Les résultats du coefficient de variation (CV) sont présentés par le tableau XLIII. Dans l'ensemble, les valeurs de CV sont comprises entre 1,63 et 28,18 % pour toutes les variables analysées. Au sein des populations de la Bia et du Bandama, CV est inférieur à 25 %. Ces deux stocks constituent donc des groupes homogènes. A l'intérieur de la population de Sassandra, les largeurs du mérus et de la paume présentent une grande variabilité (CV > 25 %). En plus de ces caractères, la largeur du carpe (CV = 26,37 %) varie significativement entre les crevettes du fleuve Comoé. Les stocks de Comoé et de Sassandra sont hétérogènes.

Tableau XLIII : Résultats de la statistique descriptive et de l'analyse de variance des caractères morphométriques des populations mâles de *Macrobrachium vollehovenii* des cours d'eau Bia, Comoé, Bandama et Sassandra ; Moy : moyenne, ER : erreur-type, ET : écart-type, CV : coefficient de variation, Les moyennes sur chaque ligne ayant au moins une lettre en commun ne diffèrent pas significativement, voir tableau IV pour les abréviations des variables.

Caractères	Statistique	Bia	Comoé	Bandama	Sassandra
Longueur du rostre	Moy±ER (%LC)	73,62 ± 0,58 a	77,43 ± 0,69 bc	75,63 ± 0,66 ab	79,50 ± 0,92 c
	Etendue (%LC)	59,93 - 84,92	67,12 - 90,76	53,63 - 97,28	67,42 - 97,50
	ET (%LC)	4,70	5,53	5,29	7,43
	CV(%)	6,38	7,14	6,99	9,35
Longueur de la patte 2	Moy±ER (%LC)	309,15 ± 5,14 a	357,15 ± 9,02 b	287,14 ± 4,48 ac	275,35 ± 5,56 c
	Etendue (%LC)	237,72 - 410,34	182,92 - 412,85	234,19 - 409,71	185,44 - 514,75
	ET (%LC)	41,55	72,76	36,1	44,84
	CV(%)	13,44	20,37	12,57	16,28
Longueur de la queue	Moy±ER (%LC)	165,63 ± 0,97 a	167,96 ± 1,60 a	168,15 ± 0,72 a	174,24 ± 1,62 b
	Etendue (%LC)	144,09 - 189,42	151,79 - 198,60	154,26 - 181,90	145,45 - 198,83
	ET (%LC)	7,79	12,93	5,83	13,07
	CV(%)	4,70	7,70	3,47	7,50
Largeur de la carapace	Moy±ER (%LC)	56,04 ± 0,30 a	55,76 ± 0,26 ab	54,88 ± 0,25 b	53,66 ± 0,31 c
	Etendue (%LC)	51,29 - 61,60	48,12 - 60,73	51,50 - 64,01	40,35 - 58,22
	ET (%LC)	2,38	2,07	1,99	2,54
	CV(%)	4,25	3,71	3,63	4,73
Diamètre de l'œil	Moy±ER (%LC)	12,70 ± 0,11 a	11,62 ± 0,20 b	12,01 ± 0,10 bc	13,22 ± 0,26 a
	Etendue (%LC)	10,76 - 16,27	8,89 - 15,55	10,22 - 14,26	9,34 - 18,39
	ET (%LC)	0,89	1,65	0,77	2,08
	CV(%)	7,01	14,2	6,41	15,73
Largeur de l'ischion	Moy±ER (%LC)	16,76 ± 0,24 a	16,36 ± 0,47 a	14,78 ± 0,19 b	12,86 ± 0,35 c
	Etendue (%LC)	13,26 - 21,24	7,50 - 21,15	11,67 - 19,39	7,21 - 18,47
	ET (%LC)	1,91	3,82	1,53	2,82
	CV(%)	11,4	23,35	10,35	21,93
Largeur du mérus	Moy±ER (%LC)	19,68 ± 0,35 a	19,27 ± 0,67 a	17,78 ± 0,29 b	14,33 ± 0,46 c
	Etendue (%LC)	14,59 - 26,91	8,05 - 26,78	13,33 - 25,61	7,02 - 21,06
	ET (%LC)	2,83	5,43	2,3	3,67
	CV(%)	14,38	28,18	12,94	25,61
Largeur du carpe	Moy±ER (%LC)	22,82 ± 0,39 a	21,12 ± 0,69 ab	19,62 ± 0,32 b	16,25 ± 0,49 c
	Etendue (%LC)	17,27 - 30,66	9,04 - 28,33	14,13 - 28,17	8,53 - 23,13
	ET (%LC)	3,1	5,57	2,58	3,94
	CV(%)	13,58	26,37	13,15	24,25
Largeur de la paume	Moy±ER (%LC)	27,24 ± 0,55 a	23,80 ± 0,82 b	22,52 ± 0,46 b	18,65 ± 0,61 c
	Etendue (%LC)	18,90 - 39,46	9,61 - 33,39	15,20 - 34,84	8,72 - 29,21
	ET (%LC)	4,4	6,65	3,67	4,88
	CV(%)	16,15	27,94	16,3	26,17
Largeur du telson	Moy±ER (%LC)	18,79 ± 0,14 a	18,81 ± 0,10 a	18,87 ± 0,08 a	18,67 ± 0,13 a
	Etendue (%LC)	13,32 - 21,96	16,67 - 20,55	17,01 - 20,21	13,95 - 20,90
	ET (%LC)	1,09	0,77	0,63	1,07
	CV(%)	5,8	4,09	3,34	5,73
Longueur du doigt fixe	Moy±ER (%LC)	69,59 ± 1,20 a	78,80 ± 2,26 b	66,13 ± 0,96 ac	61,26 ± 1,28 c
	Etendue (%LC)	36,78 - 92,95	36,72 - 110,16	51,50 - 91,15	36,29 - 84,27
	ET (%LC)	9,66	18,26	7,76	10,3
	CV(%)	13,88	23,17	11,73	16,81
R/T	Moy±ER (%LC)	0,51 ± 0,003 a	0,51 ± 0,002 a	0,51 ± 0,004 a	0,51 ± 0,003 a
	Etendue (%LC)	0,43 - 0,57	0,47 - 0,57	0,36 - 0,67	0,41 - 0,55
	ET (%LC)	0,03	0,02	0,03	0,02
	CV(%)	5,19	3,63	6,49	3,49

Tableau XLIII (suite)

Caractères	Statistique	Bia	Comoé	Bandama	Sassandra
I/M1	Moy±ER (%LC)	0,72 ± 0,006 a	0,66 ± 0,010 b	0,75 ± 0,006 c	0,74 ± 0,008 ac
	Etendue (%LC)	0,58 - 0,81	0,54 - 0,91	0,59 - 0,83	0,62 - 0,90
	ET (%LC)	0,02	0,08	0,05	0,03
	CV(%)	3,46	11,88	6,94	4,16
C/M1	Moy±ER (%LC)	0,92 ± 0,004 a	0,95 ± 0,004 b	0,91 ± 0,003 ac	0,91 ± 0,004 c
	Etendue (%LC)	0,86 - 1,00	0,88 - 1,01	0,85 - 0,98	0,85 - 1,01
	ET (%LC)	0,03	0,03	0,03	0,01
	CV(%)	2,78	2,98	2,79	1,63
C/P1	Moy±ER (%LC)	0,54 ± 0,004 a	0,57 ± 0,008 b	0,58 ± 0,005 bc	0,60 ± 0,009 c
	Etendue (%LC)	0,46 - 0,61	0,47 - 0,80	0,48 - 0,67	0,51 - 0,83
	ET (%LC)	0,02	0,07	0,04	0,02
	CV(%)	3,21	11,56	6,29	2,53
D/P1	Moy±ER (%LC)	0,76 ± 0,008 a	0,75 ± 0,008 a	0,83 ± 0,007 b	0,85 ± 0,007 b
	Etendue (%LC)	0,61 - 0,92	0,63 - 0,93	0,63 - 0,94	0,62 - 0,94
	ET (%LC)	0,07	0,07	0,06	0,04
	CV(%)	9,03	9,02	6,66	4,57
lcth/HC	Moy±ER (%LC)	0,86 ± 0,004 a	0,85 ± 0,004 b	0,86 ± 0,004 a	0,84 ± 0,004 b
	Etendue (%LC)	0,80 - 0,93	0,73 - 0,91	0,79 - 0,94	0,78 - 0,92
	ET (%LC)	0,02	0,03	0,03	0,05
	CV(%)	2,45	3,55	3,39	6,43
lai/I1	Moy±ER (%LC)	0,42 ± 0,005 a	0,39 ± 0,007 b	0,38 ± 0,004 bc	0,36 ± 0,007 c
	Etendue (%LC)	0,34 - 0,52	0,22 - 0,47	0,32 - 0,44	0,24 - 0,46
	ET (%LC)	0,04	0,05	0,03	0,02
	CV(%)	8,3	14,03	7,54	5,69
lac/C1	Moy±ER (%LC)	0,44 ± 0,005 a	0,35 ± 0,005 b	0,41 ± 0,004 c	0,38 ± 0,006 d
	Etendue (%LC)	0,37 - 0,57	0,24 - 0,46	0,35 - 0,49	0,25 - 0,45
	ET (%LC)	0,02	0,04	0,03	0,01
	CV(%)	5,33	11,53	7,11	3,14
lap/P1	Moy±ER (%LC)	0,28 ± 0,004 a	0,28 ± 0,004a	0,27 ± 0,002 c	0,25 ± 0,002 d
	Etendue (%LC)	0,18 - 0,36	0,19 - 0,29	0,23 - 0,30	0,20 - 0,30
	ET (%LC)	0,01	0,02	0,02	0,1
	CV(%)	4,18	9,23	6,25	4,85
dm/D1	Moy±ER (%LC)	0,45 ± 0,007 a	0,47 ± 0,008 ab	0,49 ± 0,005 bc	0,51 ± 0,008 c
	Etendue (%LC)	0,33 - 0,62	0,36 - 0,66	0,39 - 0,59	0,37 - 0,66
	ET (%LC)	0,07	0,07	0,04	0,03
	CV(%)	14,52	13,82	8,32	5,59
dm/df1	Moy±ER (%LC)	0,77 ± 0,010 a	0,77 ± 0,008 a	0,79 ± 0,005 ab	0,81 ± 0,007 b
	Etendue (%LC)	0,62 - 0,94	0,65 - 0,92	0,70 - 0,89	0,60 - 0,95
	ET (%LC)	0,05	0,06	0,04	0,03
	CV(%)	6,06	8,26	4,87	3,99
df/D1	Moy±ER (%LC)	0,59 ± 0,007 a	0,61 ± 0,005 b	0,61 ± 0,003 b	0,63 ± 0,005 b
	Etendue (%LC)	0,39 - 0,84	0,49 - 0,73	0,54 - 0,68	0,43 - 0,73
	ET (%LC)	0,08	0,04	0,03	0,02
	CV(%)	14,37	6,93	4,53	3,39

### 3-3-1-2- Comparaison interpopulationnelle

#### 3-3-1-2-1- Analyse de variance à un facteur

L'analyse de variance à un facteur (ANOVA1) révèle une grande hétérogénéité entre les quatre populations (Tableau XLIV). A l'exception de la largeur du telson et du rapport R/T, les autres variables diffèrent significativement ( $p = 0,001$ ) entre les stocks.

Tableau XLIV : Résultats univariés de l'analyse de variance comparant les différentes populations ; F : variable statistique de l'ANOVA, p : probabilité, \*\*\* :  $p < 0,001$ , NS : non significatif ( $p > 0,05$ ), voir tableau IV pour l'abréviation des ratios.

Caractères	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	P
Longueur du rostre	1228,98	409,66	12,06	***
Longueur de la patte 2	254525,47	84841,82	32,84	***
Longueur de la queue	2638,27	879,42	8,13	***
Largeur de la carapace	223,19	74,40	14,63	***
Diamètre de l'œil	98,91	32,97	15,62	***
Largeur de l'ischion	613,70	204,57	28,74	***
Largeur du mérus	1171,31	390,44	27,73	***
Largeur du carpe	1523,42	507,81	32,33	***
Largeur de la paume	2454,10	818,03	32,46	***
Largeur du telson	1,35	0,45	0,54	NS
Longueur du doigt fixe	10687,63	3562,54	24,03	***
R/T	0,00	0,00	0,32	NS
I/M1	0,35	0,12	30,64	***
C/M1	0,07	0,02	24,95	***
C/P1	0,13	0,04	15,11	***
D/P1	0,41	0,14	29,38	***
lcth/HC	0,03	0,01	10,22	***
lai/I1	0,12	0,04	18,95	***
lac/C1	0,33	0,11	69,14	***
lap/P1	0,13	0,04	80,85	***
dm/D1	0,11	0,04	11,29	***
dm/df1	0,08	0,03	7,17	***
df/D1	0,05	0,02	8,25	***

Le test de comparaison multiple de différence significative d'honnêteté (HSD) de Tukey (Tableau XLIII) indique que les quatre populations sont bien différenciées par les ratios lac/C1 et lap/P1. En plus de ces deux descripteurs, d'autres paramètres permettent de discriminer les populations concernées. L'ischion (lai1) et le mérus (lam1) sont plus larges chez les individus de Bia (lai1 = 16,76 %LC ; lam1 = 19,68 %LC) et de Comoé (lai1 = 16,36 %LC ; lam1 = 19,27 %LC) que chez ceux de Bandama (lai1 = 14,78 %LC ; lam1 = 17,78 %LC) et de Sassandra (lai1 = 12,86 %LC ; lam1 = 14,33 %LC). Par ailleurs, ces deux attributs sont significativement différents entre les échantillons de Bandama et de Sassandra. Les crevettes de Sassandra sont définies par une longue queue (LQ = 174,24 %LC) comparées à celles (LQ = 165,63 – 168,15)

provenant des autres sites. De plus, elles sont déterminées par une carapace moins large ( $lcth = 53,66 \%LC$ ) contrairement aux populations des autres cours d'eau ( $lcth \geq 54,88 \%LC$ ). Les mâles de *Macrobrachium vollenhovenii* de la rivière Bia sont caractérisés par de faibles valeurs des ratios C/P1 (0,54) et df/D1 (0,59). A l'opposé, C/P1 ( $\geq 0,57$ ) et df/D1 ( $\geq 0,61$ ) ont des valeurs élevées pour les autres échantillons.

### **3-3-1-2-2- Discrimination des populations**

Les tableaux XLV et XLVI présentent les résultats de l'analyse factorielle discriminante (AFD) et du test de validation croisée effectués sur les données des quatre populations considérées. L'AFD pas à pas ascendante a retenu 11 des 23 caractères analysés dans la discrimination des populations concernées. Ces descripteurs sont, du plus discriminant au moins discriminant, le ratio lac/C1 ( $\lambda = 0,83$ ), la longueur de la patte 1 ( $\lambda = 0,86$ ), la largeur de la paume ( $\lambda = 0,91$ ), les ratios C/M1 ( $\lambda = 0,91$ ), I/M1 ( $\lambda = 0,92$ ), la largeur de la carapace ( $\lambda = 0,93$ ), les ratios dm/D1 ( $\lambda = 0,93$ ), D/P1 ( $\lambda = 0,94$ ),  $lcth/HC$  ( $\lambda = 0,95$ ), la largeur du carpe ( $\lambda = 0,95$ ) et la largeur du telson (0,96).

La matrice de classification (Tableau XLVI) indique un taux de classement correct total de 76,92 %. La majorité des populations de Comoé (90,77 %) ont des caractéristiques morphométriques propres des crevettes de ce bassin fluvial. Seulement, 4 et 2 individus ont été respectivement attribués aux fleuves Sassandra et Bandama. Aucun spécimen de Comoé n'a une morphométrie voisine de ceux de Bia. Les crevettes de Sassandra ont été correctement classées à 78,46 %. Les individus mal classés ont été plus assignés au site Bandama que Comoé (10 *versus* 4) alors que, morphométriquement, aucun spécimen de Bia n'est proche des crevettes de Sassandra. Au niveau de Bia et de Bandama, un pourcentage de classification correcte de 69,23 % est obtenu pour chacune des populations. Concernant le Bandama, 16,92 % des individus ont été rattachés à la rivière Bia, 9,23 % à Sassandra et 4,62 % à Comoé. Dans l'échantillon de Bia, 12 individus ont des traits morphométriques similaires aux crevettes de Bandama. Seuls 7 et 1 spécimens sont respectivement proches de ceux de Comoé et de Sassandra. Le test de validation croisée (Tableau XLVI) confirme le fort taux de classement correct enregistré avec la matrice originale. La proportion de classification correcte obtenue pour ce test est de 63,85 %. Cependant, il indique que les populations de Bandama ne sont bien classées qu'à 35,84 % et sont plus proches de celles de Sassandra (30,77 %) et de Bia (29,23 %). La projection des différentes populations dans le plan formé par les facteurs canoniques 1 et 2 est illustrée par la figure 51. Sur ce graphe tous les nuages de points se chevauchent. Toutefois, les zones intermédiaires entre les

échantillons de Bia et ceux de Comoé et Sassandra sont plus petites. Il en est de même pour les populations de Bandama et de Comoé.

Tableau XLV : Lambda ( $\lambda$ ) de Wilk et probabilités correspondantes des caractères métriques dans l'analyse discriminante des populations mâles de *Macrobrachium vollehovenii* ; F: valeur statistique d'inclusion d'une variable dans l'analyse, p : probabilité, \* : p<0,05, \*\* : p<0,01, \*\*\* : p<0,001.

Caractères	Lambda de Wilk ( $\lambda$ )	F d'inclusion	P
Longueur de la patte P2	0,86	13,33	***
Largeur du céphalothorax	0,93	6,04	***
Largeur du carpe I	0,95	4,45	**
Largeur de la paume I	0,91	8,17	***
Largeur du telson	0,96	3,53	*
Longueur de l'ischion/longueur du mérus I	0,92	6,66	***
Longueur du carpe/longueur du mérus I	0,91	7,93	***
Longueur du dactyle/longueur de la paume I	0,94	5,47	**
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	0,95	4,32	**
Largeur de la carpe/longueur du carpe I	0,83	17,02	***
Distance dent-bout du dactyle/longueur du dactyle	0,93	5,79	***

Tableau XLVI : Matrice de classification des individus mâles de *Macrobrachium vollehovenii* dans les différentes populations par l'analyse discriminante et le test de validation croisée.

Groupes		Prédiction des individus				Total	
		Bia	Comoé	Bandama	Sassandra		
Matrice originale	Nombre d'individus	Bia	45	7	12	1	65
		Comoé	0	59	2	4	65
		Bandama	11	3	45	6	65
		Sassandra	0	4	10	51	65
	Pourcentage	Bia	69,23	10,77	18,46	1,54	100
		Comoé	0	90,77	3,08	6,15	100
		Bandama	16,92	4,62	69,23	9,23	100
		Sassandra	0	6,15	15,38	78,46	100
Validation croisée	Nombre d'individus	Bia	52	2	7	4	65
		Comoé	0	37	0	28	65
		Bandama	19	3	23	20	65
		Sassandra	3	1	7	54	65
	Pourcentage	Bia	80	3,08	10,77	6,15	100
		Comoé	0	56,92	0	43,08	100
		Bandama	29,23	4,62	35,84	30,77	100
		Sassandra	4,62	1,54	10,77	83,08	100

### 3-3-1-3- Similarité morphométrique entre les populations

Les résultats de l'analyse de classification hiérarchique regroupant les différentes populations sont indiqués sur la figure 52. Deux groupes distincts (I et II) se dégagent à la distance euclidienne de 40. Le groupe I rassemble les individus de Bia, Bandama et Sassandra tandis que le groupe II désigne la population de Comoé. Il existe une similarité morphométrique

entre les crevettes de Bia, Bandama et Sassandra. Cependant, cette ressemblance est plus grande entre les individus de Bandama et Sassandra.

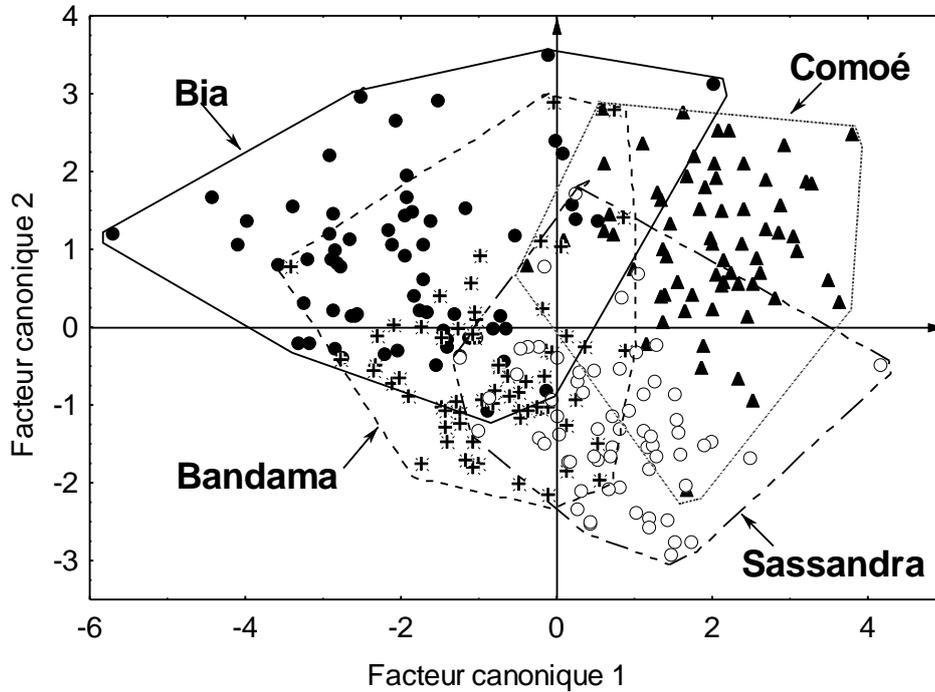


Figure 51 : Ordination des mâles de *Macrobrachium vollenhovenii* de Bia, Comoé, Bandama et Sassandra dans le plan des facteurs canoniques 1 et 2 de l'analyse discriminante.

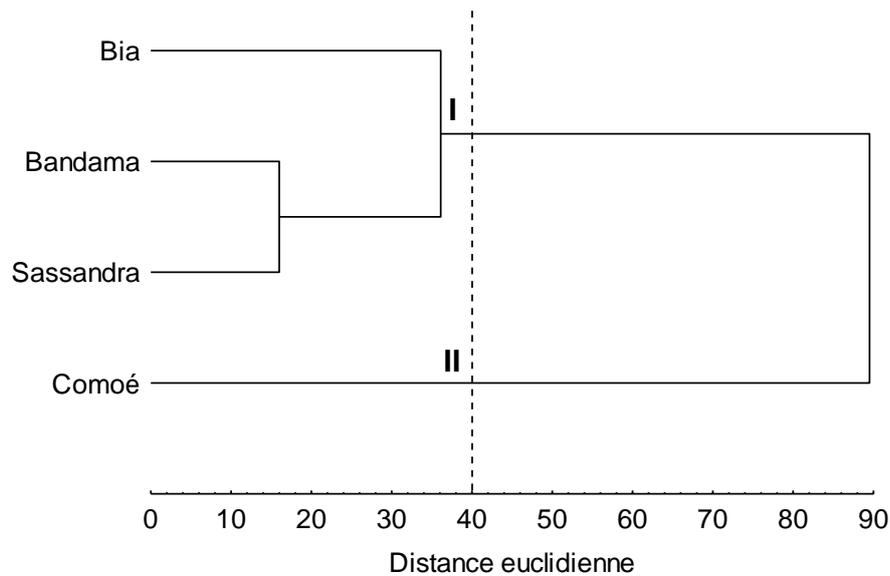


Figure 52 : Dendrogramme illustrant la similarité morphométrique entre les populations mâles de *Macrobrachium vollenhovenii* des cours d'eau Bia, Bandama, Sassandra et Comoé.

### 3-3-2- Discussion

Les résultats de cette étude montrent que les populations mâles de *Macrobrachium vollenhovenii* des quatre cours d'eau présentent une variabilité morphométrique plus ou moins importante.

L'analyse intrapopulation révèle de faibles valeurs du coefficient de variation ( $CV < 25\%$ ) pour les échantillons de Bandama et de Bia. Cela traduit une faible variation des caractères morphométriques analysés et suggère une homogénéité phénotypique de chacune des deux populations. Cette homogénéité morphologique serait le résultat de faibles variations des conditions environnementales. En effet, les cours d'eau Bandama et Bia se jettent respectivement dans les lagunes de Grand-Lahou et Aby. De plus, la présence de barrages dans les cours moyens de ces deux hydrosystèmes constitue des barrières physiques limitant la migration des crevettes vers les cours supérieurs. Les populations de ces cours d'eau évoluent vraisemblablement dans des environnements similaires et sous le même climat, donc soumises aux mêmes variations d'habitats. Selon **Mamuris et al. (1998)** et **Ferrito et al. (2007)** une faible variation des traits morphologiques pourrait se justifier par un degré d'héritabilité élevé des populations donc une influence limitée des conditions environnementales. En revanche, la grande variabilité de certains caractères phénotypiques au sein des échantillons de Comoé et de Sassandra démontre qu'ils constituent des entités hétérogènes. Les fortes valeurs de CV seraient attribuables à une grande variabilité des conditions environnementales auxquelles sont soumises ces populations. Le fleuve Comoé, qui se jette dans la lagune Ebrié ne dispose pas de barrage sur son cours principal. Les spécimens provenant de ce bassin peuvent par conséquent migrer sur de longues distances vers les zones supérieures et traverser plusieurs zones climatiques. Concernant le fleuve Sassandra, malgré l'existence de barrage sur son cours principal, il se jette directement dans l'océan Atlantique. *Macrobrachium vollenhovenii* ayant une vie larvaire estuarienne, les larves des individus de ce fleuve se développeraient dans un milieu à forte influence marine. Les stocks de ces bassins seraient influencés par de grandes variations des conditions environnementales. L'hétérogénéité observée est donc une réponse adaptative de certains individus aux variations environnementales comme l'ont rapporté **Grandjean et al. (1997)** et **Sarda et al., (1998)**. De plus, **Winemiller (1991)** a démontré que la diversification écomorphologique observée chez des populations d'une même espèce est liée à l'instabilité saisonnière dans certaines régions. Cette différenciation intrapopulation pourrait aussi s'expliquer par une existence de morphotypes ou par une croissance individuelle hétérogène au sein des populations mâles de *Macrobrachium vollenhovenii*. Ces deux phénomènes sont assez bien connus chez les espèces du genre

*Macrobrachium*. En effet, **Cohen et al. (1981)** et **Kuris et al. (1987)** ont décrit trois morphotypes mâles chez *M. rosenbergii*. Pour cette espèce, une croissance individuelle homogène des morphotypes est rapportée par **Ranjeet et Kurup (2002)**. Par ailleurs, **Moraes-Riodades et Valenti (2004)** ont différencié quatre morphotypes mâles distincts chez l'espèce *Macrobrachium amazonicum*.

Au niveau interpopulations, l'analyse de variance révèle un degré de différenciation morphométrique élevé. Cette différenciation serait due à la grande variabilité des conditions environnementales entre les habitats d'origine des stocks. En effet, **Ferrito et al. (2007)** ont rapporté que les différences d'habitats influent différemment sur la morphologie chez plusieurs populations. Selon **Brian et al. (2006)**, l'expression du phénotype est beaucoup déterminée par l'environnement. De plus, **Grandjean et al. (1997)**, **Sarda et al. (1998)** et **Dimmock et al. (2004)** ont montré que les différences morphométriques et la variabilité des traits morphologiques chez les crustacés sont souvent dues aux variations des conditions environnementales. Quant à **Paugy et Lévêque (1999)**, ils ont indiqué que les populations appartenant à une même espèce vivant dans différentes aires géographiques sont morphologiquement différentes. Cette différenciation pourrait être aussi attribuée à un isolement reproductif dû aux barrières naturelles entre les différents bassins fluviaux comme l'ont rapporté **Brian et al. (2006)**. Selon ces auteurs, les modèles de variabilité phénotypique reflètent largement les différences entre les conditions environnementales locales.

Les analyses multivariées confirment les différences révélées par l'analyse de variance. Un pourcentage de classification exacte élevé (> 69 %) est obtenu pour chaque population. Cette observation traduit l'efficacité des caractères morphométriques dans la discrimination des populations. En effet, un grand pouvoir discriminant des descripteurs morphométriques est prouvé pour la comparaison entre les populations (**Waldman et al., 1997 ; Murta, 2000 ; García-Dávila et al., 2005**). Malgré cette différenciation, il existe une similarité entre les stocks de Bandama, Bia et Sassandra. Cette similarité morphologique serait liée à l'effet des barrages construits sur les cours principaux de ces trois bassins. Ces barrières artificielles maintiennent les crevettes proches de l'océan Atlantique ; elles subissent donc sensiblement les mêmes variations saisonnières.

# **CONCLUSION**

La présente étude a permis d'évaluer les variabilités morphologiques et génétiques entre les espèces de crevettes des genres *Atya* et *Macrobrachium* de sept cours d'eau de Côte d'Ivoire (Comoé, Bandama, Sassandra, N'zi, Bia, Eholié et Banco). La variabilité morphométrique interpopulationnelle des mâles de *Macrobrachium vollenhovenii* a été également estimée.

L'étude morphologique a révélé l'existence de neuf espèces de crevettes dont six du genre *Macrobrachium* et trois du genre *Atya*. Ces espèces sont *Atya africana*, *A. gabonensis*, *A. scabra*, *Macrobrachium dux*, *M. felicinum*, *M. macrobrachion*, *M. sollaudii*, *M. thysi*, et *M. vollenhovenii*. Au sein du groupe *Macrobrachium*, les caractères liés à la taille et à la forme des pattes de la deuxième paire de péréiopodes sont les plus discriminants. Les ratios entre ces descripteurs ont également un pouvoir taxonomique important. Parmi les espèces de *Macrobrachium*, *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* apparaissent comme étant les plus proches. Cependant, elles sont différenciées par les ratios longueur du mérus/longueur de la paume, longueur du carpe/longueur de la paume, largeur du mérus/longueur du mérus, largeur du carpe/longueur du carpe et largeur de la paume/longueur de la paume et la largeur de la paume. En plus de ces variables, la position de la pointe du rostre par rapport à l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire différencie les deux espèces. La pointe du rostre n'atteint pas le bord antérieur de l'écaille antennaire chez *M. vollenhovenii* alors qu'il est au même niveau ou dépasse légèrement l'extrémité antérieure de l'écaille antennaire chez *M. macrobrachion*. Des morphotypes mâles sont observées chez *M. vollenhovenii* et *M. felicinum*. Les populations mâles de *M. vollenhovenii* présentent une variabilité morphométrique plus ou moins grande. Deux différents stocks des mâles de cette espèce sont observés. Les échantillons de Bandama, Bia et Sassandra en constituent un stock et celui de Comoé en forme un autre. L'influence des barrages construits sur le cours du Bandama, du Bia et du Sassandra est à l'origine de cette variation. Au niveau du genre *Atya*, en plus des attributs relevés sur les pattes de la troisième paire de péréiopodes, la longueur intermédiaire de la carapace discrimine les espèces recensées.

L'analyse du polymorphisme des protéines enzymatiques a montré que la différence génétique entre *Atya scabra* et les espèces de *Macrobrachium* est très nette. Les distances génétiques entre les espèces de *Macrobrachium* sont relativement faibles voire nulles. Aucune différence génétique n'a été observée entre les populations de *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii*. Chez ces deux espèces, il n'y a pas concordance entre la différence morphologique et la différence génétique. Malgré ces faibles distances obtenues, *M. felicinum* apparaît génétiquement plus différent des autres taxons spécifiques.

Des neuf espèces identifiées, *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* sont rencontrées dans tous les bassins considérés à l'exception de la rivière Banco. Les autres espèces sont présentes dans au plus deux cours d'eau. L'espèce *M. thysi* serait endémique à la Côte d'Ivoire.

La clé de détermination proposée permet une identification plus aisée des crevettes des genres *Atya* et *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. Cet outil pourra faciliter les travaux de biologie et d'écologie de ces espèces et guidera le choix d'espèces propices à la crevetticulture. Cette étude propose également des données scientifiques utiles aux programmes de diversité biologique et de gestion durable de l'Environnement.

Il est souhaitable d'étendre cette étude à tous les bassins fluviaux ivoiriens en utilisant d'autres techniques d'échantillonnage telle que la pêche électrique pour un inventaire plus large incluant des espèces de plus petite. L'utilisation d'autres méthodes génétiques comme l'analyse moléculaire (avec des marqueurs tels que les microsatellites et l'ADN mitochondrial) permettrait de mieux cerner les limites de la variabilité génétique. Compte tenu du caractère particulier de la rivière Banco (présence d'espèce endémique, inclusion totale dans une aire protégée), un inventaire de la faune carcinologique de ce cours d'eau devra être fait pour une meilleure connaissance de cette communauté.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

- ADEPO-GOURENE, A. B., 2008. Diversité génétique des populations naturelles de poissons africains d'intérêt économique des familles Carcharhinidae, Clupeidae et Cichlidae. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 207p.
- AGERBERG, A. & JANSSON, H., 1995. Allozymic comparisons between three subspecies of freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) and between populations introduced to Sweden. *Heredity*, 122 : 33-39.
- AGNESE, J-F., 1989. Différenciation génétique de plusieurs espèces de Siluriformes ouest-africains ayant un intérêt pour la pêche et l'aquaculture. Thèse de Doctorat de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, France, 216p.
- AGUIRRE, W. E. & SHERVETTE, V. R., 2005. Morphological diversity of the *Cynoscion* group (Perciformes: Sciaenidae) in the Gulf of Guayaquil region, Ecuador: A comparative approach. *Environmental Biology of Fishes*, 73 : 403-413.
- ALLEGRUCCI, G., BALDARI, F., CESARONI, D., THORPET, R. S. & SBORDONI, V., 1992. Morphometric analysis of interspecific and microgeographic variation of crayfish from a Mexican cave. *Biological Journal of the Linnean Society*, 47 : 455-468.
- ANDERSON, J. D. & MCDONALD, D. L., 2007. Morphological and genetic investigations of two western Gulf of Mexico menhadens (*Brevoortia* spp.). *Journal of Fish Biology*, 70 (Supplement A) : 139-147.
- ARNOLD, M. L., 1997. Natural hybridization and evolution. Oxford University Press, New York, 215p.
- BACHINO, A. & BOUGHDIRI M., 2005. Morphométrie des brachiopodes par modélisation mathématique combinée des tracés ouvert et fermé. Exemple d'application parmi les Terebratulidae du Jurassique moyen. *Revue de Paléobiologie*, 24 (2) : 789-802.
- BALSS, H., 1957. Decapoda. VIII. Systematik. In : BRONN, H. G. (éd.), Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 172 : 1505-1672.
- BARKO, V. A. & HRABIK, R. A., 2004. Abundance of Ohio shrimp (*Macrobrachium ohione*) and Glass shrimp (*Palaemonetes kadiakensis*) in the Unimpounded Upper Mississippi River. *American Midland Naturalist*, 151 : 265-273.
- BELKHIR, K., BORSA, P., GOUDET, G., CHIKHI, L. & BONHOMME, F., 2004. GENETIX (version 4.03), logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- BEURLEN, K., 1950. Alguns restos de crustáceos decapods d'água doce fosseseis no Brazil. *Anais da Academia brasileira de ciencias*, 22 : 453-457.

- BODEN, G., TEUGELS, G. G. & HOPKINS, C. D., 1997. A systematic revision of the large-scaled *Marcusenius* with description of a new species from Cameroon (Teleostei; Osteoglossomorpha; Mormyridae). *Journal of Natural History*, 31 : 1645-1682.
- BOOKSTEIN, F. L., CHERNOFF, B., ELDER, R. L., HUMPHRIES, J. M. Jr., SMITH, G. R. & STRAUSS, R. E., 1985. Morphometrics in evolutionary biology. The geometry of size and shape change, with examples from fishes. Special publication 15. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 277p.
- BOSTON, M. A. & PROVENZANO, A. J. Jr., 1982. Attempted Hybridization of the Grass Shrimp *Palaemonetes* (Caridea, Palaemonidae) with an Evaluation of Taxonomic Characters of Juveniles. *Estuaries*, 5 (3) : 165-174.
- BOUROCHE, J. M., SAPROTA, G., 1992. L'analyse des données. Collection Que sais-je ?, 854, 5<sup>ème</sup> édition, Presse Universitaire de France, Paris (France), 127 p.
- BOWLES, D. E., AZIZ, K. & KNIGHT, C. L., 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. *Journal of Crustacean Biology*, 20 : 158-171.
- BRIAN, V. J., FERNANDES, T., LADLE, J. R. & TODD, A. P., 2006. Patterns of morphological and genetic variability in UK populations of shore crab, *Carcinus maenas* Linnaeus, 1758 (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 329 : 47-54.
- BRITO, J. C., SANTOS, X., PLEGUEZUELOS, J. M., FAHD, S., LLORENTE, A. G. & PARELLADA, X., 2006. Morphological variability of the Lataste's viper (*Vipera latastei*) and the Atlas dwarf viper (*Vipera monticola*): patterns of biogeographical distribution and taxonomy. *Amphibia-Reptilia*, 27 : 219-240.
- BROWN, M. B. & FORSYTHE, A. B., 1974. Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69 : 264-267.
- BRUCE, A. J., 1986. Observation on the family Gnathophyllidae Dana, 1852 (Crustacea: Decapoda). *Journal of Crustacean Biology*, 6 : 463-470.
- BUHAY, E. J. & CRANDALL K. A., 2008. Taxonomic revision of cave crayfishes in the genus *Orconectes*, subgenus *orconectes* (Decapoda: Cambaridae) along the Cumberland Plateau, including a description of a new species, *Orconectes barri*. *Journal of Crustacean Biology*, 28 (1) : 57-67, 2008

- CABEZAS, P., MACPHERSON, E. & MACHORDOM, A., 2008. A new genus of squat lobster (Decapoda: Anomura: Galatheidae) from the South West Pacific and Indian Ocean inferred from morphological and molecular evidence. *Journal of Crustacean Biology*, 28 (1) : 68-75.
- CAI, Y., NAIYANETR, P. & NG, P. K. L., 2004. The freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868, of Thailand (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Journal of Natural History*, 38 : 581-649.
- CAI, Y. & NG, P. K. L., 2002. The freshwater palaemonid prawns (Crustacea: Decapoda: Caridea) of Myanmar. *Hydrobiologia*, 487 : 59-83.
- CAI, Y. & NG, P. K. L. & CHOY, S., 2007. Freshwater shrimps of the family Atyidae (Crustacea: Decapoda: Caridea) from peninsular Malaysia and Singapore. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 55 (2) : 277-309.
- CALADO, R. & NARCISO, L., 2002. Camaroes e lagostas da costa continental portuguesa. Prémio do Mar Reid, Carlos, 222p.
- CAPELLI, G. M. & CAPELLI, J. F., 1980. Hybridization between crayfish of the genus *Orconectes*: Morphological evidence (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 39 : 121-132.
- CESARONI, D., ALLEGRUCCI, G. & VALERIO SBORDONI, V., 1992. A narrow hybrid zone between two crayfish species from a Mexican cave. *Journal of evolutionary Biology*, 5 : 643-659.
- CHACE, Jr. F. A., 1992. On the classification of the Caridea (Decapoda). *Crustaceana*, 63 : 70-80.
- CHACE, Jr. F. A. & BRUCE, A. J., 1993. The caridean shrimps (Crustacea, Decapoda) of the Albatross Philippine Expedition, 1907-1910, part 6 Superfamily Palaemonidae. *Smithsonian Contribution to Zoology*, 543 : 1-152.
- CHEN, R. T., TSAI, C. F. & TZENG, W. N., 2009. Freshwater prawns (*Macrobrachium* Bate, 1868) of Taiwan with special references to their biogeographical origins and dispersion routes. *Journal of Crustacean Biology*, 29 (2) : 232-244.
- CHIKHI, L., 1995. Différenciation génétique chez *Sardinella aurita* et *S. maderensis* : allozyme et ADN mitochondrial. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 228p.
- COHEN, D., RA'ANAN, Z. & BRODY, T., 1981. Population profile development and morphotypic differentiation in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Journal of World Mariculture Society*, 12 : 231-243.

- COVICH, A. P., CROWL, T. A. & HEARTSILL-SCALLEY, T., 2006. Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid river shrimp (*Macrobrachium* spp.) in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Journal of North American Benthological Society*, 25 (1) : 99-107.
- CREASEY, S., ROGERS, A. D., 1999. Populations genetic of bathyal and abyssal organisms. *Advances in Marines Biology*, 35 : 1-151.
- CREASEY, S., ROGERS, A., TYLER, P., GAGE, J. & JOLLIVET, D., 2000. Genetic and morphometric comparisons of squat lobster, *Munidopsis scobina* (Decapoda : Anomura : Galatheidæ) populations, with notes on the phylogeny of the genus *Munidopsis*. *Deep-Sea Research II*, 47 : 87-118.
- CSŐSZ, S. & MARKÓ, B., 2004. Redescription of *Tetramorium hungaricum* Rösler, 1935, a related species of *T. caespitum* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecologische Nachrichten*, 6 : 49-59.
- CUMBERLIDGE, N. & HUGUET, D., 2003. Les crustacés décapodes du Nimba et de sa région. In : LAMOTTE, M. & ROY, R. (éds.). Le peuplement animal du mont Nimba (Guinée, Côte d'Ivoire, Liberia). Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 190 : 211-229.
- DA SILVA, R. R., SAMPAIO, C. M. S. & SANTOS, J. A., 2004. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Brazilian Journal of Biology*, 64 (3a) : 489-500.
- DARLU, P. & TASSY, P., 1993. Reconstruction phylogénétique. Concepts et méthodes. Collection biologique théorique, 7. Edition Masson, Paris, 245p.
- DE GRAVE, S., 2007. A new species of *Euryrhynchus* Miers, with a discussion of the systematic position of the Euryrhynchidae Holthuis (Crustacea, Decapoda). *Zoologischer Anzeiger*, 246 : 193-203.
- DE GRAVE, S., CAI, Y. & ANKER, A., 2008. Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595 : 287-293.
- DEBUSE, J. V., ADDISON, T. J. & REYNOLDS, D. J., 2001. Morphometric variability in UK populations of the European lobster. *Journal of Marine Biological Association of UK.*, 81 : 469-474.
- DIMMOCK, A., WILLAMSON, I. & MATHER, P. B., 2004. The influence of environment on the morphology of *Macrobrachium australiense* (Decapoda: Palaemonidae). *Aquaculture International*, 12 : 435-456.

- DOOSTI, S., VATANDOOST, H., OSHAGHI, M. A., HOSSEINI, M. & SEDAGHAT, M. M., 2007. Applying morphometric variation of Seta 2 (Antepalmate Hair) among the larvae of the members of *Maculipennis* subgroup (Diptera: Culicidae) in Iran. *Iranian Journal of Arthropod Borne Diseases*, 1 (1) : 27-36.
- DRENGSTIG, A., FEVOLDEN, S-E., GALAND, P. E. & ASCHAN, M. M., 2000. Population structure of the deep-sea shrimp (*Pandalus borealis*) in the north-east Atlantic based on allozyme variation. *Aquatic Living Resources*, 12 (2) : 121-128.
- DRYDEN, I. L. & MARDIA, K. V., 1998. Statistical shape analysis. John Wiley & Sons, Chichester, 347p.
- EDIA, O. E., BROSSE, S., OUATTARA, A., GOURENE, G., WINTERTON, P. & LEK-ANG, S., 2007. Aquatic insect assemblage patterns in four west-african coastal rivers. *Journal of Biological Sciences*, 7 (7) : 1130-1138.
- EPPE, R. & FIEVET, E., 2000. Distribution et capacités de dispersion des crevettes d'eau douce de la Guadeloupe : étude préliminaire de la structuration des populations de Cacador (*Atya innocous*) par analyse du polymorphisme enzymatique. Rapport du Centre National de la Recherche Scientifique, Université Lyon I, 25p.
- EPPE, R., PERSAT, H., BEAUDOUD, D. & BERREBI, P., 1999. Genetic variability in sculpin (genus *Cottus*) from southern France, with reference to the taxonomic status of an endemic species, *C. petti*. *Heredity*, 83 : 533-540.
- ETIM, L. & SANKARE, Y., 1998. Growth and mortality, recruitment and yield of freshwater shrimp, *Macrobrachium vollenhovenii* Herklots, 1857 (Crustacea, Palaemonidae) in the Faye reservoir, Côte d'Ivoire, West Africa. *Fisheries Research*, 38 : 211-223.
- FELGENHAUER, B. E. & MARTIN, J. W., 1983. *Atya abelei*, a new Atyid shrimp (Crustacea, Decapoda, Atyidae) from the pacific slope of Panama. *Proceedings Biological Society Washington*, 96 (2) : 333-338.
- FERRITO, V., MANNINO, M. C., PAPPALARDO, A. M. & TIGANO, C., 2007. Morphological variation among populations of *Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Teleostei, Cyprinodontidae) from the Mediterranean. *Journal of fish Biology*, 70 : 1-20.
- FIEVET, E., EPPE, R. & DOLEDEC, S., 2001. Etude de la variabilité morphométrique et génétique des populations de Cacadors (*Atya innocous* et *Atya scabra*) de l'île de Basse-Terre. Rapport du Centre National de la Recherche Scientifique, Université Lyon I, 82p.
- FINCHAM, A. A., 1987. A new species of *Macrobrachium* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) from Northern Territory, Australia and a key to Australian species of the genus. *Zoologica scripta*, 16 (4) : 351-354.

- FINCHAM, A. A. & WICKINS, J. F., 1976. Identification of commercial prawns and shrimps. *British Museum Publications*, 779, 7p.
- FISCHER, W., BIANCHI, G. & SCOTT, W. B., 1981. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est. Zone de pêche 34, 47. Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Ottawa, Vol. 6, pages variables.
- FONSECA, M. M., BRITO, J. C., ROBELO, H., KALBOUSSI, M., LARBES, S., CARRETERO, M. A. & HARRIS, J., 2008. Genetic variation among spiny-footed lizards in the *Acanthodactylus pardalis* group from North Africa. *African Zoology* 43 (1) : 8-15.
- FOSSATI, O., MOSSERON, M. & KEITH, P., 2002. Distribution and habitat utilization in two Atyid shrimps (Crustacea : Decapoda) in rivers of Nuku-Hiva Island (French Polynesia). *Hydrobiologia*, 472 : 197-206.
- GALAND, P. E. & FEVOLDEN, S-E., 2000. Population structure of *Claus* Islamic in the Northeast Atlantic-northern stocks compared with a southern relict population. *Sarcia*, 85 : 183-188.
- GARCÍA-DÁVILA, C. R., MAGALHÃES C. & GUERRERO J. C. H., 2005. Morphometric variability in populations of *Palaemonetes* spp. (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from the Peruvian and Brazilian Amazon Basin. *Iheringia, Série Zoologie*, 95 (3) : 327-334.
- GEERINCKX, T., ADRIAENS, D., TEUGELS, G. G. & VERRAES, W., 2004. A systematic revision of the African catfish genus *Parauchenoglanis* (Siluriformes: Claroteidae). *Journal of Natural History*, 38 : 775-803.
- GIRARD, G., SIRCOULON, J. & TOUCHEBEUF, P., 1971. Aperçu sur le régime hydrologique. In : AVENARD, J. M., ELDIN, M., GIRARD, G., SIRCOULON, J., TOUCHEBEUF, P., GUILLAUMET, J. L., ADJANOHOON, E. & PERRAUD, A. (éds.). Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTORM, Paris, 50 : 109-155.
- GOMEZ-UCHIDA, D., WEETMAN, D., HAUSER, L., GALLEGUILLOS, R. & RETAMAL, M., 2003. Allozyme of AFLP analyses genetic population structure in the hairy edible crab *Cancer setosus* from the Chilean coast. *Journal of Crustacean Biology*, 23 (2) : 486-494.
- GOORE BI, G., 1998. Contribution à l'étude des crevettes d'eau douce de Côte d'Ivoire : systématique, biologie et analyse socio-économique de la pêche de *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots 1857) et de *M. macrobrachion* (Herklots 1851) (Crustacea Decapoda, Palaemonidae) du bassin de la Bia. Thèse de Doctorat 3è cycle, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 145p.

- GOORE BI, G., GOURENE, G., N'DOUBA, V. & KOUASSI, N. J., 2001. Rythme d'activité et rythme alimentaire de deux espèces de crevettes d'eau douce ouest africain : cas de la rivière Bia (Côte d'Ivoire). *Sciences et Technique, Sciences Naturelles et Agronomie*, 25 (2) : 17-24
- GOORE BI, G., GOURENE, G., N'DOUBA, V. & KOUASSI, N. J., 2004. Stratégie de reproduction de deux espèces de crevette d'eau douce *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) et *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) de la rivière Bia. *Revue Internationale, Science de la Vie et de la Terre*, 4 : 116-127.
- GOULA, B. T. A., SAVANE, I., KONAN, B., FADIKA, V. & KOUADIO, G. B., 2006. Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *Vertigo – La revue en sciences de l'environnement*, 7 (1) : 1-12.
- GOURENE, G., 1988. Révision systématique des Clupeidae d'eau douce de l'Ouest et du Centre Africain : Morphologie, Biométrie, Ostéologie et Zoogéographie des genres *Pellonula*, *Odaxothrissa*, *Cynothrissa*, *Poecilothrissa* et *Microthrissa*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 288p.
- GOURENE, G. & TEUGELS G. G., 1991a. Révision du genre *Pellonula* des eaux douces africaines (Pisces : Clupeidae). *Ichthyological Explorations of Freshwaters*, 2 (3) : 213-225.
- GOURENE, G. & TEUGELS G. G., 1991b. Révision systématique des genres *Odaxothrissa* Boulenger, 1899 et *Cynothrissa* Regan, 1917 (Pisces : Clupeidae) des eaux douces et saumâtres de l'Afrique. *Revue de Zoologie Africaine*, 22 : 129-156.
- GOUWS, G., STEWART, B. A. & MATTHEW C. A., 2005. Lack of taxonomic differentiation in an apparently widespread freshwater isopod morphotype (Phreatoicoidea: Mesamphisopidae: *Mesamphisopus*) from South Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37 : 289-305.
- GRANDJEAN, F. A., ROMAIN, D., AVILA-ZARZA, C., BRAMARD, M., STOUT-GROSSET, C. & MOCQUARD, J. P., 1997. Morphometry, sexual dimorphism and size at first maturity of white clawed crayfish, *Austropotambius pallipes pallipes* (Lereboullet) from a wild French population at Deux-Sevres (Decapoda, Astacidae). *Crustacean*, 70 : 31-44.
- GRAZIANI, C., MORENO, C., VILLARROEL, E., ORTA, T., LODEIROS, C. & DE DONATO, M. 2003. Hybridization between the freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) and *M. carcinus* (L.). *Aquaculture*, 217 : 81-91.

- GRIESSINGER, J. M., LACROIX, D. & GONDOUIN, P., 1991. L'élevage de la crevette tropicale d'eau douce. Ifremer, 394p.
- HAFNER, M. S., SPRADLING, T. A., LIGHT, J. E., HAFNER, D. J. & DEMBOSKI, J. R., 2004. Systematic revision of pocket gophers of the *Cratogeomys gymnurus* species group. *Journal of Mammalogy*, 85 (6) : 1170-1183.
- HARTL, D. L. & CLARK, A. G., 1997. Principles of population's genetics. Sinauer Associates Inc. Edition, 682p.
- HEDGECOCK, D., STELMACH, D. J., NELSON, K., LINDENFELSER, M. E. & MACHELA, S. R., 1979. Genetic divergence and biogeography of natural population of *Macrobrachium rosenbergii*. *Proceedings of World Mariculture Society*, 10 : 875-879.
- HERNÁNDEZ, L., MURUGAN, G., RUIZ-CAMPOS, G. & MAEDA-MARTÍNEZ, A. M., 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California peninsula, México. *Journal of Crustacean Biology*, 27 (2) : 351–369.
- HOBBS, H. H. & HART, C. W., 1982. The shrimp genus *Atya* (Decapoda: Atyidae). *Smithsonian Contribution to Zoology*, 364 : 1-143.
- HOLTHUIS, L. B., 1950. The Palaemonidae collected by the Siboga and Snellius expeditions with remarks on other species. I. Subfamily Palaemoninae. Siboga Exp. Monogr., 39, 268p.
- HOLTHUIS, L. B., 1980. FAO species catalogue. Vol. 1. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Symposium*, 1 (125) : 1-261.
- HOLTHUIS, L. B., 1993. The Recent Genera of the Caridean and Stenopodidean Shrimps (Crustacea, Decapoda) with an Appendix on the Order Amphionidacea. Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden, 328p.
- HOLTHUIS, L. B. & PROVENZANO, A. J., 1970. A new distribution records for species of *Macrobrachium* with notes on the distribution of the genus in Florida (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 19 (2) : 211-213.
- HUMPHRIES, J. M., BOOSTEIN, F. L., CHERNOFF, B., SMITH, G. R., ELDER, R. L. & POSS, S. G., 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Systematic Zoological*, 30 : 291-308.
- IHSSEN, P. E., BOOKE, H. E., CASSELMAN, J. M., MCGLADE, J. M., PAYNE, N. R., UTTER, F. M., 1981. Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, 38 : 1838-1855.
- ITIS, 2001. [http://www. Itis.usda.gov/](http://www.Itis.usda.gov/).

- JAIN, A. K., DUIN, R. P. W. & MAO, J., 2000. Statistical pattern recognition: a review. *IEEE Transaction on Pattern Analysis of Machine Intelligence*, 22 (1) : 4-37.
- JAYACHANDRAN, K. V., 1998. The taxonomic status of *Macrobrachium birmanicum* (Schenkel) and *M. choprai* (Tiwari) with a note on closely related species. *Indian Journal of Fisheries*, 45 (3) : 345-348.
- JAYACHANDRAN, K. V., 2001. Palaemonid prawns: Biodiversity, Taxonomy, Biology and Management. Enfield, Science Publishers, 640p.
- JAYACHANDRAN, K. V. & JOSEPH, N. I., 1988. Length-weight relationship of two Palaemonid prawn *Macrobrachium idella* and *M. scabriculum*: A comparative study. *Fishery Technology*, 25 : 189-195.
- JAYACHANDRAN, K.V., LAL MOHAN, R. S. & RAJI, A.V., 2007. A new species of *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae) from the dolphin trenches of Kulsu River, N. India, possibly under threat *Zoologischer Anzeiger*, 246 : 43-48.
- JUANES, F. & SMITH, L. D., 1995. The ecological consequences of limb damage and loss in decapods crustaceans: a review and prospectus. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 193 : 197-223.
- KAZMI, Q. B., SIDDIQUI, F. A. & KAZMI, M. A., 2002. Range extension of *Caridina weberi sumatrensis* De Man, 1892 (Decapoda, Caridea, Atyidae) to Sindh waters (Karachi, Pakistan). *Turkish Journal of Zoology*, 26 : 43-46.
- KEITH, P. & VIGNEUX, E., 2002. Revue des crustacés Atyidae et Palaemonidae d'eau douce de Polynésie française avec description d'une nouvelle espèce de *Macrobrachium*. *Bulletin Français de Pêche Pisciculture*, 364 : 121-145.
- KLOTZ, W., KARGE, A. & VON RINTELEN, K., 2007. A redescription of two atyid shrimps (Decapoda: *Caridina*) from Central Sulawesi, Indonesia. *Zootaxa*, 1466 : 1-10.
- KONAN, K. F., LEPRIEUR, F., OUATTARA, A., BROSSE, S., GRENOUILLET, G., GOURENE, G., WINTERTON, P. & LEK, S., 2006. Spatio-temporal patterns of fish assemblages in coastal West African rivers: a Self-Organizing Map approach. *Aquatic Living Resources*, 19 : 361-370.
- KONAN, K. M., OUATTARA, A., ADEPO-GOURENE, A. B. & GOURENE, G., 2008. Morphometric differentiation between two sympatric *Macrobrachium* Bates 1868 shrimps (Crustacea Decapoda Palaemonidae) in West-African rivers. *Journal of Natural History*, 42 (31-32) : 2095-2115.
- KOSHY, M., 1973. Studies on the sexual dimorphism in the freshwater prawn *Macrobrachium dayanum* (Henderson, 1893) (Decapoda, Caridea), II. *Crustaceana*, 24 : 110-118.

- KURIS, A. M., RA'ANAN, Z., SAGI, A. & COHEN, D., 1987. Morphotypic differentiation of male Malaysian giant prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Crustacean Biology*, 7 : 219-237.
- LAUGINIE, F., 2007. Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. Edition CEDA/NEI et Afrique Nature : 668p.
- LEVEQUE, C., 1974. Crevettes d'eau douce de la Guadeloupe (Atyidae et Palaemonidae). *Cahier ORSTOM, Série Hydrobiologie*, 8 (1) : 41-49.
- LEVEQUE, C., DEJOUX, C. & ILTIS, A., 1983. Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. *Hydrobiologia*, 100 : 113-141.
- LINDENFELSER, M. E., 1984. Morphometric and allozymic congruence: evolution in the prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda Palaemonidae). *Systematic Zoology*, 33 (2) : 195-204.
- LIU, M-Y., CAI, Y-X. & TZENG, C-S., 2007. Molecular systematics of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) inferred from mtDNA sequences, with emphasis on East Asian species. *Zoological studies*, 46 (3) : 272-289.
- LOCKWOOD, C. A., KIMBEL, W. H. & LYNCH, J. M., 2004. Morphometrics and hominoid phylogeny: Support for a chimpanzee-human clad and differentiation among great ape subspecies. *Proceedings National Academy Science USA*, 101 (13) : 4356-4360.
- MACHOLÁN, M., MIKULA, O. & VOHRALÍK, V., 2008. Geographic phenetic variation of two eastern-Mediterranean non-commensal mouse species, *Mus macedonicus* and *M. cypriacus* (Rodentia: Muridae) based on traditional and geometric approaches to morphometrics. *Zoologischer Anzeiger*, 247 : 67-80.
- MAGALHÃES, C. & PEREIRA, G., 2007. Assessment of the decapod crustacean diversity in the Guyana Shield region aiming at conservation decisions. *Biota Neotropica*, 7 (2) : 111-124.
- MALECHA, S. R., 1977. Genetics and selective breeding of *Macrobrachium rosenbergii*. In : HANSON, J. A. & GOODWIN, H. L. (éds.). *Shrimp and Prawn farming in Western Hemisphere*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, USA : 328-355.
- MAMURIS, Z., APOSTOLIDIS, A. P., PANAGIOTAKI, P., THEODOROU, A. J. & TRIANTAPHYLLIDIS, C., 1998. Morphological variation between red mullet populations in Greece. *Journal of Fish Biology*, 52 : 107-117.

- MANTEL, S. K. & DUDGEON, D., 2004. Effects of *Macrobrachium hainanense* predation on benthic community functioning in tropical Asian streams. *Freshwater Biology*, 49 : 1306-1319.
- MARCH, J. G. & PRINGLE, C. M., 2003. Food web structure and basal resource utilization along a tropical island stream continuum, Puerto Rico. *Biotropica*, 35 : 84-93.
- MARCH, J. G., PRINGLE, C. M., TOWNSEND, M. J. & WILSON, A. I., 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biology*, 47 (3) : 377-390.
- MARIAPPAN, P. & BALASUNDARAM, C., 2004. Studies on the morphometry of *Macrobrachium nobilii* (Decapoda, Palaemonidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47 (3) : 441-449.
- MARIAPPAN, P., BALASUNDARAM, C. & SCHMITZ, B., 2000. Decapod crustacean chelipeds : an overview. *Journal of Bioscience*, 25 (3) : 301-313.
- MARIOGHAË, I. E., 1982. Notes on biology and distribution of *Macrobrachium vollenhovenii* and *Macrobrachium macrobrachion* in the Lagos lagoon (Crustacean, Decapoda, Palaemonidae). Nigeria Institute of Oceanology and Marine Research. *Revue de Zoologie Africaine*, 96 (3) : 493-508.
- MARQUES, J. F., REGO, A. L., COSTA, J. L., COSTA, J. M. & CABRAL, H. N., 2006. Genetic and morphological differentiation of the Lusitanian toadfish (*Halobatrachus didactylus*) between estuarine and coastal areas in Portugal. *Scientia Marina*, 70 (4) : 749-758.
- MARTIN, J. W. & DAVIS, G. E., 2001. An updated classification of the Recent Crustacea. *Natural History Museum Los Angeles County, Science Serie*, 39 : 1-24.
- MATHER, P. B. & DE BRUYN, M., 2003. Genetic diversity in wild stock of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Implications for aquaculture and conservation. *NAGA, WorldFish Center Quarterly*, 26 (4) : 4-7.
- MAYR, E., 1970. Populations, species and evolution. An abridgment of animal species and evolution. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 453p.
- Mc VEAN, A., 1982. Autotomy. In : BLISS, D. E. (éd.). The biology of Crustacea. Academic press, New York, 2 : 197-256.
- MONOD, T., 1966. Crevettes et crabes des côtes occidentales d'Afrique. In : GORDON, I., HALL, D. N. F., MONOD, T., GUINOT, D., POSTEL, E., HOESTLANDT, H. & MAYRAT, A. (éds.). Réunion de spécialistes C. S. A. sur les crustacés. Mémoires de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, Zanzibar, N°77 : 103-234.

- MONOD, T., 1977. Sur quelques Crustacés Décapodes africains (Sahel, Soudan). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 3<sup>ème</sup> série*, N° 500 : 1201-1215.
- MONOD, T., 1980. Décapodes. In : DURAND, J. R. & LEVEQUE, C. (éds.). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne. ORSTOM, Paris, Tome I, 44 : 369-389.
- MORAES-RIODADES, P. M. C. & VALENTI, W. C., 2004. Morphotypes in male Amazon River prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*, 236 : 297-307.
- MULLEY, F. C. & LATTE, B. D. H., 1980. Genetic variation and evolutionary relationships within a group of thirteen species of penaeid shrimps. *Evolution*, 34 (5) : 904-916.
- MURPHY, C. E., HOOVER, J. J., GEORGE, S. G. & KILLGORE, K. J., 2007. Morphometric variation among river sturgeons (*Scaphirhynchus* spp.) of the Middle and Lower Mississippi River. *Journal of Applied Ichthyology*, 23 : 313-323.
- MURPHY, N. P. & AUSTIN, C. M., 2002. A preliminary study of 16S rRNA sequence variation in Australian *Macrobrachium* shrimps (Palaemonidae: Decapoda) reveals inconsistencies in their current classification. *Invertebrates Systematics*, 16 : 697-701.
- MURPHY, N. P. & AUSTIN, C. M., 2003. Molecular taxonomy and phylogenetics of some species of Australian palaemonid shrimps. *Journal of Crustacean Biology*, 23 : 169-177.
- MURPHY, N. P. & AUSTIN, C. M., 2005. Phylogenetic relationships of the globally distributed freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae): Biogeography, taxonomy and the convergent evolution of abbreviated larval development. *Zoologica Scripta*, 34 (2) : 187-197.
- MURTA, A. G., 2000. Morphological variation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Iberian and North African Atlantic: implications for stock identification. *ICES Journal of Marine Science*, 57 : 1240-1248.
- NÆSJE, T. F., VUORINEN, J. A. & SANDLUND, O. T., 2004. Genetic and morphometric differentiation among sympatric spawning stocks of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in Lake Femund, Norway. *Journal of Limnology*, 63 (2) : 233-243.
- NAGAMINE, C. & KNIGHT, A. W., 1980. Development, maturation and function of some sexually dimorphic structures of the Malaysian prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 76 : 363-376.
- NEI, M., 1972. Genetic distance between populations. *American Naturalist*, 106 : 283-292.
- NEI, M., 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89 : 583-590.

- NEW, M. B. & SINGHOLKA, S., 1985. Production des crevettes d'eaux douces. Manuel d'élevage de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Document Technique sur les Pêches, 225, 132p.
- NIAMIEN-EBROTTIE, J. E., OUATTARA, A., OUATTARA, M. & GOURENE, G., 2008. Composition and structure of Diatoms assemblages of a tropical Coast rivers (Eholié, Ivory Coast). *European Journal of Scientific Research*, 20 (1) : 44-55.
- N'ZI, K. G., 2007. Diversité biologique des peuplements de crevettes d'eaux douces de Côte d'Ivoire en relations avec les variables environnementales du milieu. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 178p.
- N'ZI, K. G., GOORE BI, G., KONE, T., KOUAMELAN, E. P., N'DOUBA, V. & OLLEVIER, F., 2008. Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans un petit bassin ouest africain – rivière Boubo – Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 26 (1) : 17-23.
- N'ZI, K. G., GOORE BI, G., KOUAMELAN, E. P., KONE, T., N'DOUBA, V. & OLLEVIER, F., 2003. Diversité biologique des crevettes d'un petit bassin côtier ouest africain, rivière Mé, Côte d'Ivoire en relation avec les variables environnementales. *Sciences et Technique, Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 27 (1 & 2) : 17-27.
- OUATTARA, A., PODOOR, N. & GOURENE, G., 2001. Etudes préliminaires de la distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un système fluvio-lacustre africain (Bassin Bia ; Côte d'Ivoire). *Hydroécologie Appliquée*, 13 (1) : 113-132.
- PAGE, T. J., COOK, B. D., VON RINTELEN, T., VON RINTELEN, K. & HUGHES, J. M., 2008. Evolutionary relationships of Atyid shrimps imply both ancient Caribbean radiations and common marine dispersals. *Journal of the North American Benthological Society*, 27 (1) : 68-83.
- PARK, G. M., YONG, T. S., IM, K. I. & LEE, K. J., 2000. Isozyme electrophoresis patterns of the fluke, *Clonorchis sinensis* from Kimhae, Korea and from Shenyang, China liver. *The Korean Journal of Parasitology*, 38 (1) : 45-48.
- PASTEUR, N., BONHOMME, F., AQUACOP, SEAFDEC & LIAO, D., 1983. Variabilité génétique de quelques espèces de crevettes péneïdes d'intérêt aquacole. Bases biologiques de l'aquaculture. Montpellier. IFREMER. Actes de Colloques, 1 : 175-180.
- PASTEUR, N., PASTEUR, G., BONHOMME, F., CATALAN, J. & BRITTON-DAVIDIAN, J., 1987. Manuel de génétique par électrophorèse des protéines. Collection technique et documentation. Edition Lavoisier, Paris, 217p.

- PASTEUR, N., PASTEUR, G., BONHOMME, F., CATALAN, J. & BRITTON-DAVIDIAN, J., 1988. Practical isozyme genetics. Ellis Horwood Limited, 215p.
- PAUGY, D. & LEVEQUE, C., 1999. Taxinomie et systématique. *In* : LEVEQUE, C. & PAUGY, D. (éds.). Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, Ecologie, Utilisation par l'Homme. Edition IRD : 97-120.
- PEREIRA, G., 1997. A cladistic analysis of the freshwater shrimps of the family Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Caridae). *Acta Biologica Venezuelica*, 17 (suplemento 1) : 1-69.
- PERRY, W. L., LODGE, D. M. & FEDER, J. L., 2002. Importance of hybridization between indigenous and noindigenous freshwater species: an overlooked threat to North American biodiversity. *Systematic Biology*, 51 : 255-275.
- POULET, N., BERREBY, P., CRIVELLI, A. J., LEK, S. & ARGILLIER, C., 2004. Genetic and morphometric variation in the pikeperch (*Sander lucioperca* L.) of a fragmented delta. *Archiv für Hydrobiologie*, 159 (4) : 531-554.
- POULET, N., REYJOL, Y., COLLIER, H. & LEK, S., 2005. Does fish scale morphology allow the identification of population at a local scale? A case study for rostrum dace *Leuciscus leuciscus burdigalensis* in river Viaur (SW France). *Aquatic Sciences*, 67 : 122-127.
- POUPIN, J., 2005. Systématique et Ecologie des Crustacés Décapodes et Stomatopodes de Polynésie Française. Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Perpignan, France, 125p.
- POWELL, C. B., 1976. Two new freshwater shrimps from West Africa: the first euryrhynchinids (Decapoda, Palaemonidae) reported from the Old World. *Revue de Zoologie Africaine*, 90 : 883-902.
- POWELL, C. B., 1980. The genus *Macrobrachium* in West Africa. I: *M. thysi*, a new large-egged species from Ivory Coast (Crustacea Decapoda Palaemonidae). *Revue de Zoologie africaine*, 94 : 317-326.
- QUILANG, J. P., BASIAO, Z. U., PAGULAYAN, R. C, RODEROS, R. R. & BARRIOS, E. B. 2007. Meristic and morphometric variation in the silver perch, *Leiopotherapon plumbeus* (Kner, 1864), from three lakes in the Philippines. *Journal of Applied Ichthyology*, 23 : 561-567.
- RAMOS-GUSMÃO, J., LAZOSKI, C. & SOLE-CAVA, A. M., 2005. Population genetic structure of Brazilian shrimp species (*Farfantepenaeus* sp., *F. Paulensis* and *Litopenaeus schmitti* : Decapoda : Penaeidae). *Genetics and Molecular Biology*, 28 (1) : 165-171.

- RAMOS-PAREDES, J. & GRIJALVA-CHON, J. M., 2003. Allozyme genetic analysis in hatchery strains and wild blue shrimp, *Penaeus (Litopenaeus) stylirostris* (stimpson), from the Gulf of California. *Aquaculture Research*, 34 : 221-234.
- RAMOS-PORTO, M. & COELHO, P. A., 1998. Malacostraca. Eucarida. Caridea (Alpheoidea excluded). In : YOUNG, P. S. (éd.). Catalogue of crustacea of Brazil. Rio de Janeiro : Museu Nacional, 6 : 325-350.
- RANJEET, K. & KURUP, B. M., 2002. Heterogeneous individual growth of *Macrobrachium rosenbergii* male morphotypes. *Naga, the ACLARM Quarterly*, 25 : 13-18.
- RAO, K. J. & TRIPATHI, S. D., 1993. A manual on giant freshwater prawn hatchery. Central Institute of Freshwater Aquaculture, Indian Council of Agricultural Research, Kausalyaganga, Bhubaneswar, 751002, ser. 2, 50p.
- RIDGE, J., SIMON, T. P., KARNIS, D. & ROBB, J., 2008. Comparison of three burrowing crayfish capture methods based on relationships with species morphology, seasonality and habitat quality. *Journal of Crustacean Biology*. 28 (3) : 466-472.
- SAGE, R. D., LOISELLE, P. V., BASASIBWAKI, P. & WILSON, A. C., 1984. Molecular versus morphological changes among Cichlid fishes of Lake Victoria. In : ECHELLE, A. A. & KORNFIELD, I. (éds.). Evolution of fish species flocks. Orono (Maine), University of Maine at Orono press : 185-202.
- SANKOLLI, K. N., SHENOY, S., JAHILAL, D. R. & ALMELKAR, G. B., 1982. Crossbreeding experiment with the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and *M. malcolmsonii*. In : NEW M. B (éd.). Developments in Aquaculture and Fisheries Science 10: Giant Prawn Farming, Elsevier, Amsterdam : 91-98.
- SANT'ANNA, B. S., ZANGRANDE, C. M., REIGADA, A. L. D. & PINHEIRO, M. A. A., 2006. Shell utilization pattern of the hermit crab *Clibanarius vittatus* (Crustacea, Anomura) in an estuary at São Vicente, State of São Paulo, Brazil. *Iheringia, Série Zoologie*, 96 (2) : 261-266.
- SARDA, F., BAS, C., ROLDÁN, M. I., PLA, C. & LLEORNART, J., 1998. Enzymatic and morphometric analyses in Mediterranean populations of the rose shrimp, *Aristeus antennatus* (Risso, 1986). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 22 : 131-144.
- SAVANE, I., COULIBALY, K. M. & GIOAN, P., 2003. Etude comparative de trois méthodes de calcul du coefficient de tarissement des cours d'eau. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 14 (1) : 37-42.

- SCHNEIDER, W., 1992. FAO species identification sheets for fishery purposes. Fields guide to the commercial marine resources of the Gulf of Guinea. FAO Regional Office for Africa, Rome, 268p.
- SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. & CHEN, H. J., 1968. A comparative study of various tests of normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63 : 1343-1372.
- SHOKITA, S., 1978. Larval development of interspecific hybrid between *Macrobrachium asperalum* from Taiwan and *Macrobrachium shokitai* from the Ryukyus. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 44 : 1187-1195.
- SHORT, J. W., 2004. A revision of Australian river prawns, *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia*, 525 : 1-100.
- SILVA, A., 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 60 : 1352-1360.
- SIMPSON, G. G., 1961. Principles of animals taxonomy. The species and lower categories. Columbia University Press, New York, 247p.
- SMITH, D. G., 1981. Evidence for hybridization between two crayfish species (Decapoda: Cambaridae: *Orconectes*) with a comment on the phenomenon in Cambarid Crayfish. *American Midland Naturalist*, 105 : 405-407.
- SNEATH, P. H. A., & SOKAL, R. R., 1973. Numerical taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification. Freeman W. H., San Francisco, 573p.
- SOEWARDI, K., 1988. Caractérisation des populations de *Thymallus thymallus* L. et de *Rutilus rutilus* L. dans le réseau fluvial de Rhône. Approche par l'étude du polymorphisme enzymatique. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon I, France, 141p.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J., 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman & Company, New York, 887p.
- SOTELO, G., MORÁN, P. & POSADA, D., 2008. Genetic identification of the Northeastern Atlantic spiny spider crab as *Maja brachydactyla* Balss, 1922. *Journal of Crustacean Biology*, 28 (1) : 76-81.
- SPENCE, H. R. & KNOWLTON, R. E., 2008. Morphological and developmental differences in three species of the snapping shrimp genus *Alpheus* (Crustacea, Decapoda). *Southeastern Naturalist*, 7 (2) : 207-218.
- STRECKER, U., 2006. Genetic differentiation and reproductive isolation in a *Cyprinodon* fish species flock from Laguna Chichancanab, Mexico. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39 : 865-872.

- STRECKER, U., MEYER, C. G., STURMBAUER, C., WILKENS, H., 1996. Genetic divergence and speciation in an extremely young species flock in Mexico formed by the genus *Cyprinodon* (Cyprinodontidae, Teleostei). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 6 : 143–149.
- SUŠNIK, S., KNIZHIN, I., SNOJ, A. & WEISS, S., 2006. Genetic and morphological characterization of a Lake Ohrid endemic, *Salmo (Acantholingua) ohridanus* with a comparison to sympatric *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology*, 68 (Supplement A) : 2-23.
- SUZUKI, H. & KUSAMURA, T., 1997. Reexamination of diagnostic characters of two freshwater Palaemonid prawns, *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) and *M. formosense* Bate, 1868 (Decapoda, Caridae) from Japan. *Crustaceana*, 70 : 831-839.
- TALARICO, F., ROMEO, M., MASSOLO, A., BRANDMAYR, P. & ZETTO, T., 2007. Morphometry and eye morphology in three species of *Carabus* (Coleoptera: Carabidae) in relation to habitat demands. *Journal Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45 (1) : 33-38.
- TEUGELS, G. G., 1986. A systematic revision of African species of the genus *Clarias* (Pisces, Clariidae). *Annales du musée royal de l'Afrique Centrale, Sciences Zoologiques*, 247, 199p.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D. F. E., 1970. Bijdrage tot een systematische bibliographische monographie van het genus *Tilapia* (Pisces : Cichlidae). Ph. D. Thesis, Rijksuniversiteit Gent, Belgium, 261p.
- TOMASSONE, R., 1988. Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante, STSA-ITCF, Paris, 55p.
- TOMOVÍČ, L. & DŽUKÍČ, G., 2003. Geographic variability and taxonomy of the nose-horned viper, *Vipera ammodytes* (L. 1758), in the central and eastern parts of the Balkans: a multivariate study. *Amphibia-Reptilia*, 24 : 359-377.
- TSHIBWABWA, S. M., 1997. Systématique des espèces africaines du genre *Labeo* (Teleostei, Cyprinidae) dans les régions ichtyogéographiques de Basse-Guinée et du Congo. Thèse de Doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix. Faculté des Sciences, Belgique, 530p.
- TURAN, C., YALÇIN, Ş., TURAN, F., OKUR, E. & AKYURT, İ., 2005. Morphometric comparisons of African catfish, *Clarias gariepinus*, populations in Turkey. *Folia Zoologica*, 54 (1-2) : 165-172.
- TZENG, T. D. & YEH, S. Y., 2004. Variation of Multivariate Allometry for Sword Prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*) in the East China Sea and Taiwan Strait. *Journal of Fishery Society of Taiwan*, 31 (3) : 173-182.

- VALENCIA, D. M. & CAMPOS, M. R., 2007. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa*, 1456 : 1-44.
- VANDEN BOSSCHE, J. P. & BERNACSEK, G. M., 1990. Source book for the inland fishery resources of Africa. FAO Fisheries Technical paper, 1812, Rome, 240p.
- VILLE, J. P., 1970. Recherches sur la reproduction des *Macrobrachium* des lagunes ivoiriennes. I- la fécondité précoce chez les *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. *Annales de l'Université d'Abidjan, série. E, (Ecologie)*, 3 (1) : 253-262.
- VILLE, J. P., 1971. Ecologie des *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. Rôle de la température et de la salinité. *Annales de l'Université d'Abidjan, série. E, (Ecologie)*, 4 : 317-324.
- VILLE, J. P., 1972. Cycle ovarien saisonnier chez *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots 1857), Décapode, Palaemonidae, en Côte d'Ivoire. *Annales de l'Université d'Abidjan, série. E, (Ecologie)*, 5 (1) : 561-576.
- WALDMAN, J. R., RICHARDS, R. A., SCHILL, W. B., WIRGIN, I., FABRIZIO, M. C., 1997. An empirical comparison of stock identification techniques applied to striped bass. *Transactions American Fishery Society*, 126 : 369-385.
- WALKER, T. M. & POORE, G. C. B., 2003. Rediagnosis of *Palaemon* and differentiation of southern Australian species (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Memoirs of Museum Victoria*, 60 (2) : 243-256.
- WARD, D. & SMITH, J. N. M., 1998. Morphological differentiation of brown-head cowbirds in the Okanagan valley British Columbia. *The condor*, 100 : 1-7.
- WARD, J. H., 1963 Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58 : 236-244.
- WARHEIT, K. I., 1992. The role of morphometrics and cladistics in the taxonomy of fossils: a paleornithological example. *Systematic Biology*, 41 (3) : 345-369.
- WERNER, Y. L., SIVAN, N., KUSHNIR, V. & MOTRO, U., 1999. A statistical approach to variation in *Cerastes* (Ophidia: Viperidae), with the description of two endemic subspecies. In : JOGER, U. (éd.). *Phylogeny and Systematics of the Viperidae* : 83-97.
- WINEMILLER, K. O., 1991. Ecomorphological diversification in lowland fish assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs*, 61 (4) : 343-365.
- WOWOR, D & CHOY, S. C., 2001. The freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from Brunei Darussalam. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 49 : 269-289.

- WOWOR, D, MUTHIU, V., MEIER, R., BALKE, M., CAI, Y. & NG, P. K.L., 2009. Evolution of life history traits in Asian freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) based on multilocus molecular phylogenetic analysis. *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 52 : 340-350.
- WRIGHT, S., 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, 16 : 97-159.
- WRIGHT, S., 1951. The genetical structure of populations. *Ann. Eugen.*, 15 : 323-354.
- YAM, R. S. W. & CAI, Y., 2003. *Caridina trifasciata*, a new species of freshwater shrimp (Decapoda, Atyidae) from Hong Kong. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 51 (2) : 277-282.
- ZAR, J. H., 1999. Biostatistical Analysis. 4<sup>th</sup> Edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 662p.
- ZOUROS, E. & FOLTZ, D. W., 1984. Possible explanations of heterozygote deficiency in bivalve molluscs. *Malacologia*, 25 : 583-591.

# **ANNEXES**

## Annexes

Annexe 1 : Composition des tampons (A) (Pasteur *et al.*, 1988) et des systèmes enzymatiques (B).

### A

Tampons	
Tampon de migration	Tampon-gel
TC 6,3 (Tris-Citrate pH 6,3) 16,2 g Tris (0,22 M), 10,8 g d'acide citrique (0,08 M), H <sub>2</sub> O Qsp 600 mL, ajuster le pH à 6,3 avec le Tris (1 M) ou de l'acide citrique (1 M).	Le tampon de migration est dilué 19 fois

### B

Systèmes enzymatiques	Réactifs de révélation
Aspartate aminotransferase (AAT)	40 mL de Tris-HCl (0,2) pH 8,0 ; 10 mg de pyridoxal-5-phosphate ; 80 mg d'acide aspartique ; 160 mg d'acide ketoglutarique ; 80 mg de fast Blue BB
Acotinase (ACO)	85 mg d'acide cis aconitique ; 1 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 0,5 mL de NADP ; 5 mL de Tris HCl ; 6 mL de IDH ; 0,5 mL de MTT ; 0,5 mL de PMS ; 5-8 mL de agar.
Adenylate kinase (AK)	5 ml de Tris-HCl (0,2 M) pH 8,0 ; 50 mg de glucose ; 1 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 1 mL de NAD ; 0,5 mL de NADP, 10 mg de ADP ; 15 mg de Pyruvate ; 6 µL de Glucose-6-phosphate déshydrogénase (1,7 unités) ; 5 µL de Hexokinase (1,7 unités) ; 1 mL de MTT ; 0,5 mL de PMS, 2 mL d'agar.
Créatine kinase (CK)	5 ml de Tris-HCl (0,2 M) pH 8,0 ; 50 mg de glucose ; 1 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 1 mL de NAD ; 0,5 mL de NADP, 10 mg de ADP ; 15 mg de Phosphocréatine, 15 mg de Pyruvate ; 6 µL de Glucose-6-phosphate déshydrogénase (1,7 unités) ; 5 µL de Hexokinase (1,7 unités) ; 1 mL de MTT ; 0,5 mL de PMS, 2 mL d'agar.
Lactate déshydrogénase (LDH)	20 mL de Tris-HCl (0,2 M) ; 1 mL de NAD ; 6 mL d'acide lactique ; 0,5 mL de NBT ; 0,5 mL de PMS.
Malate déshydrogénase (MDH)	35 mL de Tris-HCl (0,2 M) ; 0,5 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 2 mL de NAD ; 5 mL d'acide malique ; 15 mg de Pyruvate ; 1 mL de NBT ; 0,5 mL de PMS ; 1 mL de MTT.
Enzyme malique (ME)	2 mL de Tris-HCl (0,2 M) ; 0,2 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 1 mL d'acide malique ; 0,5 mL de NADP ; 0,2 mL de NBT ; 0,2 mL de PMS ; 10 mL d'agar.
Glucose 6phosphate isomérase (GPI)	4 ml de Tris-HCl (0,2 M) pH 8,0 ; 1 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 1 mL de NAD ; 0,5 mL de NADP ; 0,5 mL de NBT ; 0,5 mL de MTT ; 0,5 mL de PMS, 6 µL de Glucose-6-phosphate déshydrogénase (1,7 unités), 10 mL d'agar.
Phosphoglucomulate (PGM)	4 ml de Tris-HCl (0,2 M) pH 8,0 ; 1 mL de MgCl <sub>2</sub> ; 1 mL de NAD ; 0,5 mL de NADP ; 200 mg de glucose-1-phosphate ; 6 µL de Glucose-6-phosphate déshydrogénase (1,7 unités) ; 0,5 mL de NBT ; 0,5 mL de MTT ; 0,5 mL de PMS ; 10 mL d'agar.
Protéine totale (PT)	40 mL de bleu de Coomassie

## Annexes

Annexe 2 : Matrice de corrélation entre les variables métriques des individus du genre *Atya*.

LR	LP1	LI1	LM1	LC1	LPA1	LAB	L2P	LTe	LPan	lai1	lam1	lac1	lap1	LQ	Lt	ltel	LC2	IR	HC2	I1/M1	I1/C1	C1/M1	M1/P1	C1/P1	Lcth/HC1	lte/Te	
1,00	-0,34	-0,32	-0,42	-0,42	-0,01	0,45	0,36	0,33	-0,10	-0,32	-0,39	-0,24	-0,28	0,08	0,66	0,03	0,19	0,28	0,32	0,39	0,38	0,04	-0,44	-0,43	-0,01	-0,33	<b>LR</b>
	1,00	0,80	<b>0,91</b>	0,86	0,32	-0,53	-0,61	-0,23	0,53	0,86	0,78	0,69	0,50	-0,29	-0,02	0,07	0,31	-0,17	-0,48	-0,72	-0,59	0,07	0,61	0,54	0,39	0,40	<b>LP1</b>
		1,00	0,87	0,85	0,29	-0,43	-0,47	-0,28	0,49	0,83	0,74	0,73	0,54	-0,19	-0,07	0,06	0,35	-0,22	-0,49	-0,41	-0,37	0,01	0,58	0,54	0,29	0,41	<b>LI1</b>
			1,00	<b>0,93.</b>	0,34	-0,56	-0,63	-0,31	0,46	0,86	0,78	0,73	0,59	-0,32	-0,05	0,06	0,32	-0,22	-0,57	-0,80	-0,64	0,13	0,66	0,57	0,25	0,45	<b>LM1</b>
				1,00	0,25	-0,50	-0,63	-0,37	0,51	0,88	0,86	0,79	0,62	-0,37	-0,10	0,07	0,36	-0,19	-0,55	-0,70	-0,80	-0,25	0,65	0,70	0,26	0,53	<b>LC1</b>
					1,00	-0,13	0,02	-0,08	-0,10	0,24	0,35	0,33	0,28	-0,20	0,04	0,00	0,00	0,11	-0,20	-0,27	-0,03	0,30	-0,45	-0,49	0,25	0,04	<b>LPA1</b>
						1,00	0,61	0,34	-0,30	-0,55	-0,53	-0,49	-0,45	0,39	0,45	0,13	0,12	0,25	0,60	0,54	0,42	-0,08	-0,42	-0,35	-0,15	-0,22	<b>LAB</b>
							1,00	0,18	-0,52	-0,64	-0,52	-0,41	-0,39	0,25	0,14	-0,01	-0,07	0,21	0,70	0,64	0,60	0,04	-0,57	-0,52	-0,16	-0,15	<b>L2P</b>
								1,00	0,03	-0,33	-0,43	-0,36	-0,32	0,63	0,44	0,13	0,25	0,37	0,38	0,26	0,36	0,19	-0,20	-0,25	-0,04	-0,82	<b>LTE</b>
									1,00	0,58	0,44	0,47	0,25	-0,04	0,09	-0,03	0,43	-0,07	-0,35	-0,29	-0,36	-0,17	0,48	0,50	0,11	0,09	<b>LPAN</b>
										1,00	0,84	0,78	0,63	-0,36	-0,01	-0,01	0,34	-0,23	-0,61	-0,61	-0,62	-0,11	0,59	0,59	0,33	0,46	<b>LAH1</b>
											1,00	0,86	0,66	-0,43	-0,19	0,05	0,19	-0,17	-0,50	-0,59	-0,68	-0,24	0,45	0,51	0,34	0,54	<b>LAM1</b>
												1,00	0,69	-0,41	-0,08	0,03	0,28	-0,11	-0,46	-0,51	-0,58	-0,19	0,39	0,44	0,21	0,44	<b>LAC1</b>
													1,00	-0,39	-0,15	-0,07	0,21	-0,14	-0,48	-0,47	-0,50	-0,12	0,31	0,33	0,10	0,34	<b>LAP1</b>
														1,00	0,12	0,08	0,02	0,17	0,30	0,39	0,45	0,15	-0,11	-0,16	-0,04	-0,52	<b>LQ</b>
															1,00	0,08	0,55	0,28	0,26	0,04	0,12	0,12	-0,09	-0,13	-0,02	-0,24	<b>Lt</b>
																1,00	0,12	0,13	0,07	-0,02	-0,04	-0,03	0,05	0,06	0,05	0,06	<b>ltel</b>
																	1,00	0,18	0,08	-0,15	-0,21	-0,11	0,31	0,33	-0,11	0,09	<b>LC2</b>
																		1,00	0,28	0,13	0,12	-0,02	-0,28	-0,25	-0,07	-0,33	<b>IR</b>
																			1,00	0,49	0,45	0,01	-0,35	-0,32	-0,19	-0,21	<b>HC2</b>
																				1,00	0,75	-0,21	-0,54	-0,42	-0,12	-0,34	<b>I1/M1</b>
																					1,00	0,49	-0,52	-0,66	-0,13	-0,47	<b>I1/C1</b>
																						1,00	-0,04	-0,41	-0,03	-0,24	<b>C1/M1</b>
																							1,00	0,88	0,05	0,38	<b>M1/P1</b>
																								1,00	0,06	0,45	<b>C1/P1</b>
																									1,00	0,02	<b>Lcth/HC1</b>
																										1,00	<b>lte/Te</b>

## Annexes

Annexe 3 : Matrice de corrélation entre les variables métriques des individus mâles du genre *Macrobrachium*.

<b>L1/L2</b>	<b>I/M1</b>	<b>C/M1</b>	<b>M/P1</b>	<b>C/P1</b>	<b>C/D1</b>	<b>D/P1</b>	<b>R/T</b>	<b>lai/I1</b>	<b>lam/M1</b>	<b>lac/C1</b>	<b>lap/P1</b>	<b>dm/D1</b>	<b>df/D1</b>	<b>dm/df1</b>	<b>LR</b>	<b>LI1</b>	<b>LM1</b>	<b>LCA1</b>	<b>LPA1</b>	<b>LDO1</b>	<b>Lte</b>	<b>HC</b>	<b>Lcth</b>	<b>DO</b>	<b>lai1</b>	<b>lam1</b>	<b>lap1</b>	<b>Lab</b>	
1,00	-0,47	0,13	-0,28	-0,14	0,03	-0,34	-0,20	0,37	0,46	0,20	0,33	-0,59	-0,55	-0,13	-0,28	0,21	0,44	0,38	0,43	0,43	-0,27	0,05	0,00	-0,23	0,42	0,47	0,49	-0,36	<b>L1/L2</b>
	1,00	-0,26	0,46	0,21	-0,18	0,72	0,22	-0,68	-0,41	-0,13	0,08	0,65	0,52	0,35	0,35	-0,26	-0,84	-0,71	-0,82	-0,75	0,35	0,09	-0,05	0,58	-0,73	-0,77	-0,66	0,60	<b>I/M1</b>
		1,00	0,35	0,66	0,79	-0,22	0,23	-0,17	-0,20	-0,57	-0,06	-0,17	-0,31	0,33	0,26	0,31	0,40	0,71	0,11	-0,01	0,29	-0,20	0,20	0,06	-0,04	0,01	-0,09	0,12	<b>C/M1</b>
			1,00	0,82	0,60	0,61	0,40	-0,84	-0,72	-0,76	-0,03	0,48	0,27	0,58	0,56	-0,06	-0,29	-0,03	-0,73	-0,71	0,56	-0,08	0,10	0,49	-0,80	-0,76	-0,80	0,60	<b>M/P1</b>
				1,00	0,74	0,30	0,33	-0,58	-0,49	-0,66	0,08	0,15	-0,05	0,53	0,45	0,06	-0,06	0,35	-0,46	-0,50	0,50	-0,08	0,14	0,33	-0,52	-0,47	-0,53	0,45	<b>C/P1</b>
					1,00	-0,20	0,22	-0,36	-0,42	-0,65	-0,18	0,07	-0,06	0,33	0,34	0,29	0,36	0,63	-0,08	-0,24	0,39	-0,06	0,21	0,18	-0,22	-0,16	-0,29	0,26	<b>C/D1</b>
						1,00	0,26	-0,65	-0,43	-0,27	0,15	0,48	0,33	0,42	0,33	-0,33	-0,67	-0,57	-0,80	-0,57	0,27	-0,01	-0,06	0,38	-0,73	-0,73	-0,68	0,45	<b>D/P1</b>
							1,00	-0,41	-0,43	-0,42	-0,12	0,25	0,14	0,30	0,82	-0,10	-0,18	-0,06	-0,33	-0,34	0,49	-0,46	-0,02	0,39	-0,41	-0,42	-0,40	0,35	<b>R/T</b>
								1,00	0,80	0,74	0,18	-0,63	-0,42	-0,56	-0,60	-0,03	0,42	0,24	0,74	0,69	-0,50	0,05	-0,01	-0,57	0,90	0,84	0,85	-0,64	<b>lai/I1</b>
									1,00	0,81	0,54	-0,68	-0,53	-0,41	-0,61	-0,04	0,23	0,12	0,52	0,53	-0,50	0,13	0,02	-0,45	0,70	0,72	0,77	-0,53	<b>lam/M1</b>
										1,00	0,40	-0,37	-0,17	-0,51	-0,57	-0,22	-0,09	-0,26	0,32	0,34	-0,45	0,22	-0,06	-0,32	0,57	0,54	0,65	-0,41	<b>lac/C1</b>
											1,00	-0,48	-0,52	0,11	-0,20	-0,19	-0,15	-0,04	-0,12	-0,07	-0,06	0,04	0,09	0,06	0,07	0,09	0,27	0,00	<b>lap/P1</b>
												1,00	0,90	0,31	0,39	-0,25	-0,58	-0,56	-0,66	-0,65	0,38	-0,02	-0,06	0,44	-0,68	-0,71	-0,74	0,53	<b>dm/D1</b>
													1,00	-0,11	0,25	-0,24	-0,51	-0,58	-0,49	-0,49	0,27	0,03	-0,08	0,29	-0,49	-0,53	-0,56	0,38	<b>df/D1</b>
														1,00	0,36	-0,06	-0,23	-0,01	-0,48	-0,46	0,34	-0,16	0,06	0,39	-0,55	-0,51	-0,51	0,41	<b>dm/df1</b>
															1,00	0,07	-0,19	-0,04	-0,42	-0,43	0,60	-0,19	0,13	0,55	-0,52	-0,53	-0,52	0,58	<b>LR</b>
																1,00	0,72	0,64	0,54	0,56	-0,14	0,36	0,21	-0,12	0,41	0,44	0,36	-0,05	<b>LI1</b>
																	1,00	0,88	0,85	0,79	-0,30	0,11	0,15	-0,45	0,69	0,74	0,62	-0,43	<b>LM1</b>
																		1,00	0,64	0,55	-0,08	0,05	0,19	-0,30	0,49	0,55	0,42	-0,25	<b>LCA1</b>
																			1,00	0,94	-0,50	0,12	0,04	-0,56	0,91	0,93	0,87	-0,62	<b>LPA1</b>
																				1,00	-0,56	0,16	0,03	-0,60	0,88	0,89	0,84	-0,63	<b>LDO1</b>
																					1,00	-0,31	0,15	0,64	-0,52	-0,55	-0,52	0,62	<b>Lte</b>
																						1,00	0,19	-0,07	0,20	0,21	0,20	0,06	<b>HC</b>
																							1,00	0,09	0,07	0,07	0,05	0,25	<b>Lcth</b>
																								1,00	-0,58	-0,61	-0,50	0,67	<b>DO</b>
																									1,00	0,96	0,93	-0,62	<b>lai1</b>
																										1,00	0,94	-0,65	<b>lam1</b>
																											1,00	-0,59	<b>lap1</b>
																												1,00	<b>Lab</b>

## Annexes

Annexe 4 : Matrice de corrélation entre les variables métriques des individus femelles du genre *Macrobrachium*.

<b>L1/L2</b>	<b>I/M1</b>	<b>C/M1</b>	<b>M/P1</b>	<b>C/P1</b>	<b>C/D1</b>	<b>D/P1</b>	<b>R/T</b>	<b>lcth/HC</b>	<b>lai/II</b>	<b>lam/M1</b>	<b>lac/C1</b>	<b>lap/P1</b>	<b>dm/D1</b>	<b>df/D1</b>	<b>dm/df1</b>	<b>LR</b>	<b>L1</b>	<b>LI1</b>	<b>LM1</b>	<b>LCA1</b>	<b>LPA1</b>	<b>LDO1</b>	<b>LQ</b>	<b>Lt</b>	
1,00	-0,03	0,15	0,02	0,09	0,05	0,05	-0,08	-0,21	-0,15	-0,08	-0,14	-0,10	-0,03	-0,06	0,09	-0,04	0,19	0,26	0,23	0,24	0,11	0,19	-0,05	0,04	<b>L1/L2</b>
	1,00	-0,24	-0,01	-0,12	-0,41	0,42	-0,08	-0,16	-0,38	0,11	0,20	0,27	0,08	-0,10	0,28	0,15	-0,51	0,11	-0,52	-0,49	-0,52	-0,37	0,32	0,31	<b>I/M1</b>
		1,00	0,14	0,58	0,67	-0,16	0,12	0,05	-0,26	-0,37	-0,60	-0,49	0,05	0,03	0,00	0,18	0,33	0,18	0,33	0,54	0,17	0,15	0,18	0,16	<b>C/M1</b>
			1,00	0,89	0,47	0,50	0,26	0,13	-0,53	-0,65	-0,65	-0,29	0,46	0,32	0,24	0,16	0,03	0,04	0,18	0,17	-0,13	-0,11	0,12	0,26	<b>M/P1</b>
				1,00	0,70	0,34	0,27	0,13	-0,56	-0,70	-0,81	-0,47	0,40	0,29	0,20	0,22	0,19	0,12	0,31	0,40	-0,03	-0,01	0,19	0,29	<b>C/P1</b>
					1,00	-0,42	0,17	0,15	-0,23	-0,51	-0,68	-0,53	0,12	0,19	-0,05	0,14	0,30	0,13	0,42	0,52	0,17	-0,05	0,05	0,11	<b>C/D1</b>
						1,00	0,10	-0,03	-0,44	-0,24	-0,15	0,09	0,39	0,18	0,33	0,08	-0,16	-0,02	-0,16	-0,18	-0,26	0,05	0,16	0,24	<b>D/P1</b>
							1,00	0,42	-0,18	-0,22	-0,18	-0,09	0,22	0,09	0,09	0,75	0,03	-0,09	-0,03	-0,01	0,03	-0,07	0,04	0,25	<b>R/T</b>
								1,00	0,04	-0,12	-0,10	-0,08	0,21	0,27	-0,13	0,25	0,15	-0,07	0,09	0,08	0,15	0,06	0,05	-0,06	<b>lcth/HC</b>
									1,00	0,62	0,62	0,45	-0,32	-0,15	-0,28	-0,28	0,00	-0,46	-0,08	-0,13	0,14	0,04	-0,22	-0,45	<b>lai/II</b>
										1,00	0,89	0,64	-0,36	-0,28	-0,19	-0,31	-0,25	-0,21	-0,39	-0,42	-0,05	-0,11	-0,18	-0,32	<b>lam/M1</b>
											1,00	0,78	-0,36	-0,27	-0,17	-0,26	-0,31	-0,25	-0,46	-0,54	-0,09	-0,12	-0,14	-0,28	<b>lac/C1</b>
												1,00	-0,19	-0,18	-0,01	-0,19	-0,27	-0,20	-0,38	-0,43	-0,13	-0,10	-0,01	-0,17	<b>lap/P1</b>
													1,00	0,61	0,61	0,24	-0,09	-0,08	-0,08	-0,07	-0,20	-0,15	0,15	0,24	<b>dm/D1</b>
														1,00	-0,11	0,06	0,13	0,00	0,11	0,09	0,07	0,05	0,01	0,02	<b>df/D1</b>
															1,00	0,21	-0,25	-0,02	-0,18	-0,15	-0,35	-0,22	0,16	0,28	<b>dm/df1</b>
																1,00	-0,14	0,05	-0,11	-0,06	-0,25	-0,20	0,34	0,67	<b>LR</b>
																	1,00	0,44	0,93	0,91	0,92	0,90	-0,31	-0,13	<b>L1</b>
																		1,00	0,50	0,50	0,30	0,40	0,13	0,17	<b>LI1</b>
																			1,00	0,96	0,82	0,80	-0,26	-0,06	<b>LM1</b>
																				1,00	0,76	0,75	-0,20	0,00	<b>LCA1</b>
																					1,00	0,86	-0,43	-0,27	<b>LPA1</b>
																						1,00	-0,32	-0,17	<b>LDO1</b>
																							1,00	0,45	<b>LQ</b>
																								1,00	<b>Lt</b>

## Annexes

### Annexe 4 (suite)

<b>Lte</b>	<b>HC</b>	<b>lcth</b>	<b>DO</b>	<b>lai1</b>	<b>lam1</b>	<b>lac1</b>	<b>lap1</b>	<b>Lab</b>	<b>lat</b>	<b>dm1</b>	<b>df1</b>	<b>dp1</b>	
-0,05	0,20	-0,09	-0,05	0,00	0,02	-0,02	-0,01	0,02	0,13	0,23	0,20	0,11	<b>L1/L2</b>
-0,09	0,36	0,11	0,28	-0,42	-0,43	-0,41	-0,37	0,14	0,07	-0,23	-0,40	-0,45	<b>I/M1</b>
0,26	-0,02	0,14	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-0,05	0,12	0,10	0,23	0,29	0,26	<b>C/M1</b>
0,20	-0,02	0,12	-0,05	-0,26	-0,31	-0,40	-0,38	0,02	-0,02	0,03	-0,05	-0,07	<b>M/P1</b>
0,28	-0,02	0,16	-0,06	-0,23	-0,27	-0,34	-0,34	0,07	0,03	0,14	0,10	0,07	<b>C/P1</b>
0,24	-0,13	0,13	-0,20	0,00	-0,02	-0,07	-0,11	0,03	0,02	-0,06	-0,01	0,03	<b>C/D1</b>
0,02	0,15	0,04	0,16	-0,29	-0,32	-0,34	-0,28	0,05	0,03	0,25	0,13	0,03	<b>D/P1</b>
0,35	-0,54	0,01	0,27	-0,07	-0,10	-0,08	-0,05	-0,03	-0,29	-0,02	0,02	0,10	<b>R/T</b>
0,29	-0,65	0,53	0,09	0,11	0,07	0,08	0,09	0,02	-0,10	0,05	0,05	0,17	<b>lcth/HC</b>
-0,09	-0,17	-0,16	-0,10	0,45	0,40	0,45	0,40	-0,06	-0,06	-0,18	-0,07	0,05	<b>lai/I1</b>
-0,22	-0,01	-0,18	0,03	0,25	0,30	0,31	0,25	-0,06	-0,06	-0,30	-0,25	-0,12	<b>lam/M1</b>
-0,20	-0,02	-0,19	0,16	0,21	0,21	0,32	0,29	-0,05	-0,09	-0,32	-0,29	-0,17	<b>lac/C1</b>
-0,09	-0,01	-0,16	0,32	0,14	0,05	0,17	0,28	0,01	-0,11	-0,31	-0,35	-0,24	<b>lap/P1</b>
0,17	-0,17	0,10	0,10	-0,30	-0,34	-0,39	-0,35	-0,03	-0,07	0,39	0,09	0,02	<b>dm/D1</b>
0,11	-0,24	0,04	-0,07	-0,10	-0,08	-0,13	-0,12	-0,05	-0,03	0,25	0,33	0,14	<b>df/D1</b>
-0,03	0,22	0,11	0,15	-0,32	-0,37	-0,39	-0,35	0,03	0,02	0,32	-0,14	-0,15	<b>dm/df1</b>
-0,07	-0,21	0,14	0,34	-0,32	-0,36	-0,31	-0,29	0,10	-0,14	0,06	-0,01	-0,05	<b>LR</b>
-0,07	-0,13	0,05	-0,35	0,69	0,69	0,65	0,63	-0,12	0,08	0,48	0,56	0,56	<b>L1</b>
-0,07	0,28	0,17	-0,05	0,15	0,13	0,09	0,08	0,10	0,20	0,35	0,30	0,19	<b>LI1</b>
-0,12	0,01	0,10	-0,43	0,58	0,58	0,51	0,48	-0,08	0,14	0,47	0,52	0,49	<b>LM1</b>
-0,07	0,02	0,12	-0,40	0,49	0,50	0,43	0,39	-0,03	0,17	0,46	0,51	0,47	<b>LCA1</b>
-0,13	-0,20	-0,04	-0,34	0,82	0,84	0,81	0,79	-0,18	0,01	0,30	0,42	0,47	<b>LPA1</b>
-0,15	-0,04	0,01	-0,30	0,67	0,70	0,70	0,68	-0,12	0,11	0,58	0,59	0,53	<b>LDO1</b>
0,57	0,20	0,27	0,53	-0,38	-0,48	-0,40	-0,33	0,38	0,20	0,03	-0,06	-0,16	<b>LQ</b>
0,16	0,22	0,21	0,27	-0,34	-0,46	-0,42	-0,41	0,13	0,08	0,08	-0,02	-0,14	<b>Lt</b>
1,00	-0,31	0,11	0,38	-0,15	-0,24	-0,14	-0,09	0,07	-0,01	0,00	0,03	0,06	<b>Lte</b>
	1,00	0,16	-0,13	-0,13	-0,14	-0,17	-0,19	0,16	0,29	0,04	-0,04	-0,23	<b>HC</b>
		1,00	-0,01	-0,04	-0,11	-0,11	-0,12	0,17	0,17	0,14	0,07	0,00	<b>lcth</b>
			1,00	-0,29	-0,36	-0,23	-0,11	0,11	-0,04	-0,05	-0,12	-0,11	<b>DO</b>
				1,00	0,90	0,90	0,87	-0,13	-0,03	0,09	0,22	0,33	<b>lai1</b>
					1,00	0,94	0,87	-0,20	-0,01	0,12	0,24	0,33	<b>lam1</b>
						1,00	0,94	-0,16	-0,03	0,10	0,23	0,34	<b>lac1</b>
							1,00	-0,15	-0,05	0,10	0,21	0,31	<b>lap1</b>
								1,00	0,08	-0,01	-0,04	-0,06	<b>Lab</b>
									1,00	0,15	0,18	0,08	<b>lat</b>
										1,00	0,77	0,58	<b>dm1</b>
											1,00	0,75	<b>df1</b>
												1,00	<b>dp1</b>

## Annexes

### Annexe 5 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Atya gabonensis*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	2	139,88	139,80	139,96	0,11
Longueur de la carapace (mm)	2	50,66	50,32	51,00	0,48
Longueur du rostre (%LC)	2	26,22	25,97	26,47	0,35
Longueur de la patte P2 (%LC)	2	170,48	168,06	172,90	3,42
Longueur de l'ischion (%LC)	2	27,64	27,19	28,10	0,64
Longueur du mérus (%LC)	2	99,72	94,93	104,51	6,77
Longueur du carpe (%LC)	2	46,95	46,01	47,90	1,34
Longueur de la paume (%LC)	2	14,75	14,29	15,20	0,64
Longueur de la queue (%LC)	2	150,92	147,33	154,51	5,08
Longueur de la tête (%LC)	2	126,55	125,26	127,84	1,83
Longueur du telson (%LC)	2	126,55	125,26	127,84	1,83
Hauteur de la carapace (%LC)	2	66,80	65,30	68,29	2,12
Largeur de la carapace (%LC)	2	54,34	52,21	56,47	3,02
Diamètre de l'œil (%LC)	2	4,27	3,96	4,57	0,43
Longueur du pied antennulaire (%LC)	2	24,01	23,63	24,39	0,54
Longueur intermédiaire de la carapace (%LC)	2	115,24	114,75	115,73	0,69
Largeur de l'ischion (%LC)	2	26,10	25,94	26,25	0,22
Largeur du mérus (%LC)	2	36,50	35,51	37,50	1,41
Largeur du carpe (%LC)	2	25,41	24,84	25,98	0,81
Largeur de la paume (%LC)	2	17,33	16,73	17,92	0,84
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	2	41,73	40,76	42,71	1,38
Hauteur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	2	56,99	55,92	58,06	1,51
Longueur de l'abdomen (%LC)	2	125,04	121,00	129,07	5,71
Largeur du telson (%LC)	2	25,95	25,74	26,16	0,30
<b>Ratios</b>					
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	2	0,28	0,27	0,29	0,01
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	2	0,59	0,59	0,59	0,00
Longueur du carpe/longueur du mérus	2	0,47	0,46	0,48	0,02
Longueur du mérus/longueur de la paume	2	6,78	6,24	7,31	0,75
Longueur du carpe /longueur de la paume	2	3,19	3,03	3,35	0,23
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	2	0,81	0,80	0,83	0,02
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	2	0,94	0,92	0,97	0,03
Largeur du mérus/longueur du mérus	2	0,37	0,34	0,40	0,04
Largeur du carpe/longueur du carpe	2	0,54	0,54	0,54	0,00
Largeur de la paume/longueur de la paume	2	1,18	1,10	1,25	0,11
Largeur du telson/longueur du telson	2	0,97	0,97	0,97	0,00
<b>Méristiques</b>					
Nombre de dents ventrales du rostre	2	0	0	0	0
Nombre d'épines sur la ligne dorsale du mérus	2	22	21	23	1,41
Nombre d'épines sur le telson	2	9,50	9	10	0,71

## Annexes

### Annexe 6 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Atya africana*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	18	110,40	85,78	144,65	15,89
Longueur de la carapace (mm)	18	41,62	31,82	55,94	6,33
Longueur du rostre (%LC)	18	26,01	21,28	28,35	1,98
Longueur de la patte P2 (%LC)	18	125,13	101,32	137,22	10,29
Longueur de l'ischion (%LC)	18	21,88	17,30	23,89	1,45
Longueur du mérus (%LC)	18	70,52	60,98	75,97	3,51
Longueur du carpe (%LC)	18	32,37	24,60	35,52	2,66
Longueur de la paume (%LC)	18	13,34	11,59	21,97	2,18
Longueur de la queue (%LC)	18	157,92	144,80	252,34	22,80
Longueur de la tête (%LC)	18	118,24	112,30	124,98	2,61
Longueur du telson (%LC)	18	25,90	22,72	27,78	1,07
Hauteur de la carapace (%LC)	18	61,54	58,87	65,69	1,80
Largeur de la carapace (%LC)	18	48,65	44,62	52,86	2,29
Diamètre de l'œil (%LC)	18	4,58	3,70	5,66	0,52
Longueur du pied antennulaire (%LC)	18	20,00	16,66	22,92	1,03
Longueur intermédiaire de la carapace (%LC)	18	106,18	104,55	108,51	0,93
Largeur de l'ischion (%LC)	18	19,67	17,02	21,42	1,11
Largeur du mérus (%LC)	18	27,96	21,28	30,34	1,95
Largeur du carpe (%LC)	18	19,19	15,49	20,86	1,20
Largeur de la paume (%LC)	18	14,30	11,31	16,16	1,01
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	18	46,69	40,85	63,59	5,79
Hauteur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	18	58,34	54,54	65,61	3,01
Longueur de l'abdomen (%LC)	18	126,76	118,09	136,16	4,81
Largeur du telson (%LC)	18	23,34	21,95	26,08	0,87
<b>Ratios</b>					
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	18	0,31	0,28	0,34	0,01
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	18	0,68	0,63	0,78	0,03
Longueur du carpe/longueur du mérus	18	0,46	0,40	0,50	0,03
Longueur du mérus/longueur de la paume	18	5,37	3,07	6,13	0,61
Longueur du carpe /longueur de la paume	18	2,47	1,25	2,77	0,33
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	18	0,79	0,75	0,83	0,03
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	18	0,90	0,77	1,05	0,06
Largeur du mérus/longueur du mérus	18	0,40	0,35	0,45	0,03
Largeur du carpe/longueur du carpe	18	0,59	0,55	0,69	0,03
Largeur de la paume/longueur de la paume	18	1,09	0,64	1,28	0,14
Largeur du telson/longueur du telson	18	0,90	0,85	1,05	0,05
<b>Méristiques</b>					
	<b>Nombre</b>	<b>Médiane</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Ecart-type</b>
Nombre de dents ventrales du rostre	18	0	0	0	0
Nombre d'épines sur la ligne dorsale du mérus	18	21,50	20	24	1,48
Nombre d'épines sur le telson	18	9	7	10	0,97

## Annexes

### Annexe 7 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Atya scabra*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	68	127,70	85,78	154,03	17,92
Longueur de la carapace (mm)	68	49,40	31,82	61,53	8,21
Longueur du rostre (%LC)	68	25,06	17,08	33,32	3,01
Longueur de la patte P2 (%LC)	68	140,00	116,58	173,22	12,86
Longueur de l'ischion (%LC)	68	23,91	20,93	27,16	1,43
Longueur du mérus (%LC)	68	79,99	64,64	98,19	8,75
Longueur du carpe (%LC)	68	36,92	28,29	44,67	4,47
Longueur de la paume (%LC)	68	13,81	10,55	16,72	1,26
Longueur de la queue (%LC)	68	148,54	26,24	249,20	23,74
Longueur de la tête (%LC)	68	117,20	111,28	122,84	2,21
Longueur du telson (%LC)	68	24,99	20,27	28,15	1,39
Hauteur de la carapace (%LC)	68	61,98	58,81	65,41	1,81
Largeur de la carapace (%LC)	68	49,84	45,70	55,58	1,88
Diamètre de l'œil (%LC)	68	4,44	3,19	17,29	1,73
Longueur du pied antennulaire (%LC)	68	20,78	17,44	23,85	1,43
Longueur intermédiaire de la carapace (%LC)	68	106,35	103,92	108,48	0,79
Largeur de l'ischion (%LC)	68	21,80	17,51	25,35	2,03
Largeur du mérus (%LC)	68	31,83	30,55	37,29	3,28
Largeur du carpe (%LC)	68	21,58	16,30	25,74	2,22
Largeur de la paume (%LC)	68	15,49	12,16	19,35	1,80
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	68	48,37	37,37	70,81	10,32
Hauteur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	68	58,37	47,10	73,39	7,78
Longueur de l'abdomen (%LC)	68	123,83	95,84	146,95	12,71
Largeur du telson (%LC)	68	23,40	0,00	26,86	3,09
<b>Ratios</b>					
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	68	0,30	0,26	0,37	0,02
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	68	0,65	0,56	0,79	0,06
Longueur du carpe/longueur du mérus	68	0,46	0,41	0,50	0,02
Longueur du mérus/longueur de la paume	68	5,80	4,82	7,22	0,46
Longueur du carpe /longueur de la paume	68	2,67	2,13	3,28	0,24
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	68	0,80	0,73	0,89	0,03
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	68	0,91	0,76	1,02	0,06
Largeur du mérus/longueur du mérus	68	0,40	0,33	0,45	0,03
Largeur du carpe/longueur du carpe	68	0,59	0,50	0,70	0,04
Largeur de la paume/longueur de la paume	68	1,12	0,89	1,44	0,11
Largeur du telson/longueur du telson	68	0,95	0,83	1,12	0,05
<b>Méristiques</b>					
	Nombre	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
Nombre de dents ventrales du rostre	68	0	0	1	0,26
Nombre d'épines sur la ligne dorsale du mérus	68	22	19	26	1,55
Nombre d'épines sur le telson	68	9	8	12	1,23

## Annexes

### Annexe 8 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Macrobrachium macrobrachion*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	312	111,91	73,00	151,50	16,49
Longueur de la carapace (mm)	312	33,04	21,42	47,19	5,32
Longueur du rostre (%LC)	312	84,88	62,64	99,17	5,62
Longueur de la patte 1 (%LC)	312	256,44	169,65	402,65	23,63
Longueur de l'ischion (%LC)	312	40,42	28,14	48,80	3,28
Longueur du mérus (%LC)	312	49,50	33,42	73,68	3,94
Longueur du carpe (%LC)	312	47,45	29,39	73,94	4,72
Longueur de la paume (%LC)	312	63,67	41,27	129,41	7,56
Longueur du dactyle (%LC)	312	56,14	38,25	86,47	5,08
Longueur de la queue (%LC)	312	185,92	141,87	213,52	8,55
Longueur de la tête (%LC)	312	154,33	111,82	174,10	7,03
Longueur du telson (%LC)	312	44,49	32,41	59,75	3,46
Hauteur de la carapace (%LC)	312	69,78	46,58	88,85	4,62
Largeur de la carapace (%LC)	312	55,93	39,69	69,36	3,10
Diamètre de l'œil (%LC)	312	14,27	10,99	18,39	1,37
Largeur de l'ischion (%LC)	312	11,22	7,10	21,18	1,27
Largeur du mérus (%LC)	312	11,77	7,43	24,15	1,40
Largeur du carpe (%LC)	312	13,64	9,04	28,24	1,60
Largeur de la paume (%LC)	312	15,12	9,57	31,71	1,88
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	312	43,28	31,26	54,92	5,49
Longueur de l'abdomen (%LC)	312	142,02	107,10	191,47	8,45
Largeur du telson (%LC)	312	30,95	16,60	38,63	7,72
Distance dent conique-bout du dactyle (%LC)	312	34,70	9,32	46,19	3,83
Distance dent conique-bout du doigt fixe (%LC)	312	39,11	9,62	50,16	4,08
Longueur du doigt fixe (%LC)	312	55,49	36,29	79,85	5,96
<b>Ratios</b>					
Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2	312	1,05	0,97	1,65	0,10
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	312	0,82	0,64	0,97	0,05
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	312	0,86	0,64	1,05	0,07
Longueur du carpe/longueur du mérus	312	0,96	0,90	1,04	0,03
Longueur du mérus/longueur de la paume	312	0,78	0,58	0,90	0,04
Longueur du carpe /longueur du dactyle	312	0,85	0,68	1,00	0,06
Longueur du dactyle/longueur de la paume	312	0,89	0,71	1,04	0,05
Longueur du carpe/longueur de la paume	312	0,75	0,65	0,95	0,05
Longueur du rostre/longueur de la tête	312	0,55	0,41	0,68	0,03
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	312	0,80	0,58	1,16	0,06
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	312	0,28	0,22	0,41	0,03
Largeur du mérus/longueur du mérus	312	0,24	0,20	0,31	0,02
Largeur du carpe/longueur du carpe	312	0,29	0,19	0,37	0,03
Largeur de la paume/longueur de la paume	312	0,24	0,14	0,34	0,02
Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du dactyle	312	0,62	0,44	0,78	0,05
Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt fixe	312	0,70	0,50	0,92	0,05
Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe	312	0,89	0,66	1,15	0,06
<b>Méristiques</b>					
Nombre de dents dorsales du rostre	312	13	11	16	0,89
Nombre de dents ventrales du rostre	312	4	2	7	0,58
Nombre de dents rostrales post-orbitaires	312	4	3	8	0,55
Nombre de dents du dactyle	312	4	3	7	0,74
Nombre de dents du doigt fixe	312	3	2	7	0,81
Nombre d'épines sur le telson	312	4	0	5	0,50
Nombre d'épines sur le bord latéral interne du rostre	312	17	11	27	2,42

## Annexes

### Annexe 9 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Macrobrachium vollenhovenii*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	617	123,25	78,60	189,63	22,84
Longueur de la carapace (mm)	617	38,46	22,00	63,00	8,18
Longueur du rostre (%LC)	617	80,50	53,63	97,92	6,08
Longueur de la patte 1 (%LC)	617	299,06	172,79	514,75	55,07
Longueur de l'ischion (%LC)	617	40,15	18,50	51,02	3,61
Longueur du mérus (%LC)	617	55,03	33,80	84,94	9,60
Longueur du carpe (%LC)	617	51,50	30,49	84,48	9,87
Longueur de la paume (%LC)	617	87,52	38,84	154,05	23,73
Longueur du dactyle (%LC)	617	69,29	37,24	114,27	13,17
Longueur de la queue (%LC)	617	172,94	144,09	227,73	11,10
Longueur de la tête (%LC)	617	148,72	117,57	177,25	5,76
Longueur du telson (%LC)	617	41,11	24,84	59,55	3,38
Hauteur de la carapace (%LC)	617	71,18	49,88	95,96	4,49
Largeur de la carapace (%LC)	617	55,40	27,78	67,70	2,85
Diamètre de l'œil (%LC)	617	12,89	8,82	18,59	1,63
Largeur de l'ischion (%LC)	617	14,92	7,21	22,67	2,65
Largeur du mérus (%LC)	617	17,05	7,02	27,73	3,79
Largeur du carpe (%LC)	617	19,45	8,53	31,33	4,10
Largeur de la paume (%LC)	617	22,35	8,72	39,46	5,33
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	617	40,02	31,26	54,92	4,67
Longueur de l'abdomen (%LC)	617	131,64	43,98	170,00	9,88
Largeur du telson (%LC)	617	18,88	13,32	26,84	1,07
Distance dent conique-bout du dactyle (%LC)	617	34,79	22,68	53,80	4,42
Distance dent conique-bout du doigt fixe (%LC)	617	42,80	24,65	69,49	6,59
Longueur du doigt fixe (%LC)	617	66,16	36,78	110,16	12,03
<b>Ratios</b>					
Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2	617	1,13	1,00	1,79	0,11
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	617	0,74	0,51	1,01	0,08
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	617	0,80	0,55	1,06	0,10
Longueur du carpe/longueur du mérus	617	0,94	0,84	1,04	0,04
Longueur du mérus/longueur de la paume	617	0,65	0,48	0,88	0,08
Longueur du carpe /longueur du dactyle	617	0,75	0,59	0,97	0,07
Longueur du dactyle/longueur de la paume	617	0,81	0,58	1,05	0,08
Longueur du carpe/longueur de la paume	617	0,60	0,45	0,75	0,07
Longueur du rostre/longueur de la tête	617	0,52	0,36	0,68	0,03
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	617	0,78	0,56	1,09	0,06
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	617	0,37	0,19	0,53	0,06
Largeur du mérus/longueur du mérus	617	0,31	0,27	0,43	0,03
Largeur du carpe/longueur du carpe	617	0,38	0,18	0,57	0,05
Largeur de la paume/longueur de la paume	617	0,26	0,18	0,36	0,03
Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du dactyle	617	0,51	0,26	0,75	0,08
Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt fixe	617	0,63	0,29	0,90	0,07
Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe	617	0,82	0,60	1,26	0,07
<b>Méristiques</b>					
	<b>Nombre</b>	<b>Médiane</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Ecart-type</b>
Nombre de dents dorsales du rostre	617	13	11	18	0,93
Nombre de dents ventrales du rostre	617	4	2	8	0,68
Nombre de dents rostrales post-orbitaires	617	4	3	6	0,50
Nombre de dents du dactyle	617	5	2	7	0,78
Nombre de dents du doigt fixe	617	4	1	8	0,94
Nombre d'épines sur le telson	617	4	0	5	0,50
Nombre d'épines sur le bord latéral interne du rostre	617	16	11	25	2,31

## Annexes

### Annexe 10 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Macrobrachium sollaudii*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	5	100,18	94,94	108,80	5,52
Longueur de la carapace (mm)	5	28,08	25,90	30,04	1,49
Longueur du rostre (%LC)	5	94,32	90,65	103,28	4,75
Longueur de la patte 1 (%LC)	5	432,32	360,11	494,39	48,95
Longueur de l'ischion (%LC)	5	50,42	42,41	55,14	4,86
Longueur du mérus (%LC)	5	102,46	82,47	117,27	12,89
Longueur du carpe (%LC)	5	127,97	103,40	146,91	16,52
Longueur de la paume (%LC)	5	98,16	78,72	113,71	13,15
Longueur du dactyle (%LC)	5	57,02	51,59	68,71	6,86
Longueur de la queue (%LC)	5	191,01	172,63	208,86	15,09
Longueur de la tête (%LC)	5	171,25	158,64	179,15	7,86
Longueur du telson (%LC)	5	49,13	46,09	51,80	2,19
Hauteur de la carapace (%LC)	5	76,40	68,70	79,64	4,43
Largeur de la carapace (%LC)	5	59,24	54,05	64,08	3,59
Diamètre de l'œil (%LC)	5	13,32	12,59	14,41	0,72
Longueur du pied antennulaire (%LC)	5	29,86	28,16	31,08	1,08
Largeur de l'ischion (%LC)	5	12,89	11,64	14,18	1,06
Largeur du mérus (%LC)	5	17,15	14,72	18,45	1,44
Largeur du carpe (%LC)	5	15,94	13,14	17,12	1,65
Largeur de la paume (%LC)	5	12,93	11,67	14,75	1,18
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	5	35,17	31,09	37,74	2,67
Longueur de l'abdomen (%LC)	5	143,58	127,55	158,48	14,16
Largeur du telson (%LC)	5	18,43	16,65	19,67	1,14
Distance dent conique-bout du dactyle (%LC)	5	34,85	28,96	46,80	7,02
Distance dent conique-bout du doigt fixe (%LC)	5	38,83	33,12	47,59	5,58
Longueur du doigt fixe (%LC)	5	54,94	47,97	67,09	7,26
<b>Ratios</b>					
Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2	5	1,06	1,01	1,13	0,05
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	5	0,49	0,45	0,53	0,03
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	5	0,40	0,36	0,42	0,03
Longueur du carpe/longueur du mérus	5	1,25	1,22	1,27	0,02
Longueur du mérus/longueur de la paume	5	1,05	1,02	1,06	0,03
Longueur du carpe/longueur de la paume	5	1,27	1,25	1,39	0,04
Longueur du carpe /longueur du dactyle	5	2,25	2,00	2,61	0,23
Longueur du dactyle/longueur de la paume	5	0,58	0,50	0,66	0,06
Longueur du rostre/longueur de la tête	5	0,56	0,53	0,59	0,02
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	5	0,78	0,74	0,82	0,03
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	5	0,26	0,22	0,27	0,02
Largeur du mérus/longueur du mérus	5	0,17	0,16	0,18	0,01
Largeur du carpe/longueur du carpe	5	0,12	0,12	0,14	0,01
Largeur de la paume/longueur de la paume	5	0,13	0,12	0,16	0,02
Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du dactyle	5	0,61	0,51	0,68	0,07
Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt fixe	5	0,68	0,63	0,71	0,03
Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe	5	0,90	0,71	0,98	0,11
<b>Méristiques</b>					
Nombre de dents dorsales du rostre	5	11	9	12	1,14
Nombre de dents ventrales du rostre	5	5	5	6	2,05
Nombre de dents rostrales post-orbitaires	5	2	2	2	0
Nombre de dents du dactyle	5	7	5	9	1,67
Nombre de dents du doigt fixe	5	7	5	8	1,14
Nombre d'épines sur le telson	5	4	4	4	0,00
Nombre d'épines sur le bord latéral interne du rostre	5	16	12	23	3,96

## Annexes

### Annexe 11 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Macrobrachium dux*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	4	77,24	67,25	88,90	9,20
Longueur de la carapace (mm)	4	20,96	17,70	25,33	3,22
Longueur du rostre (%LC)	4	85,84	82,20	90,86	3,84
Longueur de la patte 1 (%LC)	4	267,82	227,34	341,89	54,05
Longueur de l'ischion (%LC)	4	43,36	40,51	48,72	3,79
Longueur du mérus (%LC)	4	57,42	45,30	74,18	12,64
Longueur du carpe (%LC)	4	73,43	61,13	95,62	15,34
Longueur de la paume (%LC)	4	55,44	40,91	76,08	16,27
Longueur du dactyle (%LC)	4	39,82	33,33	49,74	7,57
Longueur de la queue (%LC)	4	199,81	186,58	209,27	9,68
Longueur de la tête (%LC)	4	165,39	159,69	169,44	4,13
Longueur du telson (%LC)	4	48,44	41,97	51,75	4,39
Hauteur de la carapace (%LC)	4	79,93	78,64	81,56	1,48
Largeur de la carapace (%LC)	4	61,19	58,87	64,52	2,41
Diamètre de l'œil (%LC)	4	15,47	13,82	17,46	1,59
Longueur du pied antennulaire (%LC)	4	29,46	28,23	30,40	1,06
Largeur de l'ischion (%LC)	4	10,31	7,47	14,21	2,95
Largeur du mérus (%LC)	4	11,28	8,08	14,92	3,06
Largeur du carpe (%LC)	4	11,07	7,88	13,98	2,70
Largeur de la paume (%LC)	4	11,19	8,69	12,95	2,12
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	4	41,97	34,54	54,39	8,63
Longueur de l'abdomen (%LC)	4	151,68	138,02	160,61	10,45
Largeur du telson (%LC)	4	17,57	16,19	18,18	0,93
Distance dent conique-bout du dactyle (%LC)	4	24,76	19,72	31,94	5,92
Distance dent conique-bout du doigt fixe (%LC)	4	25,98	20,10	34,19	6,25
Longueur du doigt fixe (%LC)	4	38,23	31,82	48,01	7,46
<b>Ratios</b>					
Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2	4	1,05	1,00	1,14	0,06
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	4	0,77	0,66	0,89	0,10
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	4	0,60	0,51	0,67	0,07
Longueur du carpe/longueur du mérus	4	1,23	1,19	1,45	0,12
Longueur du mérus/longueur de la paume	4	0,98	0,98	0,99	0,09
Longueur du carpe /longueur du dactyle	4	1,84	1,71	1,92	0,10
Longueur du carpe /longueur de la paume	4	1,20	1,17	1,25	0,11
Longueur du dactyle/longueur de la paume	4	0,74	0,65	0,84	0,08
Longueur du rostre/longueur de la tête	4	0,53	0,51	0,54	0,01
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	4	0,77	0,73	0,82	0,04
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	4	0,23	0,18	0,29	0,05
Largeur du mérus/longueur du mérus	4	0,19	0,18	0,21	0,01
Largeur du carpe/longueur du carpe	4	0,15	0,12	0,18	0,02
Largeur de la paume/longueur de la paume	4	0,21	0,17	0,23	0,03
Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du dactyle	4	0,62	0,58	0,65	0,04
Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt fixe	4	0,65	0,58	0,69	0,05
Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe	4	0,95	0,88	1,00	0,06
<b>Méristiques</b>					
Nombre de dents dorsales du rostre	4	11	11	11	0
Nombre de dents ventrales du rostre	4	5	4	8	1,73
Nombre de dents rostrales post-orbitaires	4	2	2	2	0,00
Nombre de dents du dactyle	4	5	5	5	0,00
Nombre de dents du doigt fixe	4	6	5	7	0,82
Nombre d'épines sur le telson	4	4	4	4	0,00
Nombre d'épines sur le bord latéral interne du rostre	4	17	14	19	2,22

## Annexes

### Annexe 12 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Macrobrachium thysi*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	2	40,13	40,05	40,20	0,11
Longueur de la carapace (mm)	2	11,40	11,39	11,40	0,01
Longueur du rostre (%LC)	2	92,06	86,23	97,89	8,25
Longueur de la patte 1 (%LC)	2	269,15	268,39	269,91	1,07
Longueur de l'ischion (%LC)	2	42,47	41,79	43,16	0,97
Longueur du mérus (%LC)	2	47,21	47,06	47,37	0,22
Longueur du carpe (%LC)	2	49,71	48,99	50,44	1,02
Longueur de la paume (%LC)	2	77,31	72,43	82,19	6,90
Longueur du dactyle (%LC)	2	59,41	59,00	59,82	0,58
Longueur de la queue (%LC)	2	188,63	183,49	193,77	7,27
Longueur de la tête (%LC)	2	156,34	154,65	158,03	2,39
Longueur du telson (%LC)	2	54,37	48,77	59,96	7,91
Hauteur de la carapace (%LC)	2	63,36	63,04	63,68	0,46
Largeur de la carapace (%LC)	2	60,25	59,04	61,46	1,71
Diamètre de l'œil (%LC)	2	13,69	13,35	14,04	0,49
Largeur de l'ischion (%LC)	2	15,40	14,75	16,05	0,92
Largeur du mérus (%LC)	2	17,33	17,12	17,54	0,30
Largeur du carpe (%LC)	2	20,62	20,19	21,05	0,61
Largeur de la paume (%LC)	2	25,14	24,14	26,14	1,41
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	2	49,97	38,63	61,32	16,04
Longueur de l'abdomen (%LC)	2	137,91	130,82	145,00	10,03
Largeur du telson (%LC)	2	20,89	18,86	22,91	2,87
Distance dent conique-bout du dactyle (%LC)	2	32,56	28,51	36,61	5,73
Distance dent conique-bout du doigt fixe (%LC)	2	30,19	29,21	31,17	1,38
Longueur du doigt fixe (%LC)	2	57,26	55,05	59,47	3,13
<b>Ratios</b>					
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	2	0,90	0,89	0,91	0,02
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	2	0,85	0,85	0,86	0,00
Longueur du carpe/longueur du mérus	2	1,05	1,04	1,06	0,02
Longueur du mérus/longueur de la paume	2	0,61	0,58	0,65	0,05
Longueur du carpe /longueur du dactyle	2	0,84	0,83	0,84	0,01
Longueur du dactyle/longueur de la paume	2	0,77	0,73	0,81	0,06
Longueur du carpe/longueur de la paume	2	0,65	0,61	0,68	0,04
Longueur du rostre/longueur de la tête	2	0,59	0,56	0,62	0,04
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	2	0,95	0,93	0,97	0,03
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	2	0,36	0,35	0,37	0,01
Largeur du mérus/longueur du mérus	2	0,37	0,36	0,37	0,00
Largeur du carpe/longueur du carpe	2	0,41	0,41	0,42	0,00
Largeur de la paume/longueur de la paume	2	0,74	0,74	0,74	0,00
Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du dactyle	2	0,55	0,48	0,62	0,10
Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt fixe	2	0,51	0,49	0,53	0,03
Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe	2	1,08	0,98	1,17	0,14
<b>Méristiques</b>					
	Nombre	Médiane	Minimum	Maximum	Ecart-type
Nombre de dents dorsales du rostre	2	10,0	10,0	10,0	0,00
Nombre de dents ventrales du rostre	2	3,0	3,0	3,0	0,00
Nombre de dents rostrales post-orbitaires	2	3,5	3,0	4,0	0,71
Nombre de dents du dactyle	2	2,5	2,0	3,0	0,71
Nombre de dents du doigt fixe	2	2,5	2,0	3,0	0,71
Nombre d'épines sur le telson	2	4,0	4,0	4,0	0,00
Nombre d'épines sur le bord latéral interne du rostre	2	14,5	14,0	15,0	0,71

## Annexes

### Annexe 13 : Principaux caractères métriques et méristiques de *Macrobrachium felicinum*.

Caractères	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Métriques</b>					
Longueur totale (mm)	19	69,15	52,65	76,77	6,12
Longueur de la carapace (mm)	19	21,36	16,71	25,54	2,16
Longueur du rostre (%LC)	19	80,37	70,90	96,03	6,73
Longueur de la patte 1 (%LC)	19	340,31	243,04	438,63	75,47
Longueur de l'ischion (%LC)	19	43,20	35,59	50,81	3,95
Longueur du mérus (%LC)	19	71,30	47,29	93,44	19,08
Longueur du carpe (%LC)	19	77,71	42,66	107,58	23,86
Longueur de la paume (%LC)	19	85,82	55,41	118,59	23,14
Longueur du dactyle (%LC)	19	69,67	49,36	87,77	14,31
Longueur de la queue (%LC)	19	178,12	156,93	206,28	15,23
Longueur de la tête (%LC)	19	148,00	127,83	163,29	9,72
Longueur du telson (%LC)	19	44,46	37,30	58,35	5,43
Hauteur de la carapace (%LC)	19	67,37	48,94	86,54	9,94
Largeur de la carapace (%LC)	19	38,33	49,65	68,22	20,05
Diamètre de l'œil (%LC)	19	13,40	11,04	18,43	1,68
Largeur de l'ischion (%LC)	19	14,30	10,34	20,35	2,66
Largeur du mérus (%LC)	19	17,92	10,20	34,08	4,97
Largeur du carpe (%LC)	19	23,56	10,62	35,27	7,01
Largeur de la paume (%LC)	19	24,73	15,24	52,29	7,71
Largeur du 2 <sup>ème</sup> pleura (%LC)	19	36,17	33,76	40,00	1,96
Longueur de l'abdomen (%LC)	19	133,35	118,13	154,37	10,28
Largeur du telson (%LC)	19	14,79	12,73	16,21	1,17
Distance dent conique-bout du dactyle (%LC)	19	8,50	4,85	9,85	1,56
Distance dent conique-bout du doigt fixe (%LC)	19	8,64	7,05	9,90	0,91
Longueur du doigt fixe (%LC)	19	59,19	49,27	80,10	11,55
<b>Ratios</b>					
Longueur de la patte 1/longueur de la patte 2	19	1,52	1,27	1,78	0,17
Longueur de l'ischion/longueur du mérus	19	0,68	0,73	0,92	0,15
Longueur de l'ischion/longueur du carpe	19	0,65	0,43	0,95	0,18
Longueur du carpe/longueur du mérus	19	1,11	1,08	1,20	0,04
Longueur du mérus/longueur de la paume	19	0,80	0,65	0,90	0,07
Longueur du carpe /longueur du dactyle	19	1,02	0,78	1,28	0,18
Longueur du dactyle/longueur de la paume	19	0,85	0,68	0,99	0,08
Longueur du carpe/longueur de la paume	19	0,89	0,69	1,01	0,10
Longueur du rostre/longueur de la tête	19	0,55	0,49	0,61	0,04
Largeur de la carapace/hauteur de la carapace	19	0,61	0,27	0,91	0,26
Largeur de l'ischion/longueur de l'ischion	19	0,32	0,26	0,41	0,05
Largeur du mérus/longueur du mérus	19	0,27	0,15	0,40	0,08
Largeur du carpe/longueur du carpe	19	0,28	0,18	0,46	0,08
Largeur de la paume/longueur de la paume	19	0,32	0,22	0,49	0,08
Distance dent conique-bout du dactyle/longueur du dactyle	19	0,13	0,08	0,18	0,04
Distance dent conique-bout du doigt fixe/longueur du doigt fixe	19	0,21	0,11	0,16	0,18
Distance dent conique-bout du dactyle/distance dent conique-bout du doigt fixe	19	0,85	0,24	1,14	0,34
<b>Méristiques</b>					
Nombre de dents dorsales du rostre	19	15	11	19	1,44
Nombre de dents ventrales du rostre	19	4	2	6	0,83
Nombre de dents rostrales post-orbitaires	19	5	3	6	0,60
Nombre de dents du dactyle	19	15	11	17	2,07
Nombre de dents du doigt fixe	19	15	9	17	2,73
Nombre d'épines sur le telson	19	4	4	4	0
Nombre d'épines sur le bord latéral interne du rostre	19	17	15	17	0,81

**Annexe 14** : Article paru dans la revue Journal of Natural History

Année : 2009

Auteur : KONAN Koffi Mexmin

Promoteurs : - Prof. GOURENE Germain, UFR-Sciences et Gestion de l'Environnement/Université d'Abobo-Adjamé

- Prof. ADEPO-GOURENE A. Béatrice, UFR-Sciences de la Nature/Université d'Abobo-Adjamé.

### Résumé

La caractérisation morphologique et génétique des crevettes des genres *Atya* et *Macrobrachium* de sept cours d'eau de Côte d'Ivoire a été faite afin de déterminer des descripteurs adéquats pour l'identification des différentes espèces et d'élucider les limites de variation de ces descripteurs. Cinquante quatre caractères métriques, sept descripteurs méristiques et cinq variables morphologiques ont été relevés sur chacun des 1046 spécimens examinés. La diversité génétique, portant sur 278 individus, a été analysée à l'aide de l'électrophorèse effectuée sur 10 systèmes enzymatiques.

Un total de neuf espèces valides dont trois du genre *Atya* (*A. africana* Bouvier, 1904, *A. gabonensis* Giebel, 1875 et *A. scabra* (Leach, 1815)) et six du genre *Macrobrachium* (*M. dux* (Lenz, 1910), *M. felicinum* Holthuis, 1949, *M. macrobrachion* (Herklots, 1851), *M. sollaudii* (De Man, 1912), *M. thysi* (Powell, 1980), et *M. vollenhovenii* (Herklots, 1857)) ont été identifiées. La différenciation entre ces espèces est principalement liée à la forme et à la taille des pattes de la deuxième paire de péréiopodes chez *Macrobrachium* et à la troisième paire chez *Atya*. Deux morphotypes mâles ont été identifiés chez chacune des espèces *M. vollenhovenii* et *M. felicinum*. La différence génétique entre *A. scabra* et les espèces de *Macrobrachium* est très nette. En revanche, une faible différence génétique est observée entre les espèces du genre *Macrobrachium*. Parmi celles-ci, *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii* sont plus proches tant au niveau morphologique qu'au niveau génétique. Les deux espèces sont largement distribuées dans les cours d'eau échantillonnés. L'espèce *M. thysi* apparaît endémique à la Côte d'Ivoire.

Les mâles de *M. vollenhovenii* présentent une variation morphométrique entre les différents stocks.

### Mots-clés :

Diversité morphologique et génétique, genres *Atya* et *Macrobrachium*, crevettes d'eaux douces, Côte d'Ivoire.

Year: 2009

Author: KONAN Koffi Mexmin

Promoters: - Prof. GOURENE Germain, UFR-Sciences and Environment Management/Abobo-Adjamé University

- Prof. ADEPO-GOURENE A. Béatrice, UFR-Sciences of Nature/Abobo-Adjamé University.

### Summary

The morphological and genetical characterization of shrimps of the genus *Atya* and *Macrobrachium* of seven rivers of Côte d'Ivoire was studied in order to determine adequate characters for the identification of the various species and to elucidate the limits of variations of these descriptors. Fifty four metric, seven meristic and five morphological characters were taken on each of the 1046 specimens examined. Genetic diversity of 278 individuals was analyzed using the protein electrophoresis carried out on 10 enzymatic systems.

A total of nine valid species including three of genus *Atya* (*A. africana* Herdsman, 1904, *A. gabonensis* Giebel, 1875 and *A. scabra* (Leach, 1815)) and six of the genus *Macrobrachium* (*M. dux* (Lenz, 1910), *M. felicinum* Holthuis, 1949, *M. macrobrachion* (Herklots, 1851), *M. sollaudii* (De Man, 1912), *M. thysi* (Powell, 1980), and *M. vollenhovenii* (Herklots, 1857)) were identified. Differentiation between these species is mainly related to the form and the size of the legs of the second pereopods in the genus *Macrobrachium* and to the third pair in *Atya*. Two males morphotypes have been identified in each of *M. vollenhovenii* and *M. felicinum* species. The genetical difference between *A. scabra* and *Macrobrachium* species is very clear. On other hand, a low genetical difference is observed between the species of the genus *Macrobrachium*. Among them, *M. macrobrachion* and *M. vollenhovenii* are closer as well as morphologically and the genetically. The two species are widely distributed in the sampled rivers. The species *M. thysi* appears endemic in Côte d'Ivoire.

The males of *M. vollenhovenii* present a morphometric variation between the different stocks.

### Keywords

Morphological and genetical diversity, genus *Atya* and *Macrobrachium*, freshwater shrimps, Côte d'Ivoire.