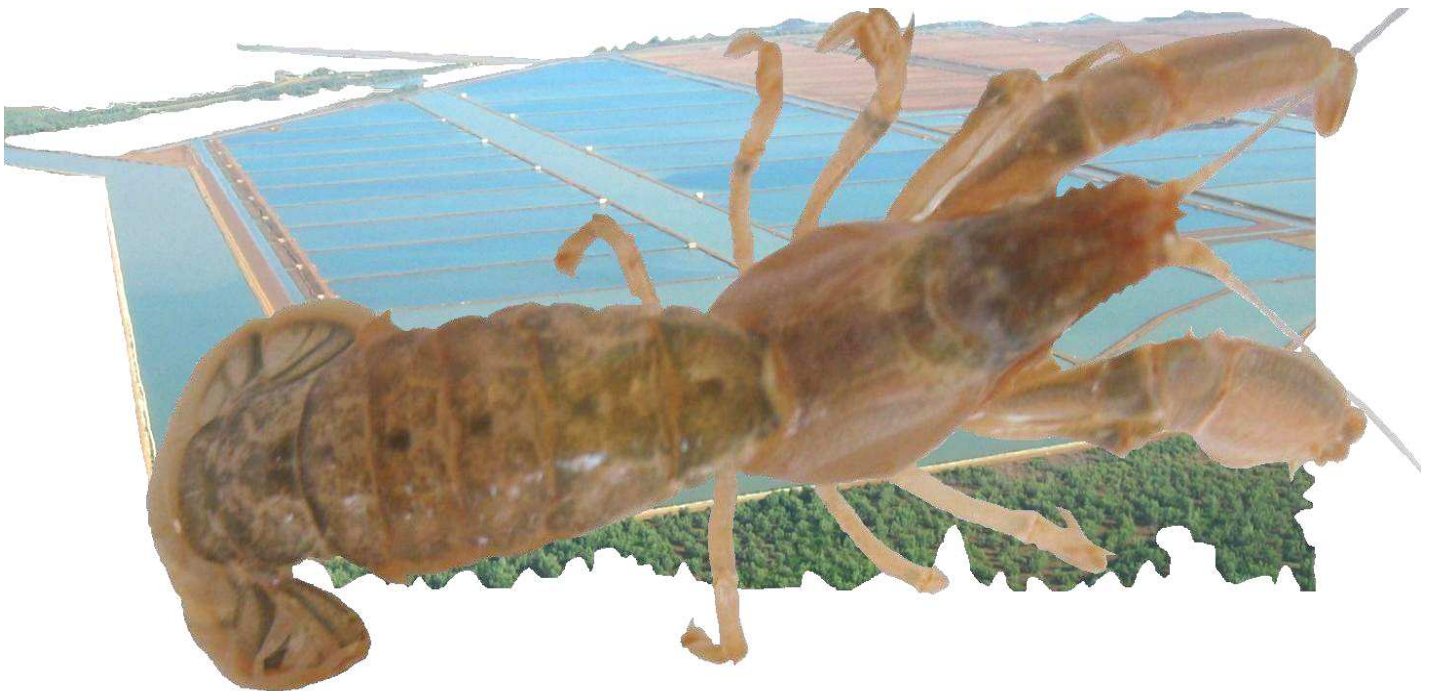




Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de :
Maîtrise des Sciences et Techniques de la Mer et du Littoral
Option : **PECHE, AQUACULTURE et CONTROLE QUALITE**

Impact de la prolifération massive des *Upogebia* dans le canal d'alimentation sur la biosécurité d'une ferme de crevette (Cas de l'AQUALMA-Besalampy)



Présenté par :
Patrick Voriasy ANDRINIRINA
17 Novembre 2006

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser ici tous mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont ainsi contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Le Groupe UNIMA et la Société AQUALMA

Le Laboratoire Central Andovinjo

Monsieur Marc Le Groumellec, Chef de Département Biosécurité et Génétique et tout le personnel du Laboratoire Central Andovinjo

L'AQUALMA-Besalampy

Monsieur Padge BEASLEY, Directeur d'Exploitation de l'AQUALMA-Besalampy ;

Monsieur Franck DUCHARNE, Chef de Département Elevage et toute son équipe

Monsieur Pierre Philippe BLANC, Responsable Qualité et Environnement et toute son équipe qui ont accepté de répondre à mes questions avec gentillesse ;

L'Institut Halieutique et des Sciences Marines

Monsieur Man Wai RABENEVANANA, Directeur de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de l'Université de Toliara ;

Monsieur Christian RALIJAONA, Vice Président de l'Université de Toliara et Responsable de la formation Maîtrise des Sciences et Techniques de la Mer et Littoral à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Toliara;

Madame Jacqueline RAZANOELISOA ; Responsable Pédagogique de la formation Maîtrise des Sciences et Techniques de la Mer et Littoral à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Toliara ;

Madame HERIZO, Enseignante à l'Université de Toliara et à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines

Mesdames et Messieurs Enseignants à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de l'Université de Toliara ;

Toute ma famille

Plus particulièrement, mes parents pour leur appui financier durant mes études universitaires et pour leur indéfectible appui moral.

Tous mes amis

J'adresse mes plus sincères remerciements à tous ceux qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

A tous, je vous remercie,

Voriasy Patrick ANDRINIRINA

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : la ferme de l'AQUALMA-Besalampy (source : AQUALMA – Besalampy, 2003)	2
Figure 2 : <i>Penaeus monodon</i>	3
Figure 3 : <i>Upogebia spinimanus</i> (source : AQUALMA-Besalampy, 2004)	4
Figures 4 : les galeries d' <i>Upogebia</i> (source : AQUALMA-Besalampy, 2004)	5
Figures 5 : méthode de carottage	6
Figure 6 : le plan d'échantillonnage du sondage	7
Figure 7 : dragage dans le canal d'alimentation	8
Figure 8 : préparation de l'installation du <i>liner</i>	8
Figure 9 : <i>liner</i> installé sur le talus du canal réservoir.....	8
Figure 10 : le plan d'échantillonnage utilisé avant et après l'essai <i>drague</i>	9
Figure 11 : le plan d'échantillonnage utilisé avant et après l'essai <i>liner</i>	9
Figure 12 : conditionnement des femelles grainées	10
Figure 13 : les bacs d'élevage du bioessai	11
Figure 14 : le plan des secteurs de sondage	21
Figures 15 : les rejets de la drague	22
Figure 16 : femelle grainée d' <i>Upogebia spinimanus</i>	24
Figures 17 : oeufs fécondés d' <i>Upogebia spinimanus</i> (agrandissement 100x)	24
Figure 18 : larve extraite d'un œuf d' <i>Upogebia</i> avant éclosion (agrandissement 40x)	26
Figures 19 : larves d' <i>Upogebia</i> âgées de quelques heures après l'éclosion (agrandissement 40x)	26
Figure 20 : évolution des post-larves d' <i>Upogebia</i> en 5 jours (agrandissement 40x).....	27
Figures 21 : crevettes en train de capturer et de manger des <i>Upogebia</i>	29
Figures 22 : crevettes victimes de cannibalisme	33
Figure 23 : crevettes suspectes	33

LISTES DES TABLEAUX

Tableau n°1 : la composition d'une solution de Davidson	12
Tableau n°2 : les pathogènes détectables formellement par le laboratoire central de l'Aqualma	12
Tableau n°3 : estimation des densités mensuelles au niveau des 38 points d'échantillonnage	15
Tableau n°4 : résumé de l'évolution de la densité par point de novembre 2005 à mars 2006	17
Tableau n°5 : résumé de l'évolution de la densité d' <i>Upogebia</i> par zone de novembre 2005 à mars 2006	18
Tableau n°6 : résultats du sondage	21
Tableau n°7 : profondeurs moyennes au niveau des lignes d'échantillonnage	23
Tableau n°8 : valeurs moyennes des paramètres d'éclosion	25
Tableau n°9 : résumé des taux d'éclosion	25
Tableau n°10 : comparaison de la mobilité d'un adulte et d'une post-larve d' <i>Upogebia</i>	26
Tableau n°11 : valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de chaque bac.....	29
Tableau n°12 : bilan des <i>Upogebia</i> consommées	30
Tableau n°13 : survie finale par bac	32
Tableau n°14 : résultats d'analyse en biologie moléculaire.....	34
Tableau n°15 : comparaison des paramètres du bioessai et ceux des bassins.....	35

LISTE DES GRAPHES

Graphes 1 : variations des paramètres physiques	13
Graphes 2 : variations des paramètres chimiques	14
Graphes 3 : répartition mensuelle de la densité d' <i>Upogebia</i> par point.....	16
Graphe 4 : variation de la densité mensuelle d' <i>Upogebia</i> par point	17
Graphe 5 : variation de la densité mensuelle d' <i>Upogebia</i> par zone	18
Graphe 6 : bilan de la variation mensuelle de la densité d' <i>Upogebia</i> dans le canal réservoir	19
Graphes 7 : corrélation entre la densité d' <i>Upogebia</i> et la salinité dans le canal.....	19
Graphes 8 : corrélation entre la DBO5 et la densité d' <i>Upogebia</i> dans le canal	20
Graphes 9 : corrélation entre la densité d' <i>Upogebia</i> et les matières en suspension dans le canal	21
Graphe 10 : comparaison des densités avant et après « <i>liner</i> »	22
Graphe 11 : pourcentage d'efficacité du « <i>liner</i> »	23
Graphe 12 : variation de la quantité moyenne d' <i>Upogebia</i> consommée par bac par jour.....	30
Graphe 13 : variation de la consommation d' <i>Upogebia</i> par rapport à la taille des crevettes	31
Graphe 14 : diminution du taux d'O ₂ dissous au cours du test de stress	31
Graphes 15 : variation de la croissance des crevettes	32
Graphe 16 : comparaison de la croissance des crevettes du bioessai et celles des bassins	36

LISTE DES ANNEXES

Annexe I.1 : localisation des sites de l'AQUALMA à Madagascar
Annexe I.2 : localisation des 7 points de prélèvement des paramètres physico-chimiques dans le canal d'alimentation
Annexe II.1 : méthodologie de la mesure des paramètres physico-chimiques
Annexe II.2 : les zones et les points d'échantillonnage bimensuel
Annexe III.1 : moyenne mensuelles des paramètres physico-chimiques du canal
Annexe III.2 : les densités mensuelles d' <i>Upogebia</i> par zone de novembre 2005 à mars 2006
Annexe IV.1 : estimations des densités avant <i>liner</i>
Annexe IV.2 : estimations des densités après <i>liner</i>
Annexe V.1 : poids moyen et croissance (bioessai)
Annexe V.2 : poids moyen et croissance (bassin de grossissement)

ACRONYMES

ANOVA : analyse of variance

AQUALMA : Aquaculture de la Mahajamba

cm : centimètre

cm² : centimètre carré

D (ou d) : densité

DBO5 : demande biologique en oxygène en 5 jours

DCO : demande chimique en oxygène

Déc : décembre

Fév : février

g : gramme

h : heure

Ha : hectare

HPV : hepatopancreatic parvo-like virus

IHHN : infectious hypodermal and hematopoietic
necrosis virus

IHHNV : infectious hypodermal and hematopoietic
necrosis virus

indiv : individus

Janv : janvier

l : litre

L_n : ligne n

m : mètre

MB : muscle blanc

MBV : monodon-type baculovirus

MES : matières en suspension

mg/l : milligramme par litre

mg/l/h : milligramme par litre par heure

mm : millimètre

MSGs : monodon slow growth syndrome

mm² : millimètre carré

m² : mètre carré

N-NH₃ : azote ammoniacal

Nov : novembre

NHP : necrotizing Hepatopancreatitis

O₂ : oxygène

PCR : polymerase chain reaction

pH : potentiel en hydrogène

ppm : partie par million

r : coefficient de corrélation

RLB : rickettsia Like Bacteria

S : surface

S_m : écart standard de la moyenne

SLOS : severe lymphoid organ spheroid

S‰ : salinité (en milligramme par litre)

T°C : température (en degré celcius)

Upo : *Upogebia*

YHV : yellow head virus

σ : écart-type de la population

% : pourcent

‰ : pour mille

/ : par

< : inférieur à

> : supérieur à

≤ : inférieur ou égale à

≥ : supérieur ou égale à

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Partie I : GENERALITES	2
I.1- GENERALITES SUR LA SOCIETE	2
I.2- CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE	2
I.2.1- Problématique	2
I.2.2- Principe de la biosécurité	3
I.3- GENERALITES SUR LES ESPECES ETUDIEES	3
I.3.1- Rappel l'espèce <i>Penaeus monodon</i>	3
I.3.1.1- Taxonomie	3
I.3.1.2- Morphologie et distribution	3
I.3.2- Le genre <i>Upogebia</i>	4
I.3.2.1- Systématique	4
I.3.2.2- Morphologie	4
I.3.2.3- Distribution générale	4
I.3.2.4- Alimentation	5
Partie II : MATERIELS ET METHODE	6
II.1- EVALUATION DE LA POPULATION D'<i>Upogebia</i> DANS LE CANAL RESERVOIR	6
II.1.1- Suivi des paramètres physico-chimiques du canal	6
II.1.2- La répartition des points d'échantillonnage	6
II.1.3- Méthode de carottage et caractéristiques de la carotte	6
II.1.4- Estimation de la densité	7
II.1.5- Analyse des influences des paramètres du milieu sur la densité d' <i>Upogebia</i> à l'aide de la corrélation de Fisher	7
II.2- TENTATIVE DE CONTROLE DES POPULATIONS d'<i>Upogebia</i> DANS LE CANAL RESERVOIR	7
II.2.1- Détermination de la zone d'expérience	7
II.2.2- Essai « DRAGAGE » et l'essai « LINER »	8
II.2.2.1- L'expérience « dragage »	8
II.2.2.2- L'expérience « liner »	8
II.2.3- Evaluation de la population avant et après les expériences	8
II.2.4- Analyse des données	9
II.2.4.1- Intervalle de confiance	9
II.2.4.2- Analyse des variances ou ANOVA (Analyse Of Variance)	9
II.3- BIOESSAIS	10
II.3.1- Eclosion d' <i>Upogebia</i>	10
II.3.1.1- Sélection et conditionnement des femelles grainées	10

II.3.1.2- Contrôle de l'éclosion et observation des larves	10
II.3.2- Etude de transmissibilité inter-espèce de maladies via la prédation d' <i>Upogebia</i> par des juvéniles de crevettes	11
II.3.2.1- La biomasse et l'alimentation	11
II.3.2.2- Suivi des paramètres physico-chimiques et entretien du milieu.....	11
II.3.2.3- Expertise hebdomadaire et test de stress sur les crevettes.....	11
II.3.2.4- La fixation et l'immersion	11
Partie III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	13
III.1- SUIVIS AU NIVEAU DES DIFFERENTES ZONES DU CANAL	13
III.1.1- Bilans mensuels des paramètres physico-chimiques du canal réservoir.....	13
III.1.1.1- Les paramètres physiques.....	13
III.1.1.2- Les paramètres chimiques.....	14
III.1.2- Répartition mensuelle de la densité par point.....	15
III.1.2.1- Récapitulation mensuelle selon la concentration en <i>Upogebia</i>	15
III.1.2.2- Variation mensuelle de la densité par point.....	17
III.1.2.3- Variation mensuelle de la densité par zone.....	18
III.1.2.4- Bilan mensuel de l'évolution des densités dans le canal	18
III.1.3- Discussions	19
III.1.3.1- Influence de la salinité sur la prolifération des <i>Upogebia</i>	19
III.1.3.2- Influence de l'augmentation de la DBO5.....	20
III.1.3.3- La variation des matières en suspensions	20
III.2- EFFICACITE DES EXPERIENCES MENEES DANS LE CANAL RESERVOIR	21
III.2.1- La zone d'expérience choisie	21
III.2.2- Les résultats du sondage	21
III.2.3- Evaluation des expériences.....	22
III.2.3.1- Expérience drague.....	22
III.2.3.2- Expérience liner	22
III.2.4- Discussions	23
III.2.4.1- Influence de l'activité de dragage	23
III.2.4.2- Influence de l'emplacement de la ligne d'échantillonnage sur la densité.....	23
III.2.4.3- Variation de l'efficacité du liner au niveau des lignes.....	24
III.3- LES RESULTATS DES ESSAIS D'ECLOSION.....	24
III.3.1- Observation des femelles grainées et des œufs fécondés	24
III.3.2- Les paramètres physico-chimiques.....	25
III.3.3- L'éclosion et les caractéristiques des larves	25
III.3.3.1- L'éclosion	25
III.3.3.2- Observation du contenu de l'œuf prêt à éclore	26
III.3.3.3- La morphologie des post- larves	26
III.3.3.4- Le comportement des post- larves	26
III.3.3.5- Observation de la croissance	27

III.3.3.6- Alimentation	27
III.3.4- Discussions	28
III.3.4.1- Les paramètres et l'éclosion	28
III.3.4.2- Les principales caractéristiques des œufs fécondés	28
III.3.4.3- Le développement des post-larves	28
III.4- LA PREDATION	28
III.4.1- Les paramètres physico-chimiques	28
III.4.2- Le comportement à la prédation	29
III.4.3- Résultats du test de stress des crevettes	31
III.4.4- La croissance et la survie des crevettes	32
III.4.4.1- La croissance	32
III.4.4.2- La survie	32
III.4.5- Les animaux suspects à la pêche finale	32
III.4.6- Résultats des analyses pathologiques en laboratoire	33
III.4.6.1- Résultats de l'histologie	33
III.4.6.2- Résultats de la biologie moléculaire	34
III.4.7- Discussions	34
III.4.7.1- Les variations des paramètres physico-chimiques	34
III.4.7.2- Diminution temporaire des proies consommées	35
III.4.7.3- Activité de prédation	35
III.4.7.4- Evaluation de la croissance	35
III.4.7.5- Les animaux suspects	36
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	37
BIBLIOGRAPHIE	39



INTRODUCTION

Avec plus du tiers des productions mondiales aquatiques actuellement, l'aquaculture est en pleine expansion mais ce rythme de développement ne pourra se maintenir que si l'on résout certaines questions, qui demandent des recherches appropriées (BESSEAU et BŒUF, 2006). Depuis quelques temps, cet intérêt grandissant du développement de l'élevage de crevette, particulièrement dans les eaux chaudes et tempérées, conscientise énormément les éleveurs sur l'importance capitale de la maladie comme l'un des facteurs les plus catastrophiques en crevetticulture. Alors que l'importance de la pratique vétérinaire en élevage terrestre était reconnue depuis longtemps et recevait la plus grande attention, développant par conséquent un haut niveau de sophistication, le développement de la science vétérinaire aquacole démarre en même temps que le développement fulgurant de cette industrie.

A Madagascar, on reconnaît que la connaissance des maladies crevettières et de la pathologie dans les eaux côtières est également loin d'être adéquate. Par ailleurs, en collaboration avec différents centres de recherche nationaux et internationaux, la société AQUALMA se lance de plus en plus dans la recherche d'agents infectieux indéterminés (virus, bactérie, champignon ou autres parasites pouvant nuire à la qualité de la production. Le laboratoire de pathologie, transféré de Moramba à Majunga depuis décembre 2005, assure en permanence le rôle de superviseur des différentes anomalies qui pourraient se déclencher au niveau du cheptel élevé par le biais des techniques d'histopathologie et de biologie moléculaire très avancées. Il encadre également toutes les expériences de détection et principalement de prévention des risques d'épidémies, entreprises sur les différents sites de production du groupe (Mahajamba, Besalampy, Moramba, etc...). Il contrôle notamment la faune crustacé sauvage, car elle constitue un risque majeur d'introduction de maladies dans l'élevage.

Depuis quelques mois, des espèces parasites fouisseuses (Genre : *Upogebia*) ont pu être détectées dans le canal réservoir de la ferme d'AQUALMA-Besalampy. Ces dernières constitueraient un réacteur en cas d'apparition de maladie si elles sont porteuses de pathologies infectieuses pour les crevettes pénéides. Les virus, bactéries et parasites (ou bioagresseurs) représentent les causes biologiques de maladie. Beaucoup de ces bioagresseurs voient leur propre physiologie conditionnée par les facteurs physico-chimiques de l'environnement (DE KINKELIN et *al.*, 1985). Il convient donc d'une part, d'étudier l'évolution des populations d'*Upogebia* dans le canal et d'autre part, de mettre au point dès que nécessaire des méthodes d'éradication quand les études dévoilent l'existence d'une possibilité de transmission de pathologies.

- Etudier l'origine de ce phénomène en effectuant des suivis plus poussés dans le canal pour pouvoir régulariser la multiplication des *Upogebia*,
- Obtenir des informations expérimentales concernant leurs paramètres de reproduction et le développement de leur larve,
- Rechercher et analyser les éventuelles pathologies qu'elles peuvent transmettre aux crevettes d'élevage afin de mettre en place un système de lutte préventive si nécessaire.

Tels sont les principaux objectifs de ce travail réalisé au sein de la ferme AQUALMA-Besalampy de novembre 2005 à mars 2006, intitulé «**Impact de la prolifération massive des *Upogebia* dans le canal d'alimentation sur la biosécurité d'une ferme de crevette**».

Partie I : GENERALITES





Partie I : GENERALITES

I.1- GENERALITES SUR LA SOCIETE

Faisant partie du groupe UNIMA, l'AQUALMA-Besalampy (annexe de l'AQUALMA) est une société anonyme dont le siège social est basé à Mahajanga. Du point de vue géographique, le site se localise à 16° 35' 68" de latitude Sud et 44° 26' 95" de longitude Est. Par rapport à la sous-préfecture de Besalampy, la ferme se trouve à environ 15 Km au Nord et elle est installée à l'embouchure du fleuve Sambao. En bref, la carte en annexe I.1 montre la localisation des sites de l'AQUALMA à Madagascar.

Au niveau organisationnel, l'AQUALMA-Besalampy est constituée de plusieurs départements qui, en étroite collaboration, assurent le bon fonctionnement de la production, à noter :

- Le Département Administratif qui assure la gestion administrative du personnel,
- Le Département Technique qui est chargé de l'entretien technique du matériel de la ferme,
- Le Département Elevage qui garantit la bonne marche de l'élevage de la nursery, en passant par le pré-grossissement et enfin, le grossissement. L'espèce exploitée est le *Penaeus monodon* et la durée du cycle de production varie entre 4 et 6 mois selon la saison avec un poids moyen de 25 à 30g. Les surfaces des 51 bassins de grossissement opérationnels actuellement varient entre 5 à 10 Hectares.
- Le Département Fabrication qui effectue la récolte et le traitement des produits à l'usine,
- Le Département Qualité et Environnement qui s'occupe du contrôle de la qualité des bassins d'élevage, des produits récoltés et de tout l'environnement du site.

La ferme à Besalampy couvre environ une superficie totale de 1200Ha dont environ 450Ha seulement est opérationnelle jusqu'à présent. Le département Qualité et Environnement constitue la liaison directe de la société avec le laboratoire de pathologie installé à Mahajanga.

Enfin, les produits sont destinés à l'exportation vers l'Europe, les Etats Unis et l'Asie. La photo suivante montre en grande partie une vue aérienne des bassins d'élevage de la société.



Figure 1 : la ferme de l'AQUALMA-Besalampy (source : AQUALMA – Besalampy, 2003)

I.2- CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

I.2.1- Problématique

Depuis l'assec du canal réservoir de la ferme de l'AQUALMA-Besalampy en 2004 après le passage du cyclone Gafilo, on a constaté une augmentation massive de la densité d'*Upogebia* (crevettes fousseuses) dans le canal d'alimentation. En effet, quelques mois après la remise à eau, les *Upogebia* ont rapidement colonisé le milieu, sans doute à cause de la disparition des animaux plus grands qui sont leurs prédateurs naturels. Actuellement les deux échelons (*Upogebia* et leurs prédateurs) sont en déséquilibre et ce phénomène a mis en évidence l'existence d'un risque pathologique pour les crevettes



élevées par transmissibilité inter-espèce (*Upogebia* à crevettes élevées) notamment en cas d'apparition d'une nouvelle maladie au niveau de l'environnement de la ferme. Des interventions sont alors indispensables, faisant appel à des techniques de lutte préventive, appuyées par des méthodes d'analyses très pointues pour préciser la nature infectieuse des maladies transmissibles. Ainsi, une nouvelle méthode d'approche pathologique appelée « BIOSECURITE » est mise en place par l'AQUALMA pour maîtriser ce phénomène. Cette méthode est encadrée par le laboratoire de pathologie de Majunga.

I.2.2- Principe de la biosécurité

La biosécurité en crevetticulture est l'ensemble des systèmes préventifs utilisés pour protéger les crevettes d'élevage des risques potentiels de maladies et en même temps pour maintenir une parfaite protection des consommateurs et de l'environnement. Mis à part les lutttes effectuées sur terrain, différents essais en laboratoire appelés bioessais ont été réalisés durant cette étude. Ainsi, en bioessais, on reproduit expérimentalement les mêmes conditions qui pourraient se passer naturellement dans le milieu d'élevage.

I.3- GENERALITES SUR LES ESPECES ETUDIEES

I.3.1- Rappel sur l'espèce *Penaeus monodon*

I.3.1.1- Taxonomie

Appelée également *giant tiger prawn*, la crevette *Penaeus monodon* se classifie comme suit selon FISCHER et BIANCHI (1984) :

Phylum : Arthropoda	Super-ordre : Eucarida	Super-famille : Penaeidea
Classe : Crustacea	Ordre : Decapoda	Famille : Penaeidae
Sous-classe : malacostraca	Sous-ordre : Dendrobranchiata	Genre : <i>Penaeus</i>
Série : Eumalacostraca	Infra-ordre : Penaeidea	Espèce : <i>Penaeus monodon</i>

I.3.1.2- Morphologie et distribution

Les Penaeidae sont caractérisés par un corps comprimé latéralement dont l'abdomen est divisé en six segments (figure 2). Le bord antérieur de chaque segment abdominal est recouvert par la carapace du segment précédent. Selon BOOSER (1980), le *Penaeus monodon* a comme formule rostrale 7-8 / 2-3. L'espèce est présente à Madagascar et distribuée entre les longitudes 30°E et 155°E et les latitudes 3°N et 35°S (MOTOH, 1981). Sur le plan biologique, la plupart des crevettes Penaeidae ont un cycle de développement amphibiotiques qui comportent schématiquement une phase juvénile en zone côtière ou estuarienne, le plus souvent marquée par l'influence des eaux continentales dessalées et une phase adulte en zone marine plus profonde (VENDEVILLE, 1985).



Figure 2 : *Penaeus monodon*



I.3.2- Le genre *Upogebia*

I.3.2.1- Systématique

La famille des Upogebiidae compte quelques 75 espèces, actuellement toutes réunies dans le grand genre *Upogebia*. Leur ressemblance avec les Callinassidae, dont elles étaient considérées récemment encore comme une sous-famille, est superficielle, et résulte d'adaptations par convergence à un mode de vie similaire. La systématique de cette espèce qui colonise le canal d'alimentation est :

Phylum : Arthropoda

Classe : Crustacea

Sous-classe : Malacostraca

Série : Eumalacostraca

Super-ordre : Eucarida

Ordre : Decapoda

Sous-ordre : Pleocyemata

Infra-ordre : Anomura

Famille: Upogebiidae (Borradaile, 1903)

Genre: *Upogebia* (Leach, 1814)

Espèce : ***Upogebia spinimanus***

I.3.2.2- Morphologie

L'*Upogebia* est caractérisée par un abdomen allongé, à segments comprimés dorso-ventralement dont le deuxième est le plus long (figures 3).

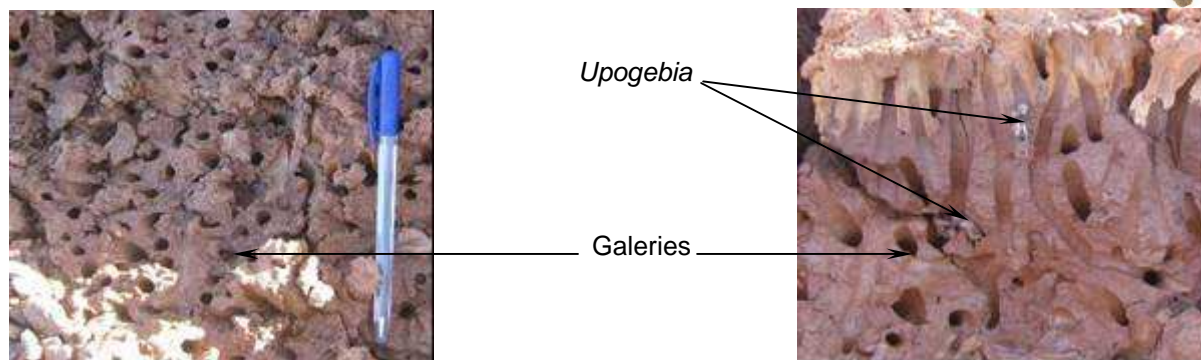


Figures 3 : *Upogebia spinimanus* (source : AQUALMA-Besalampy, 2004)

Les pleurons sont peu développés, arrondis, sauf parfois celui du premier segment. La première paire de pléopodes est toujours absente chez le mâle, biarticulée et de structure simple chez la femelle. Enfin, le bord mesial des différents articles de l'endopodite I est la plupart du temps garni d'une épaisse frange de soies qui jouent le rôle de filtres pour effectuer l'alimentation.

I.3.2.3- Distribution générale

Parmi les 75 espèces d'*Upogebia* décrites dans la famille des Upogebiidae, une cinquantaine habitent l'Indo-Ouest-Pacifique, treize l'Atlantique oriental et douze seulement les côtes américaines atlantiques ou pacifiques. La totalité de ces espèces sont pour l'instant considérées comme appartenant au genre *Upogebia* (DE SAINT LAURENT et LE LŒUF, 1956 et 1959). En général, les *Upogebia* sont connues dans toutes les mers tropicales et tempérées, où elles ne fréquentent que les eaux littorales ou sublittorales. Certaines habitent les eaux saumâtres des mangroves ou des estuaires. Elles vivent habituellement abritées dans des terriers qu'elles creusent dans la vase ou le sable (figures 4), ou dans des cavités de blocs de coraux, ou encore associées à des éponges.



Figures 4 : les galeries d'*Upogebia* (source : AQUALMA-Besalampy, 2004)

La distribution géographique exacte des diverses espèces connues est très incertaine, en raison de nombreuses identifications erronées, particulièrement dans la région indo-ouest-pacifique. Il semble que peu d'espèces aient une vaste répartition, mais que bien au contraire la plupart d'entre elles aient une distribution restreinte. Ceci est peut-être en rapport avec leur écologie, que malheureusement on ne connaît que très partiellement.

1.3.2.4- Alimentation

Des téguments faiblement calcifiés de toutes les *Upogebia* connues et de la grande similitude de leurs appendices buccaux, abondamment fournis de soies plumeuses, on peut déduire qu'elles vivent uniformément confinées dans des abris clos. Leur mode d'alimentation s'effectue par filtration des particules organiques en suspension tel que le zooplancton et des biofilms dans les galeries. Par contre, on ignore encore quelles adaptations morphologiques particulières caractérisent les espèces inféodées aux éponges ou aux récifs coralliens, et les distinguent de celles qui creusent des terriers dans le sable ou la vase (DE SAINT LAURENT et LE LŒUF, 1956 et 1959). Les *Upogebia* sont en même temps nécrophages et détritivores.

Partie II : MATERIELS ET METHODE





Partie II : MATERIELS ET METHODE

II.1- EVALUATION DE LA POPULATION D'*Upogebia* DANS LE CANAL RESERVOIR

A Besalampy, un suivi bimensuel est établi par le service Qualité Elevage et le service laboratoire pathologie pour contrôler les populations d'*Upogebia* et suivre leur cinétique de développement dans le canal d'alimentation. Cette étude est réalisée en effectuant deux échantillonnages par mois (une fois tous les 15 jours) selon un plan ayant déjà été prédéfini par la société depuis l'année 2004.

II.1.1- Suivi des paramètres physico-chimiques du canal

Les indicateurs du milieu sont la température, le pH, l'oxygène dissous, la dureté, l'alcalinité, la turbidité (COSTE, 1991). A l'instar des bassins d'élevage, différents paramètres physico-chimiques sont relevés tous les jours au niveau de 7 points fixes situés dans le canal réservoir (annexe I.2). Seuls les 7 suivants nous intéressent particulièrement pour mener cette étude, dont l'oxygène dissous, la demande biologique en oxygène en 5 jours (ou DBO5), l'azote ammoniacal (N-NH₃), le pH, la salinité, la température et les matières en suspension (MES). Les méthodes générales de mesure sont présentées en annexe II.1.

II.1.2- La répartition des points d'échantillonnage

Pour un total de 38 points d'échantillonnage répartis dans 10 zones bien déterminées dans le canal réservoir, l'échantillonnage est réalisé en 21 carottages par point. Chaque zone comprend 4 points de prélèvement sauf la zone IX qui est située auprès de la station de pompage (annexe II.2). En effet, on n'y effectue que deux carottages parce que le prélèvement d'échantillon dans cette zone est très difficile à cause de la structure très molle du sol suite à l'importance du phénomène de sédimentation.

II.1.3- Méthode de carottage et caractéristiques de la carotte

Une carotte cylindrique en tuyaux PVC de 10cm de diamètre, 78,5cm² de section et environ 3m de longueur est utilisée pour le prélèvement des échantillons. Pour ce faire, la carotte est enfoncée dans le sol jusqu'à résistance du fond par un échantillonneur placé sur une barge immobilisée en surface de l'eau (figures 5). Les données enregistrées contiennent le nombre d'*Upogebia* capturé et l'estimation de la longueur de carotte enfoncée. Cette dernière permet de découvrir la profondeur à laquelle se localisent généralement ces animaux, mais on note jusqu'à présent qu'aucune étude plus poussée n'a été menée concernant cela. Ainsi, cette étude, s'intéressera uniquement à la détermination du nombre d'individus par mètre carré et à son évolution dans le temps et dans l'espace.



Figures 5 : méthode de carottage



II.1.4- Estimation de la densité

La répartition spatio-temporelle des animaux étudiés est d'abord déterminée par station (ou par point) avant de faire la moyenne pour pouvoir estimer ensuite la densité représentative de l'ensemble de la zone étudiée selon la formule suivante :

$$\text{Densité (individus/m}^2\text{)} = \text{Nombre total d'individus dans } n \text{ carottages} / \text{surface totale balayée par } n \text{ carottages}$$

La surface totale balayée par 21 carottages est de $0,165\text{m}^2$. En première approche, nous souhaitons déterminer les estimations à partir de 32 carottages par point, dont la surface balayée par ceux-ci est $0,25\text{m}^2$ (le quart de 1m^2), mais l'application est très dure et demande trop de temps. C'est la raison pour laquelle, le nombre de carottages par point a été réduit à 21. Pour avoir une meilleure estimation de l'effectif de la population dans une zone à surface (S) connue, on utilise la densité pondérée (D) d'après la formule : $D = [(d_1 \times S_1) + (d_2 \times S_2) + \dots + (d_n \times S_n)] / S$ avec $S = S_1 + S_2 + \dots + S_n$. S_1 à S_n et d_1 à d_n sont les surfaces et les densités respectives des différents secteurs à l'intérieure d'une zone étudiée.

II.1.5- Analyse des influences des paramètres du milieu sur la densité d'*Upogebia* à l'aide de la corrélation de Fisher

Dans cette partie, on cherche à estimer le degré d'association entre la variation spatio-temporelle de la densité d'*Upogebia* et les valeurs de certains paramètres physico-chimiques du milieu à l'aide du Test de corrélation de Fisher. Par contre, avant d'accepter l'existence d'une corrélation, il faut démontrer que le coefficient de corrélation r_o trouvé est significativement différent de zéro. En effet, au cas où la corrélation entre la densité et le paramètre étudié est nulle, le coefficient de corrélation est normalement distribué autour de zéro avec une erreur standard S_o où $S_o = 1/\sqrt{(n-1)}$.

En outre, si l'effectif n (nombre de points de prélèvement des paramètres) de l'échantillon est inférieur ou égal à 100 (qui est notre cas ici où $n=7$, on peut lire directement sur la table les valeurs correspondantes de r au risque donné en fonction du degré de liberté qui est égale à $(n-2)$ parce que la distribution n'est plus normale. Ainsi, le coefficient de corrélation r_o , en valeur absolue, trouvé pour r est significatif et différent de zéro si r_o est supérieur à $2S_o$ au seuil de 5% et si r_o est supérieur à $2,6S_o$ au seuil de 1%.

II.2- TENTATIVE DE CONTRÔLE DES POPULATIONS d'*Upogebia* DANS LE CANAL RESERVOIR

Cette partie consiste à éliminer une bonne partie de la population de cette espèce fouisseuse qui colonise le canal d'alimentation afin de maîtriser leur multiplication.

II.2.1- Détermination de la zone d'expérience

L'expérience sera menée sur une des zones aux plus fortes densités selon le jugement des résultats des échantillonnages bimensuels afin d'obtenir une meilleure évaluation des essais utilisés. En effet, plus le milieu est peuplé, mieux l'efficacité des essais pourra être démontrée. On choisit ainsi 5 secteurs au hasard dans la zone étudiée pour pratiquer 24 carottages au niveau de chacun. Dans ce sondage, un secteur fait 50m de longueur et 3m de largeur soit 150m^2 de surface. Chaque carottage est distant de 2 à 3m de la berge et de 2 à 3m entre eux (figure 6). Le secteur présentant la densité la plus élevée sera choisi comme secteur d'expérience.

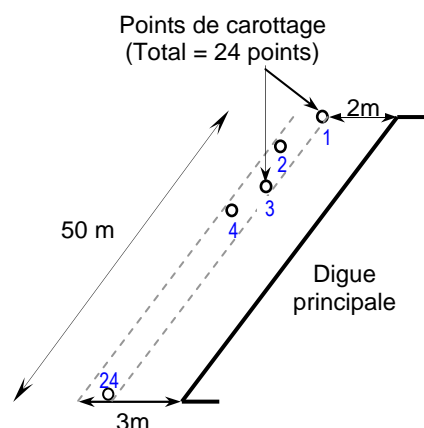


Figure 6 : le plan d'échantillonnage du sondage



II.2.2- Essai « DRAGAGE » et l'essai « LINER »

Deux expériences sont ensuite réalisées en parallèle au niveau de l'endroit choisi dans le canal dont l'essai « dragage » et l'essai « liner ».

II.2.2.1- L'expérience « dragage »

L'expérience « dragage » consiste à un curage de la plateforme du canal à l'aide d'un engin à drague mécanique (figure 7) jusqu'à une profondeur d'environ 50cm. Ainsi, on débarrasse les espèces indésirables, notamment les crevettes sauvages fouisseuses telles que les *Upogebia*.



Figure 7 : dragage dans le canal d'alimentation

II.2.2.2- L'expérience « liner »

Par ailleurs, le « liner » est une sorte de bâche en plastique rigide utilisé comme revêtement des fonds des bassins à la nursery (figure 8). En effet, le dragage du fond du canal n'est pas possible sur les 6 premiers mètres à partir des digues principales. Cette expérience consiste alors à couvrir cette surface à l'aide d'une bande de « liner » sur 50m de longueur et 6m de largeur. Le liner est fixé à ras la pente de la berge (figure 9) pour assurer son efficacité et la durée de l'expérience est de 5 semaines. L'objectif est d'éliminer les crustacés fouisseurs installés dans leurs galeries par asphyxie et par privation d'aliments.

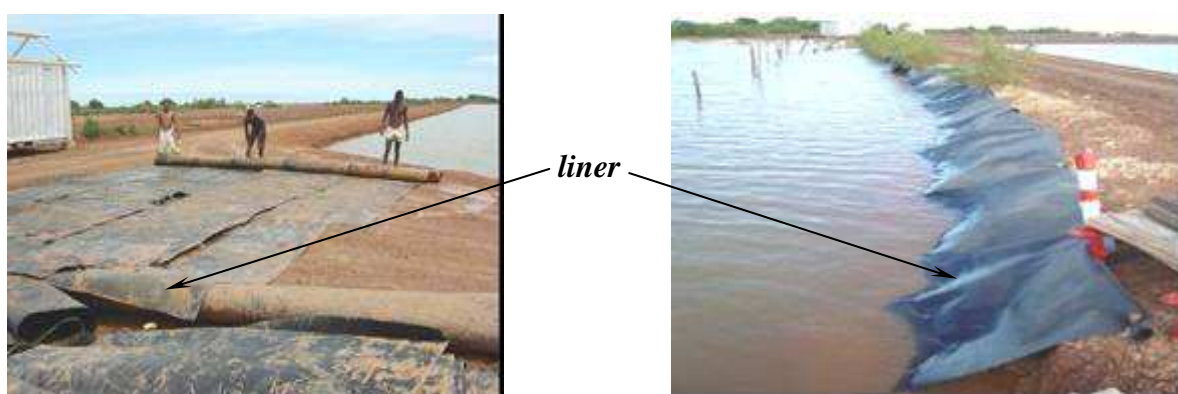


Figure 8 : préparation de l'installation du liner

Figure 9 : liner installé sur le talus du canal réservoir

II.2.3- Evaluation de la population avant et après les expériences

Une fois le secteur d'expérience bien déterminé, la densité d'*Upogebia* est estimée par rapport à 6 séries de 24 carottages alignés en parallèles (L_n) pour chacune des deux expériences (*dragage* et *liner*) selon respectivement les deux plans d'échantillonnage systématiques suivants :

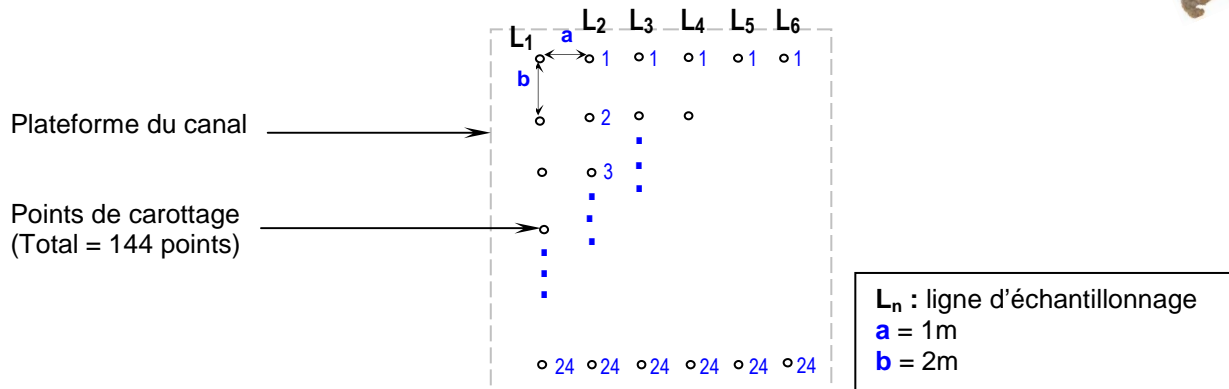


Figure 10 : le plan d'échantillonnage utilisé avant et après l'essai *dragage*

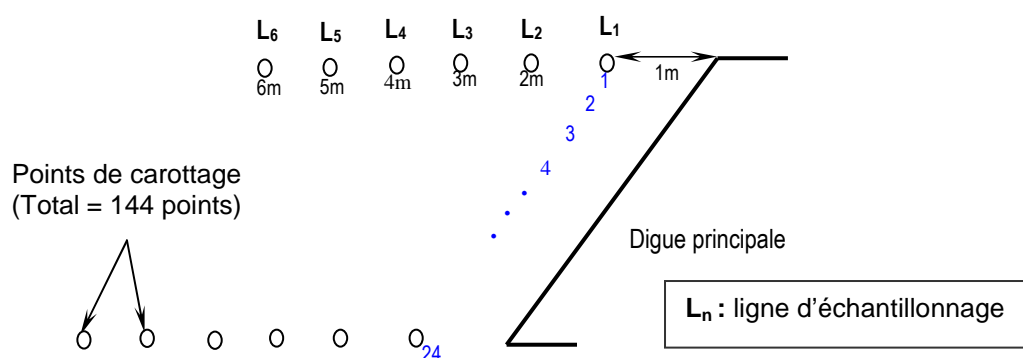


Figure 11 : le plan d'échantillonnage utilisé avant et après l'essai *liner*

Selon la figure 11, les lignes (L_n) sont distantes chacune de 6 à 11m de la berge pour l'essai dragage (c'est-à-dire que la première ligne est située à 6m) et de 1 à 6m pour l'essai *liner* (figure 11). L'écart entre deux points de prélèvement est de 1m dans le sens de la largeur et de 2m dans le sens de la longueur. Les mêmes plans d'échantillonnage sont répétés après les expériences (dragage et *liner*) pour pouvoir juger leur efficacité à partir des résultats trouvés.

II.2.4- Analyse des données

II.2.4.1- Intervalle de confiance

Cet intervalle permet de déterminer les limites entre lesquelles doivent se situer les paramètres envisagés de la population étudiée avec un seuil donné. A l'aide de divers échantillons prélevés au sein d'une population, chacun est caractérisé par sa moyenne. Si l'échantillon étudié a un effectif supérieur ou égal à 30, on peut prendre la moyenne trouvée dans l'échantillon pour représenter la moyenne de la population. L'intervalle de confiance de la moyenne est donc $m \pm 2S_m$ à 95% avec :

$$S_m \text{ (écart standard de la moyenne)} = (\text{écart-type } \delta \text{ de la population}) / [(\text{effectif } n \text{ de l'échantillon}) - 1]$$

II.2.4.2- Analyse des variances ou ANOVA (Analyse Of Variance)

L'analyse des variances consiste à une comparaison simultanée de plusieurs moyennes. Ce test sera utilisé pour savoir si dans l'ensemble, l'emplacement des lignes d'échantillonnage (situées à des différentes profondeurs) selon le plan utilisé a une influence sur la densité. En effet, chaque ligne est caractérisée par sa densité moyenne et on va déterminer si les différences observées entre ces moyennes sont significatives. C'est l'analyse des variances de *Fisher* (FRONTIER, 1980). On peut ainsi estimer deux types de variances dont une *variance intergroupe* qui met en évidence les fluctuations d'un



groupe à l'autre et une *variance intragroupe* qui représente les fluctuations individuelles à l'intérieur d'un groupe. Le rapport $F_{\text{expérimental}}$ teste ensuite la divergence entre ces deux variances selon la formule :

$$F_{\text{expérimental}} = \text{Variance intergroupe} / \text{variance intragroupe}$$

Si $F_{\text{expérimental}} < 1$, on peut conclure que les moyennes ne diffèrent pas significativement

Si $F_{\text{expérimental}} > 1$, on cherche dans la table de Snedecor la valeur de F_s avec un degré de liberté de $(N - K)$ et $(k-1)$, ainsi, si $F_{\text{expérimental}} > F_s$, donc les moyennes diffèrent significativement au seuil donné.

II.3- BIOESSAIS

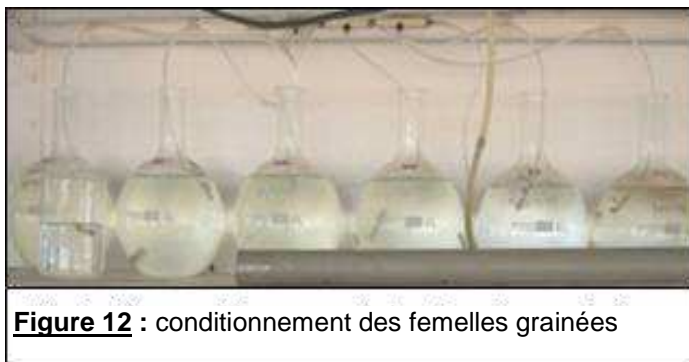
Deux bioessais sont menés durant ce stage. D'abord une expérience d'éclosion, ensuite une autre de prédation pour identifier certains prédateurs naturels des *Upogebia*.

II.3.1- Eclosion d'*Upogebia*

Cette première expérience vise à observer l'évolution des larves d'*Upogebia* pour déterminer leurs stades de développement et leur croissance. De ce fait il suffit d'isoler des femelles grainées dans un milieu conditionné pour attendre l'éclosion et à chaque mortalité, la femelle est renouvelée.

II.3.1.1- Sélection et conditionnement des femelles grainées

La sélection des femelles grainées se pratique par expertise individuelle et par comptage des œufs portés. Ainsi, on choisit les femelles les plus robustes et qui portent en même temps le plus d'œufs. Ensuite, un ou deux œufs par femelle sélectionnée sont prélevés pour en faire des observations microscopiques. Dans cette expérience, 6 ballons à fond plat sont utilisés dont chacun remplis avec 4 litres d'eau de mer prétraitée à 200ppm de chlore (figure 12). De ce fait, toutes les matières organiques pouvant nuire aux résultats de l'expérience sont éliminées. On introduit ensuite une femelle par ballon après attente de confirmation de la dissipation du chlore jusqu'à la concentration de 0,01ppm au plus. L'oxygénation du milieu est assurée par un système d'aération en parallèle avec un surpresseur. Mis à part la température qui est mesurée deux fois par jour (à 6h00 et à 18h00), les valeurs de l'oxygène, de la salinité et du pH sont prélevées quotidiennement. Le renouvellement d'eau quotidien est de 30%. Enfin, s'il y a éclosion, les larves seront alimentées quotidiennement à l'aide de nauplii d'*Artemia*.



II.3.1.2- Contrôle de l'éclosion et observation des larves

On prélève un œuf une fois par jour et par femelle pour observer sous microscope leur évolution. Comme ce sont des œufs fécondés, on établit en annexe une extraction de chaque larve à l'intérieur à l'aide d'une aiguille à pointe coupante pour examiner leur morphologie et pour mesurer leur taille avec une cellule de comptage de Sedgewick-Rafter. S'il y a éclosion, les mêmes expertises seront opérées sur les larves venant d'éclore et les post-larves obtenues ultérieurement pour suivre la croissance.



II.3.2- Etude de transmissibilité inter-espèce de maladies via la prédation d'*Upogebia* par des juvéniles de crevettes

Toujours dans le cadre de la biosécurité, cette dernière expérience de 5 semaines consiste à déterminer expérimentalement s'il existe un risque de transmission de maladies chez des juvéniles de crevettes par prédation d'*Upogebia*. Les jeunes crevettes utilisées viennent de la nursery avec un poids moyen de 2g et elles ont été contrôlées saines préalablement.

II.3.2.1- La biomasse et l'alimentation

Sur 150 juvéniles garanties saines venant de la nursery, 84 sont distribuées dans 12 bacs de 40 litres, avec une charge de 7 individus par bac et le reste est stocké dans un bac de 150 litres pour servir de témoin négatif (figure 13). Les animaux sont conditionnés sous aération à l'aide d'un surpresseur et sont alimentés exclusivement par des *Upogebia* vivantes prélevées sur les différents points de prélèvement du canal réservoir. On distribue 5 proies vivantes par bac sur les 12 bacs puis cette quantité est rétablie à tout moment selon le nombre d'individus consommés quotidiennement. Il faut ainsi veiller à ce qu'il reste toujours suffisamment de stock pour au moins 3 jours d'alimentation. Par ailleurs, les animaux du bac témoin sont nourris uniquement sur granulés.



Figure 13 : les bacs d'élevage du bioessai

II.3.2.2- Suivi des paramètres physico-chimiques et entretien du milieu

Les paramètres physico-chimiques tels que l'O₂ dissous, le pH, la S‰ et la T°C sont relevés deux fois par jour, à 07h00 le matin et à 18h00 le soir. Le changement d'eau est effectué quotidiennement par siphonage à 30% ; par ailleurs, on effectue un nettoyage hebdomadaire des bacs suivi d'un changement d'eau à 100%. L'eau utilisée est toujours prétraitée et désinfectée à 200ppm de chlore puis laissée reposer jusqu'à la dissipation avant utilisation. Ainsi, toute contamination possible de maladies est évitée à part celles provenant des proies distribuées. Enfin, les eaux de vidange subissent le même traitement de chloration avant leur rejet dans les drains pour ne pas réinfecter l'environnement de la ferme.

II.3.2.3- Expertise hebdomadaire et test de stress sur les crevettes

Une expertise hebdomadaire est réalisée pour connaître la croissance et pour identifier la présence de toutes anomalies (mortalités, signes cliniques particuliers, etc...). Ainsi, les animaux suspects (montrant un changement de la couleur du muscle ou de la carapace, moribondes, parasités, etc...) sont retirés des bacs puis fixés immédiatement en laboratoire. Par contre, si on n'observe pas encore de cas suspects à partir de la 3^{ème} semaine d'expérience, un test de stress par arrêt de l'aération sera déclenché par fréquence de 3 à 5 jours. En effet, le stress abaisse le seuil de résistance de l'organisme et facilite l'attaque d'agents pathogènes (SCHLUMBERGER, 1998). De ce fait, on maintient l'oxygène dissous au voisinage de 2mg/l durant quelques heures (2 à 4 heures) selon la résistance des prédateurs.

II.3.2.4- La fixation et l'immersion

La fixation consiste en une injection de solution fixative au niveau des organes et du muscle de la crevette pour empêcher la dégradation des cellules. Les animaux suspects sont ainsi découpés en deux



dont le céphalothorax avec un morceau de muscle abdominal fixé immédiatement avec une solution de Davidson (tableau n°1) et le reste, c'est-à-dire un morceau de l'abdomen et la queue fixés immédiatement à l'éthanol à 95%. Ensuite, l'immersion consiste à conserver les animaux fixés dans une solution d'éthanol. La solution Davidson AFA selon le tableau n°1 suivant est la plus adaptée pour l'étude histologique des crevettes (HUMASON, 1972).

Tableau n°1 : la composition d'une solution de Davidson

Produit	Volume
Alcool 95%	330 ml
Formol pur (37 à 40%)	220 ml
Acide acétique glacial	115 ml
Eau distillée	335 ml

Le volume de la solution de Davidson doit toujours être 10 fois supérieure au volume de l'animal à fixer (REDMAN et *al.*, 1999). La 1^{ère} moitié du corps fixée au Davidson est destinée pour l'analyse histologique qui est une technique d'analyse permettant d'observer les tissus animaux et de détecter les lésions de ceux-ci. L'autre moitié fixée à l'éthanol à 95% est destinée pour l'analyse en biologie moléculaire, qui a aussi pour but de détecter la présence d'un ou plusieurs pathogènes contaminants et surtout virulents chez les crevettes. Celle-ci est basée sur la technique appelée **PCR (Polymerase Chain Reaction)** ou Réaction de Polymérisation en Chaîne qui consiste en une amplification sélective des séquences d'acides nucléiques des agents pathogènes à rechercher à l'aide d'amorces (oligonucléotides) et d'enzymes spécifiques.

Enfin, toutes les crevettes survivantes sont aussi fixées à la fin de l'expérience puis envoyés au laboratoire central de l'AQUALMA situé à Mahajanga pour subir également les examens pathologiques nécessaires au cas où elles seraient porteuses saines de maladies. L'histologie et la biologie moléculaire sont deux techniques d'analyses différentes mais complémentaires. Le tableau n°2 regroupe les différents types de pathogènes contaminants à pouvant être détectés par le laboratoire de pathologie.

Tableau n°2 : les pathogènes détectables formellement par le laboratoire central de l'Aqualma

Pathogènes	Appellation ou Abréviation	Possibilité d'analyse	
		Histologie	Biomol
Hepatopancreatic parvo-like virus	HPV	oui	oui
Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis	IHHN	non	oui
Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus	IHHNV	non	oui
Monodon-type baculovirus	MBV	non	oui
Microsporidies	MB (Muscle Blanc)	oui	oui
Monodon Slow Growth Syndrome	MSGS	non	oui
Mycoses		oui	oui
Necrotizing Hepatopancreatitis	NHP	oui	non
Rickettsia Like Bacteria	RLB	oui	oui
Severe Lymphoid Organ Spheroid	SLOS		
Streptococcus et autres Gram +		oui	oui
Vibrioses		oui	oui
Yellow Head Virus	YHV	non	oui

Partie III : RESULTATS ET DISCUSSIONS





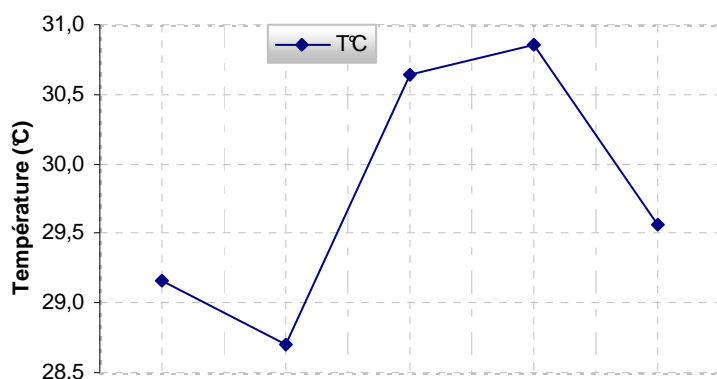
Partie III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1- SUIVIS AU NIVEAU DES DIFFERENTES ZONES DU CANAL

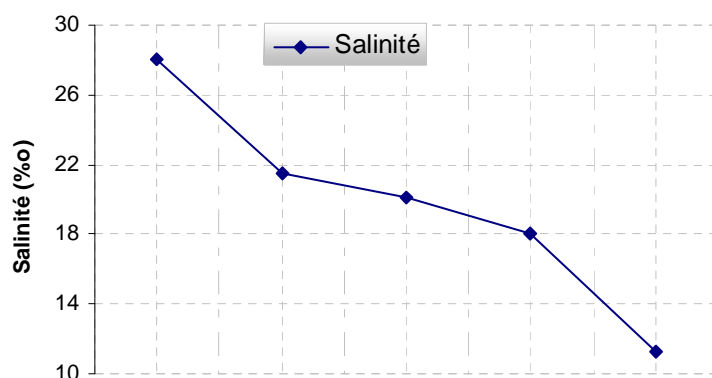
III.1.1- Bilans mensuels des paramètres physico-chimiques du canal réservoir

Pour mieux apprécier les valeurs des paramètres physico-chimiques, les relevés journaliers et hebdomadaires sont regroupés par mois. Ainsi, on obtient directement les bilans mensuels qui sont présentés successivement sur les graphiques ci-dessous selon l'annexe III.1

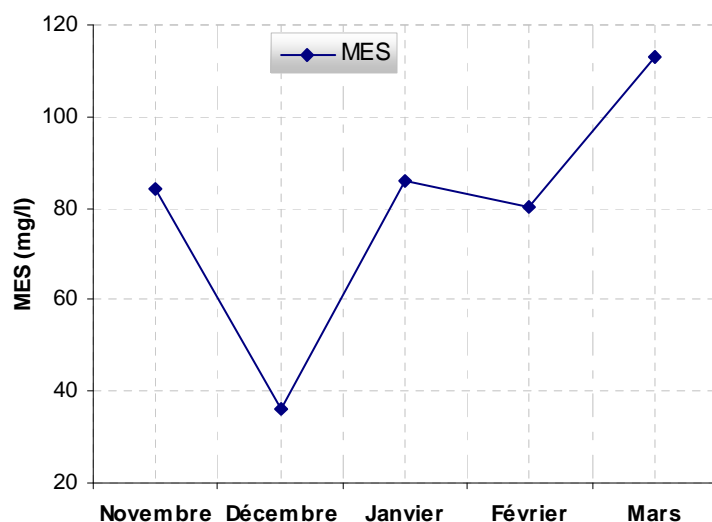
III.1.1.1- Les paramètres physiques



La température varie en moyenne entre 28,7 et 30,85°C. On constate que les valeurs sont plus ou moins stables mis à part la présence de quelques fluctuations périodiques, suite à la variation du climat. En effet, le changement journalier du climat est caractéristique de la période d'intersaison dans la région de Besalampy.



La salinité diminue progressivement de 28,06‰ en novembre à 11,25‰ en mars. La plus importante diminution a été remarquée pour la première fois en décembre, ce qui correspond à la première tombée de pluie dans la région. La pluie redevient plus intense en mars où la salinité a baissé encore de 18 à 11‰.

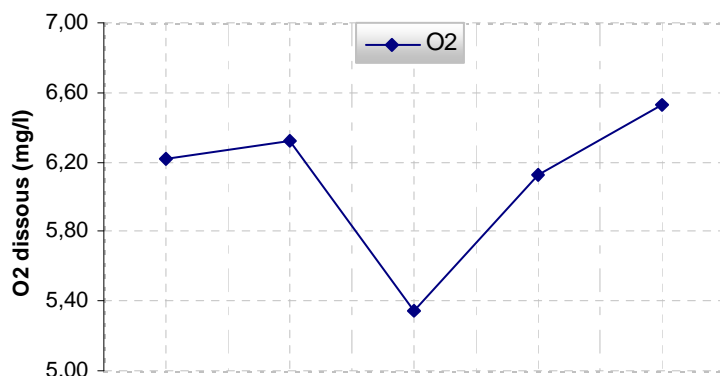


Le taux de matières en suspension reste habituellement en dessous de 100mg/l quand l'eau est calme dans le canal réservoir. En effet, à part l'apport d'eau au moment du pompage, il est aussi influencé par le dynamisme du milieu sous l'effet du vent. Durant la présente étude, le taux de MES varie entre 36,06 et 113,21mg/l mais en générale, il augmente progressivement de décembre à mars.

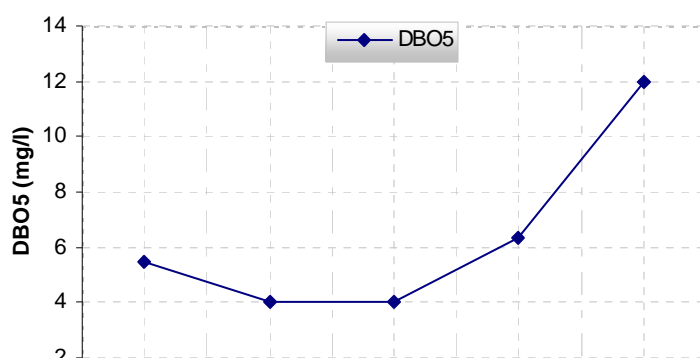
Graphes 1 : variations des paramètres physiques



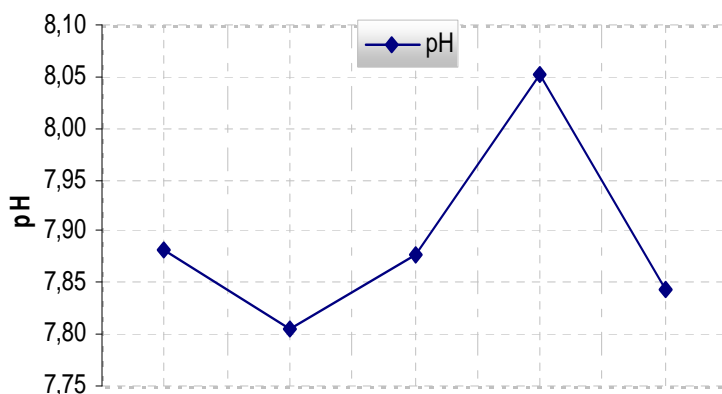
III.1.1.2- Les paramètres chimiques



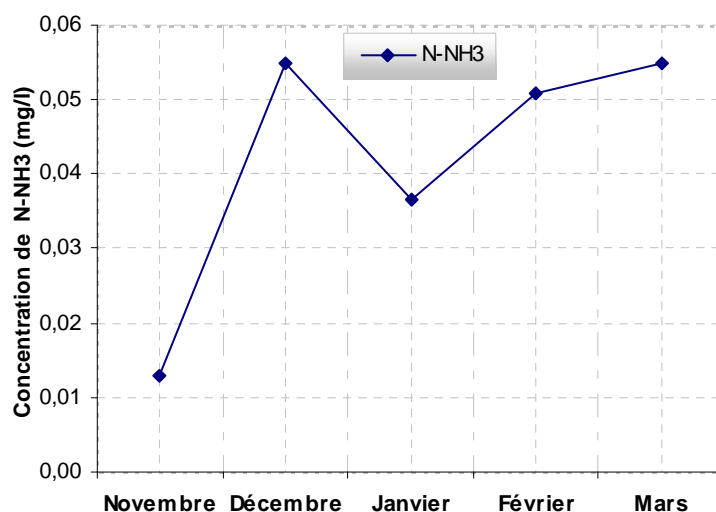
L'oxygène dissous varie faiblement autour de 6mg/l. En effet, on observe une légère baisse en janvier, le mois durant lequel il y a eu la plus courte durée d'ensoleillement à cause de la tombée de pluie. Les activités photosynthétiques sont ainsi moins intenses. Cette valeur de l'O₂ dissous s'est rétablit petit à petit pour dépasser 6,5mg/l en mars.



La DBO5 ou demande biologique en oxygène en cinq jours varie en fonction de la charge organique présente dans le milieu. Durant les 4 premiers mois de l'expérience, les valeurs se situaient entre 4 et 7 mg/l. Une augmentation massive de presque deux fois plus (12mg/l) a eu lieu en mars.



Le pH varie entre 7,80 et 8,05, la moyenne étant de 7,89. Ainsi, on remarque que les fluctuations ne s'écartent pas beaucoup de la moyenne. Les valeurs du pH du canal d'alimentation sont par conséquent stables.



L'azote ammoniacal varie légèrement en dessous de 0,06mg/l d'un mois à l'autre. Par contre, on peut tout de même dire que la courbe adopte une allure progressivement croissante de novembre à mars. En moyenne le taux mensuel est de 0,04mg/l, la concentration minimale observée en novembre étant de 0,01mg/l et la maximale est constatée en décembre et en mars avec 0,06mg/l.

Graphes 2 : variations des paramètres chimiques



III.1.2- Répartition mensuelle de la densité par point

Le tableau ci-dessous récapitule les densités mensuelles d'*Upogebia* dans le canal, estimées au niveau de chaque point de prélèvement. Certains points deviennent inaccessibles en barge quand le niveau du canal est très bas à l'arrêt du pompage. De ce fait, les échantillonnages sur les endroits inaccessibles sont annulés et ne sont reconsidérés qu'à la remontée du niveau de l'eau dans le canal.

Tableau n°3 : estimation des densités mensuelles au niveau des 38 points d'échantillonnage

POINTS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Novembre	258	218	221	312	124	227	236	164	76	52	45	0	164	109	133	182	176	148	176	197	139	155	203	218	212	148	145	152	36	33	15	9	9	12	39	45		
Décembre	0	109	139	127	212	97	194	145	18	24	0	12	127	164	145	158	139	127	133	164	188	109	127	127	170	194	91	109	18	0	Points inaccessibles (niveau canal très bas)				188	236	Points inaccessibles (niveau canal très bas)	
Janvier	212	176	209	267	288	230	261	158	152	124	39	18	321	270	318	267	285	261	239	273	318	306	227	236	245	176	176	179	36	21					124	148		
Février	261	242	224	261	285	261	242	182	188	158	133	30	242	212	206	212	212	158	224	230	206	200	224	218	200	200	218	24	0	0					176	145		
Mars	482	261	321	315	345	330	306	352	303	288	276	167	285	327	345	315	367	361	303	339	321	358	361	352	236	236	309	285	145	12	18	18			427	382	133	145

Légende :

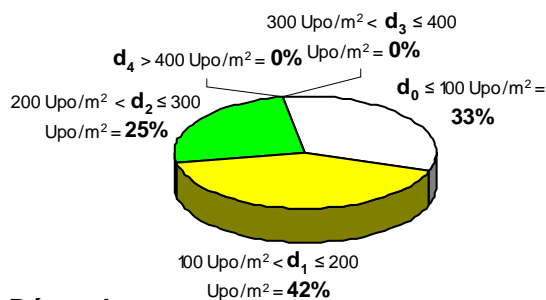
- Densité (d_0) ≤ 100 *Upogebia* / m²
- 100 *Upogebia* / m² < densité (d_1) ≤ 200 *Upogebia* / m²
- 200 *Upogebia* / m² < densité (d_2) ≤ 300 *Upogebia* / m²
- 300 *Upogebia* / m² < densité (d_3) ≤ 400 *Upogebia* / m²
- Densité (d_4) > 400 *Upogebia* / m²

III.1.2.1- Récapitulation mensuelle selon la concentration en *Upogebia*

Le tableau n°3 peut être analysé sous différents points de vue. Durant ces 5 mois d'études, on peut en premier lieu, distinguer directement 5 niveaux de contamination du canal (par les *Upogebia*) selon les différentes couleurs définies dans la légende du tableau. Pour mieux interpréter les résultats, les graphes de répartition suivants illustrent chaque étape de l'évolution mensuelle des densités estimées durant le stage.

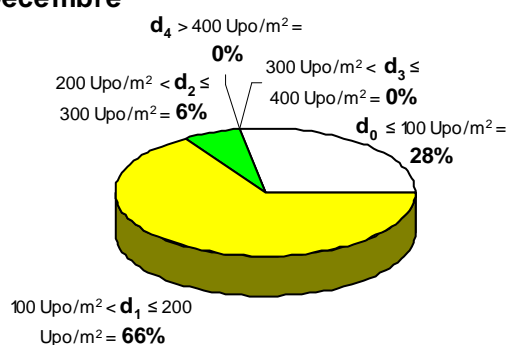


Novembre



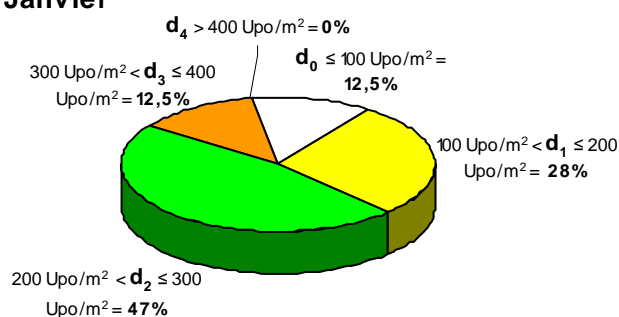
En **novembre**, 33% des densités par point ont une valeur inférieure à 100 *Upogebia*/m², 42% ayant 100 à 200 *Upogebia*/m² et 25% des densités allant de 200 à 300 *Upogebia*/m².

Décembre



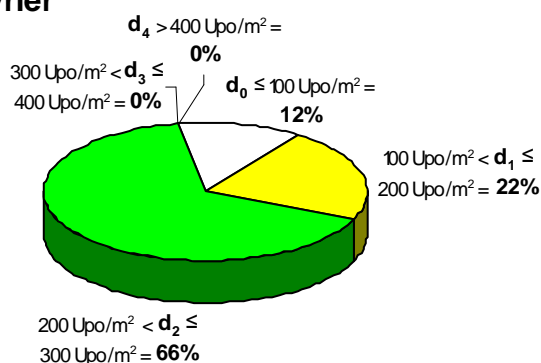
En **décembre**, les densités inférieures à 100 *Upogebia*/m² diminuent à 28% et celles se situant entre 200 et 300 *Upogebia*/m² à 6%. Par contre, d_1 a monté jusqu'à 66%. On peut dire que la répartition des densités se stabilise mais la surface colonisée a augmenté.

Janvier



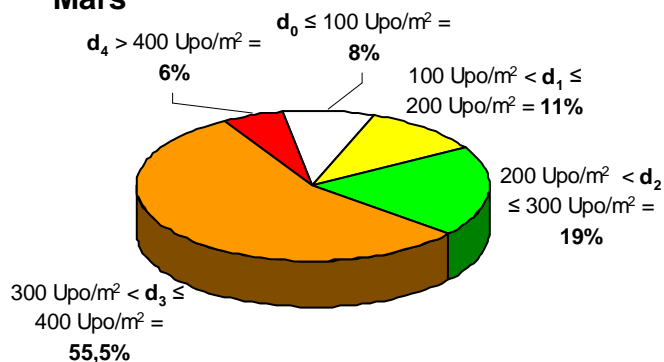
En **janvier**, la surface infestée augmente toujours et que les densités inférieures à 100 *Upogebia*/m² sont réduites à moitié (12,5%). Avec la surface contaminée qui augmente sans cesse, on remarque aussi l'apparition des densités de 300 à 400 *Upogebia*/m² (12,5%). En plus, d_2 qui n'était qu'à 6% est passé instantanément à 47%.

Février



En **février**, la répartition se stabilise encore de nouveau par rapport au mois passé puisque les densités supérieures à 100 *Upogebia*/m² comptent toujours 88%. On ne peut pas dire qu'il y a amélioration parce que les densités comprises entre 300 et 400 *Upogebia*/m² ont disparu. En effet, on remarque que d_1 qui était à 28% a diminué jusqu'à 22%.

Mars



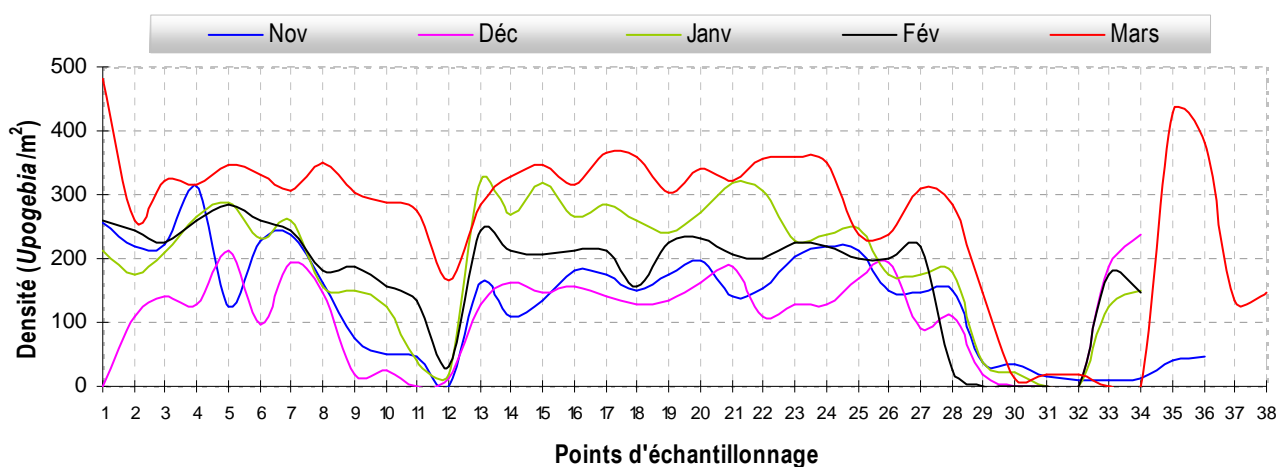
En **mars**, on observe une évolution totale de la répartition des densités. d_0 est réduite à 8%, d_1 à 11% et d_2 réduite à 19%. Par contre, d_3 est remontée directement à 55,5%. En plus, on remarque la réapparition massive de d_3 et une nouvelle gamme qui n'a jamais existé avant dont d_4 qui est égale à 6%. On rappelle ici que d_4 regroupe les densités supérieures à 400 *Upogebia*/m².

Graphes 3 : répartition mensuelle de la densité d'*Upogebia* par point



III.1.2.2- Variation mensuelle de la densité par point

Toujours à partir du tableau n°3 précédemment, la fluctuation mensuelle de la densité par rapport aux points d'échantillonnage est montrée par cette graphie :



Graphe 4 : variation de la densité mensuelle d'*Upogebia* par point

A priori, l'allure générale de ces cinq courbes est semblable au niveau de chaque point. Dans l'ensemble, le canal entier montre une augmentation incessante de la densité. Les points 1 ; 35 et 36 sont les endroits les plus infestés dont au niveau desquels la densité moyenne dépasse actuellement 400 *Upogebia*/m². En outre, l'évolution de la densité est très surprenante sur les points 35 et 36 et les points 9, 10, 11, 12 parce que leur densité moyenne qui dépassait à peine 50 individus/m² en novembre ont atteint facilement 300 *Upogebia*/m² au bout de 5 mois. Par ailleurs, certaines zones telles que les points 30, 31, 32, 33 et 34 conservent encore de très faible densité par rapport aux autres (inférieur à 20 *Upogebia*/m²). Bref, la densité moyenne par point a augmenté de **133 *Upogebia*/m²** en novembre à **281 *Upogebia*/m²** en mars avec un intervalle de confiance moyenne de **30 *Upogebia*/m²** selon le tableau suivant :

Tableau n°4 : résumé de l'évolution de la densité par point de novembre 2005 à mars 2006

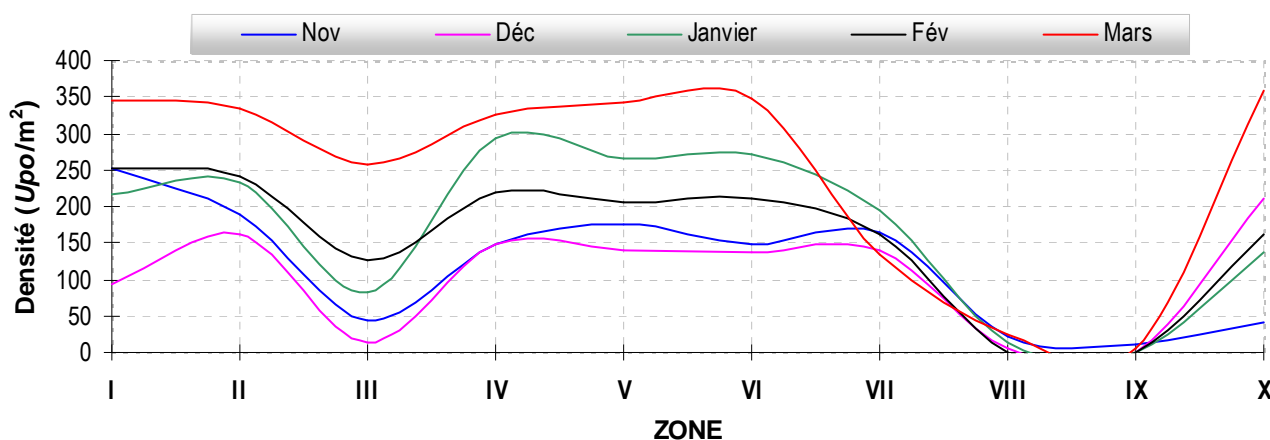
Mois	Minimale (<i>Upogebia</i> /m ²)	Moyenne (<i>Upogebia</i> /m ²)	Maximale (<i>Upogebia</i> /m ²)	Ecart type (<i>Upogebia</i> /m ²)	Intervalle de confiance	Points aux plus fortes densités
Novembre	0	133	312	84	27	1, 4 et 7
Décembre	0	119	236	67	23	5 et 36
Janvier	18	205	321	88	30	13, 15, 21 et 22
Février	0	187	285	75	26	1, 2, 4, 5, 6 et 13
Mars	12	281	482	109	36	1, 8, 17, 18, 22, 23, 24, 35 et 36

L'écart type moyen durant ces 5 mois de suivi est de 85 *Upogebia*/m². Cette valeur s'accroît jusqu'à 109 *Upogebia*/m² en mars parce que la concentration d'*Upogebia* dans certains points (ex : 1, 35, 36, ect...) évolue très vite alors que dans d'autres (ex : 30, 31, 32, ect...), elle se stabilise. Enfin, on remarque un accroissement mensuel des points à forte densité (> 250 *Upogebia*/m²).



III.1.2.3- Variation mensuelle de la densité par zone

Sous un autre point de vue, ce graphe 5 permet un aperçu rapide sur la variation mensuelle de la densité dans chaque zone, d'après l'annexe III.2 de novembre 2005 à mars 2006.



Graphe 5 : variation de la densité mensuelle d'*Upogebia* par zone

On peut dire ici que les *Upogebia* dominent dans tout le canal sauf dans les zones VII, VIII et IX. La zone III est devenue leur nouvel endroit préféré après qu'ils aient infesté la grande partie du canal. Cependant durant le suivi, les 6 zones I, II, IV, V, VI et X demeurent leur principal domaine. Si on résume l'évolution des densités estimées par zone de novembre à mars, on obtient :

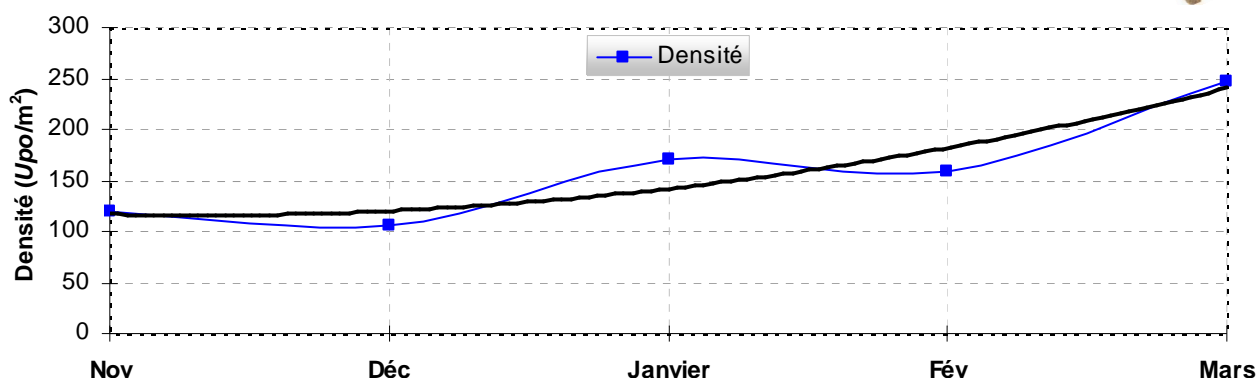
Tableau n°5 : résumé de l'évolution de la densité d'*Upogebia* par zone de novembre 2005 à mars 2006

Mois	Minimale (<i>Upogebia</i> /m ²)	Moyenne (<i>Upogebia</i> /m ²)	Maximale (<i>Upogebia</i> /m ²)	Ecart type (<i>Upogebia</i> /m ²)	Intervalle de confiance	Zones aux plus fortes densités
Novembre	10,50	119	252,38	82,91	51,39	I, II, V, VI, IV
Décembre	0	105	212	74,45	46,14	X, IV, V, VI, I
Janvier	0	171	293,94	107,09	66,37	IV, VI, V, II, I
Février	0	158	253,03	91,84	56,92	I, II, IV, VI, V
Mars	4,55	248	359,85	140,19	86,89	X, VI, I, V, II

En effet, si on regarde la moyenne, la densité est partie de 119 à 248 *Upogebia*/m² de novembre 2005 à mars 2006. Par ordre d'importance en individus par m², la zone la plus contaminée actuellement est : **X, VI, I, V, II, IV** dans lesquelles la densité respective est supérieure à 325 *Upogebia*/m² (annexe III.2) ; ensuite les zones **III** avec une densité de 258 *Upogebia*/m² ; puis la zone **VII** (d = 133 *Upogebia*/m²), enfin la zone **VIII** et **IX** qui sont les moins habités (d < 25 *Upogebia*/m²). La moyenne mensuelle de l'intervalle de confiance de novembre à mars est de 61,54 *Upogebia*/m².

III.1.2.4- Bilan mensuel de l'évolution des densités dans le canal

En résumé, la courbe ci-jointe montre globalement la variation mensuelle des densités d'*Upogebia* dans le canal d'alimentation opérationnel actuellement au sein de la ferme de l'AQUALMA-Besalampy.



Graph 6 : bilan de la variation mensuelle de la densité d'*Upogebia* dans le canal réservoir

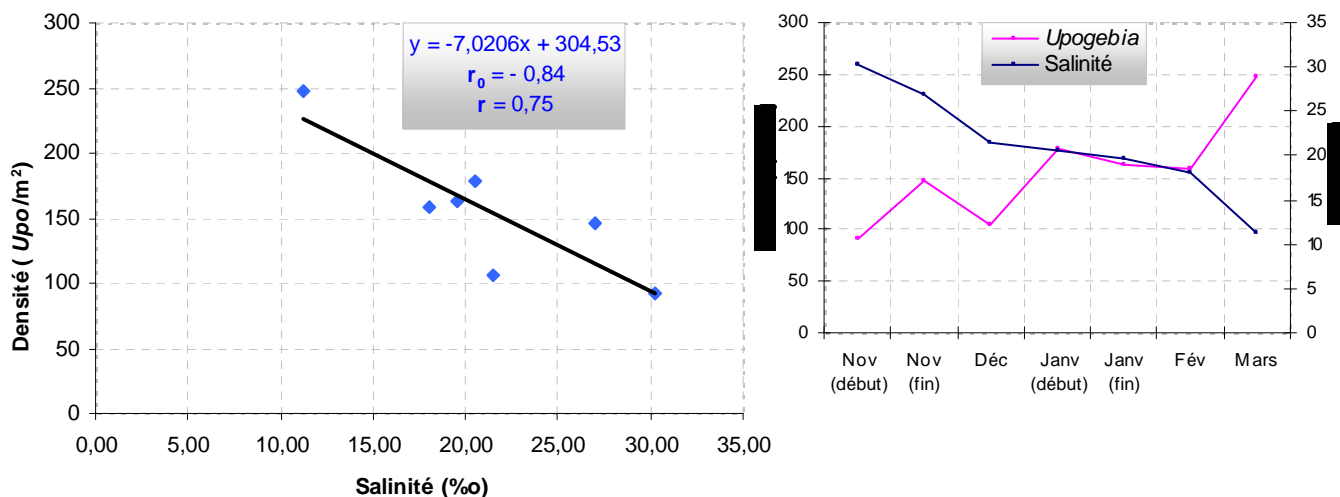
Ainsi, on distingue une augmentation massive de la densité tous les deux mois et dans l'ensemble des zones, elle marque une augmentation moyenne d'environ 30 *Upogebia*/m² par mois.

III.1.3- Discussions

Les organismes vivants sont rarement, sinon jamais, distribués au hasard (EDELIN, 1998). A la suite de plusieurs observations, on a pu en déduire que certains paramètres et particulièrement physiques favorisent l'installation des *Upogebia* au sein du canal d'amenée d'eau.

III.1.3.1- Influence de la salinité sur la prolifération des *Upogebia*

Comme susmentionné, la salinité diminue progressivement de novembre à mars. L'action de ce phénomène sur le développement des *Upogebia* dans le canal réservoir nous a incité à effectuer le test de corrélation de Fisher.



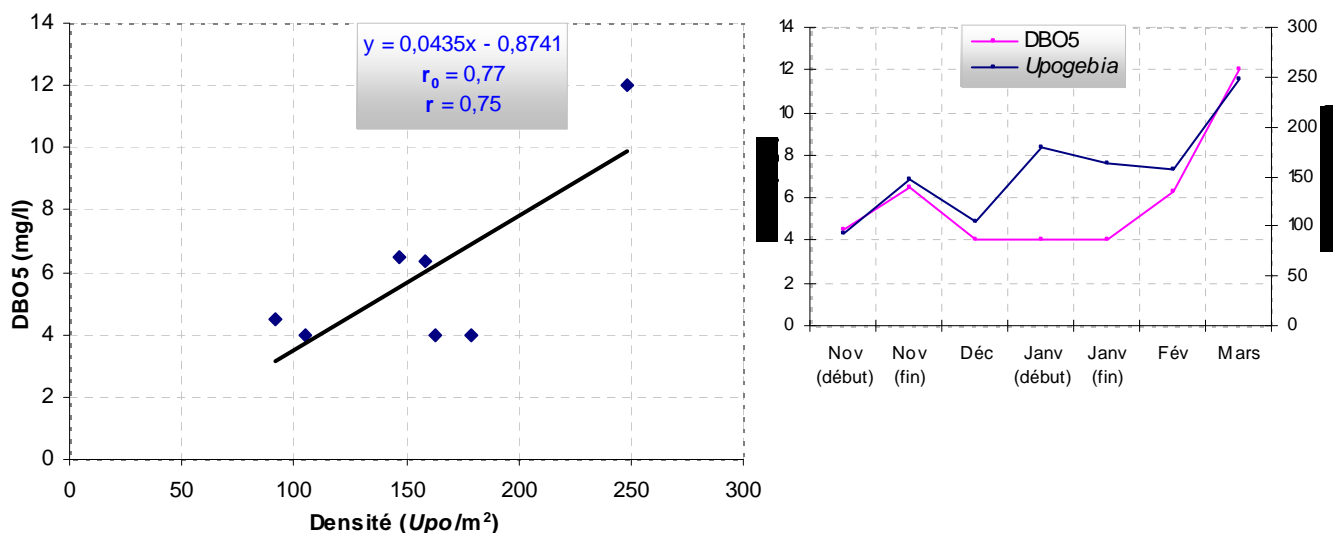
Graphes 7 : corrélation entre la densité d'*Upogebia* et la salinité dans le canal

En effet, avec un degré de liberté qui est égal à 5, le coefficient de corrélation de la table est de 0,7545 au seuil de 5% alors qu'après calcul, la valeur absolue du coefficient de corrélation trouvé est $r_0 = 0,84$. On en déduit que cette valeur absolue est supérieure à $r_{0,05}$ de la table, ainsi, r_0 est significativement différent de zéro au seuil de 0,05. De ce fait, on a 95% de chance de ne pas se tromper en concluant que la densité d'*Upogebia* dans le canal augmente quand la salinité diminue. Comme les *Upogebia* sont des espèces estuariennes, il semble ainsi être très évident que l'apport d'eau douce dans le canal d'alimentation constituerait un paramètre leur permettant un très bon développement.



III.1.3.2- Influence de l'augmentation de la DBO5

La valeur de la DBO5 est conditionnée par l'ensemble de tous les organismes vivants dans le milieu. Les matières oxydables, mesurées par la DBO, la DCO et l'oxydabilité, sont évidemment des indicateurs du niveau de pollution organique (CHARTIER-TOUZE et *al.*, 1998). Les animaux dominants en masse tels que les *Upogebia* présentent quelques fois une corrélation remarquable sur la variation de son taux.



Graphes 8 : corrélation entre la DBO5 et la densité d'*Upogebia* dans le canal

Selon les graphes ci-dessus, le coefficient de corrélation trouvé est $r_0 = 0,77$. Avec le même degré de liberté que précédemment (qui est égale à 5), cette valeur est significativement non nulle, car le coefficient de la table est plus petit ($r = 0,7545$) au seuil de 5%. En effet, le taux de DBO5 dans le canal croît avec l'augmentation de la densité d'*Upogebia*. Malgré cette analyse, la concomitance entre ces deux phénomènes émet encore beaucoup d'hypothèses sans que nous ne puissions affirmer quoi que ce soit à défauts de preuves expérimentales. Ainsi, certaines hypothèses sont à soulever :

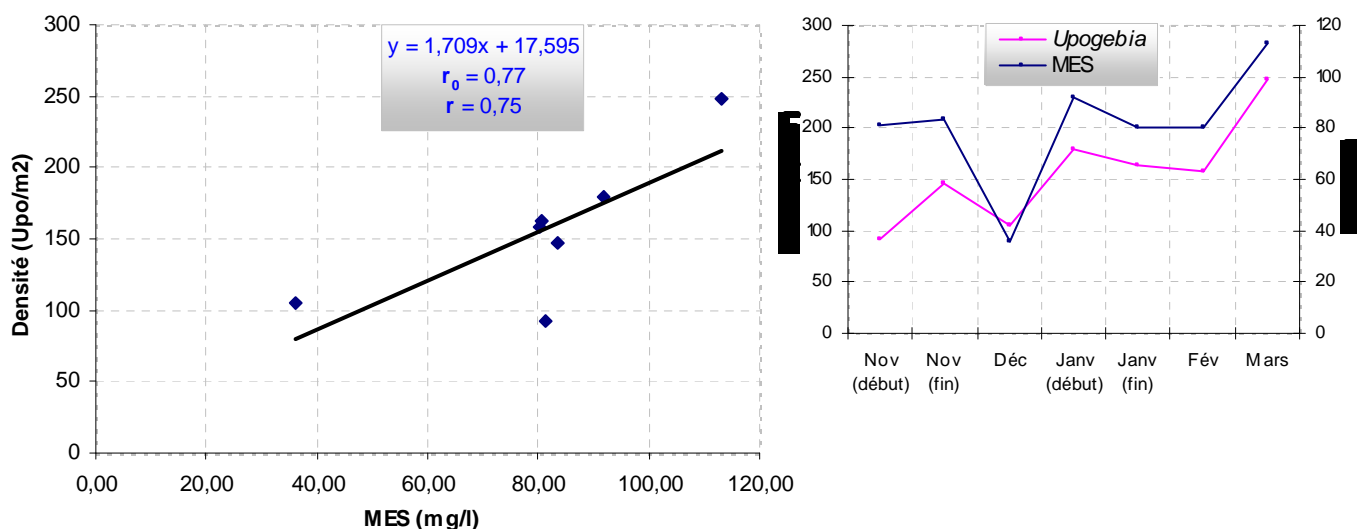
- il se peut que les *Upogebia* soient très abondantes dans le canal pour entraîner l'augmentation de la demande biologique en oxygène dissous.
- il est aussi possible que la DBO5 soit plus élevée parce que la faune de la biomasse planctonique est très importante dans le milieu, ce qui nourrit et attire les *Upogebia* d'où leur abondance pendant la même période.

III.1.3.3- La variation des matières en suspensions

Une des grandes activités connues des *Upogebia* est de remettre les sédiments en suspension. Ce phénomène pourrait expliquer la corrélation positive entre la densité d'*Upogebia* et le taux des MES qui est illustrée par les graphes 9 en dessous, avec r_0 est égal à $0,77$. Par ailleurs, étant donné que les *Upogebia* sont des détritivores, les MES constituent pour elles une source de nourriture primordiale. Ce qui implique qu'elles peuvent donc être plus la conséquence que la cause de l'augmentation des MES ici. De plus, on remarque aussi que les endroits les plus infestés (Zones X, VI et I) sont généralement des zones favorables à l'accumulation des matières organiques parce qu'elles sont à l'abri de forts courants. Enfin, il faut souligner que les matières en suspension se composent de particules de sable, de terre, de sédiments arrachés par l'érosion et de divers débris apportés par les eaux pluviales (DAUBA, 1986). Il est alors probable qu'au moment où les MES sont beaucoup plus chargées en sédiments non organiques



(ex : particules de vase) qu'en débris alimentaires, la corrélation peut être inversée. A ce moment, il pourrait y avoir moins d'*Upogebia* quand il y a trop de MES et ce phénomène a été observé « *in situ* », au niveau des fonds très mous et plus vaseux où il y a moins, voire absence d'*Upogebia*.



Graphes 9 : corrélation entre la densité d'*Upogebia* et les matières en suspension dans le canal

III.2- EFFICACITE DES EXPERIENCES MENEES DANS LE CANAL RESERVOIR

Cette partie explique en détail les résultats des deux techniques d'élimination des *Upogebia* expérimentées durant l'étude.

III.2.1- La zone d'expérience choisie

A titre de rappel, la zone la plus colonisée est dans l'ordre : **X, VI, I, V, II, IV, III, VII, VIII** et enfin la zone **IX**. D'après ces résultats, la zone **X** devait être choisie comme zone d'expérience parce qu'elle est la plus peuplée. Pourtant, l'accès y est difficile pour mener une expérience de ce genre, vu qu'il s'agit d'un canal tertiaire (voir plan en annexe II.2). La mise en place de la « drague » et du « liner » nécessite des endroits facilement accessibles, tels que le canal principal ou les canaux secondaires. De ce constat, la zone **VI** qui est en seconde position (avec $d > 345$ Upo/m²) serait la mieux adaptée pour être choisie.

III.2.2- Les résultats du sondage

Après sondage dans les cinq secteurs pris au hasard dans la zone sélectionnée (zone VI), le tableau n°6 présente les densités moyennes estimées à partir des 24 carottages effectués par secteur.

Tableau n°6 : résultats du sondage

Secteur	Densité moyenne (Upogebia/m ²)	Localisation
S ₁	885	Devant G23 (Entre les 2 moines d'entrée)
S ₂	394	Entre G21 –G20
S ₃	661	Devant l'ancien bassin G13
S ₄	515	
S ₅	570	

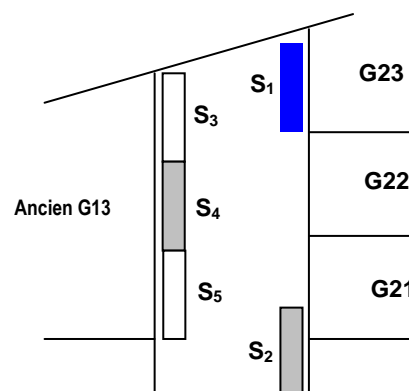


Figure 14 : le plan des secteurs de sondage

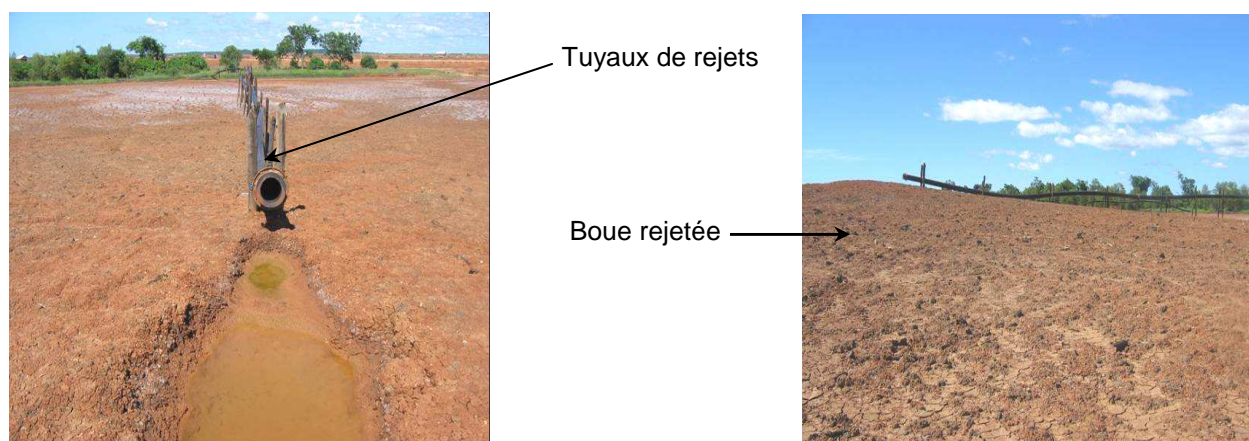


Finalement, les résultats montrent que le secteur 1 (S_1), qui est situé devant le bassin G23 (figure 14) constitue le meilleur endroit pour mener les expériences avec une densité moyenne de **885 *Upo*/m²**.

III.2.3-Evaluation des expériences

III.2.3.1- Expérience drague

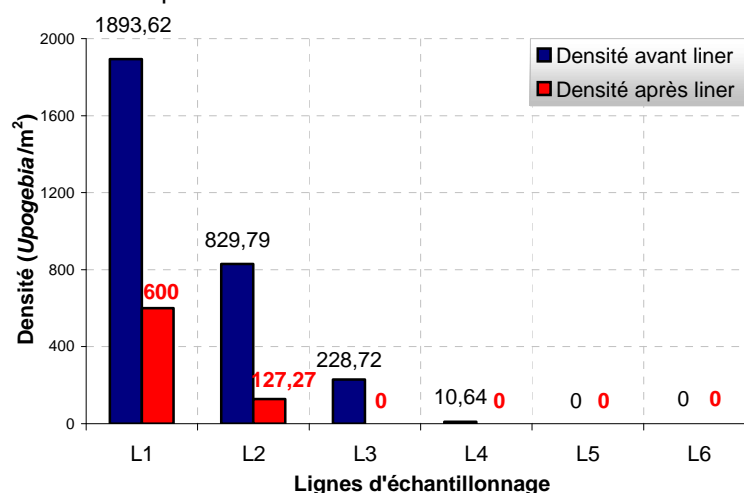
Durant l'échantillonnage avant le dragage, aucun individu n'a été retrouvé sur les 150m² de surface à draguer. Par contre, après que l'expérience de draguage est quand même réalisée, il a été constaté que les densités d'animaux, voire les galeries installées se trouvant sur la pente de la digue (contiguës aux parties draguées) ont remarquablement diminué. On rappelle que la drague ne peut entamer que la surface au-delà de 6m de la berge. Les figures 15 montrent les rejets de la drague évacués à l'extérieur de la ferme.



Figures 15 : les rejets de la drague

III.2.3.2- Expérience liner

L'histogramme suivant compare les résultats d'estimation des densités avant et après l'essai *liner*.

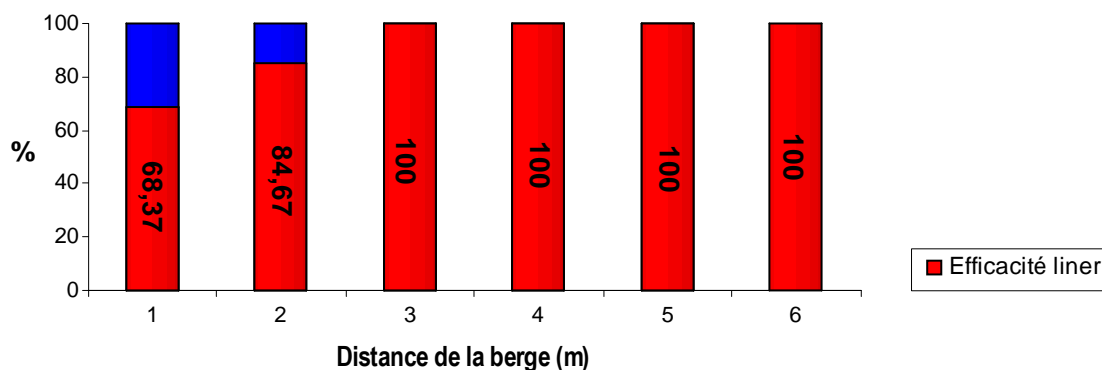


Grphe 10 : comparaison des densités avant et après « *liner* »

Avant l'essai *liner*, la densité est très importante surtout au niveau de la partie supérieure de la pente de la digue en atteignant des valeurs allant jusqu'à plus de **1800 *Upo*/m²**. Au fur et à mesure que l'on avance vers l'intérieur du canal, on observe de moins en moins d'individus jusqu'à ce qu'on n'en trouve plus au-delà de 4m (annexe IV.1). Par ailleurs, seules les deux lignes L_1 et L_2 présentaient encore des colonies



d'*Upogebia* après l'essai et apparemment, une nette diminution de la densité y est observée (annexe IV.2). Ainsi, toutes les populations ont disparu à partir de 3m et les densités respectives qui étaient à 1893,62 et à 829,79 *Upo/m*² ont chuté à 600 et 127 individus/*m*². En effet, environ **88,26%** des colonies d'*Upogebia* installées ont disparu (graphe 11). Sinon, on remarque une diminution de l'efficacité du *liner* à 1m de la berge dont 68,37% des *Upogebia* ont disparu qu'au niveau des autres lignes.



Graphe 11 : pourcentage d'efficacité du « *liner* »

Enfin, on remarque après l'expérience que le substrat devient plus colmaté et plus dur et la majorité des *Upogebia* restantes collectées étaient des juvéniles.

III.2.4- Discussions

III.2.4.1- Influence de l'activité de dragage

Quand l'eau est trop riche en matières en suspension principalement d'origine terrigène, le nombre d'*Upogebia* installées pourrait diminué, comme nous voyons ici où l'activité de dragage perturbe le fond et augmente la turbidité du milieu. En outre, la drague pourrait aspirer les *Upogebia*, vu qu'il y en avait beaucoup à la décharge. Il est vrai que la zone où les sédiments sont pompés est située plus au large (à partir de 6m de la digue) et plus profondément, mais il est probable que la force d'aspiration soit suffisante pour sortir de leurs trous les espèces fouisseuses campées au alentour. On peut dire que le dragage améliore la qualité du canal en augmentant le volume d'eau et en favorisant une bonne aération du sol par extraction des déchets qui se sont déposés au fond.

III.2.4.2- Influence de l'emplacement de la ligne d'échantillonnage sur la densité

Le tableau suivant donne les profondeurs moyennes au niveau de chaque ligne d'échantillonnage de la pente du canal :

Tableau n°7 : profondeurs moyennes au niveau des lignes d'échantillonnage

Ligne	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆
Profondeur (m)	0,5	0,9	1,3	1,7	2,1	2,5

De ce tableau, plus on avance de 1m horizontalement vers l'intérieur du canal, la profondeur augmente d'environ 0,4m et à partir de 6m de la rive, la hauteur d'eau moyenne est de 2,5m. D'après l'analyse des variances des densités avant *liner* selon l'écart à la berge (annexe IV.1), on trouve **F = 446,29**. Cette valeur est largement supérieure à 1. Ensuite si on compare à celui de la table ($\mu_1 = 5$ et $\mu_2 = 138$) au seuil de 1%, on en déduit que **F** est supérieur à **F_s = 3,5**. Les moyennes diffèrent donc significativement dans



leur ensemble même au seuil de 1%. L'emplacement des lignes ou plus précisément, la profondeur de l'eau a une influence sur l'installation des *Upogebia*. Plus la profondeur augmente, on rencontre moins d'individus. En outre, avec la valeur absolue de $r_o = 0,86$ (corrélation trouvée entre la densité et la profondeur), une valeur significativement différente de zéro par rapport à la corrélation dans la table de Fischer où $r = 0,81$ au seuil de 5%, ce phénomène est aussi significatif selon le test de corrélation. De ce constat, on remarque qu'à une certaine profondeur, la majorité de cette espèce d'*Upogebia* disparaissent.

III.2.4.3- Variation de l'efficacité du liner au niveau des lignes

Des blocs de pierre qui protègent la digue principale contre l'érosion empêchent la bonne fixation du *liner* suivant la pente. C'est peut-être la raison pour laquelle quelques galeries se trouvant protégées entre ces blocs ont été encore localisées sur place à la fin de l'expérience. Mais, compte tenu du résultat final, nous pouvons en déduire aisément que le « *liner* » donne des résultats prometteurs et que le fait de boucher leurs galeries peut éliminer les *Upogebia*. De ce fait, une application à grande échelle de cette expérience est envisageable, mais le problème reste à découvrir d'autres matières pouvant remplacer le *liner*, autrement le coût d'investissement serait très élevé. La longueur totale du canal d'alimentation fait plus de 10km, donc il faut plus de 60000m² de *liner* pour pouvoir couvrir toute la berge à l'exception du coût de l'installation. Par conséquent, il est alors possible d'utiliser des films plastiques qui coûtent moins cher et qui pourraient très bien résister sous l'eau durant un certain temps pour remplacer le *liner*.

III.3- LES RESULTATS DES ESSAIS D'ECLOSION

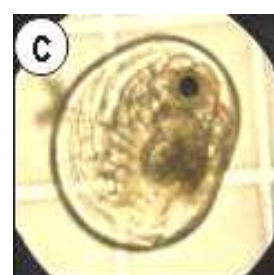
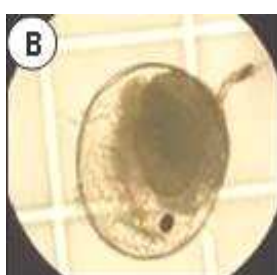
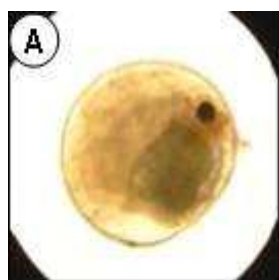
III.3.1- Observation des femelles grainées et des œufs fécondés

Chez les *Upogebia*, les œufs fécondés sont portés sous l'abdomen de la femelle (figure 16) durant la période d'incubation et ce jusqu'à l'éclosion. D'après plusieurs observations microscopiques, l'œuf est enveloppé par une membrane transparente.



Figure 16 : femelle grainée d'*Upogebia spinimanus*

Les larves vivantes à l'intérieur de l'œuf sont observables sous microscope, de même que leur battement cardiaque. Comme on voit sur les trois photos en dessous, l'œuf moins mature est de couleur jaune laiteuse (figure 17A), ensuite verte laiteuse (figure 17B), tandis que l'œuf prêt à éclore est très transparents (figure 17C).



Figures 17 : oeufs fécondés d'*Upogebia spinimanus* (agrandissement 100x)



III.3.2- Les paramètres physico-chimiques

Les valeurs moyennes des paramètres enregistrés dans chaque ballon sont résumées comme suit :

Tableau n°8 : valeurs moyennes des paramètres d'éclosion

N° Ballon	O2 (mg/l)	pH	T°C		S‰
			AM	PM	
BI	6,23	7,75	29,4	32	21,7
BII	6,31	7,65	28,8	31,4	21
BIII	6,23	7,75	28,7	31,5	21,5
BIV	6,43	7,80	28,8	32,5	20,1
BV	6,5	7,7	27,9	32,3	21
BVI	6,3	7,6	28,6	29,5	19

De ce tableau, nous retiendrons essentiellement les points suivants :

Oxygènes dissous autour de 6,3mg/l, les températures aux environs de 28,7°C le matin et 32°C l'après-midi, les salinités autour de 21‰. Par contre, les valeurs de pH sont restées en dessous de 7,80, apparemment à cause de la chloration de l'eau au moment de la décontamination. En résumé, les valeurs des paramètres sont généralement stables tout au long de l'expérience.

III.3.3- L'éclosion et les caractéristiques des larves

III.3.3.1- L'éclosion

Plusieurs essais ont été entrepris pour réussir cette expérience. D'après le tableau n°9 ci-dessous, seuls les trois premiers ballons ont présenté des résultats positifs. On souligne que cette expérience constitue une première réussite durant les études préliminaires effectuées au sein de la société concernant l'éclosion des larves d'*Upogebia*. Ainsi, sur 2 essais réalisés, la première éclosion s'est réalisée dans le ballon BI suite à une durée d'incubation de 2 jours, ensuite dans BV au bout de 3 jours et au troisième essai. Enfin, dans BII toujours après 3 essais mais avec une durée d'incubation de 2 jours. Par contre, les autres expériences ont échoué dans les restes des ballons (BIII, BIV, BVI) car les femelles étaient mortes avant que leurs œufs aient eu suffisamment de temps pour éclore.

Tableau n°9 : résumé des taux d'éclosion

N° Ballon	N° essai	Œufs par femelle	Œufs éclos par femelle	Durée d'incubation (jours)	œufs non éclos par femelle	Taux d'éclosion (%)
BI	1	41	0	3	41	0
	2	48	43	2	5	89,6
BII	1	38	0	3	38	0
	2	52	0	3	52	0
	3	57	49	2	8	86
BIII	1	43	0	3	43	0
	2	55	0	3	55	0
	3	50	0	3	50	0
BIV	1	47	0	3	47	0
	2	49	0	3	49	0
	3	58	0	3	58	0
BV	1	45	0	3	45	0
	2	50	0	3	50	0
	3	59	52	3	5	88,1
BVI	1	54	0	3	54	0
	2	42	0	3	42	0
	3	52	0	3	52	0

En bref, le taux d'éclosion moyen sur les expériences réussies a été de **88%**.



III.3.3.2- Observation du contenu de l'œuf prêt à éclore

Comme nous voyons sur la figure ci-après, la larve observée avant l'éclosion est très développée.



Echelle : 1 carreau = 1mm²

Figure 18 : larve extraite d'un œuf d'*Upogebia* avant éclosion (agrandissement 40x)

L'aspect du corps ressemble déjà à celui d'un juvénile excepté la présence encore de la réserve vitelline au-dessus du céphalothorax. Cette larve mesure environ 2mm et on remarque que le céphalothorax et les yeux sont très développés par rapport au corps de l'animal. Enfin, la carapace est encore molle même si elle apparaît déjà formée.

III.3.3.3- La morphologie des post-larves

Une fois écloses, les larves d'*Upogebia* présentent presque les caractéristiques d'un individu adulte. Les figures 19 montrent des post-larves le jour de l'éclosion. En effet, tous leurs appendices sont complets et bien structurés tels qu'on les voit chez les adultes.



Echelle : 1 carreau = 1mm²



Figures 19 : larves d'*Upogebia* âgées de quelques heures après l'éclosion (agrandissement 40x)

III.3.3.4- Le comportement des post-larves

A part sa taille, une post-larve et un adulte d'*Upogebia* se distinguent également au niveau de leur comportement tel que leur disposition générale dans la colonne d'eau. L'observation de la mobilité ainsi que le mode de déplacement a permis de dresser ce tableau de comparaison :

Tableau n°10 : comparaison de la mobilité d'un adulte et d'une post-larve d'*Upogebia*

	Disposition dans l'eau	Mouvement	Sens de déplacement	Caractéristique
Post-larve	Vertical avec la tête en haut	Saccadé et spiral	Vertical	Pélagique
Adulte	Horizontal	Stable	Horizontal	Benthique

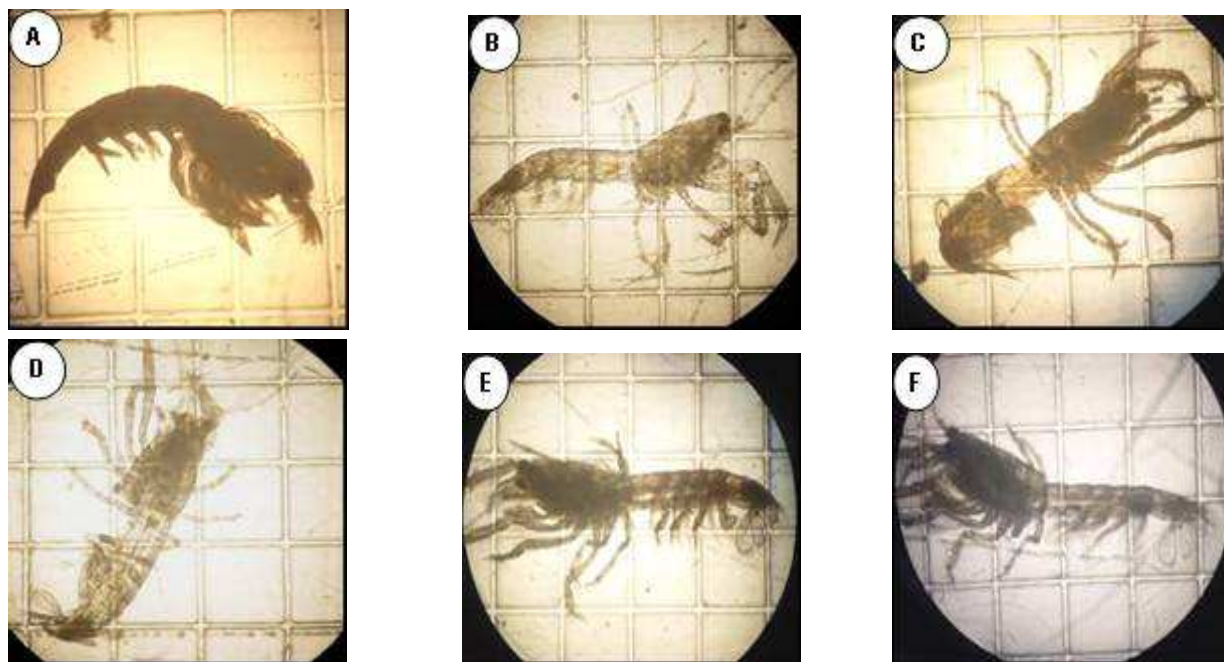
Dans l'eau, les post-larves se tiennent généralement en position verticale avec la tête en haut. Elles sont caractérisées par des mouvements irréguliers et de forme spirale. Ce type de mobilité se remarque particulièrement chez les post-larves âgées d'un jour. Pour ce qui est de leur déplacement, les post-larves ne restent jamais au fond tant qu'elles ne sont pas encore fatiguées. De la sorte, elles ne cessent



d'atteindre la surface de l'eau puis se laissent couler quelques secondes, ensuite elles remontent et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elles ne puissent plus lutter contre l'agitation provoquée par l'aération. On note que la nage des post-larves se stabilise petit à petit avec leur âge. Par ailleurs, les adultes se déplacent durant toute la journée en suivant le rebord du ballon.

III.3.3.5- Observation de la croissance

Les éléments des figures 20 sont des larves vivantes (sauf la figure 20A) photographiées sous microscope selon leur âge. Toutes les larves sur ces photos viennent d'une même femelle.



Echelle : 1 carreau = 1mm²

Légende :

- A :** post-larve juste après l'éclosion (larve morte, qui n'a pas survécue à l'éclosion)
- B :** post-larve prise en photo le jour d'éclosion
- C :** un jour après l'éclosion
- D :** deux jours après l'éclosion
- E :** quatre jours après l'éclosion
- F :** cinq jours après l'éclosion

Figures 20 : évolution des post-larves d'*Upogebia* en 5 jours (agrandissement 40x)

En effet, les post-larves mesurent environ 3mm à l'éclosion. Cette taille croît lentement avec l'âge, et elle atteint environ 4mm après 5 jours d'éclosion. On remarque également que le céphalothorax est plus ou moins développé par rapport à l'abdomen chez les larves.

III.3.3.6- Alimentation

Souvent, la femelle meurt le jour de l'éclosion ou une journée après. On a observé lors de cette expérience que les post-larves montrent déjà un caractère nécrophage et détritivore puisqu'elles dévorent petit à petit le cadavre de leur mère dès que celui-ci commence à se dégrader. Même si les post-larves



sont nourries par des nauplius d'artémia. Malheureusement, la survie des larves n'a pas dépassé 5 jours dans l'ensemble des trois ballons d'expérience pour pouvoir observer davantage leur développement.

III.3.4- Discussions

III.3.4.1- Les paramètres et l'éclosion

Les résultats d'éclosion qui sont en moyenne 88% démontrent que les valeurs des paramètres sont probablement inscrites dans les intervalles optimaux nécessités par cette espèce pour réussir l'éclosion. Ces valeurs (O_2 , pH, $T^\circ C$ et $S\text{‰}$) ne se distinguent pas de ceux du canal d'alimentation où on trouve une forte concentration de larves d'*Upogebia* capturées pendant des pêches de zooplancton. Par ailleurs, la réussite de l'éclosion peut dépendre aussi de l'état de la femelle (stress, santé, qualité des oeufs...), et c'est probablement la raison de l'échec des autres expériences dans BIII, BIV, BVI. Ainsi, la femelle décède à chaque fois avant l'éclosion de ses œufs si la durée d'incubation (dans les ballons) dépasse 3 jours et cette mortalité est généralement due à un stress.

III.3.4.2- Les principales caractéristiques des œufs fécondés

L'œuf fécondé devient plus transparent au fur et à mesure de la maturation de la larve à l'intérieur apparemment sous l'effet de l'épuisement de sa réserve vitelline. A chaque fois que la femelle meurt très tôt avant l'éclosion de ses œufs, ces derniers pourrissent (deviennent blancs). Par contre, la plupart des œufs arrivent toujours au stade d'éclosion si cette mortalité de la « mère » n'a lieu que quelques heures (généralement moins de 24 heures) avant, à condition qu'ils étaient bien mûrs. En conséquence, quand la réserve vitelline est presque épuisée, la larve est prête à l'éclosion (figure 17C, page 24). En outre, l'observation des œufs des femelles mises dans les ballons n'ayant pas eu d'éclosion montrait un stade peu avancé, c'est-à-dire des œufs opaques et très chargés de vitellus (figure 17A, page 24).

III.3.4.3- Le développement des post-larves

Le jour de l'éclosion, l'œuf donne directement une larve bien développée et presque identique à un individu adulte. On peut alors en déduire de cette expérience que, la majorité des stades larvaires de l'*Upogebia* se déroulent à l'intérieur de l'œuf. L'observation des larves extraites des œufs non éclos (figure 18) confirme cette hypothèse vu la morphologie très avancée, montrée par l'ensemble du corps. De plus, le suivi du développement des post-larves âgées de 0 à 5 jours permet de constater que leur croissance est en moyenne 0,2mm par jour. Cette évolution est rapide et bien identifiée à l'œil nu.

III.4- LA PREDATION

III.4.1- Les paramètres physico-chimiques

Les valeurs moyennes des paramètres au niveau de chaque bac d'élevage sont récapitulées dans le tableau n°11 de la page suivante. Avec un taux de renouvellement d'eau de 30% en moyenne, les valeurs des paramètres physico-chimiques sont à priori stables car les écarts entre les minima et les maxima sont quasiment faibles.

**Tableau n°11** : valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de chaque bac

N° Bac	PARAMETRES							Changement d'eau journalier (%)
	O ₂ (mg/l)		pH		T°C		S‰	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM		
Témoin	6,93	6,83	7,58	7,73	27,3	27,2	21,11	30
1	6,67	6,66	7,52	7,70	28,1	27,8	20,63	30
2	6,69	6,64	7,56	7,71	28,0	27,7	20,71	30
3	6,67	6,60	7,61	7,73	27,8	27,9	20,92	30
4	6,59	6,49	7,57	7,72	28,1	27,6	20,36	30
5	6,68	6,44	7,62	7,73	28,2	28,0	20,80	30
6	6,79	6,54	7,60	7,77	28,0	27,7	20,33	30
7	6,81	6,68	7,63	7,77	28,3	28,0	20,69	30
8	6,83	6,79	7,62	7,78	28,1	27,7	20,63	30
9	6,67	6,61	7,58	7,78	28,3	27,9	20,69	30
10	6,72	6,71	7,62	7,75	28,1	27,9	20,42	30
11	6,82	6,50	7,64	7,80	28,3	28,2	21,11	30
12	6,90	6,60	7,70	7,81	28,2	28,0	20,83	30
Moyenne	6,75	6,62	7,60	7,75	28,06	27,82	20,71	30

L'oxygène fluctue autour de 6,5mg/l, le pH autour de 7,6, la température autour de 27 et 28°C et enfin, la salinité moyenne est 20,71‰.

III.4.2- Le comportement à la prédation

Quant à l'alimentation, le comportement de prédation des crevettes sur les *Upogebia* adultes est très remarquable (figures 21), depuis le début de cette expérience sauf que la quantité consommée par jour varie. Une fois les *Upogebia* introduits dans les bacs, elles se précipitent pour les capturer.

**Figures 21** : crevettes en train de capturer et de manger des *Upogebia*

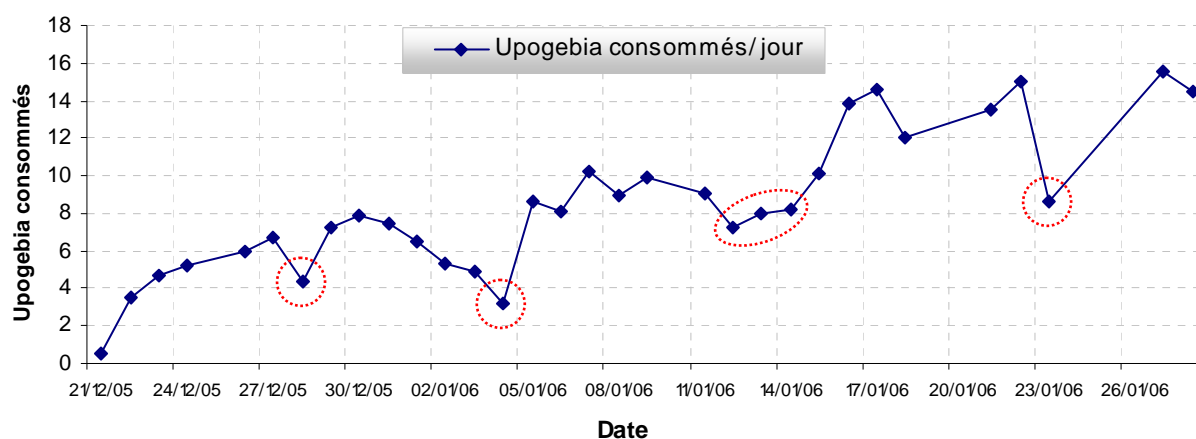


Le tableau n°12 suivant résume la moyenne de la quantité d'*Upogebia* consommée durant le « bioessai prédation ».

Tableau n°12 : bilan des *Upogebia* consommées

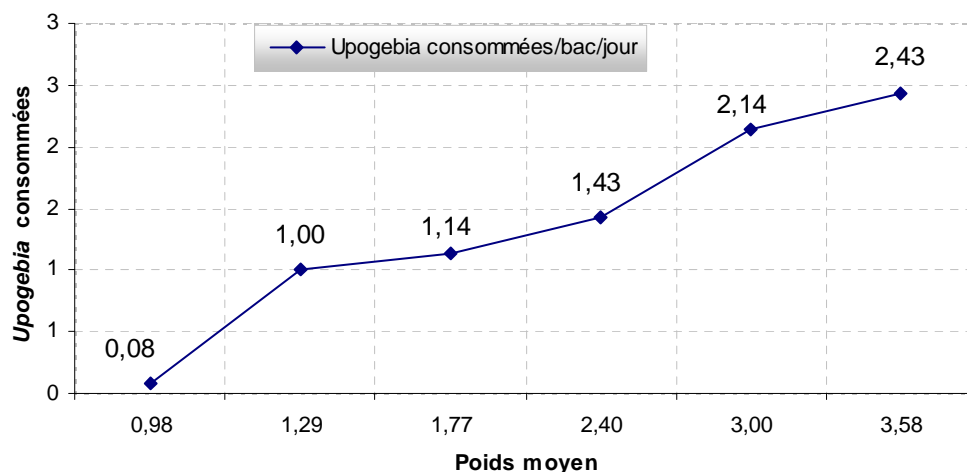
N° Bac	<i>Upogebia</i> consommées par individu et par jour			<i>Upogebia</i> consommées par bac par jour			Total <i>Upogebia</i> consommées	Total <i>Upogebia</i> consommées par individu
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max		
1	0,29	1,28	2,29	2	9	16	286	40,86
2	0,43	1,28	2,43	3	9	17	300	42,86
3	0,14	1,28	2,14	1	9	15	274	39,14
4	0,14	1,14	2,43	1	8	17	270	38,57
5	0,14	1,14	2,29	1	8	16	264	37,71
6	0,14	1,14	2,14	1	8	15	262	37,43
7	0,14	1,14	2,14	1	8	15	261	37,28
8	0,14	1,14	2,29	1	8	16	264	37,71
9	0,14	1,14	2,14	1	8	15	260	37,14
10	0,14	1,14	2,14	1	8	15	262	37,43
11	0,14	1,28	2,14	1	9	15	273	39
12	0,14	1,14	2,14	1	8	15	262	37,43
Moyenne	0,18	1,19	2,23	1	8	15,58	270	38,5

Durant cette expérience, une crevette a consommé en moyenne **1,19** (soit 1 à 2) *Upogebia* par jour. Cette quantité varie quotidiennement dans l'intervalle 0,18 et 2,23 *Upogebia*/individus/jour. Au niveau des bacs d'expérience, la moyenne du nombre d'*Upogebia* consommé est de **8**, mais cette valeur a dépassé 15 *Upogebia*/bac/jour durant la dernière semaine de l'expérience. Si on détermine le cumul, 270 *Upogebia* ont été consommées dans chacun des 12 bacs avec un total moyen de 38,5 *Upogebia* par prédateur. Cette cinétique est montrée par le graphe ci-après.



Graphe 12 : variation de la quantité moyenne d'*Upogebia* consommée par bac par jour

Apparemment, on observe des diminutions plus ou moins périodiques mais, globalement, la courbe suit une tendance croissante. A l'aide de l'autre graphe ci-dessous, on peut dire que le nombre d'*Upogebia* consommé augmente simultanément avec l'âge et la taille des crevettes prédatrices. On remarque qu'à partir de la cinquième semaine, une crevette consomme plus de deux *Upogebia* par jour.

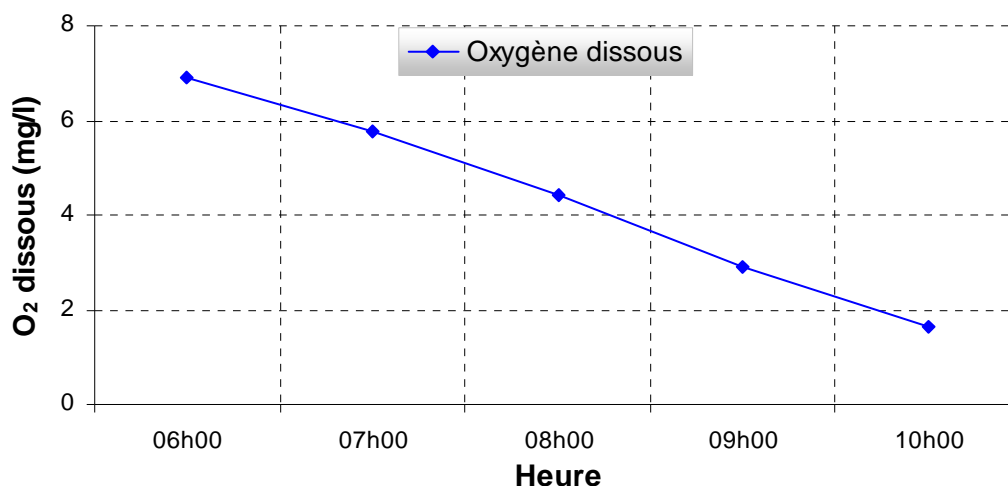


Graphe 13 : variation de la consommation d'*Upogebia* par rapport à la taille des crevettes

On note que les proiesensemencées sont généralement dévorées entièrement par les crevettes sauf les pointes des pinces et des rostres qui sont très dures chez les gros individus d'*Upogebia*.

III.4.3- Résultats du test de stress des crevettes

Quatre tests de stress ont été effectués soit 2 tests par semaine dont, le premier a eu lieu à la 4^{ème} semaine (12/01/06). Au démarrage du test, les taux d'oxygène sont voisins de 6 à 7mg/l dans le milieu et on trouve un taux inférieur à 2 à 3 mg/l généralement après 3,5 à 4 heures après l'arrêt de l'aération. Le graphe suivant montre la diminution moyenne par heure de l'oxygène dissous dans les bacs sur les 4 tests de stress réalisés sur les crevettes prédatrices.



Graphe 14 : diminution du taux d'O₂ dissous au cours du test de stress

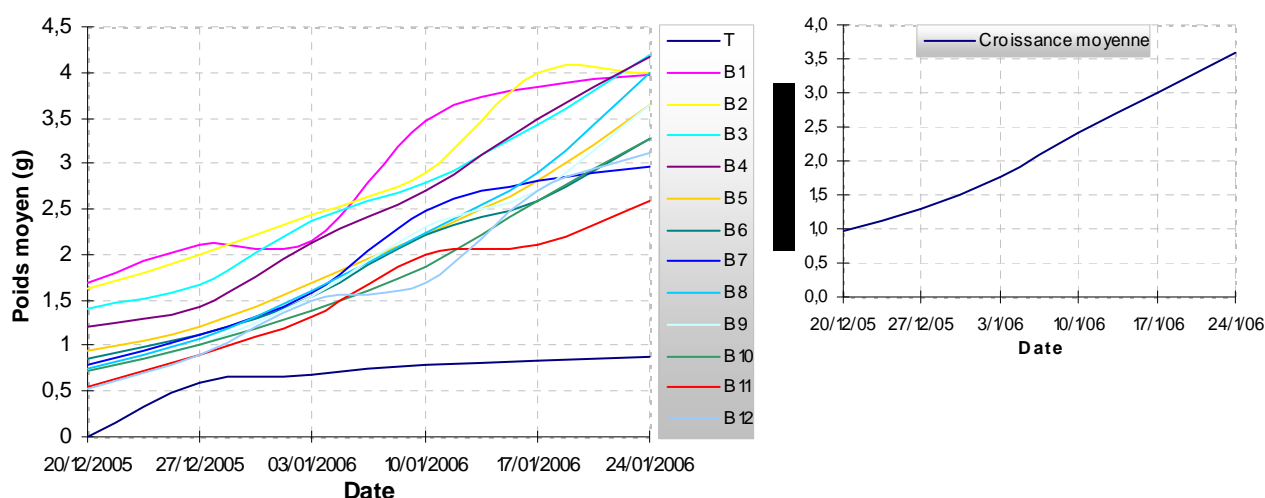
L'oxygène des eaux des bacs diminue en moyenne de 1mg/l/h quand le surpresseur est arrêté. Les crevettes commençaient ainsi à se stresser dès que la concentration d'O₂ est inférieure à 3mg/l. Le signe de stress apparaît généralement par une montée des crevettes en surface.



III.4.4- La croissance et la survie des crevettes

III.4.4.1- La croissance

En générale, la croissance était faible dans les 13 bacs d'expérience.



Graphes 15 : variation de la croissance des crevettes

D'après les courbes, la croissance hebdomadaire est en moyenne 0,47g (annexe V.1). Le poids moyen est parti de 0,98 pour atteindre 3,58g au bout de 39 jours.

III.4.4.2- La survie

Les mortalités des crevettes rencontrées durant ce bioessai résultent de certains cas accidentels comme des individus qui sautent hors des bacs quand elles sont très actives durant la nuit sans que l'on ne les détecte que le lendemain. Ce phénomène a été rencontré 2 fois dans B1, ensuite 1 fois dans B2, B3 et B12 dont la survie est donnée par le tableau suivant :

Tableau n°13 : survie finale par bac

N° Bac	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Individus restants	60	5	6	6	7	7	7	7	7	6	7	7	6
Taux de survie (%)	90,91	71,43	85,71	85,71	100	100	100	100	100	85,71	100	100	85,71
Moyenne	92,71 %												

La survie la plus faible est observée dans le bac 1 avec 71,43% alors qu'il atteint 100% dans les 7 bacs : B4 à B8 ensuite B10 et B11. La mortalité rencontrée dans B9 était due à un phénomène de cannibalisme. Aucune mortalité causée par un agent pathogène infectieux n'a eu lieu durant l'expérience et la survie moyenne est de 92,71%. Par contre, ceci n'exclut pas totalement la présence de germes pathogènes par ce que chaque individu peut être un porteur sain.

III.4.5- Les animaux suspects à la pêche finale

A la fin de l'expérience, six expertises sont réalisées. Comme il a été susmentionné, aucun problème pathologique pertinent n'a été observé. Par ailleurs, 90% des crevettes présentent des nécroses sur leur



carapace. En outre, quelques individus avaient des appendices coupés (pléopodes, péréiopodes ou antennes), conséquences de cannibalisme (figure 22).



A : Crevette à péréiopodes coupés par cannibalisme

B : Crevette morte à la suite d'un cannibalisme

Figures 22 : crevettes victimes de cannibalisme

Enfin, certaines anomalies telles que observées sur la figure 23 suivante ont été distinguées sur une crevette de B1 et deux crevettes de B3.



Figure 23 : crevettes suspectes

L'animal suspect apparaît comme en stade de pré-mue (ou stressé, chromatophores en expansion, rouge). Ce phénomène s'est aussi déclenché pour la première fois sur une crevette dans **B5** à la troisième semaine de l'expérience, mais cette dernière n'était pas encore fixée immédiatement mais à la pêche finale à la fin de l'expérience, faute de certitude. Ceci afin de pouvoir mieux observer l'évolution de la maladie pendant un certain temps et jusqu'à la fin du bioessai. A la pêche finale, cet individu considéré suspect était toujours vivant.

III.4.6- Résultats des analyses pathologiques en laboratoire

III.4.6.1- Résultats de l'histologie

Après l'histologie, tous les résultats sont négatifs. Aucune anomalies ou des signes de pathologies ont été observées au niveau des tissus des crevettes prédatrices. Par contre, ces résultats ne nous permettent pas de conclure directement que toutes ces crevettes étaient véritablement saines sans au la confirmation de la biologie moléculaire.



III.4.6.2- Résultats de la biologie moléculaire

Si l'histologie a révélé des résultats entièrement négatifs, le tableau ci-dessous donne le bilan des examens des extraits d'ADN des crevettes prédatrices après l'amplification de la séquence d'ADN du pathogène recherché.

Tableau n°14 : résultats d'analyse en biologie moléculaire

N°Bac	Nombre d'individus contaminés par bac	Type de maladie détectée	Commentaires
1	1	Microsporidies	Présence de maladie bien confirmée
2			
3	1	Microsporidies	Présence de maladie bien confirmée
4			
5	1	Microsporidies	Présence de maladie bien confirmée
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
T			

En effet, 3 crevettes étaient parasitées par des microsporidies de morphologie classique d'*Ameson michaelis*. Ces trois cas positifs ont été identifiés dans trois bacs différents dont 1 dans B1, 1 dans B3 et le dernier dans B5. Les microsporidies sont des parasites typiquement cytozoïques qui subissent des divisions asexuées et, par sporogonie, produisent de nombreuses spores à l'intérieur de la cellule de l'hôte. (PAPERNA, 1982). Les crevettes atteintes de cette maladie sont appelées « Crevettes muscle blanc » du fait que leur muscle devient tout blanc une fois contaminé.

III.4.7- Discussions

Les post-larves du même lot, du même poids moyen et du même âge que les juvéniles utilisés pour la conduite de ce bioessai avaient été élevées dans les bassins de grossissement G10, G11 et G37. En effet, pour mieux analyser certains paramètres du bioessai, il est intéressant de se référer sur ces bassins.

III.4.7.1- Les variations des paramètres physico-chimiques

Si on fait une comparaison (tableau n°15), on remarque que les valeurs des paramètres du bioessai sont légèrement inférieures à celles des bassins de référence durant la même période d'élevage à l'exception de celles de l'O₂ dissous. En effet, les eaux des bacs sont mieux oxygénées avec une valeur moyenne de 6,69mg/l contre 5,69mg/l dans les bassins.

**Tableau n°15 : comparaison des paramètres du bioessai et ceux des bassins**

Paramètres	O ₂	pH	T°C	S‰
Bioessai	6,69	7,68	27,9	20,71
Bassins	5,69	8,00	30,26	22,37

Cette légère augmentation des valeurs peut s'expliquer par l'aération en permanence de l'eau du bac, contrairement à celle du bassin. Par contre, les autres valeurs (T°C et S‰) sont moins élevées dans les bacs par rapport aux paramètres des bassins à cause éventuellement de la faiblesse du volume d'eau, entraînant ainsi la sensibilité de la variation des paramètres suivant le milieu extérieur. Ainsi, comme l'expérience se déroulait dans un milieu abrité (ou non ensoleillé), la température avait tendance à diminuer. Ensuite pour la salinité, l'eau stockée a été puisée dans le canal réservoir après une pluie passagère, ce qui a provoqué une dessalure momentanée. Enfin, le traitement par chloration a dû diminuer le pH de l'eau utilisée pour ce bioessai.

III.4.7.2- Diminution temporaire des proies consommées

La quantité des proies consommées est variable en fonction de plusieurs paramètres tels que la croissance des prédateurs, l'aptitude des crevettes à la capture ou la taille des *Upogebia* ensemencées. En effet, il existe des moments, où la consommation diminue et des fois où elle augmente. La réduction de la quantité de proies consommée serait généralement due, soit à la mue des crevettes pendant laquelle elles mangent peu, soit à l'insuffisance lui-même du stock d'*Upogebia*. Pour ce dernier, il arrive souvent dans le stock une forte mortalité durant la nuit, parce que les *Upogebia* étaient blessées par le carottage ou affaiblies lors du prélèvement dans le canal qui a duré trop longtemps. Le cannibalisme aussi est très remarquable chez cette crevette fouisseuse une fois que la charge du bac de stockage devienne trop élevée. Alors, il est préférable d'éviter de donner aux prédateurs des proies mortes ou des cadavres dégradés pour ne pas entraîner chez eux des résultats inattendus. Enfin, la collecte d'*Upogebia* dans le canal a dû être quelquefois arrêtée au moment des pluies, faute de matériel (barge occupée), de la sorte on ne distribue plus que le stock restant et de compenser ensuite l'alimentation par des granulés.

III.4.7.3- Activité de prédation

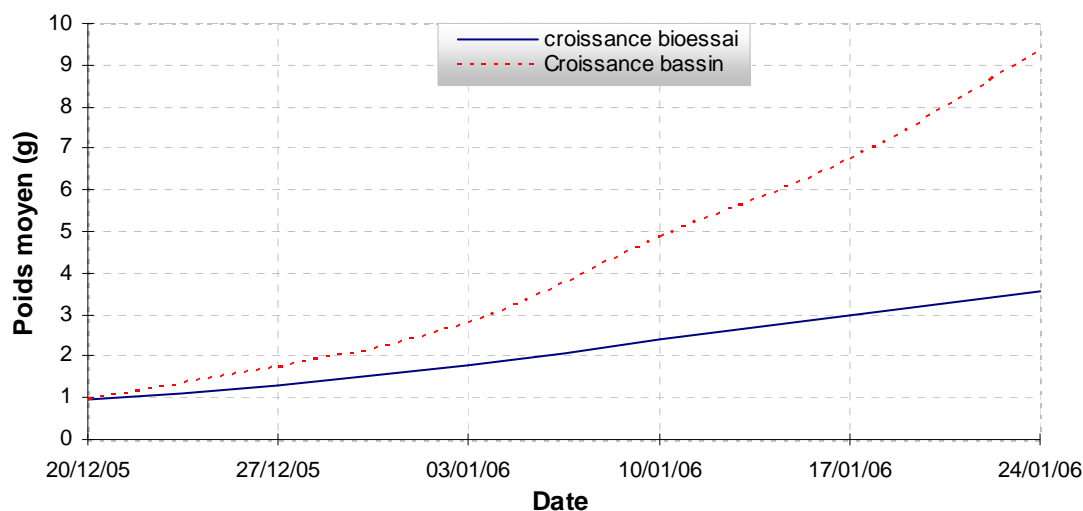
L'activité de prédation s'effectue surtout durant la nuit selon plusieurs observations nocturnes. Ainsi, on contrôle quelques fois la quantité d'*Upogebia* consommée durant la nuit. De ce fait, il a été constaté que les 5 proies vivantes ensemencées à 18 heures (heure de la dernière distribution) sont tous consommées avant 21 heures quand les crevettes sont dures et très actives. C'est pourquoi de temps en temps, quand la réserve est largement suffisante et quand on introduit jusqu'à 6 à 8 *Upogebia* dans chaque bac au lieu de 5, les crevettes prédatrices arrivent toujours à les consommer tous jusqu'au petit matin. Enfin, on remarque aussi que la prédation est plus importante et plus rapide quand les pinces des *Upogebia* sont enlevées avant de les offrir aux crevettes.

III.4.7.4- Evaluation de la croissance

La comparaison de la croissance des crevettes du bioessai avec celles des bassins de grossissement permet aisément d'affirmer qu'elle est très faible dans les bacs. En moyenne, elle y dépasse rarement 0,5g par semaine alors que dans les bassins de grossissement tels que dans les bassins de référence



(G10, G11 et G37), la croissance est souvent supérieure à 1,5g (annexe V.2) voire supérieure à 2,5 g par semaine en saison chaude.



Graph 16 : comparaison de la croissance des crevettes du bioessai et celles des bassins

III.4.7.5- Les animaux suspects

Quand les crevettes ne reçoivent pas suffisamment d'aliments, elles s'attaquent et se mangent entre elles. Ce comportement de cannibalisme qui est habituel chez cette espèce provoque parfois des blessures et forment des cicatrices qui deviennent souvent des nécroses comme observées sur les carapaces quelques jours après le début de cette expérience.

Par ailleurs, l'histologie et la biologie moléculaire pourraient quelque fois révélés montrer des distinctions des résultats. Plusieurs facteurs pourraient être à l'origine de ce fait étant donné que les méthodes d'examen sont complètement différentes. Un résultat positif obtenu à partir de la biologie moléculaire puis négatif après l'histologie signifierait une faible contamination de l'individu. On peut dire que c'est l'inconvénient de l'histologie par contre, elle permet très bien de mieux interpréter la nature infectieuse de la maladie si le résultat d'analyse est positif. En effet, la présence d'une moindre trace de maladie dans le corps de l'animal peut ainsi être détectée préalablement par la biologie moléculaire sans qu'il y ait encore apparition de signe clinique externe. C'est le cas des microsporidies découverts chez les 3 animaux qui par conséquent constituaient un début de contamination et comme susmentionnées ces crevettes contaminées après l'expérience étaient des porteuses saines de la maladie du musque blanc. Enfin, un résultat positif affirmé en même temps par l'histologie et la biologie moléculaire ou témoigné au moins par l'histologie approuverait une véritable infection. Aussi, il est possible de distinguer directement à partir de la lecture d'une seule coupe histologique, deux ou plusieurs types de maladies différentes chez un sujet malade. Alors qu'en la biologie moléculaire, l'observation d'une maladie est spécifique suivant la maladie choisie et chaque analyse est très coûteuse. C'est pourquoi on dit que ces deux techniques d'analyses différentes sont complémentaires.



CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Ce stage effectué au sein de la ferme de l'AQUALMA-Besalampy nous a beaucoup enseigné sur le principe de contrôle de la biosécurité. Il a été constaté durant les cinq mois de stage que la densité d'*Upogebia* dans le canal réservoir ou au mois entre les 6 premiers mètres de la berge est passée de 119 à 248 individus/m², ce qui représente une augmentation moyenne d'environ 30 individus/m²/mois. Par ailleurs, à partir de l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau du canal de novembre 2005 à mars 2006, on a pu en déduire que l'installation et la multiplication des *Upogebia* sont influencées en partie par les variations de la salinité, des matières en suspension et de la profondeur. En revanche, on constate que la demande biologique en oxygène augmente de manière concomitante avec l'augmentation de la population d'*Upogebia* sans que nous puissions en fournir une explication claire.

Ce phénomène de prolifération d'*Upogebia* qui constitue un risque sanitaire et économique en crevetticulture nécessite instantanément aussi bien des solutions préventives que curatives. En tenant compte des caractéristiques de l'élevage, l'essai *liner* et l'expérience de *dragage* menés ont fait apparaître des résultats prometteurs. Si les densités d'individus sur les six premiers mètres du canal principal a atteint 493,79 *Upogebia*/m² au départ, au niveau d'un secteur bien déterminé, il ne restait plus que 121,21 *Upogebia*/m² après l'essai *liner*. Pareil pour l'essai *dragage* dont l'ensemble de la population située à côté de la surface ayant été draguée a diminué notablement. Bref, l'efficacité de l'expérience est évaluée à environ 84%.

En outre, la réussite de l'éclosion d'*Upogebia in vitro* a démontré que leur multiplication était massive. Ainsi, au cours de l'expérience, on a obtenu un taux d'éclosion jusqu'à plus de 80% dont une valeur qui probablement plus ou moins congénère au cas existant dans le canal réservoir, vu la forte prolifération spatio-temporelle de ces parasites. On rappelle selon cette expérience que la croissance moyenne constatée est d'environ 0,2mm par jour chez les larves d'*Upogebia*.

Enfin, l'étude de la transmissibilité inter-espèce par prédation affirme que les crevettes, même au stade juvénile sont des grandes prédatrices d'*Upogebia*. Le risque de transmission horizontale inter-espèce est par conséquent vérifié en cas de présence de maladie de crustacés qui pourraient être portée par les *Upogebia* comme les microsporidies. Les débuts de contamination de muscle blanc (*Ameson michaelis*) affirmés par la biologie moléculaire chez les 3 crevettes venaient vraisemblablement des *Upogebia* ensemencées. En cas de pandémie, cette maladie se transmettrait rapidement entre des individus élevés dans un même milieu. Heureusement, les crevettes sont élevées suivant des méthodes extensives ou semi intensives à Madagascar où les charges des bassins sont basses à la différence de la méthode intensive. En outre, les larves proviennent de géniteurs domestiqués exempts de maladies infectieuses graves et le suivi sanitaire des élevages est effectué en surveillance de routine. Ainsi, le risque d'épizooties par des organismes infectieux et le stress dû à la manipulation ont moins de chance d'apparaître.

Bref, les expérimentations réalisées durant ce stage nous ont apporté beaucoup d'éléments d'informations précieux. Ainsi, on en avait déduit qu'il est mieux de prévenir que guérir, d'où la nécessité d'une meilleure surveillance de la biosécurité de la ferme en tenant compte des quelques suggestions.



L'impact économique des épizooties sur la crevetticulture nécessite d'envisager des solutions en même temps préventives que curatives, qui devront être évidemment conçues en tenant compte des méthodes d'élevage. Il est vrai que les expériences entreprises nous ont donné beaucoup d'informations concernant quelques généralités sur le mode de vie des *Upogebia*. Par contre, on rappelle que le genre *Upogebia* rassemble environ 75 espèces qui possèdent chacune leurs caractéristiques spécifiques. Ainsi, on ignore encore beaucoup d'informations sur la distribution écologique exacte de chaque espèce. On sait uniquement que les espèces d'*Upogebia* existantes dans le canal réservoir de la ferme de l'AQUALMA-Besalampy préfèrent les faibles profondeurs et nous connaissons l'espèce incriminée, *Upogebia spinimanus*. Il est ainsi très important et primordial de connaître davantage au sujet de cette espèce par le biais de recherches plus approfondies, pour pouvoir déterminer facilement une méthode de lutte plus adaptée et plus efficace.

- Pour obtenir des données plus précises et plus fiables, l'application des expériences ayant été entreprises doit être menée une nouvelles fois et à plus grande échelle. Ainsi, il se peut que les résultats soient variables en fonction de la saison tels qu'ils étaient influencés par certains paramètres physico-chimiques. En outre, la lutte contre les *Upogebia* demande un énorme investissement, de la sorte, il faut bien s'assurer que les techniques de lutte développées soient toujours fiables.

- A partir de l'évaluation de la quantité d'*Upogebia* consommée par les crevettes durant l'expérience de prédation, il serait intéressant d'essayer d'autres mais cette fois-ci sur des prédateurs plus rapides et plus voraces tels que les poissons chats (F : Ariidés et les Plotosidés). Ces poissons sont très abondants et figurent parmi les espèces les plus exploitées par les pêcheurs de Besalampy. Ces derniers sont des animaux capables de fouiller le sol et ainsi, ils s'adaptent très bien au mode de vie des *Upogebia* qui sont des espèces fouisseuses. Sinon, on peut penser à semer raisonnablement des poissons chat dans le canal pour compenser le déséquilibre écologique causé par les *Upogebia*.

- Le bioessai permet d'analyser le processus infectieux, c'est-à-dire, de connaître les modalités d'infection, de développement ainsi que les mécanismes immunitaires impliqués en cas d'apparition de maladie. Il est mieux dans ce cas que cette technique d'approche repose sur une modélisation des infections expérimentales qui, parallèlement, doivent permettre de déterminer la sensibilité à l'agent pathogène des différents stades et races de l'hôte ainsi qu'à d'autres espèces susceptibles d'être des hôtes "réservoirs".

- Enfin, à l'instar de la pathologie humaine et de la pathologie vétérinaire des animaux terrestres, des recherches plus approfondies doivent être entreprises maintenant sur les maladies des crevettes à Madagascar afin de pouvoir établir, compte tenu de l'importance économique des épizooties, des mesures prophylactiques ou curatives efficaces, adaptées aux particularités et spécificités de la crevetticulture.

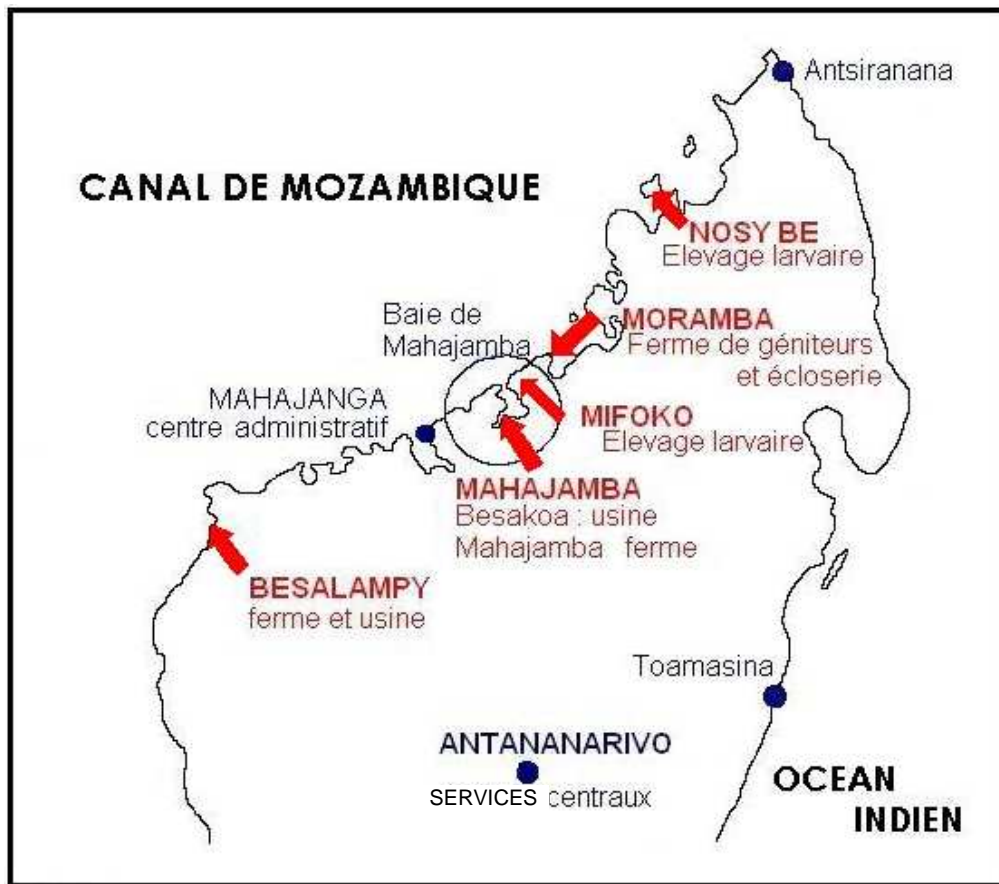


BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BESSEAU, L., BŒUF, G., 2006. Bases biologiques de l'aquaculture. Université Pierre et Marie Curie
- 2 - BOOSER, 1980. Morphologie externe de la crevette. 6pp.
- 3 - CHARTIER-TOUZE, N., GALVIN, Y., LEVEQUE, C., SOUCHON, Y., 1998. Etat de santé des écosystèmes aquatiques. Les variables biologiques comme indicateurs. Cemagref Ed. 300pp.
- 4 - COSTE, R., 1991. Les crustacés tropicaux d'élevage. Maisonneuve et Larose Eds. 171pp
- 5 - DAUBA, F., 1986. Influence de l'eutrophisation sur les populations aquacoles. La Fontaine Ed. p 235-241.
- 6 - DE KINKELIN, P., MICHEL, C., GHITTINO, P., 1985. Précis de pathologie des poissons. Institut National de la recherche agronomique. INRA – OIE Ed. pp
- 7 - DE SAINT LAURENT, M., LE LŒUF, P., 1956 et 1959. Campagnes de la Calypso au large des cotes atlantiques africaines (suite). Masson Ed. 1979. 101pp.
- 8 - EDELINE, F., 1998. L'épuration physico-chimique des eaux. Cededoc Ed. p 33.
- 9 - FRONTIER, S., 1980. Méthode statistique. Masson Ed. 246pp.
- 10 - HUMASON, G.L., 1972. Animal Tissue Technique. Freeman and Co Ed. San Francisco, Co. pp.
- 11 - MOTOH, H., 1981. Biology and Ecology of *Penaeus monodon*, in first International Conference on the Culture of Penaeid prawn. Iloilo, 1984. pp
- 12 - PAPERNA, I., 1982. Parasites, infections et maladies du poisson en Afrique. FAO Ed.
- 13 - REDMAN, R., PANTOJA, C., ERICKSON, H., 1990. Histological Techniques. VSCM bldg Room 106.
- 14 - SCHLUMBERGER, O., 1998. Mémento de pisciculture d'étang. Cemagref Ed. 238pp
- 15 - VENDEVILLE, P. (ISTPM), 1985. Les pêcheries crevettières tropicales. Moyens de production des divers secteurs et sélectivités. FAO Doc. Tech. Pêches (261). 76pp.

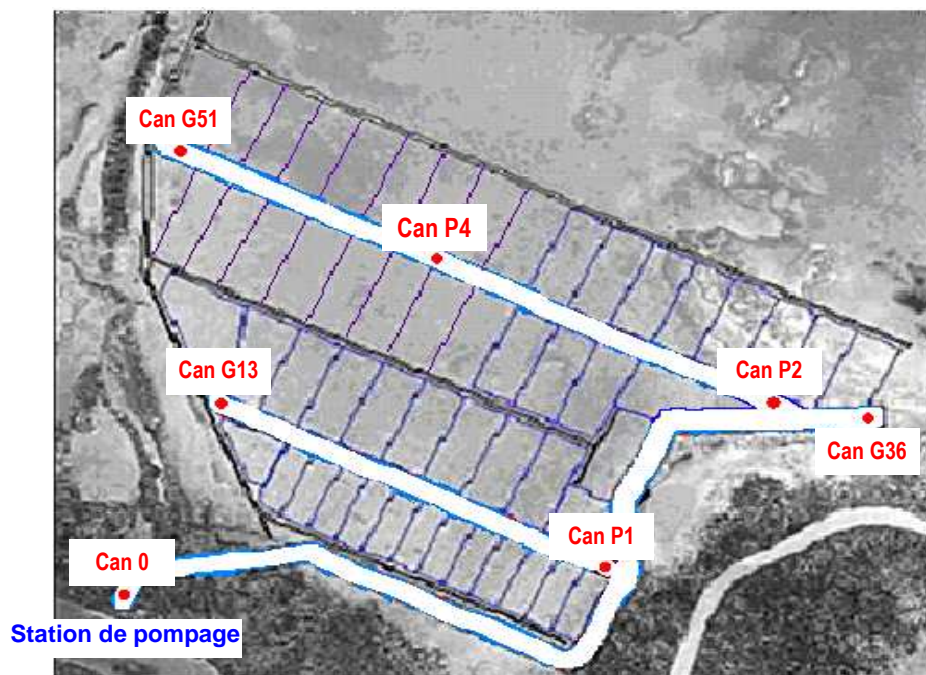
ANNEXE I

Annexe I.1 : localisation des sites de l'AQUALMA à Madagascar



Source : AQUALMA-Besalampy, 2003

Annexe I.2 : localisation des 7 points de prélèvement des paramètres physico-chimiques dans le canal d'alimentation



Source : AQUALMA-Besalampy, 2004

ANNEXE II

Annexe II.1 : méthodologie de la mesure des paramètres physico-chimiques

Paramètre	Appareil de mesure	Réactifs	Temps de réaction	Unité
O ₂ dissous	Oxymètre	-	-	mg/l
DBO5	DBO-mètre OxyTop	NaOH Solution inhibitrice de nitrification	5 jours	mg/l
N-NH ₃	Spectrophotomètre	Ammonium salicylate Ammonium cyanurate	3 min 15 min	mg/l
pH	pH-mètre	-	-	-
Salinité	Réfractomètre	-	-	mg/l
Température	Oxymètre à multi-paramètres	-	-	°C
MES	Filtre whatman	-	-	mg/l

Annexe II.2 : les zones et les points d'échantillonnage bimensuel

ZONE	DELIMITATION	N° point
I	Canal réservoir principal devant G36 au pont N°3 et N°2	1-4
II	Canal réservoir secondaire devant G38 au G44	5-8
III	Canal réservoir secondaire devant G45 au G51	9-12
IV	Canal réservoir principal devant G24 au pont N°1	13-16
V	Canal réservoir secondaire devant G14 au G17	17-20
VI	Canal réservoir secondaire devant G18 au G123	21-24
VII	Canal réservoir principal devant pont N°1 au drain de G1	25-28
VIII	Canal réservoir principal devant le drain de G1 au Feed Trial	29-32
IX	Canal réservoir principal au pompage	33 et 34
X	Canal tertiaire devant les PG	35-38

Source : Département Qualité et Environnement (AQUALMA Besalampy, 2004)



Les zones d'échantillonnage d'*Upogebia* (source : AQUALMA-Besalampy, 2004)

ANNEXE III

Annexe III.1 : moyenne mensuelles des paramètres physico-chimiques du canal

Paramètres	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Mini	Moy	Maxi
Température (°C)	29,16	28,70	30,64	30,85	29,57	28,70	29,78	30,85
Salinité (‰)	28,06	21,49	20,06	18,03	11,25	11,25	19,78	28,06
MES (mg/l)	84,25	36,06	86,04	80,22	113,21	36,06	79,96	113,21
O ₂ dissous (mg/l)	6,21	6,32	5,34	6,13	6,53	5,34	6,11	6,53
DBO5 (mg/l)	5,50	4	4	6,33	12	4	6,37	12
pH	7,88	7,80	7,88	8,05	7,84	7,80	7,89	8,05
N-NH ₃ (mg/l)	0,01	0,06	0,04	0,05	0,06	0,01	0,04	0,06

Annexe III.2 : les densités mensuelles d'*Upogebia* par zone de novembre 2005 à mars 2006

Zone	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
I	252,38	93,75	215,91	253,03	344,70
II	187,88	162	234,10	242,42	333,34
III	43,13	13,5	83,34	127,27	258,34
IV	147,00	148,5	293,94	218,18	327,28
V	174,00	140,75	264,40	206,06	342,42
VI	148,88	137,75	271,97	212,12	347,73
VII	164,50	141	193,94	160,61	133,34
VIII	23,25	4,5	14,40	0	24,24
IX	10,50	0	0	0	4,55
X	42,42	212	136,36	160,61	359,85
Densité moyenne par mois (<i>Upogebia</i> /m ²)	119	105	171	158	248
Intervalle de confiance	51,39	46,14	66,37	56,92	86,89

ANNEXE IV

Annexe IV.1 : estimations des densités avant *liner*

Point	Distance par rapport à la berge (m)					
	1	2	3	4	5	6
1	8	0	3	0	0	0
2	17	4	2	0	0	0
3	24	10	1	0	0	0
4	13	9	1	0	0	0
5	18	1	5	0	0	0
6	22	1	0	0	0	0
7	14	1	0	1	0	0
8	15	5	4	0	0	0
9	16	22	3	0	0	0
10	9	5	2	0	0	0
11	9	2	1	0	0	0
12	14	11	1	0	0	0
13	15	8	1	0	0	0
14	15	5	2	0	0	0
15	7	14	3	0	0	0
16	16	0	0	0	0	0
17	15	12	0	0	0	0
18	16	2	2	0	0	0
19	18	1	2	0	0	0
20	17	13	2	0	0	0
21	18	3	3	0	0	0
22	16	10	1	0	0	0
23	14	6	3	0	0	0
24	10	11	1	1	0	0
Total (<i>Upo</i>)	356	156	43	2	0	0
Moyenne (<i>Upo</i>)	14,83	6,5	1,79	0,083	0	0
Densité (<i>Upo/m²</i>)	1893,62	829,79	228,72	10,64	0	0

Moyenne des densités (<i>Upo/m²</i>)	493,79
Ecart-type des densités (<i>Upo/m²</i>)	756,80
Intervalle de confiance des densités (<i>Upo/m²</i>)	605,56

Annexe IV.2 : estimations des densités après *liner*

	Distance par rapport à la berge (m)					
	1	2	3	4	5	6
Densité (<i>Upo/m²</i>)	600	127,27	0	0	0	0
Moyenne (<i>Upo/m²</i>)	121,21					
Ecart-type (<i>Upo/m²</i>)	240,02					
Intervalle de confiance (<i>Upo/m²</i>)	192,05					

ANNEXE V

Annexe V.1 : poids moyen et croissance (bioessai)

N° Bac	Poids moyen au départ (g)	Poids moyen final (g)	Moyenne Croissance hebdomadaire (g)
T	0,4	0,78	0,11
1	1,70	3,98	0,54
2	1,62	4	0,60
3	1,41	4,2	0,50
4	1,21	4,17	0,57
5	0,94	3,65	0,47
6	0,85	3,28	0,41
7	0,78	2,97	0,51
8	0,75	4	0,54
9	0,73	3,65	0,49
10	0,72	3,28	0,47
11	0,54	2,6	0,39
12	0,53	3,12	0,54
M	0,94	3,36	0,47

Annexe V.2 : poids moyen et croissance (bassin de grossissement)

Bassin	Poids moyen au transfert (g)	Poids moyen en 5 semaines (g)	Moyenne Croissance hebdomadaire (g)
G10	0,97	9,72	1,75
G11	0,97	8,76	1,56
G37	0,95	9,43	1,70
M	0,96	9,30	1,67



RESUME

Depuis l'assec du canal d'alimentation en 2004 après le passage du cyclone Gafilo, on a constaté une augmentation massive de la densité d'*Upogebia spinimanus* au sein de la ferme de l'AQUALMA-Besalampy. En cas d'apparition d'une nouvelle maladie des crustacés, ce phénomène constituerait un grand risque en favorisant sa transmission chez les crevettes élevées, voire les consommateurs.

Une nouvelle méthode d'approche installée par le laboratoire centrale de l'AQUALMA s'intéresse sur la prévention des risques de maladie liée à la biosécurité, en même temps des crevettes, des consommateurs et de l'environnement.

Par conséquent, durant ce 5 mois de stage, des pratiques sur terrain et en laboratoire au moyen de différentes expériences à noter le suivi échantillonnage bimensuel, l'expérience *liner*, le dragage du fond du canal d'alimentation, le suivi éclosion d'*Upogebia* et le bioessai concernant la transmissibilité inter espèce par prédation d'*Upogebia* à juvéniles de crevette sont effectuées pour fournir des données indispensables dans l'étude de cette espèce parasite. A partir des résultats évoqués par ces différents essais, on définit d'abord les priorités d'action pour mener la lutte, ensuite il serait plus facile d'évaluer l'efficacité des traitements expérimentés.

Enfin, dans le cadre de la surveillance accrue de la biosécurité dans la ferme de l'AQUALMA-Besalampy, quelques suggestions sont soulevées pour maîtriser la prolifération massive des parasites dans le canal.

Mots clés : *Penaeus monodon*, *Upogebia*, biosécurité, bioessai, pathologie

ABSTRACT

Since the temporary draining of the feeder canal in 2004 after the passage of the Gafilo cyclone, it noted a massive increase in the density of *Upogebia spinimanus* within the farm of AQUALMA-Besalampy. In the event of appearance of a new shellfish disease, this phenomenon would constitute a great risk by supporting its transmission in raised shrimps, even the consumers.

A new approach method installed by the laboratory power station of the AQUALMA is interested on the prevention of the disease risks related to the biosecurity, at the same time of shrimps, the consumers and the environment.

Consequently, during this 5 months of training, a number of practices on ground and in laboratory by means various experiments to note the follow-up semi-monthly sampling, the experiment *liner*, the dredging of the bottom of the channel, the follow-up blossoming of *Upogebia* and the biotest concerning the transmissibility inter species by predation *Upogebia* to youthful shrimp are carried out to provide essential information in the study of this parasitic species. From the results evoked by these various tests, we define initially the priorities of action to carry out the fight, and then it would be easier to evaluate the tested treatments Effectiveness.

Lastly, within the framework of the biosecurity increased monitoring in the farm of AQUALMA-Besalampy, some suggestions are raised to control the massive proliferation of the parasites in the channel.

Key words : *Penaeus monodon*, *Upogebia*, biosecurity, biotest, pathology

