

Available online at <http://www.ifg-dg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(2): 573-598, April 2016

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Review Paper<http://ajol.info/index.php/ijbcs><http://indexmedicus.afro.who.int>

Biologie et perspectives d'élevage de la crevette géante d'eau douce *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857)

Luc GANGBE^{1,2*}, Hyppolite AGADJIHOUEDE³, Antoine CHIKOU²,
Prosper SENOVO¹, Guy Apollinaire MENSAH¹ et Philippe LALEYE²

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin 01BP 884 Cotonou, Bénin.

²Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture de l'Université d'Abomey-Calavi. 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

³Ecole d'Aquaculture de la Vallée de l'Université d'Agriculture de Kétou BP 43 Kétou, Bénin.

* Auteur correspondant, E-mail : gangluc02@yahoo.fr

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Responsables du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) du Programme Cadre d'Appui à la Diversification Agricole (ProCAD) au Bénin pour avoir financé ces travaux.

RESUME

L'objectif principal de cette étude est de faire le point des connaissances sur quelques aspects de la morphologie, de la biologie de reproduction et des besoins alimentaires en élevage de *M. vollenhovenii* afin d'entreprendre son élevage en captivité. L'approche méthodologique utilisée est basée sur la recherche documentaire et a consisté à l'analyse des publications scientifiques, des thèses et livres portant sur la crevette d'eau douce *Macrobrachium* en général et de *Macrobrachium vollenhovenii* en particulier. Les larves vivent exclusivement en eau saumâtre. La nutrition larvaire est basée sur le plancton tandis que les adultes sont omnivores à dominance carnivore. La croissance se fait par des mues donnant une population à structure hétérogène. Une femelle mesurant 11,40 cm de taille peut pondre jusqu'à 56481 œufs. La gamétogenèse comporte 5 phases : phase dominante des cellules immatures, phase d'évolution des cellules immatures, phase dominante des cellules mûres, phase des cellules mûres et phase d'émission des gamètes. Les œufs, au bout de deux à trois semaines, donnent à l'éclosion de petites larves appelées nauplius qui évolue en zoé et mysis. Après 15 stades larvaires, la métamorphose intervient entre le 17^e et 28^e jour pour donner des post-larves, petites répliques en miniature des adultes.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Macrobrachium vollenhovenii*, biologie, aquaculture, Bénin.

Biology and breeding prospect of giant fresh water shrimp *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857)

ABSTRACT

The main target of this study is to give the point of knowledge on some aspects of morphology, on reproduction biology and food needs of *M. vollenhovenii* in breeding in order to undertake his breeding in captivity. The methodological approach used is based on desk research and consisted in the analysis of

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

2633-IJBCS

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.11>

scientific publications, theses and books on the species of freshwater shrimp *Macrobrachium* genre in general and in particular *Macrobrachium vollenhovenii*. The larvae live exclusively out of brackish water. The larval nutrition is based on the plankton while adults are omnivorous with carnivorous predominance. The growth is done by moults giving a population to heterogeneous structure. A female measuring 11.40 cm of size can lay up to 56,481 eggs. The gametogenesis is made up of 5 stages: immature cells dominant stage, immature cells evolution stage, ripe cells dominant stage, ripe cells and gametes issuance stage. Eggs, after two to three weeks, give the hatch small larvae called nauplius that evolves zoe and mysis. After 15 larval stages, metamorphosis occurs between the 17th and 28th day to provide post-larvae which are small replicas in miniature adults.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Macrobrachium vollenhovenii*, biology, aquaculture, Benin.

INTRODUCTION

Parmi les Crustacea exploitables en milieu continental, les crevettes forment un maillon très important du fait de la place de choix qu'elles occupent dans les échanges commerciaux (FAO/OMS, 2011).

Il existe plus de 20 familles différentes de crevettes à travers le monde et plus de 2.000 espèces décrites qui sont, pour la plupart inféodées au milieu maritime. Seules les Palaemonidae et les Atyidae comportant chacune une trentaine d'espèces, deux familles présentes en eau douce sont maintenues couramment dans les bassins d'élevage (Champagne et al., 2007). Selon Griessinger et al. (1991), il existe dans le monde, environ 125 espèces de crevettes du genre *Macrobrachium* dont seulement une douzaine fait l'objet d'une exploitation commerciale par la pêche et l'aquaculture. Ce faible taux d'exploitation pourrait s'expliquer par le fait que très peu d'espèces ont fait l'objet d'études (Gooré Bi, 1998). Celles-ci portent en général sur la diversité (N'zi et al., 2008), la biologie (Nwosu et Wolfi, 2006), l'écologie (Oyekanmi, 2011), l'exploitation (Okogwu et al., 2010) et l'élevage (Griessinger et al., 1991 ; Doume Doume et al., 2013 ; Makombu et al., 2014).

L'espèce *Macrobrachium vollenhovenii* localement appelée « Chacha » en langues locales « Fon » et « Goun » ou « Achochi » ou « Bolou » et en langue locale « Minan » connaît, chaque année, une forte exploitation saisonnière (juillet à décembre) au Bénin. L'exploitation des Crustacea des eaux

intérieures béninoises représente une activité spécifique pour laquelle diverses méthodes traditionnelles ont été mises au point par les pêcheurs (Lalèyè et al., 2005). D'après les études de FAO (2005), les crevettes procurent une quantité non négligeable de protéines d'origine animale dont les populations ont besoin. Elles sont très prisées sur le marché local et sur le marché international de par leur taille et leurs nombreuses potentialités culinaires. Au sud Bénin, la pêche crevettière dans les plans d'eau joue un rôle non négligeable dans l'économie nationale grâce à son apport en devises par le biais des exportations, des créations d'emplois et des apports en protéines pour la population (Vincke et Philippart, 1984). *Macrobrachium vollenhovenii* est de taille relativement grande et est similaire à *Macrobrachium rosenbergii* d'origine asiatique et à *Macrobrachium americanum* et *Macrobrachium carcinus* d'origine américaine et caraïbe.

Cette ressource biologique sujette à de forte pression anthropique et présentant une telle importance commerciale au plan local et sous régional, nécessite d'être domestiquée. Parmi les crevettes d'eau douce du genre *Macrobrachium*, l'espèce *Macrobrachium vollenhovenii* présente un haut potentiel de fécondité qui se prête mieux à l'aquaculture (Lawal-Are et Owolabi, 2012 ; Kingdom et Erundu, 2013).

Au Bénin, peu de travaux ont été consacrés aux crevettes d'eau douce ; et leur élevage peine à démarrer en raison de la faible connaissance de leur biologie. C'est pourquoi,

pour des essais d'élevage à réaliser sur *Macrobrachium vollenhovenii*, il s'est avéré nécessaire de faire l'état des lieux des connaissances sur l'écologie, la biologie et les techniques courantes d'élevage intensif ou extensif appliquées dans les fermes crevetticoles de certains pays asiatiques, européens et africains.

Le présent article, outre la synthèse des connaissances qu'il propose sur les crevettes d'eau douce et parfois d'eau salée en général, vise particulièrement à relever les insuffisances de connaissances sur l'espèce *Macrobrachium vollenhovenii* afin de suggérer des pistes pour son élevage en captivité. La recherche bibliographique a été réalisée entre novembre 2015 à janvier 2016 en consultant :

- les bases de données accessibles via le site Internet de la FAO ;
- les sites: Agora, Google Scholar, Freefullpdf;
- les manuels et fiches techniques sur les crevettes du genre *Macrobrachium*;
- les ressources documentaires disponibles au niveau de la bibliothèque centrale du Ministère de l'Agriculture de l'élevage et de la Pêche au Bénin ;
- les articles portant sur les crevettes d'eau douces et particulièrement sur l'espèce *Macrobrachium vollenhovenii*.

La combinaison des mots-clés suivants a été utilisée en français et en anglais : Crevette *Macrobrachium*, *Macrobrachium vollenhovenii*, taxonomie, distribution, morphologie, anatomie, écologie, biologie, alimentation, reproduction, élevage.

SYSTEMATIQUES DES CREVETTES

Taxonomie et morphologie

Parmi les Crustacea d'élevage, les crevettes, les crabes, les écrevisses, les langoustes et les homards forment les grands groupes au sein de l'embranchement des Arthropodes. Au plan taxonomique, les crevettes sont des métazoaires triploblastiques coelomates protostomiens à symétrie bilatérale (Miller et Harley, 1996). Elles

appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, au sous-embranchement des Antennates ou Mandibulates, à la classe des Crustacea et à la sous-classe des Eucarides. Dans ce dernier taxon se trouve l'ordre des Décapodes qui renferme les superfamilles des Penaeidae et des Caridae (Monod, 1966) comme indiqué dans la classification suivante (Tableau 1).

La super famille des Caridae comprend deux familles : les Palaemonidae dont trois (3) genres (*Macrobrachium*, *Desmocarid* et *Leander*) et les Atyidae qui ne contiennent que seulement deux (2) genres (*Atya* et *Caridina*). C'est précisément dans la famille des Palaemonidae que se trouve l'espèce de crevette *Macrobrachium vollenhovenii* qui fait l'objet de la présente revue.

Différence entre les palaemonidae, atyidae et penaeidae

Dans la famille des Palaemonidae, le genre *Macrobrachium* est le seul dont certaines espèces peuvent vivre entièrement en eau douce (Champagne et al., 2007). Les autres genres et quelques espèces de *Macrobrachium* mènent une vie adulte principalement en eau douce mais ne sont pas totalement détachées du mode de vie de leurs ancêtres maritimes et ont souvent besoin d'un stade larvaire en eau salée ou saumâtre.

La seconde famille aussi répandue en eau douce, les Atyidae, une vie larvaire en eau salée ou saumâtre et sont de taille plus réduite. Les espèces du genre *Macrobrachium* sont reconnaissables de par la présence des deux premières paires de pattes céphalothoraciques en forme de pinces préhensibles (Champagne et al., 2007). La deuxième paire de pinces céphalothoraciques est imposante et distinctement plus longue contrairement aux espèces appartenant à la famille des Atyidae qui en sont dépourvues. Le rostre est allongé et pointu avec des épines sur les deux bords. Chez les Atyidae, les deux premières paires de pattes sont aussi préhensibles mais elles sont de taille modeste et ne sont que des organes préhensibles chez le genre *Caridina*. Chez les

crevettes du genre *Atya*, les deux premières paires de pattes céphalothoraxiques sont couvertes par des soies que la crevette peut agiter en éventail afin de recueillir les débris alimentaires en suspension dans l'eau (Champagne et al., 2007).

Chez les crevettes en général, l'abdomen est subdivisé en six (06) segments constitués de pleures abdominales (Figure 1). Les crevettes du genre *Macrobrachium* diffèrent fondamentalement des *Penaoidae* de par le positionnement des pleures abdominales : les pleures du deuxième segment abdominal recouvrent celles du premier et du troisième segment chez *Macrobrachium*, alors que chez les *Penaoidae*, les pleures des segments sont recouvrantes (Figure 1). De plus, une coupe transversale du dernier segment abdominal présente une section circulaire chez les *Palaemonidae* alors que chez les *Penaoidae*, cette section présente une carène dorsale (Figure 2).

Spécificité anatomique de *Macrobrachium*

Anatomie externe de Macrobrachium

La constitution générale des crevettes est telle que le mâle et la femelle sont de forme très peu différente. Elles représentent un grand groupe des Crustacea de taille très diverse, de quelques millimètres jusqu'à environ 35 cm de longueur (Goore Bi, 2007). Tout le corps des crevettes est recouvert, comme celui de tous les Crustacea, par une cuticule ou croûte (crusta = croûte) ou sclérites sécrétée par l'épiderme et qui sert aussi de squelette externe ou exosquelette (Figure 3). Elle est caractérisée par une teneur élevée en chitine (polysaccharide formant de longues fibres) qui, chez les Crustacea de grande taille, est imprégnée de sels calcaires et contient différents pigments tégumentaires comme la crustacyanine, la caroténoprotéine responsable de la couleur bleue. Elles ont un corps allongé, la carapace prolongée en avant par un rostre pointu généralement denticulé sur une ou les deux faces.

Comme chez les autres Crustacea, le corps des crevettes est fait de segments divisés

en deux parties principales : le céphalothorax et l'abdomen. Chaque segment porte une paire d'appendices (Miller et Harley, 1996). Les crevettes du genre *Macrobrachium* portent de nombreux appendices articulés (Durand et Levêque, 1994) : les antennules, les antennes, les mandibules, les maxillules (ou mâchoires antérieures), les maxilles (ou mâchoires postérieures), les maxillipèdes (ou pattes-mâchoires), les péréiopodes (ou pattes locomotrices), les pléopodes et les uropodes (ou pattes nageoires).

- Le céphalothorax porte les antennes, les yeux pédonculés, les pièces buccales et cinq paires de pattes locomotrices articulées appelées péréiopodes dont le basis et l'ischion sont distincts. Les deux premières paires de péréiopodes portent souvent des pinces. Ils servent à l'alimentation, ainsi qu'à la défense contre d'éventuels prédateurs et adversaires et à la parade autour du partenaire de sexe féminin. Parfois, ces pinces sont couvertes de soies en éventail qui permettent aux crevettes de s'alimenter. Les trois paires suivantes servent au déplacement au sol.

- L'abdomen comprimé latéralement, est robuste riche en muscle et constitué de six segments (ou somites) dont les appendices, les pléopodes, assurent la nage en pleine eau. Chez les femelles, ces appendices servent à l'accueil des œufs après la ponte, qui y incubent jusqu'à l'éclosion. Chez les mâles, les deux premières paires de pléopodes remplissent la fonction d'organes de copulation. Le sixième segment porte deux uropodes latéraux foliacés qui sont des appendices aplatis biramés et bi-articulés formant une palette, permettant les mouvements vifs de recule et de fuite. L'abdomen se termine par le telson auquel s'associent les deux uropodes (Figure 3).

PHYSIOLOGIE DE *MACROBRACHIUM*

Chez les Crustacea en général et chez la crevette *Macrobrachium* en particulier, le corps est constitué d'organes (Figure 4) dont les fonctions assurent la survie de l'animal dans les différents milieux qu'il parcourt

(Griessinger et al., 1991). Au nombre de ces organes, on distingue :

- **l'encéphale** : c'est la région principale du système nerveux constitué entre autres du cerveau ;

- **le cœur** : il est constitué d'un organe creux et musculaire qui pompe l'hémolymphe ou le sang et permet sa circulation dans le corps du crustacé. Chez la crevette, le cœur est entouré par la cavité péricardique contenant l'hémolymphe ;

- **l'estomac** : Il joue à la fois un rôle mécanique grâce aux dents chitineuses et un rôle chimique grâce aux sucs sécrétés par les glandes digestives. Au niveau du système digestif, l'estomac joue un rôle de broyeur et la digestion proprement dite se fait au niveau de l'hépatopancréas, glande digestive qui regroupe à la fois les fonctions du foie et du pancréas. Suivant sa couleur, l'hépatopancréas est un bon indicateur de la santé de la crevette ;

- **la glande verte** : C'est un organe excréteur proche de la fonction des reins et de la vessie chez les vertébrés. Son orifice est situé à la base du pédoncule antennaire. Il permet aux Crustacea d'éliminer les déchets azotés sous forme d'ammoniaque. La majorité des déchets azotés sont évacués par les branchies ;

- **les muscles** : le corps des crevettes est équipé de deux types de muscles, le muscle fléchisseur et le muscle extenseur. Le muscle inférieur de l'abdomen, permet de fléchir la queue et le muscle supérieur de l'abdomen permet de réaliser une extension de la queue ;

- **l'appareil respiratoire et la circulation** : La respiration est le phénomène vital par lequel un organisme vivant peut utiliser de l'oxygène comme source d'énergie pour ses besoins métaboliques. Comme tous les autres Crustacea, la crevette puise l'oxygène dissout dans l'eau grâce aux branchies encore appelées trachéobranches, situées de part et d'autre du céphalothorax, sous la carapace (Griessinger et al., 1991). Les branchies sont constituées de fines lamelles ou

filaments et de cylindres organisés autour d'un axe central contenant les vaisseaux sanguins. La crevette maintient un courant d'eau permanent dans les cavités branchiales facilitant la dilution et l'échange des gaz. L'eau parvient aux branchies grâce à une petite fente située sur la carapace et sur les pattes ambulatoires ou les péréiopodes. De petits cils sont disposés sur chaque bord de cette petite ouverture afin de filtrer l'eau qui parvient à la cavité branchiale. L'oxygène puisé au niveau des branchies est transporté vers les tissus par l'hémolymphe, le liquide corporel dans lequel baignent les cellules chez les Crustacea. La circulation sanguine des crevettes est appelée circulation ouverte. A l'opposé, chez les vertébrés, le sang circule à travers les veines et les artères reliées au cœur pour assurer la fonction de circulation, ce qui leur confère le nom de circulation fermée. Chez les crevettes, l'hémolymphe ne circule pas à travers les vaisseaux reliés les uns aux autres mais il est directement propagé grâce à la fonction de pompage du cœur dans l'hémocoèle, cavité interne remplie de sang. Les organes du corps baignent directement dans l'hémolymphe. Les branchies et l'hémolymphe éliminent le gaz carbonique (CO₂) et une partie des déchets azotés (urines), le reste étant évacué par l'anus. L'échange gazeux entre les milieux internes et externes au niveau des branchies s'effectue par diffusion passive. Cette diffusion n'est pas suffisante pour les besoins respiratoires de l'animal, d'où la nécessité d'une "ventilation" forcée par les battements rythmiques de certaines pièces buccales qui induisent un mouvement d'eau permanent vers les branchies. Chez les larves de crevette, il existe une respiration tégumentaire avant que les branchies ne soient formées ;

- **l'osmorégulation et l'excrétion** : Pour tous les organismes aquatiques, on distingue le milieu intérieur constitué par le sang et les cellules du corps et le milieu extérieur dans lequel ils baignent (Keith et al., 2007). Dans les deux milieux existent des éléments minéraux comme le calcium ou des

éléments organiques comme les protéines, à des concentrations différentes. L'ensemble des substances dissoutes dans un milieu donné détermine la pression osmotique de ce milieu. Le mouvement d'eau s'effectue toujours vers le milieu ayant la pression osmotique plus élevée. Pour garantir le bon fonctionnement de son métabolisme, le crustacé doit maintenir constante la pression osmotique de son milieu intérieur. L'osmorégulation est donc l'effort permanent que déploie un crustacé afin de maintenir constante la pression osmotique de son milieu interne. Chez les Crustacea marins, les milieux intérieurs et extérieurs sont en équilibre osmotique. Les Crustacea d'eau douce par contre conservent leurs fluides corporels plus concentrés que le milieu extérieur. La régulation s'effectue essentiellement par l'intermédiaire de la sécrétion des glandes antennales ou urine et des branchies. La perte d'eau et de sels par l'urine est équilibrée par l'entrée active d'eau et d'ions à travers les branchies. Durant son cycle vital, la crevette migre plusieurs fois entre des milieux de salinités différentes. La phase larvaire a lieu en eau saumâtre et la phase adulte en eau douce. Cette capacité chez les crevettes à s'adapter aux variations de concentration du milieu extérieur est appelée osmorégulation ;

• **la coloration** : La coloration des crevettes varie selon la pigmentation de la carapace. Toutefois, certaines crevettes peuvent changer leur coloration en contractant les chromatophores, cellules pigmentaires présentes dans la carapace. Ces fonctions sont commandées par les hormones ou par le système nerveux (Keith et al., 2007). La coloration peut se modifier tout d'un coup ou progressivement. L'environnement et l'origine géographique sont les divers facteurs qui influent sur la coloration des crevettes. Au sein d'une même espèce (de souche sauvage) (Keith et al., 2007), on peut distinguer plusieurs colorations, ce qui rend les identifications visuelles difficiles. La coloration peut aussi être due aux parasites infectant les intestins des crevettes. Chez les

Crustacea, la carapace contient un colorant naturel appelé astaxanthine. Ce colorant est un pigment appartenant à la famille des Caroténoïdes. A l'état naturel, l'astaxanthine n'est pas visible chez les Crustacea car ce pigment est entouré d'une protéine masquant sa coloration. A la mort de l'animal ou lorsqu'il est exposé à une chaleur importante, les chaînes de protéines libèrent l'astaxanthine donnant la coloration rose ou rouge caractéristique des crustacés morts.

DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES DES HABITATS

Les crevettes Palaemonidae sont largement distribuées (Fischer et Bianchi, 1981) dans toutes les zones tropicales et subtropicales. On les rencontre aussi bien dans les eaux saumâtres que douces, et ceci depuis l'équateur jusqu'aux régions polaires. Quant à l'espèce *Macrobrachium vollehovenii*, elle se rencontre dans les eaux douces continentales des lacs, des rivières, des marécages, des fossés d'irrigation, des canaux et étangs, et aussi dans les estuaires, les lagunes et les mangroves (Monod, 1966). Selon Zabi et Le Lœuff (1992), elle fait partie de la faune benthique des milieux margino-littoraux de la zone intertropicale d'Afrique de l'Ouest (Figure 5).

Les individus adultes et juvéniles de *M. vollehovenii* sont benthiques vivant sur les débris coquillers, la vase, ou sur le mélange de ces matériaux, alors que les formes larvaires sont pélagiques. Les femelles grainées et les larves doivent passer une partie de leur cycle biologique en eau saumâtre avant de rejoindre les eaux douces (Goore Bi, 1998).

Cette large distribution de l'espèce et son appartenance au benthos facilitent sa survie en captivité et son choix parmi les sujets candidats à l'aquaculture. La vie pélagique et en eau saumâtre sont des informations nécessaires à l'élevage larvaire et post larvaire.

REGIME ALIMENTAIRE DE *MACROBRACHIUM*

Selon Jimoh et al. (2012), bien qu'elles soient considérées principalement comme détritivores ou consommatrices d'algues et zooplancton, les crevettes d'eau douce sont surtout omnivores. Les travaux de Marioghae (1982), Odum et Oradiwé (1996) ont révélé que les espèces appartenant au genre *Macrobrachium* en particulier *M. vollehovenii* et *M. macrobrachion* se nourrissent essentiellement des débris végétaux et animaux et de la boue, mais aussi, selon leur taille, de chair et viscères de poissons et d'autres animaux, d'escargots, d'insectes aquatiques et leurs larves, des noix, des graines, des fruits, de petits mollusques et crustacés, ou de plus petits congénères.

Macrobrachium rosenbergii dont l'élevage est similaire à celui de *Macrobrachium vollehovenii* (Liu et Liao, 1999) s'alimente à plusieurs niveaux de la chaîne trophique (Figure 6). Ces aliments regroupent le zooplancton, la microfaune du fond et du sédiment, les débris organiques variés (végétaux ou animaux) et d'aliments composés (granulés). L'étude du régime alimentaire de *M. vollehovenii* (Jimoh et al., 2011) a révélé dans son estomac la présence d'une grande variété de plancton dont les chlorophytes et les diatomées forment les grands groupes suivis de petits crustacés et d'insectes.

Ainsi, le granulé apporté chaque jour par l'aquaculteur est l'une des sources alimentaires de la crevette, prépondérante quand la densité est élevée (Griessenger et al., 1991 ; Nandlal et Pickering., 2005). Selon le degré d'intensification, l'alimentation peut être basée sur la productivité primaire, elle peut être mixte ou principalement artificielle. Dans un étang ou dans un bassin en cours de fertilisation, une chaîne alimentaire basée sur la croissance de phytoplancton s'établit. Selon l'évolution du milieu, divers organismes apparaissent et entrent dans l'alimentation des crevettes (Figure 6).

En définitive, le régime omnivore de *M. vollehovenii* facilite son alimentation et son élevage en milieu contrôlé.

REPRODUCTION CHEZ *MACROBRACHIUM*

Modes de reproduction

La reproduction des crevettes d'eau douce peut se faire de différentes manières. Selon Chang et al. (1995), quatre modes de reproduction sont identifiés :

- **le mode normal** : Selon ce mode de reproduction, la crevette pond ses œufs en eau douce. Les larves éclosent et rejoignent les estuaires pour grandir en eau saumâtre. Lorsque les larves croissent et deviennent des post-larves, elles remontent le courant pour finir leur croissance et leur vie en eau douce. Ce mode de reproduction est particulièrement difficile à reproduire en aquarium. Il faut d'une part disposer de plusieurs aquariums pour reproduire les différents stades en eau saumâtre et procéder à des changements progressifs de milieux. Les larves sont d'autre part difficiles à nourrir. C'est le cas de *Macrobrachium sp.*

- **le mode abrégé** : Ce mode est semblable au mode normal. Mais ici les larves ne restent que quelques heures en eau saumâtre pour ensuite rejoindre rapidement l'eau douce. Les difficultés d'élevage sont les mêmes que pour le mode normal.

- **le mode simple** : La femelle porte ses œufs qu'elle lâche ensuite en eau douce. Les œufs éclosent et donnent des larves qui sont des répliques en miniatures de la crevette adulte. Les larves assurent presque tout le développement larvaire à l'intérieur de l'œuf, sous l'abdomen de la femelle. Il n'y a pas de stade en eau saumâtre. Les petites crevettes se nourrissent de la même façon que les adultes. C'est le mode de reproduction le plus adéquat à l'élevage en aquarium. C'est le cas de *Neocaridina heteropoda var. red.*

- **la reproduction retardée** : chez certaines crevettes d'eau douce comme les genres *Atya* et *Macrobrachium*, il arrive que la femelle soit grainée alors qu'il n'y a pas de

mâle dans l'aquarium. Dans ces conditions, la femelle est capable de stocker la semence du mâle dans une petite poche prévue à cet effet. La femelle n'étant fécondable qu'après la mue, juste avant que sa carapace ne durcisse, elle ne laisse pas beaucoup de chance au mâle de pouvoir s'accoupler. Ainsi, la femelle peut stocker les spermatophores dans une membrane abdominale pour pouvoir être fécondée à la prochaine mue, même en absence de mâle.

Sexualité et maturité des gonades

Chez les Palaemonidae (Fischer et Bianchi, 1981), les sexes sont séparés. Les gonades sont paires et disposées de chaque côté et en-dessous du cœur. Chez le mâle (Figure 7a), les spermiductes relient les testicules aux ampoules terminales (orifices génitaux mâles) qui débouchent sur l'article basal (coxa) de la dernière paire de périopode. Chez le mâle, les deux premières paires de pléopodes sont modifiées en gonopodes qui sont utilisés pour le transfert du sperme (spermatophores) alors que chez la femelle ces pléopodes permettent le maintien des œufs et des embryons contre son abdomen. Chez la femelle (Figure 7b), les ovaires s'étendent postérieurement sur toute la longueur de l'abdomen (Goore Bi, 1998) et sont reliés par des oviductes aux orifices externes (orifices génitaux femelles) situés sur l'article basal de la troisième paire de périopodes, les deux dernières paires formant un réceptacle séminal où le mâle dépose les sacs contenant le sperme (spermatophore).

Gamétogenèse, taille de maturité sexuelle et éclosion des œufs

Les crevettes d'eau douce, malgré la structure hétérogène qui caractérise leur population, présentent des tailles de maturité qui diffèrent selon le sexe. Selon Dumont et al. (2007), la taille atteinte à la première maturité sexuelle correspond à la taille des crevettes au moment de la maturation des gonades. L'étude de la gamétogenèse chez *M. vollehovenii* a montré, selon les coupes

histologiques réalisées par Olele et al. (2012) (Figure 8 et 9) et en s'appuyant sur la table de reconnaissance des stades (Tableau 2), cinq stades de développement gonadique chez le mâle et chez la femelle. Les stades I et II correspondent aux oogonies et aux vésicules corticales chez la femelle tandis que chez le mâle ces stades correspondent aux spermatogonies et aux spermatocytes. Les stades III, IV et V correspondant aux ovocytes mûrs chez la femelle et aux spermatozoïdes chez le mâle, sont ceux correspondant à la maturation sexuelle. A ces stades de maturité sexuelle, correspondent des tailles de maturité allant de 10 à 12 cm pour le mâle et de 13 à 15 cm pour la femelle. La taille de première maturité est de 9 cm pour le mâle et de 10 cm pour la femelle. Kingdom et Erondou (2013) ont montré de façon générale que l'Indice Gonado Somatique (IGS) est plus élevé, atteignant en moyenne $12,92 \pm 0,79$ et variant de 10,55-15,57 pour des tailles comprises entre 8 à 9 cm. A partir de ces tailles de maturité, les crevettes d'eau douce rentrent dans une phase intense d'activité de reproduction. Dans la nature, les mâles et les femelles peuvent atteindre respectivement les tailles de 16 cm et 19 cm correspondant à des poids de 80 g et 160 g (Lawal-Are et Owolabi, 2012). Les reproducteurs mâles deviennent dominants territoriaux avec de grosses pinces, tandis que les femelles pour la plupart sont grainées. L'incubation des œufs dure 15 à 21 jours selon la température (Griessinger et al., 1990). Les œufs sont oxygénés et nettoyés par le battement constant des pléopodes. Les œufs sont de forme légèrement elliptique et mesurent 0,6-0,7 mm selon l'axe transversal ; ils sont de couleur orangé vif jusqu'à deux ou trois jours avant l'éclosion, moment où ils deviennent gris-noir. Dans la nature, la fécondité peut atteindre 56 481 œufs correspondant à une femelle dont la taille est de 11,40 cm (Kingdom et Erondou, 2013). En captivité, cette fécondité est de 6 255 œufs pour une femelle mesurant 10 cm et pesant 17,94 g (Doume Doume et al., 2013).

Saison de reproduction

Les crevettes *Macrobrachium* sont des espèces amphibiotiques dont la présence soit en eau saumâtre soit en eau douce est liée à la reproduction (Figure 10). Les gros adultes vivent dans les eaux douces des fleuves et rivières où a lieu la fécondation qui se produit surtout pendant la saison des pluies (Miller, 1971). Simultanément a lieu la migration de ces reproducteurs vers les eaux saumâtres lagunaires. Ces migrations catadrome et anadrome favorisées par la crue sont en faveur d'un recrutement périodique de jeunes crevettes *Macrobrachium*.

Villé (1972) se fondant sur l'étude du cycle ovarien, situe la période de ponte de juillet à décembre, avec un pourcentage maximal de femelles mûres en décembre (60%). L'étude montre également que les femelles plus âgées sont les premières à pondre. La vitellogenèse, qui selon cet auteur est liée à la saison des pluies, à la migration vers les eaux saumâtres, mais aussi à l'effet de groupe, est très brève. Des études expérimentales menées par ce même auteur (Villé, 1971a, 1971b) ont montré que la salinité joue un rôle primordial dans les migrations et la régulation de la reproduction chez *Macrobrachium*. Les adultes ne vivent qu'en eau douce et les larves ne peuvent se développer qu'en eau saumâtre. Les meilleurs taux de survie larvaire sont obtenus à des salinités de l'ordre de 10‰ (Anetekhai, 1989), alors que les mortalités importantes surviennent tant en eau douce qu'à une salinité de 20‰ (Anetekhai, 2001), les stades juvéniles sont beaucoup plus euryhalins. Vers trois mois, les jeunes individus gagnent les eaux douces où ils atteignent la maturité sexuelle à l'âge de six mois (Gooré Bi, 1998).

Les migrations des individus dans les différents milieux et les tailles atteintes donnent des informations sur les comportements des reproducteurs pendant la période de reproduction. La simulation des conditions du milieu naturel peut permettre de déclencher le processus de reproduction en milieu contrôlé.

Fécondité et sex ratio

Contrairement aux crevettes Penaeidae (*Penaeus setiferus*) très prolifiques qui peuvent pondre jusqu'à 500 000 œufs libérés en pleine eau, les Palaemonidae et les Atyidae produisent un nombre beaucoup plus faible soit de 5 000 à 20 000 pour les jeunes femelles et 80 000 à 100 000 pour les femelles âgées (Fischer et Bianchi, 1981). Villé (1970a, 1970b) a signalé des cas de fécondité précoce chez *Macrobrachium*. L'hypothèse avancée pour une telle reproduction précoce à l'état juvénile est une adaptation aux conditions défavorables du milieu (salinité et température variables) où les individus adultes ne pourraient se reproduire ni survivre. La taille moyenne de ces petites femelles ovigères est de 4,3 cm, la plus petite mesurant 2,3 cm de longueur totale allant des yeux au telson. La fécondité est alors considérablement réduite par rapport à celles des gros reproducteurs soit de 300 à 1000 œufs seulement par ponte mais elle est compensée par des fécondations plus rapprochées. Dans la nature, le sexe ratio est de 1:1 pour *M. vollehnovenii* (Marioghae, 1982), 1:0,91 pour *M. macrobrachion* (Mwangi, 1984). Selon Lawal-Are et Owolabi (2012), les études sur deux sites d'échantillonnage de *M. vollehnovenii* ont révélé que les sexes ratio sont respectivement de 1:3,34 et 1:2,45. Le dimorphisme mâle observé chez *M. rosenbergii* et *M. macrobrachion* est absent chez *M. vollehnovenii*.

Accouplement et ponte

L'accouplement se fait en eau douce entre un mâle dominant « mâle dur » et une femelle venant de muer (Griessinger et al., 1990) « femelle molle ». Le mâle retourne la femelle et dépose une masse de sperme ou spermatophores au débouché des orifices génitaux. Les spermatophores sont de petites ampoules ou de petits sacs contenant les spermatozoïdes. Les œufs sont ainsi fécondés au fur et à mesure de leur ponte. La ponte a lieu quelques heures après l'accouplement. Les œufs sont guidés par les pléopodes vers la

chambre d'incubation située sous l'abdomen de la femelle. Des glandes situées au niveau des pléopodes secrètent une substance gélatineuse qui agglutine les œufs.

CROISSANCE DE CREVETTE MACROBRACHIUM

Croissance larvaire

Les larves franchissent pendant environ douze jours, onze stades avant la métamorphose. Elles se nourrissent essentiellement des réserves du vitellus au sein de leur organisme. Chacun de ces stades présente plusieurs caractéristiques particulières (Tableau 3). Les larves nouvellement libérées ont environ 2 mm de taille et de poids 0,35 g alors qu'au onzième stade elles atteignent 7 mm. Les larves de crevette d'eau douce sont de type planctonique. Elles nagent activement, la queue en avant et la face ventrale tournée vers le haut. La post-larve nouvellement métamorphosée mesure également 7 à 8 mm et se caractérise par un comportement locomoteur et natatoire semblable à celui d'une crevette adulte.

La description des différents stades majeurs de développement se présente de la manière suivante (Figure 11) :

- **stade nauplius** : 15 à 21 jours après la ponte et l'incubation, les œufs donnent naissance à de minuscules larves appelées nauplii. Le nauplius consomme ses réserves vitellines. Il se présente sous la forme d'une larve nageuse d'environ 0,5 mm de long constituée uniquement d'une tête et d'une queue, le thorax et l'abdomen n'étant pas encore développés;

- **stade protozoé** : Deux jours après l'éclosion, les nauplii se métamorphosent en protozoés. Le corps s'allonge et le thorax et l'abdomen apparaissent. Les protozoés sont des larves très actives, sans cesse en mouvement, qui se nourrissent de plancton. Après 4 à 5 jours, elles se transforment en mysis ;

- **stade mysis** : la phase mysis dure 4 à 5 jours également. Après plusieurs

métamorphoses, le corps des mysis s'apparente à celui des juvéniles avec l'apparition des pléopodes ;

- **stade post-larve** : les post-larves ont une apparence proche de celle des adultes. Les post larves continuent de se nourrir de plancton. Elles migrent vers les estuaires où la salinité est moins élevée et où la nourriture est plus abondante. A partir du stade post-larve, il n'y a plus de métamorphose mais seulement des mues de croissance. L'âge des post-larves est donné en jours. Le jour 1 correspond à la dernière mue du mysis. Le stade post-larve dure 4 à 5 semaines avant que les crevettes n'entrent dans le stade juvénile. Elles font alors environ 10 mm. Les post-larves ont un mode d'alimentation quasi semblable à celui des crevettes adultes. Elles sont plus attirées par les ressources alimentaires riches en protéines et en calcium, d'où leur intérêt pour les petites larves d'autres invertébrés et surtout les larves de mollusques ;

- **stade juvénile** : il n'y a pas de différence morphologique entre post-larves et juvéniles, si ce n'est que les juvéniles sont plus grands et vivent en estuaire. Ils sont omnivores et varient de plus en plus leur alimentation : vers, larves d'autres Crustacea, petits poissons, et même d'autres crevettes. La croissance des juvéniles est rapide (jusqu'à 5 cm par mois) et quand les juvéniles font une dizaine de centimètres, ils gagnent les rivières profondes ;

- **stade sub-adulte** : les sub-adultes migrent vers les eaux profondes des estuaires et restent là environ un mois. Ces crevettes continuent de grossir, mais moins rapidement que les juvéniles. Les sub-adultes n'ont encore aucun signe de maturité sexuelle.

- **stade adulte** : les crevettes atteignent leur maturité sexuelle vers 8 mois, elles font alors une trentaine de grammes pour une vingtaine de centimètres et migrent vers l'eau douce des fleuves ou des rivières.

Reconnaissance du sexe des individus immatures

Les crevettes mâles matures sont de taille plus grande que les femelles et la

seconde patte locomotrice est beaucoup plus longue et plus épaisse (Holthuis et al., 2009 ; Ismaël et New, 2000). Le céphalothorax du mâle est aussi proportionnellement plus important et l'abdomen plus étroit que ceux de la femelle. Les orifices génitaux du mâle sont situés entre les attaches des cinquièmes pattes locomotrices. La tête de la femelle mature et ses secondes pattes locomotrices sont beaucoup plus petites que celles de l'adulte mâle. Les orifices génitaux se trouvent à la base des troisièmes pattes locomotrices ; la pleure abdominale est plus longue, et l'abdomen lui-même est plus large. Les pleures forment une vaste cavité à l'intérieur de laquelle les œufs sont déposés entre la ponte et l'éclosion. A maturité, les ovaires apparaissent sous forme de larges masses de couleur orange et occupent les parties dorsales et latérales du céphalothorax. Chez les crevettes immatures du genre *Macrobrachium*, les mâles présentent à la face ventrale au niveau du premier somite (segment), un point ou une petite protubérance au centre du somite perceptible au toucher comme (Figure 12).

Mue et croissance des juvéniles

Pour pouvoir croître, se reproduire ou renouveler un membre abîmé ou perdu (Champagne et al., 2007) lors d'un combat, la crevette doit se débarrasser régulièrement de son exosquelette solide devenu trop étroit : c'est la mue. La mue (ou ecdysie) nécessite des conditions telles que : la constitution de réserves énergétiques (dans l'hépatopancréas) et minérales qui seront mobilisés au cours de l'exuviation, la dissolution progressive par déminéralisation de l'ancienne carapace et la récupération de certains de ses éléments de manière à la libérer des tissus sous-jacents et à la rendre suffisamment fine pour être libérée, le renouvellement d'une carapace molle sous la vieille carapace. Pendant le processus de mue relativement court, l'animal sort de l'ancienne carapace (Peebles, 1978). La nouvelle peau est encore molle et a besoin d'un certain temps (quelques heures voire

quelques jours selon les espèces) avant de durcir complètement et de devenir aussi solide que la précédente : c'est la sclérisation. Pendant cette période, les crevettes sont particulièrement vulnérables aux substances toxiques, au manque d'oxygène et aux prédateurs (Fieber et Peter, 1982). Sans cette protection naturelle, elles restent généralement cachées en attendant que leur carapace ait durci. La vieille carapace vide dénommée exuvie est abandonnée. La fréquence des mues et la durée d'inter-mue dépend de l'âge de l'animal, des conditions environnementales (température, composition du milieu, densité, etc.) et de l'espèce. Les minéraux utilisés pour durcir la carapace proviennent des ressources corporelles (10 à 15%) et surtout du milieu extérieur. La teneur en calcium de l'eau douce étant faible que l'eau de mer, la disponibilité du calcium dans le milieu peut être un facteur limitant pour la vitesse de durcissement de la nouvelle carapace. Durant les heures qui suivent la mue, l'animal ne s'alimente pas, il n'y a donc pas d'apport en calcium par l'alimentation (Hummel, 1986).

Le cycle de mue tout comme le cycle de maturation sont donc étroitement liés et sont sous la dépendance d'un contrôle hormonal, par l'intermédiaire du système nerveux central et de la glande du sinus situé dans le pédoncule oculaire. Sous l'influence des facteurs externes (environnement) ou des facteurs internes (stress, âge, nutrition) s'exerçant sur le système nerveux central, cette glande du sinus secrète ou non une hormone inhibitrice de maturation.

La croissance résulte d'une entrée importante d'eau dans le corps de la crevette suite à la mue par le tube digestif. Ce flux d'eau provoque une augmentation du volume du fluide corporel et un gonflement des tissus qui dans les stades suivants gagneront en poids à concurrence du volume établi lors de cette hydratation (Aquacop et al., 1989).

Chez les crevettes *Macrobrachium*, la croissance est d'abord exponentielle suivie d'une phase de croissance linéaire assez rapide, jusqu'à atteindre l'âge adulte. Après 8

à 10 mois, les crevettes continuent de muer et de grandir, mais leur croissance toujours régulière, devient de plus en plus lente (Malecha et al., 1984). Les femelles grossissent plus vite et plus longtemps que les mâles. A l'intérieur d'une même cohorte (population d'individus nés au même moment), la variabilité du poids est en général proche de 50%, ce qui signifie que les individus ont des vitesses de croissance assez différentes entre eux (Figure 13).

Chez les crevettes Palaemonidae, leur particularité majeure réside dans leur croissance individuelle très hétérogène (Ra'anan, 1984). En partant d'une cohorte de post-larves homogènes, on s'aperçoit qu'au bout de deux mois, certains animaux ont un poids 10 fois supérieur aux autres. Les individus à croissance rapide sont des individus dominants (pinces bleues). La croissance des autres individus (pinces orange et claires) est ralentie dès l'apparition des individus dominants. Les dominés reprennent leur croissance dès la pêche des individus dominants : c'est la croissance compensatoire. Ces phénomènes de dominance ont pour conséquence la croissance en escalier chez les mâles (Sagi et Ra'anan, 1988).

A partir de la maturation sexuelle, la croissance des sexes mâle et femelle chez Palaemonidae est très différente. Chez les mâles, l'hétérogénéité et la dominance s'accroissent tandis que les femelles à 50% investissent leur énergie pour la reproduction au détriment de la croissance. Quelle que soit la densité, les femelles ont une croissance plus régulière et plus rapide que les mâles, cette croissance des femelles est ralentie à partir de la maturité sexuelle (Ling, 1969).

POPULATION ET MODE DE VIE

Migration larvaire et cycle biologique

Les adultes de *Macrobrachium* atteignent leur maturité sexuelle en eau douce. La maturité gonadique, la fécondation, la ponte et l'incubation des œufs ont lieu aussi en eau douce (Champagne et al., 2007). Après éclosion, les œufs donnent de minuscules

larves appelées nauplii. Les larves libérées dans les eaux douces des rivières dérivent avec le courant vers l'embouchure des fleuves et poursuivent en eau saumâtre les autres stades de développement (Figure 14). A ce stade, les larves sont en suspension dans l'eau et font partie du zooplancton (Sandifer et al., 1975). Ces nauplii subissent une première métamorphose qui les transforme en zoés. Les zoés, au bout de quelques jours, se métamorphosent à nouveau en un troisième stade pour devenir des mysis. Les mysis ressemblent déjà à de minuscules crevettes. Après trois à quatre jours supplémentaires, les mysis se métamorphosent une dernière fois en post-larves, jeunes crevettes ayant toutes les caractéristiques des adultes. L'ensemble du processus prend environ vingt-huit jours depuis l'éclosion jusqu'à la métamorphose totale en post-larves. Elles grandissent et migrent finalement vers le fleuve en eau douce où elles atteignent finalement leur maturité (New et Valenti, 2009).

Structure sociale et recrutement de jeunes mâles

La structure sociale de la population des crevettes *Macrobrachium* reflète une structure pyramidale montrant trois catégories de mâle ou « morphotypes » selon la proportion des pinces par rapport au corps et leur couleur (Sagi et Ra'anan, 1988) :

- les grands mâles à pinces bleues de taille supérieure, représentant 10% de la population des mâles, sont dominants et de par leur vivacité assurent l'essentiel de la reproduction. Huit à douze femelles peuvent ainsi être associées à un mâle à pinces bleues (Fauvel, 1981). Ces mâles utilisent leur énergie pour la reproduction, la protection des femelles et la défense de leur territoire. Leur croissance est très ralentie voire nulle. S'ils restent dans le bassin, ils finissent par se couvrir d'algues, (preuve qu'ils ne muent plus), et par conséquent, mourir lorsqu'ils ont épuisé le stock de gamètes qu'ils avaient constitué avant leur accession à la dominance. La transformation en mâle à pinces bleues est

liée à la maturation sexuelle. Une maturation précoce est souvent une réponse à des conditions de stress qui impliquent une reproduction « anticipée » : manque d'espace (densités), de nourriture, d'oxygène, etc. Ils sont agressifs et territoriaux ;

- les mâles à pinces orange de taille intermédiaire, représentant 40% de la population des mâles, sont co-dominants c'est-à-dire qu'ils peuvent devenir dominants après une mue (Nagamine et al., 1980a). Ils consacrent toute l'énergie pour la croissance qui est rapide ;

- les petits mâles à pinces claires, représentant 50% de la population des mâles, sont des individus dominés (Ling et Merican, 1961), ils sont de petite taille et très mobiles, leur croissance est faible, ils participent parfois à la reproduction en se glissant entre mâles et femelles reproducteurs. L'évolution d'un mâle dans la population suit donc ces différents morphotypes. Cette structure hiérarchisée de la population des crevettes maintient de façon continue une hétérogénéité de tailles au sein des individus. Une pêche sélective des gros mâles déclenche la croissance compensatoire des mâles dominés et l'inhibition est ainsi levée. Ce phénomène essentiel connu sous le nom « d'écramage » régit la croissance des mâles et représente un véritable moteur de la croissance au sein de la population des crevettes (Nagamine et al., 1980b).

CREVETTICULTURE: ALIMENTATION DES CREVETTES EN ELEVAGE

La crevetticulture est une activité qui est développée de façon intensive depuis seulement une cinquantaine d'années, d'abord à Taiwan, puis un peu partout en Asie du Sud-Est et dans d'autres régions du monde (Venkataramiah et al., 1975). Les besoins alimentaires des crevettes sont donc moins bien connus que ceux d'autres espèces élevées depuis plus longtemps. Cette méconnaissance est d'autant plus marquée pour *Penaeus monodon*, *Litopenaeus vannamei* et *Macrobrachium rosenbergii* car ce sont des

espèces de crevettes tropicales, donc n'ayant pas la priorité des Organismes Français de recherche, comme l'IFREMER (Institut Français de Recherche en Mer) ou l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), ou des Organismes Européens et Américains. Certes, des recherches ont été menées par des organismes asiatiques, mais leur approche méthodologique et leur rigueur scientifique dépendent des contraintes au plan local et des niveaux de connaissance sur l'espèce. Mieux les espèces de crevettes n'ont pas les mêmes exigences alimentaires. Par exemple *Penaeus monodon* nécessite un régime plus riche en protéines (35 à 45%) que *vannamei* (25 à 35%) car *P. monodon* est carnivore alors que *P. vannamei* est herbivore ou omnivore suivant leur stade de développement (Deshimaru et Shigueno, 1972). Pour la même raison, il faut également tenir compte du fait que *Penaeus monodon* digère moins bien les protéines végétales que *Penaeus vannamei* (Conklin, 1997). *Macrobrachium rosenbergii* et *Macrobrachium vollohovenii*, ont un régime semblable à celui de *P. vannamei*. Dans le Tableau 4 sont regroupés les besoins nutritionnels globaux des Penaeidae et des Palaemonidae.

Les aliments « PL feed » sont utilisés pour des crevettes de 0 à 1 g, les aliments « starter » sont utilisés pour des crevettes de 1 à 5 g et les aliments « grower » sont utilisés pour des crevettes de plus de 5 g.

Les aliments sont composés de céréales, de tourteaux (arachide, coton, soja), de farine de poisson et de Complexe Minéraux Vitaminiques (CMV) suivant les proportions indiquées dans le Tableau 4 (Griessinger et al., 1991). En plus de la nature et de la proportion des ingrédients alimentaires, la qualité de l'aliment dépend de la technique de fabrication. Le liant est indispensable pour que le granulé garde sa cohésion et sa stabilité dans l'eau au moins deux heures après sa distribution. Ce temps est nécessaire pour que la crevette, qui mange lentement, puisse ingérer la majorité des particules du granulé.

Pour l'alimentation larvaire, certaines écloséries utilisent toutes sortes de produits alimentaires notamment les nauplii d'artémia, les œufs et chair de poisson émiettée, la chair

de calmar, artémia adulte congelé, artémia adulte en flocons, les vers, les aliments préparés, la poudre de crevette.

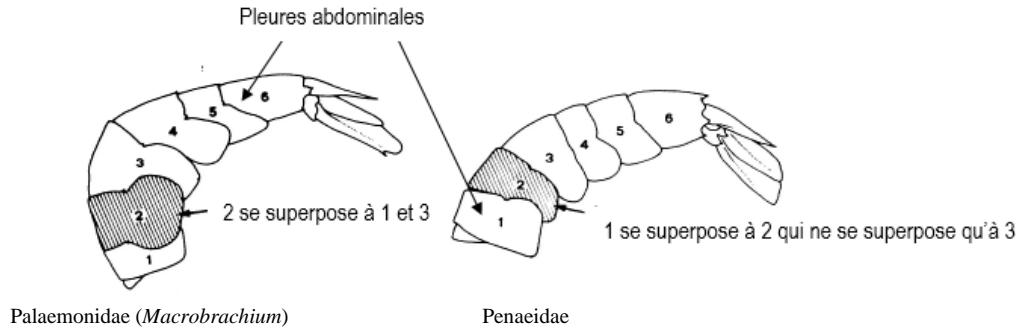


Figure 1: Vue latérale de l'abdomen montrant le positionnement des pleures abdominales (Fincham et wickens, 1976).

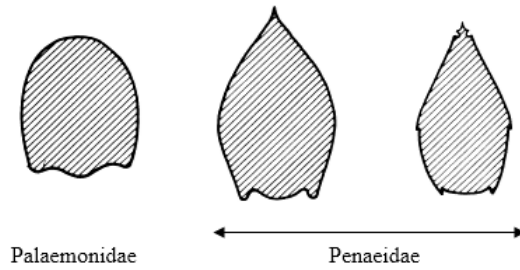


Figure 2: Coupe transversale de la 6^e pleure abdominale de Palaemonidae et de Penaeidae (Fincham et wickens, 1976).

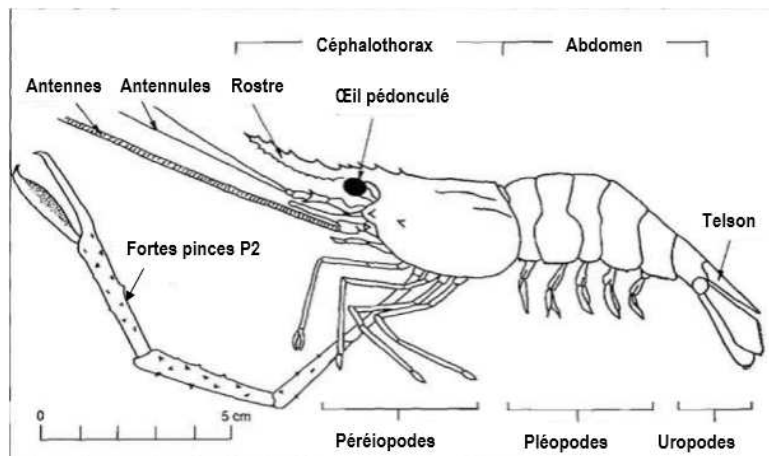


Figure 3: Anatomie externe d'une crevette *Macrobrachium* (Forster et Wickens, 1972).

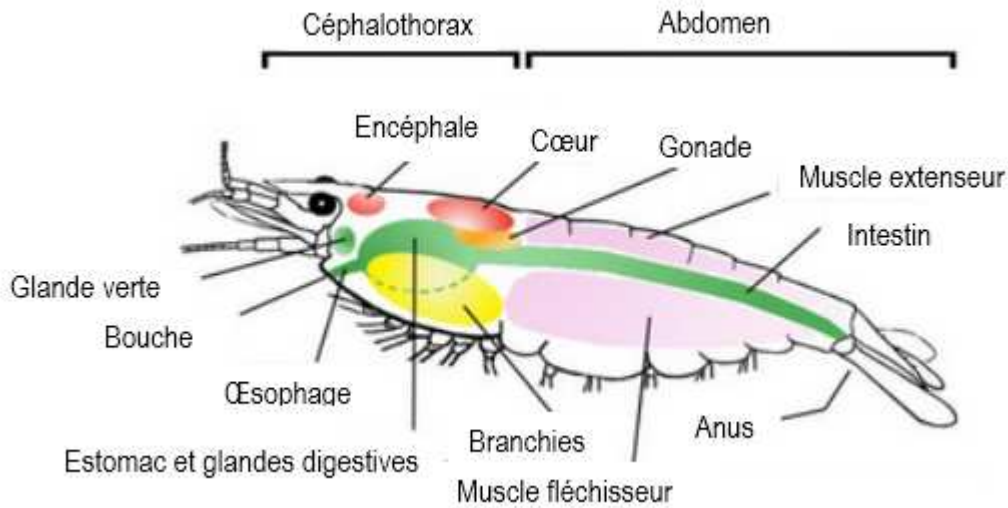


Figure 4: Anatomie interne de la crevette *Macrobrachium* (Champagne et al., 2007).

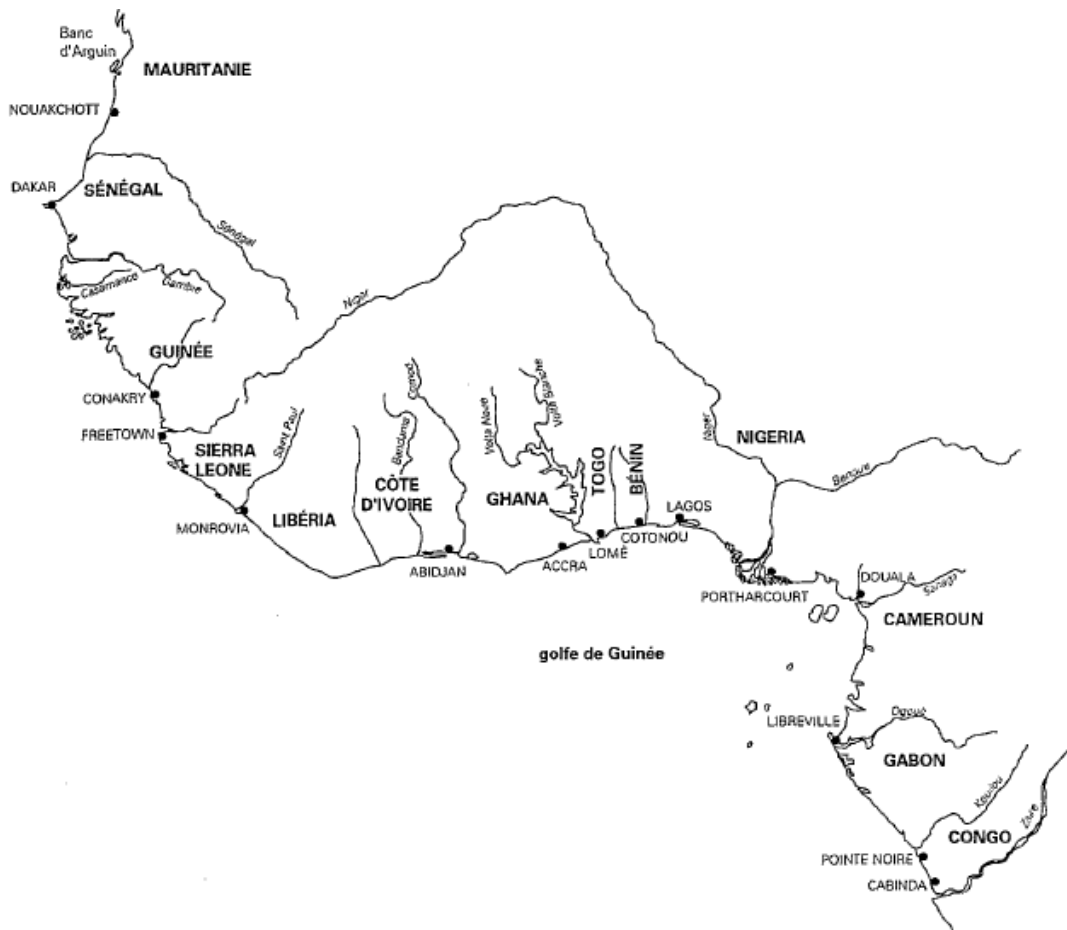


Figure 5: Zones de distribution naturelle de *Macrobrachium* en Afrique de l'Ouest (Zabi et Le Lœuff, 1992).

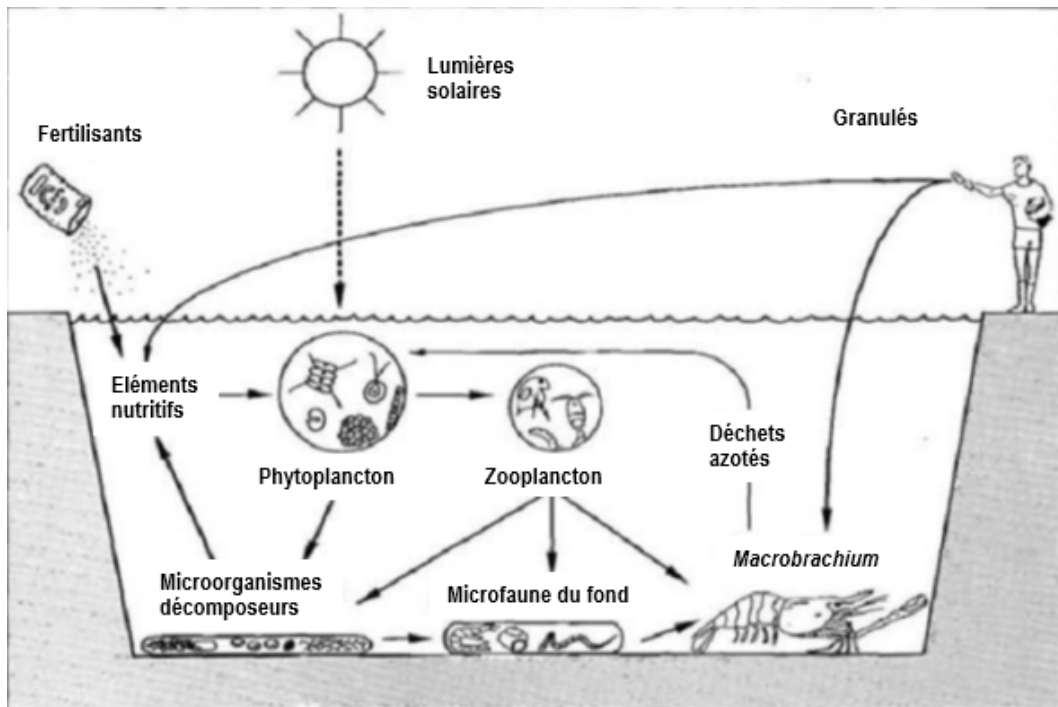


Figure 6: Chaîne trophique dans un système d'exploitation de crevette *Macrobrachium* (Griessinger et al., 1991).



a (mâle dominant)



b (femelle grainée)

Figure 7: Vue de la morphologie externe d'un mâle dominant (a) et d'une femelle grainée (b).

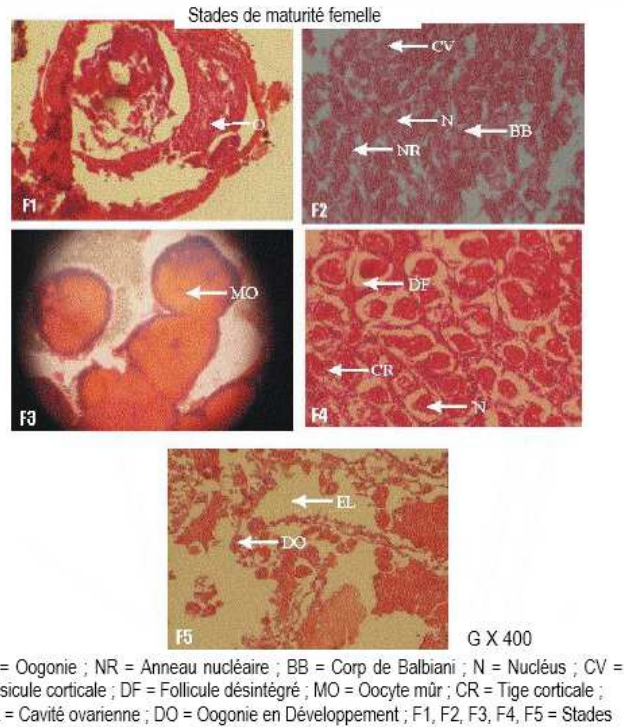


Figure 8: Evolution chronologique des stades de développement chez la femelle de *M. vollenhovenii* (Olele et al., 2012).

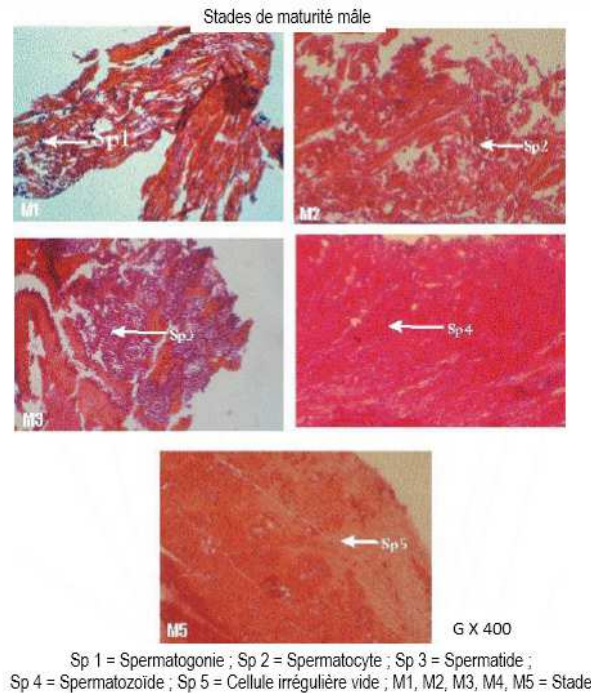


Figure 9: Evolution chronologique des stades de développement chez le mâle de *M. vollenhovenii* (Olele et al., 2012).

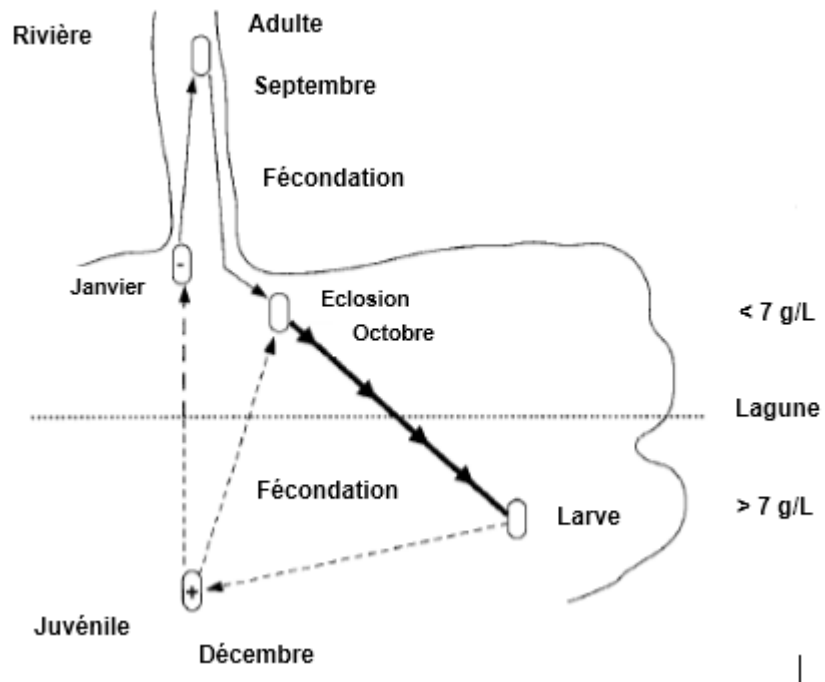


Figure 10: Mouvements migratoires de la crevette *Macrobrachium* (Villé, 1970).

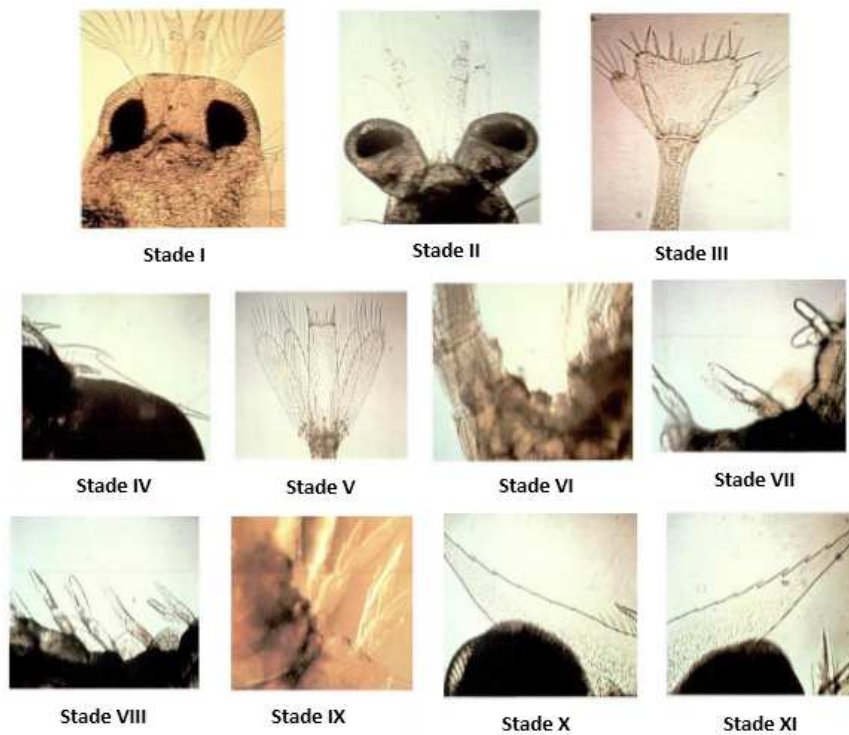


Figure 11: Stades de développement larvaire chez *Macrobrachium* (Uno et Soo, 1969).

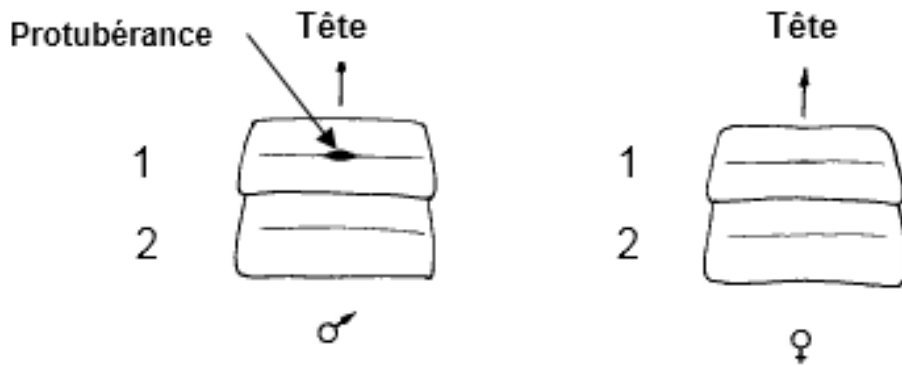


Figure 12: Face ventrale du premier somite abdominal (symbole ♂ pour le mâle et symbole ♀ pour la femelle) (Fincham et Wickens, 1976).

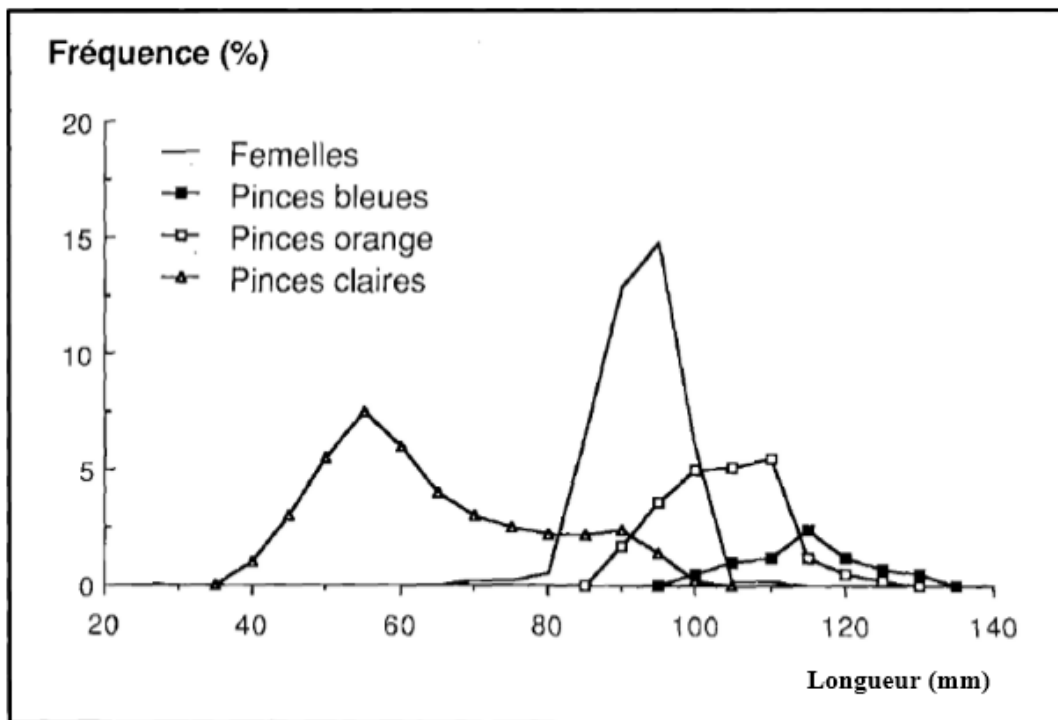


Figure 13: Courbe de croissance en longueur d'une population de crevette *Macrobrachium* (Griessinger et al., 1991).

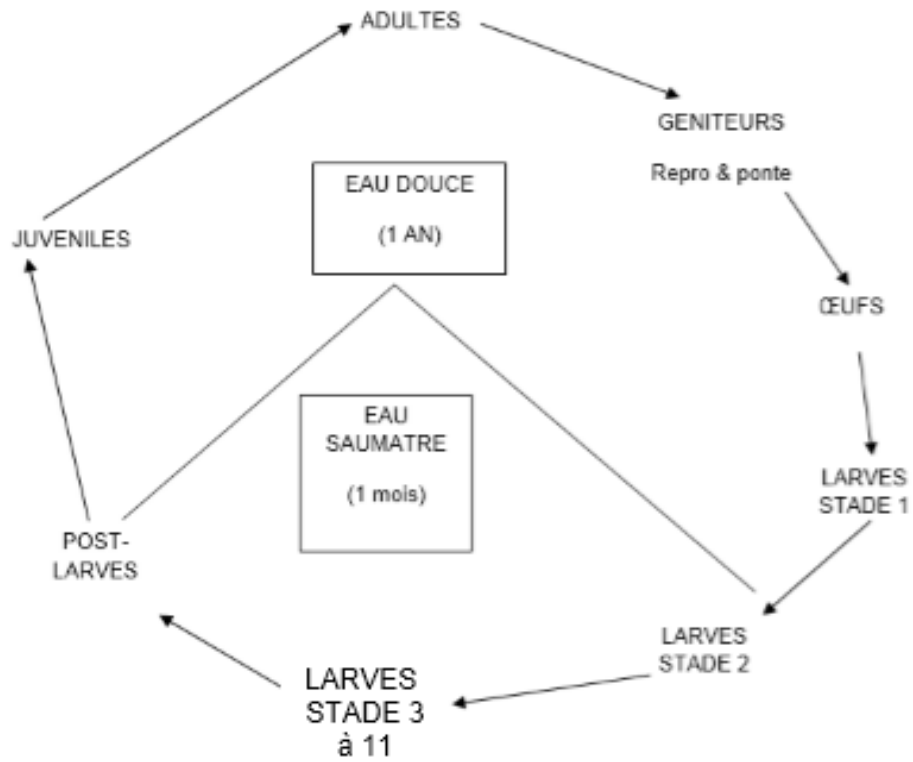


Figure 14: Cycle biologique de la crevette *Macrobrachium* (Griessinger et al., 1991).

Tableau 1 : Classification de *Macrobrachium vollehovenii* suivant les unités systématiques.

Unités de classification	Classification
Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Sous-embranchement	Crustacea
Classe	Malacostracea
Sous-classe	Eumalacostracea
Ordre	Decapode
Sous-ordre	Pleocyemate
Super famille	Caridae
Famille	Palaemonidae
Genre	<i>Macrobrachium</i>
Espèce	<i>vollenhovenii</i>

Tableau 2 : Stades de développement des gonades chez *M. vollenhovenii* (Olele et al., 2012).

Stades de maturité/Mois	Mâle	Femelle
Phase immature dominante, gonades non développées, rencontrée en mars	Spermatogonie apparaît sous forme de cellules compactes à la micro photographie digitale. Les testicules sont physiquement translucides (Stade M1)	Ovaire petit translucide et difficile à être observés à travers la carapace. Cellules agrégées en Oogonies tel que observées au microscope (Stade F1)
Phase immature non dominante, développement des gonades, rencontrée entre avril et mai	Cellules visibles au microscope. Gonades en cours de développement au stade spermatocyte. Présence de centres de mélanophores et de cellules lacanae (Stade M2)	Oogonies se transforment en oocytes, ovaires très développés deviennent opaques et jaunâtres, mélanophores éparpillées autour de la surface, nucléoles non visibles (Stade F2)
Phase pré-vitellogénique, rencontrée entre juin et juillet	Dominance de points noirs représentés par les spermatocytes et les spermatides. La gonade est physiquement orange et claire (Stade M3)	Vitellogenèse montrée par des traces d'enzyme spécifique des oocytes. Phase pré-vitellogénique caractérisée par un cytoplasme basophile et apparition de nucléus. Apparition de corps vésiculaires et d'amas de chromatine, ovules sont presque mûrs, gonade physiquement orange foncé (Stade F3)
Phase des matures et des pontes, rencontrée entre août et septembre	Dominance de spermatides et de spermatozoïdes. La gonade est physiquement marron et claire (Stade M4)	Nombreux bâtonnets corticaux sont présents, cellules folliculaires apparaissent. C'est le stade de maturation des œufs caractérisé par des ovules mûrs localisés dans des régions opaques. C'est des cellules à paroi mince. Les ovules mûrs remplissent tout l'espace. C'est le stade vitellogénique. L'ovaire est physiquement jaune clair (Stade F4).
Phase d'hydratation ou de dépense, rencontrée entre octobre et novembre	Phase d'hydratation ou de dépense caractérisée par des cellules irrégulières et vides suite à la formation des spermatozoïdes. Gonde physiquement noire et marron (Stade M5)	Stade post-vitellogénique caractérisé par des cellules contractées de forme irrégulière observées après libération des ovules. Dégénérescence des ovules aboutissant à des vacuoles, ovaire physiquement jaune sombre (Stade F5).

Tableau 3: Critères de reconnaissance des stades larvaires successifs chez les Palaemonidae (Griessinger et al., 1991).

Stades	Critères de reconnaissance
I	Yeux sessiles
II	Yeux pédonculés
III	Apparition des uropodes
IV	Développement du 5 ^e péréiopode
V	4 ^e péréiopode développé
VI	Pléopodes en bouton
VII	Apparition du 3 ^e segment du flagelle antennaire, pléopodes biramés
VIII	Apparition des soies sur les pléopodes
IX	Apparition de l'appendice interne sur l'endopodite des pléopodes
X	Apparition de dents sur la face supérieure du rostre
XI	Apparition de dent sur face inférieure du rostre

Tableau 4: Besoins nutritionnels globaux des crevettes (PL signifie Post-larve) (Griessinger et al., 1991 ; Guillaume, 1999 ; Cahu, 2006).

Eléments nutritionnels	Crevette Penaeidae			Crevette Palaemonidae		
	PL feed (< 1mm)	Starter (1-2 mm)	Grower (> 2 mm)	PL feed (< 1mm)	Starter (1-2 mm)	Grower (> 2 mm)
Protéines (%)	≥ 43	≥ 41	≥ 38	≥ 35	≥ 30	≥ 25
Lipides (%)	≥ 5	≥ 6	≥ 6	≥ 5	≥ 6	≥ 6
Minéraux (Ca, P) (%)	≤ 16	≤ 16	≤ 16	≤ 16	≤ 16	≤ 16
Fibres (%)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Vitamines (A, D3, E, C, B6) (%)	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5
Humidité (%)	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 11
Forme d'aliment	Miettes	Granulés	Granulés	Miettes	Granulés	Granulés

Conclusion

La présente étude est une contribution à la connaissance des paramètres de croissance, de reproduction et d'élevage de la crevette d'eau douce *M. vollehovenii*. Il ressort de cette revue documentaire que l'espèce de crevette *M. vollehovenii* sera un véritable candidat à l'aquaculture de par sa taille et son fort potentiel de fécondité. L'élevage de cette espèce de crevette peut être une véritable source de devise pour le Bénin et de surcroît un important complément de revenu pour les pêcheurs et les aquaculteurs au Bénin. Il peut aussi contribuer à la conservation de la biodiversité. Cependant, une acclimatation réussie et une bonne alimentation sont primordiales et restent les préalables pour

élever correctement la crevette *M. vollehovenii*. De même, la production en captivité des crevettes post-larvaires de haute qualité serait un atout pour remplacer les crevettes sauvages dont le stock est en voie de destruction.

REFERENCES

- Agadjihouèdé H, Chikou A, Lalèyè P. 2009. Diversité et abondance des crevettes d'eau douce dans la lagune de Grand-Popo (Bas Mono) au sud du Bénin. Actes du 2^e Colloque de l'UAC des Sciences, Cultures et Technologies, Sciences agronomiques, p. 462-469.
- Akintola SL, Aderinola OJ. 2001. The New Challenges of Fisheries Development and

- Roles of Stakeholders in Nigeria's Fish Self-sufficient Quest (Eds. Anetekhai; M.A.) *Journal of Research and Review in Science*, 2: 118-123.
- Andrew JM, Sick LV, Baptist GJ. 1972. Protein and Energy levels on Growth and Survival of Panaeid shrimp. *Aquaculture*, 1(4): 341 – 347.
- Anetekhai MA. 1989. Salinity tolerance of the African River prawn (*Macrobrachium vollenhovenii*) (Herklots, 1857) in Asejire Lake, Oyo State, Nigeria. *Nig. J. Sci.*, 23: 31-33.
- Anetekhai MA. 2001. Gender Energy, and Food Security: Opportunity for economic Growth. A Paper presented at a one-day workshop organized by Friends of the Environment (FOTE). 7th September, 2001.
- Aquacop, Bédier E, Descamps G. 1989. *Chronic Effects of low Calcium Concentration and High pH on the Growth and the Mortality of Macrobrachium Rosenbergii (de Man, 1879)*. Presentation at Aquaculture '89, World Aquaculture Society: Los Angeles.
- Arieli Y, Sarig S, Bejerano. 1982. Observation on pond growth of *Macrobrachium rosebergii* at the Ginosor fish culture station in 1978 and 1979. *Bamidgeh*, 32(2); 57 – 67.
- Cahu C. 2006. Nutrition, digestion et développement des larves de crevettes et de poissons marins. Mémoire présenté pour l'obtention d'une habilitation à diriger des recherches. Section 66 – Physiologie. Université de Bretagne Occidentale.
- Champagne R, Andreas K, Anderson J. 2007. Généralités sur la biologie et la maintenance des crevettes en eau douce, pour les principales familles et espèces présentes dans notre aquarium. <http://www.aquaportal.com/articles-item-36-les-crevettes-en-aquarium-d-eau-douce.html>.
- Chang CF, Shih TW. 1995. Reproductive cycle of ovarian development and vitellogenin profiles in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Inverted Reproductive Development*, 27: 11-20.
- Conklin D, Abramo R, Akiyama D. 1997. Advances in world aquaculture. Crustacean nutrition, vol.6. Identification et peuplement des crevettes (Caridea) de la rivière Bia (Côte d'Ivoire). *Bulletin de l'IFAN Ch. A. Diop, Dakar T. LII, sér. A*, 2: 163-186.
- Deshimaru O, Shigueno K. 1972. Introduction to the artificial diet for prawn *Penaeus Japonicas*. *Aquaculture*, 1(2): 115-133.
- Doume Doume CN, Toguyeni A, Yao SS, Tchepurnaya A. 2013. Culture en captivité et développement larvaire de *Macrobrachium vollenhovenii*. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(2): 544-553.
- Dumont LFC, Incao F, Santos RA, Maluche S, Rodrigues LF. 2007. Ovarian development of wild pink prawn (*Farfantepenaeus paulensis*) females in north coast of Santa Catarina State. *Brazil, Nauplius*, 15(2): 65-71.
- Durand JR, Levêque C. 1994. *Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne* (Tome I). Ed. ORSTOM: Paris; 368-379.
- FAO, OMS. 2011. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption, Rome, 25–29 January 2010. FAO - Rapport sur les pêches et l'aquaculture no 978. Rome, FAO. 50 p.
- FAO. 2011. *L'Etat de la Sécurité Alimentaire dans le Monde 2011*. FAO : Rome; 62.
- FAO. 2009. Rapport de la Conférence mondiale sur les pêches artisanales – pour une pêche artisanale durable: associer la pêche responsable au développement social. Bangkok, Thaïlande, 13–17 octobre 2008. FAO, Rapport sur les pêches No 911. Rome, 189 p.
- FAO. 2008. Vue générale du secteur des pêches, République du Bénin, p29.
- FAO. 2006a. World agriculture: towards 2030/2050 – Interim report, Rome.

- FAO. 2006b. *Fertilizer Use by Crop, FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, no 17*. FAO : Rome.
- FAO. 2005. De la crevetticulture de subsistance à la production industrielle de crevettes en Asie et dans le monde, FOA : Rome 68 p.
- Fieber LA, Lutz PL. 1982. Calcium requirements for molting in *Macrobrachium rosenbergii*. *J. World Maricul*, **13**: 21-27.
- Fincham AA, Wickens JF. 1976. Identification of commercial prawn and shrimps. *Brit. Mus. Publ.*, **779** : 7 p.
- Fischer W, Bianchi G. 1981. Fiche FAO d'Identification des Espèces pour les Besoins de la pêche **6**, 1-3.
- Forster JRM, Wickens JF. 1972. Prawn culture in the United Kingdom: its status and potential. Lab. Leaflet. Minist. Agric. *Fish. Food C. B. (New ser.)*, **27**: 32.
- Fujimura. 1978. Plan for development of prawn farming in Thailand and recommendations to increase production of juveniles for distribution to farmers and for stocking natural areas. UNDP/FAO Programme for the expansion of freshwater prawn farming working paper. Rome, FAO, THA/75/008/79/WP/2.
- Goore Bi G. 1998. Contribution à l'étude des crevettes d'eau douce de la Côte d'Ivoire : systématique, biologie et analyse socio-économique de la pêche de *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) et *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) (Crustacea : Decapoda, Palaemonidae) du bassin de la Bia. Thèse de doctorat du 3^{ème} cycle. Université de Cocody. République de la Côte d'Ivoire. 143 p.
- Gooré Bi G, Kouassi JN, Thys Van den Audenaerde DFE. 2007. Critères pratiques d'identification et peuplement des crevettes (Caridea) de la rivière Bia (Côte d'Ivoire). *Bulletin de l'IFAN Ch. A. Diop, Dakar T. LII, série A.*, **2**: 163-186.
- Griessinger JM, Lacroix D, Godouin P. 1991. *Elevage de la Crevette Tropicale d'Eau Douce*. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de Mer ; 372.
- Guillaume J, Kaushik S, Bergot P, Metailler R. 1999. Nutrition et alimentation des poissons et Crustacea. INRA Editions, p. 313-341.
- Holthuis LB, Peter KL. 2009. Nomenclature and Taxonomy. *Freshwater Prawns: Biology and Farming* (2nd edn). 12-17.
- Hummel CG. 1986. The effect of high pH on the mortality of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879) postlarvae in green and clear water. M.Se. Thesis, University of Puerto -Rico, Mayaguez, 37 p.
- Ismael D, New MB. 2000. *Biology Freshwater Prawn Culture: the Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science: London; 18-40.
- Jimoh AA, Clarke EO, Whenu OO, Anetekhai MA, Ndimele PE. 2012. Morphological Characterization of Populations of *Macrobrachium vollenhovenii* and *Macrobrachium macrobrachion* from Badagry Creek, Southwest Nigeria. *Asian Journal of Biological Sciences*, **5**: 126-137.
- Keith P, Vigneux E, Marquet G. 2007. Atlas des poissons et des Crustacea d'eau douce de Polynésie Française, MNHN ; <http://www.crusta-fauna.org>.
- Kingdom T, Erundu ES. 2013. Reproductive Biology of African River Prawn *Macrobrachium vollenhovenii* (Crustacea, Palaemonidae) In the Lower Taylor Creek, Niger Delta, Nigeria. *Ecologia Balkanica*, **5**(1):49-56.
- Laleye P, Akélé D, Philippart JC. 2005. La pêche traditionnelle dans les plaines inondables du fleuve Ouémé au Bénin. *Cahiers d'Ethologie*, **22**(2): 25-38.
- Lawal-Are AO, Owolabi AT. 2012. Comparative Biology of the Prawns *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) and *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) from two

- interconnecting fresh/brackish water lagoons in South-West Nigeria. *J. Marine Sci. Res. Dev.*, **2**:1-8.
- Ling SW. 1969. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *FAO Fish. Ftep.* **57**(3): 589-606.
- Liu WY, Liao IC. 1999. Morphological differences between African river prawn *Macrobrachium vollenhovenii* and giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* during larval development, Elsevier: Amsterdam; 357-379.
- Makombu JG, Oben PM, Oben BO, Gaudin GLP, Motto IS, Makogea N, Syapzec JK, Brownd JH, Ngueguime JR, Mialhe E. 2014. Complete Larval Development of the Fresh Water Prawn *Macrobrachium vollenhovenii* in Cameroon, *Journal of Applied Aquaculture*, **26**(4): 310-328.
- Malecha SR, Masuno S, Onizuka D. 1984. The feasibility of measuring the heritability of growth pattern variation in the juvenile freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, **38**: 347-356.
- Marioghae IE. 1982. Notes of the biology and distribution of *Macrobrachium vollenhovenii* and *Macrobrachium macrobrachion* in the Lagos Lagoon (Crustacea, decapoda, Palaemonidae). *Rev. Zool. Af.*, **94**(3): 493-508.
- Menasveta P, Piyatiratitvokul S. 1980. A comparative study on larviculture techniques for the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (DeMan). *Aquaculture*, **20**: 239-249.
- Miller GC. 1971. Commercial fishery and Biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium* in the lower St. Paul River. Liberia, 1952 - 53. US Dept. of Commerce special Sci. Report. NO. 626. 13 p.
- Miller SA, Harley JP. 1996. *Zoology*. Wm. C. Brown Publishers: London; 752p.
- Monod T. 1966. Crevettes et crabes de la Côte occidentale d'Afrique. Mémoire des Instituts Fondamentales Noires 77, Pp. 103-234.
- Mwangi BT. 1984. *Macrobrachium vollenhouemi* (Herklots, 1857) - Its availability, tolerance salinity and low pH, and an assessment of its use as a predator in polyculture. M. Tech Rivers State University of Science and Technology / African Regional Aquaculture centre, Port Harcourt, Nigeria 79 p.
- N'zi GK, Gooré Bi G, Kouamélan EP, Koné T, Douba VN, 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.
- Nandlal S, Pickering T. 2005. Freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming in Pacific Island countries (vol 1). Hatchery Operations; 40.
- Nwosu FM, Wolfi M. 2006. Population dynamics of giant African river prawn *Macrobrachium vollenhovenii* Herklots 1857 (Crustacea, Palaemonidae) in the Cross River Estuary, Nigeria. *West African Journal Applied Ecology*, **9**: 11-18.
- Odum O, Oradiwé U. 1996. Some aspects of the biology of *Macrobrachium macrobrachion* (Herklots, 1851) in the Ethiopia River, Nigeria. (Crustacea: decapoda, palaemonidae. *Journ. Afr. Zool.*, 53-60.
- Okogwu OI, Ajuogu JC, Nwani CD. 2010. Artisanal fishery of the exploited population of *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklot 1857) (Crustacea; Palaemonidae) in the Asu River, southeast Nigeria. *Acta Zoologica Lituanica*, **20**: 98-106.
- Olele FN, Tawari-Fufeyin P, Okonkwo JC. 2012. Reproductive biology of freshwater prawn *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklot, 1857) caught in Warri River. *Archiva Zootechnica* **15** (4): 41-57.
- Oyekanmi FB. 2011. Bio-ecology of fresh water prawns *Macrobrachium*

- vollenhovenii* (Herklots, 1857) and *Caridina africana* (Kingsley, 1822) at Asejire Lake and Erin-Ijesa waterfalls, Osun State, Nigeria. Ph.D. Thesis, University of Agriculture, Nigeria.
- Peebles JB. 1978. Molting and mortality in *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. World Maricul. Soc.*, **9**: 39-46.
- Ra'anan Z, Cohen D. 1984. Ontogeny of social structure and population dynamics in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de man, 1879). In *Crustacean: Crustacean Growth* (Issues 2), Adrian W, Frederick RS (eds). A.A. Balkema Publishers: Rotterdam; 277-311.
- Sandifer PA, Hopkins JS, Smith TIJ. 1975. Observations on salinity tolerance and osmoregulation in laboratory-reared *Macrobrachium rosenbergii* post-larvae (Crustacea: Caridea). *Aquaculture*, **6**: 103-114.
- Uno Y, Soo CK. 1969. Larval development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) reared in the laboratory. *J. Tokyo Univ. Fish*, **55**(2):179-190.
- Venkataramiah A, Lakshmi GJ, Gunter G. 1975. Effect of protein level and vegetable matter on growth and food conversion efficiency of prawn shrimp. *Aquaculture*, **6**: 115-125.
- Villé JP. 1970a. Recherches sur la reproduction des *Macrobrachium* des lagunes ivoiriennes. I – La fécondité précoce chez les *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan, sér. E, Écologie*, **3**(1): 253-262.
- Villé JP. 1970b. Recherches sur la reproduction des *Macrobrachium* des lagunes ivoiriennes. II – Migrations liées à la reproduction chez les *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan, sér. E, Écologie*, **3**(1): 263-267.
- Villé JP. 1971a. Ecologie des *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. I-Rôle de la température et de la salinité. *Ann. Univ. Abidjan. sér. E, Écologie*, **4**(1) : 317-324.
- Villé JP. 1971b. Biologie de la reproduction des *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. III-Description des premiers stades larvaires de *Macrobrachium vollenhovenii*. *Ann. Univ. Abidjan, Sér. E, Écologie*, **4**(1) : 325-341.
- Villé JP. 1972. Cycle ovarien saisonnier chez *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857), Décapode, Palaemonidae, Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan, série. E, Écologie*, **5**(1): 561-576.
- Vincke P, Philipart JC. 1984. Mission d'évaluation de la pisciculture en République du Bénin. Université de Liège (Centre de coopération au Développement, CECODEL), 132p.
- Zabi GSF, Le Lœuff P. 1992. Revue des connaissances sur la faune benthique des milieux margino-littoraux d'Afrique de l'Ouest. *Première Partie : Biologie et Écologie des Espèces*, **25**(3): 209-251.