

# Contrôle qualité des indicateurs physico-chimiques de l'eau et du sol en aquacole – élevage semi-intensif de Mahajamba

L. Raharimalala<sup>1</sup>, J.A. Rakotoarison<sup>1</sup>, L. Andrianaivo<sup>2</sup>, V.J. Ramasiarinoro<sup>1</sup> et B.H. Andrianomentsoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, BP 906, Antananarivo 101, Madagascar

<sup>2</sup> Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure Polytechnique, BP 1500, Antananarivo 101

## Résumé

Actuellement, l'aquaculture de crevettes devient une ressource stratégique durable pour l'économie de Madagascar. L'aquaculture met en jeu deux grandes composantes : l'eau et le sol (milieu de culture). Cette étude peut servir de bases de données en aquaculture entre autre l'optimisation de la dose de fertilisation et du chaulage en aquacole de type semi-intensif. L'analyse de l'eau du canal d'alimentation a révélé de faibles valeurs en éléments nutritifs :  $\text{NO}_3^-$  (<0,50mg/l) ;  $\text{PO}_4^{3-}$  (0,03 à 0,35mg/l) et de valeurs très élevées de SEECHL (>50cm). Dans les bassins de grossissement, le pH de l'eau et les concentrations des éléments nutritifs chimiques du fond de bassin sont inversement proportionnels avec le potentiel redox du sol. Ces résultats ont permis de suggérer que la fertilisation en (TSP + UREE) est nécessaire pour corriger les déficits minéraux.

Mots-clés : Contrôle qualité, éléments nutritifs, eau, sol, pH, aquaculture

## 1. INTRODUCTION

De nos jours, l'aquaculture de crevettes se trouve parmi les premières sources de devises pour Madagascar ([1], [2]).

Par conséquent, dans le but d'une meilleure approche, le contrôle qualité de l'eau et du sol est très important et nécessaire afin d'éviter la dégradation du milieu d'élevage ou les anomalies rencontrées durant l'élevage.

Cette étude a pour but de voir l'influence des indicateurs physico-chimiques de l'eau et du sol en vue d'une amélioration du rendement en aquaculture.

## 2. METHODOLOGIE

Cette étude a été effectuée dans le site de l'AQUALMA Mahajamba qui se situe dans la baie de Mahajamba dans l'Ouest de Madagascar.

Ce site comprend cinq fermes d'élevage. Chaque ferme est constituée de bassins de grossissement alimentés par l'eau du canal :

- L'eau qui alimente le canal est pompée à partir d'une rivière appelée Marovoaikely par deux stations de pompage pour être déversée ensuite dans une rivière de rejet appelée Masokohenjy.
- Les bassins de grossissement ont été construits pareillement en terre creusée avec un fond de pente de 1 à 2% et de superficie de 10ha environ chacun.

Les deux principales méthodes retenues dans cette étude sont décrites dans les paragraphes suivants.

## 2.1 – Contrôle qualité eau : Corrélation eau / canal / bassin

Plusieurs séries de prélèvement ont été effectuées sur cinq parties différentes du canal et les bassins correspondants pendant les mortes eaux (demi-quartier) et les vives eaux (pleine lune ou nouvelle lune).

Le prélèvement de l'eau dans les différentes parties du canal et des bassins correspondants est décrit dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Prélèvement de l'eau dans les différentes parties du canal et des bassins correspondants**

Ferme	Bassin de grossissement	Prélèvements	
		bassin	Canal d'alimentation
Ferme 1	G1 – G16	G11 noté G1	C1 (à proximité du premier pompage)
Ferme 2	G17 – G31	G31 noté G2	C2 (à proximité de G31)
Ferme 3	G32 – G44	G44 noté G3	C3 (extrême Nord)
Ferme 4	G45 – G55 et G58a, G58b, G58C	G49 noté G4	C4 (à proximité du 2 <sup>ème</sup> pompage)
Ferme 5	G56 – G82	G73 noté G5	C5 (extrême Sud)

## 2.2 – Contrôle qualité sol/eau : Corrélation sol / eau – bassin de grossissement

Les prélèvements pour sol / eau ont été effectués dans les mêmes bassins du tableau 1.

Nous avons montré dans le tableau 2 les prélèvements pour corrélation eau / sol - bassin de grossissement

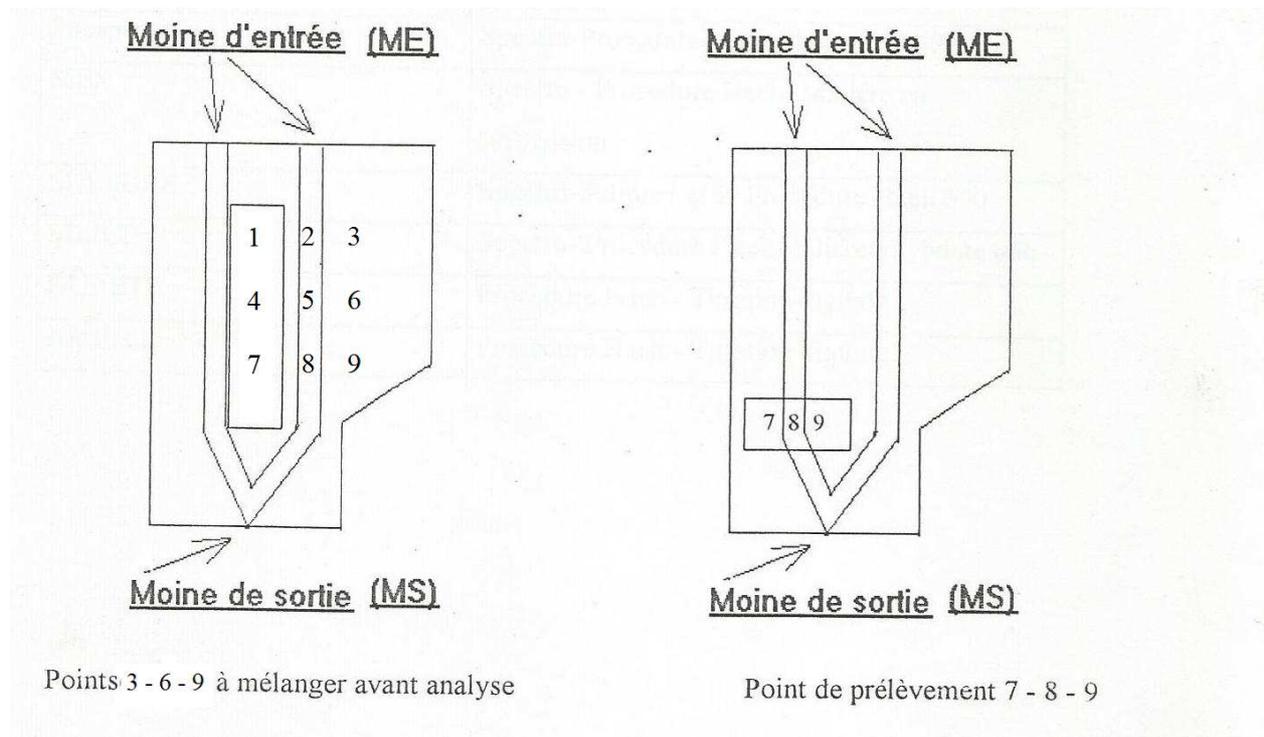
**Tableau 2 : prélèvements pour corrélation eau / sol - bassin de grossissement**

Ferme	Bassin de grossissement	Prélèvements	
		eau	sol
Ferme 1	G1 – G16	G11 noté G1	G11
Ferme 2	G17 – G31	G31 noté G2	G31
Ferme 3	G32 – G44	G44 noté G3	G44
Ferme 4	G45 – G55 et G58a, G58b, G58C	G49 noté G4	G49
Ferme 5	G56 – G82	G73 noté G5	G73

Pour chaque bassin, neuf prélèvements répartis en trois points différents ont été effectués. Le choix du bassin est fondé sur les critères de densités et âges différents.

Dans chaque bassin :

- Pour l'eau, nous avons pris comme points de prélèvement les points 3 – 6 – 9 à mélanger avant l'analyse
- Pour le sol, nous avons considérés les points 7 – 8 – 9 de la zone de sortie comme points d'échantillonnage. La zone de sortie pourra représenter le bassin.



**Figure 1 : Prélèvement pour corrélation eau / sol - bassin de grossissement**

### 3. CONDITIONS EXPERIMENTALES

#### 3.1 Contrôle qualité eau : Corrélation eau / canal / bassin

Notre étude consiste de voir l'influence de certains paramètres physico-chimiques de l'eau dans différentes parties du canal et les bassins correspondants.

Le matériel de prélèvement d'eau est constitué par deux flacons de 250 ml pour le canal et 3 flacons de 250 ml pour le bassin

Les méthodes expérimentales d'analyse de l'eau sont rassemblées dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Méthodes expérimentales d'analyse eau**

Type d'analyse	Méthode et appareil
Température	Thermomètre
Turbidité	Disque de SECCHL
Oxygène dissout	Oxymètre
pH	pH-mètre
Salinité	Réfractomètre
Nitrate (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Spectrophotomètre – Procédure Hach – Nitruver 5-353
Nitrite (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Spectrophotomètre – Procédure Hach – Nitruver 3-371
Azote ammoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	Spectrophotomètre (méthode salicylate cyanurate)
Phosphates	Spectrophotomètre – Procédure Hach – Phosver 3-496
MES	Spectrophotomètre – Procédure Hach – matière en suspension
Sulfure	Spectrophotomètre – Procédure Hach – Sulfurel 1 et 2 -690
Silice	Spectrophotomètre – Procédure Hach – silicomolybdate 656
Alcalinité	Procédure Hach – Titration digitale

### 3.2 Contrôle qualité sol/eau : Corrélation sol / eau – bassin de grossissement

Le matériel de prélèvement du sol est un tuyau PVC de 50 mm de diamètre, appelé « carotte » dont la partie terminale muni de cinq trous distants de 5 cm et en pas de vis permet de mesurer les valeurs de pH et du potentiel redox à différentes profondeurs.

Les méthodes expérimentales d'analyse du sol sont représentées dans le tableau 4. Nous n'avons considéré que les éléments nocifs à l'élevage tels que  $\text{NH}_3$ ,  $\text{S}^{2-}$ , MO (Matières Organiques), pH humide et le Redox.

**Tableau 4 : Méthodes expérimentales d'analyse du sol**

Type d'analyse	Méthode et appareil
Epaisseur des couches oxydées et réduites	Règle graduée
pH humide (in-situ)	pH-mètre + électrode pH
E (redox)	pH-mètre + électrode redox à platine
Azote ammoniacal ( $\text{N-NH}_3$ )	Spectrophotomètre (méthode salicylate cyanurate)
Sulfure	Spectrophotomètre – Procédure Hach – Sulfurel 1 et 2 -690
MO	Spectrophotomètre – Procédure Hach – sol séché

## 4. RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 – Contrôle qualité eau - Corrélation eau / canal / bassin

Le tableau 5 donne quelques mesures effectuées pendant les mortes eaux et les vives eaux pour l'analyse de l'eau dans le canal et les bassins correspondants

L'eau du canal est assez peu fertile en éléments nutritifs surtout en nitrate ( $<0,50\text{mg/l}$ ) et en phosphate ( $0,03$  à  $0,35\text{mg/l}$ ) et avec des Secchi très élevées ( $>50\text{cm}$ ), d'où la nécessité de la fertilisation (TSP + UREE) pour corriger les déficits minéraux.

De légères différences sont observées en éléments nutritifs entre les parties stagnantes et celles des parties dynamiques de l'eau du canal. On peut avancer qu'il doit avoir une différence sur le mode de gestion des bassins pour le canal proche et éloigné des stations de pompage.

Dans les bassins de grossissement, les concentrations des éléments nocifs à l'élevage sont toutes comprises entre les valeurs optimales. Des valeurs de pH supérieures au seuil de toxicité ( $7,5 - 8,8$ ) sont observées dans quelques bassins de grossissement (bassins G1 et G3 : pH =  $8,93$ ). Ceci peut être en relation avec la teneur relativement élevée en ammoniac dans ces bassins ( $0,06\text{mg/l}$  dans G3). Ce qui nécessite un changement d'eau pour éviter d'éventuelle pathologie ou aléas pour les crevettes [3].

Tableau 5 : Contrôle qualité eau - Corrélation eau/canal / bassin

Etas des eaux	Bassin Canal	Température (°C)		Secchi (cm)	MES	pH	Oxygène dissous (ppm)		Salinité(‰)	NH <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	S <sup>2-</sup> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	AlcAalinité (mg/l)
		AM	PM				AM	PM								
Mortes eaux	G1	24,9	29,9	30	53	8,45	5,3	10,4	36	0,01	0,4	0,021	0,17	0,03	0,874	115,6
	C1	25,3	28,4	55	27	7,93	5,1	8,1	35	0	0,4	0,016	0,13	0,013	1,064	123,6
	G2	25,5	27,2	30	59	8,68	5,4	7,6	36	0,03	0,6	0,016	0,42	0,033	0,733	97,2
	C2	25,5	28,2	60	24	8,5	4,6	6,2	35	0,01	0,3	0,005	0,22	0,017	1,63	116,4
	G3	25,4	29,4	45	25	8,93	5,8	8,9	35	0,06	0,4	0,017	0,7	0,038	0,104	115,6
	C3	25,7	26,3	65	21	8,58	6,1	8,5	34	0,03	0,2	0,01	0,25	0,021	0,675	121,6
	G4	24,8	28,5	43	22	8,51	5,6	7,4	35	0,05	0,6	0,011	0,23	0,022	0,82	97,6
	C4	25,5	28,2	55	20	7,70	5,4	6,8	35	0,01	0,5	0,03	0,89	0,01	1,138	113,6
	G5	24,5	28,5	19,5	43	8,23	5,2	7,6	34	0,01	1,7	0,019	0,35	0,035	1,314	122,4
C5	25,5	29,5	60	40	8,10	5,2	6	34	0,01	0,30	0,017	0,28	0,015	0,967	117,2	
Vives eaux	G1	26,3	28,9	35	49	8,93	5,5	12,2	35	0,03	0,6	0,002	0,14	0,015	0,656	126,8
	C1	26,6	28,4	50	34	8,19	6,5	8,6	35	0	0,6	0,001	0,01	0,006	0,65	126
	G2	26,5	28,5	30	48	8,63	5,6	10,3	35	0,03	0,4	0,008	0,22	0,02	0,936	124,8
	C2	26,5	29	52,5	23	8,11	5	7	35	0,01	0,2	0,001	0,01	0,01	0,903	119,2
	G3	26,8	28,3	55	20	8,93	4,2	12,8	37	0,02	0,2	0,001	0,1	0,023	0,496	130,8
	C3	26,5	28,8	50	35	8,51	6,1	9,3	36	0,01	0,2	0,004	0,01	0,011	0,586	124
	G4	25,2	29,2	45	36	8,87	5,4	10,4	36	0,01	0,9	0,007	0,07	0,026	0,856	122,8
	C4	26,2	29,4	60	38	7,77	4,4	6,5	35	0	1	0,008	0,03	0,002	0,931	125,2
	G5	25	28	20,5	41	8,85	5,6	7,8	37	0,02	0,7	0,005	0,23	0,03	0,513	131,2
C5	26,5	29	55	21	8,26	6	6,2	35	0,01	0,5	0,001	0,13	0,016	0,854	119,6	
Valeurs optimales [1], [2], [4], [5], [6]		(25° - 32°)C		(20 - 50) cm		7,5 à 8,8	Sup à 3ppm		(20 - 38) ‰	0 - 2,5mg/l	0 - 4,5mg/l	0 - 3mg/l	0,15 - 6mg/l	Inf à 100mg/l	2 - 20mg/l	Sup à 20mg/l

La figure 2 montre l'évolution du pH dans le canal d'alimentation et les bassins de grossissement à un temps donné.

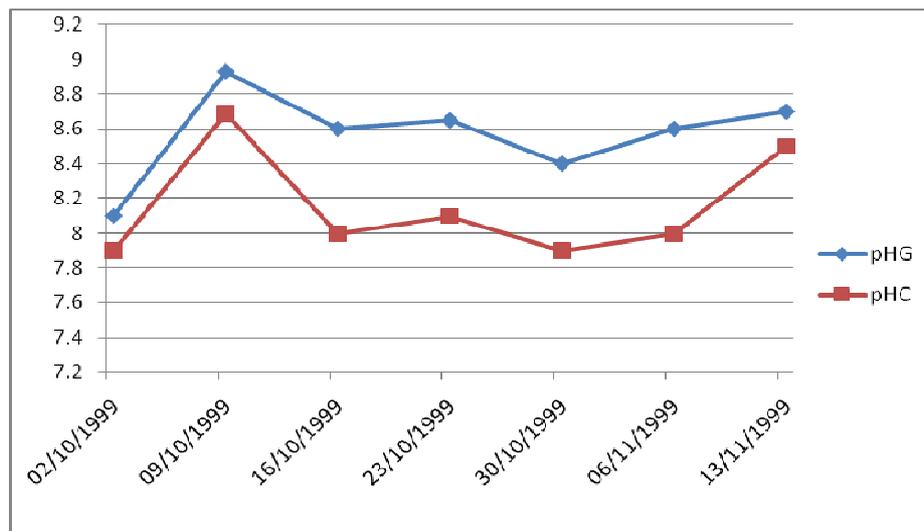


Figure 2: Evolution du pH dans le canal d'alimentation et les bassins de grossissement à un temps donné.

On voit que la variation du pH en fonction du temps dans le canal et les bassins correspondants est en général, interdépendante et proportionnelle c'est -à-dire lorsque le pH dans le canal augmente, celui du bassin augmente aussi d'une manière quasiment proportionnelle à un temps donné.

#### 4.2- Contrôle qualité sol/eau : Corrélation sol / eau – bassin de grossissement

Les mesures du Potentiel Redox (~ 251,45mV), de l'épaisseur de la couche oxydée (~ 0,04cm) et celle de la couche réduite (~ 22,8cm) ont mis en évidence que le point 8, la zone du caniveau (points 2 – 5 – 8) et la zone de sortie (7 – 8 – 9) sont les plus dégradés. Cela peut être dû au caractère anaérobique de ce point. De plus, le bassin se dégrade en fonction de la profondeur [2], [9], [10].

Les valeurs en alcalinité sont toutes supérieures à 20mg/l d'équivalent en CaCO<sub>3</sub>, ce qui est un indice pour une bonne condition d'élevage [11].

Les valeurs du Potentiel Redox sont inversement proportionnelles avec les concentrations des éléments chimiques tels que l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), le sulfure et de la matière organique (MO). Ceci étant conforme à la littérature [2], [1], [5].

Le pH est inversement proportionnel avec le potentiel redox et que la concentration en oxygène est relativement petite (bassin G3 :4,7 à 7,8ppm) pour une valeur du potentiel redox très basse (bassin G3 : - 298,9mV) ; Ceci étant encore en corrélation avec la littérature [2], [5], [7], [8].

Le tableau 6 donne quelques mesures pour l'analyse de l'eau dans les bassins de grossissement.

**Tableau 6 : Corrélation eau/canal / bassin - Contrôle qualité eau**

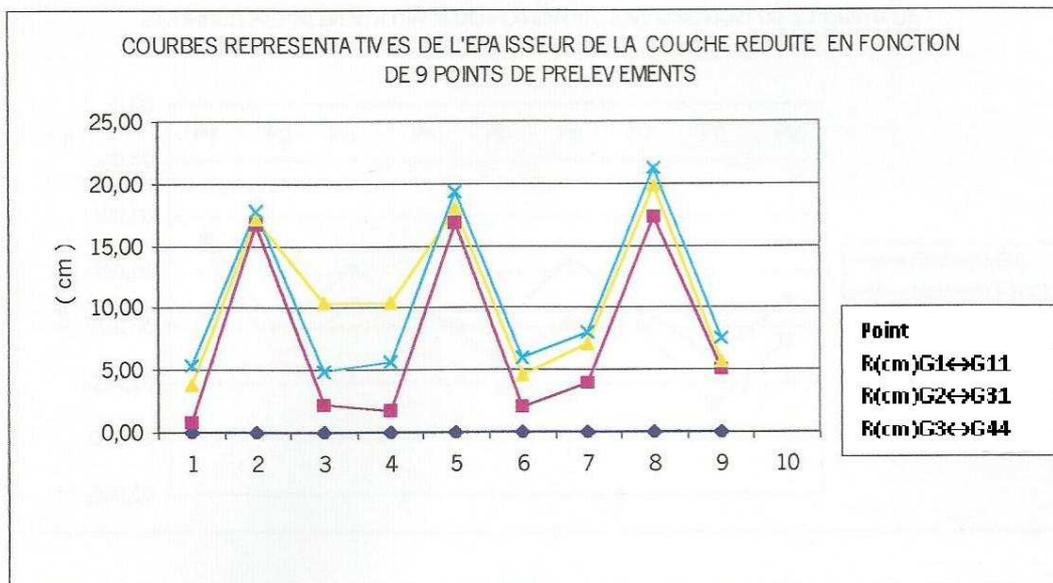
bassin	point	Secchi (cm)	Oxygène dissous (ppm)	Salinité(‰)	pH	NH <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	S <sup>2-</sup> (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Alcalinité (mg/l)
G1	3	55	5 - 8,1	35	8,6	0,02	1,2	0,01	0,4	0,01	1,5	120
	6											
	9											
G2	3	30	5 - 8,7	35	8,7	0,03	1,2	0,02	0,3	0,03	2,4	114
	6											
	9											
G3	3	35	4,7 - 7,8	35	8,85	0,02	1,1	0,01	0,3	0,04	0,68	118
	6											
	9											
G4	3	37	5 - 7,3	36	8,65	0,02	0,9	0,02	0,4	0,03	1,8	122
	6											
	9											
G5	3	16,5	5 - 8,6	36	8,9	0,06	0,8	0,02	0,1	0,05	2,77	124
	6											
	9											

Par contre, le tableau 7 présente les mesures des paramètres étudiés pour l'analyse du sol dans les mêmes bassins de grossissement.

**Tableau 7 : Corrélation eau/canal / bassin- Contrôle qualité sol**

bassin	point	O (cm)	R (cm)	PH humide	Redox	NH <sub>3</sub> (mg/l)	S <sup>2-</sup> (mg/l)	MO (%)
G1↔G11	7	2	6	7,24	-184,25	1,75	0	1,8
	8	0	22	7,36	-238,7	3,1	0	2,35
	9	2	7	7,32	-203,15	1,81	0	2,8
G2↔G31	7	0,5	7,5	7,06	-210,5	1,75	0	2,35
	8	0	23	7,52	-261,46	3,91	0,2	3,79
	9	0,75	6	6,64	-99,7	1,4	0	2,8
G3↔G44	7	1	8	6,94	-223,8	2,45	0	2,82
	8	0	24	7,33	-298,9	4,23	0,1	3,31
	9	0,5	6,5	7,24	-203,9	2,1	0	2,8
G4↔G49	7	4,5	5	7,22	-179,6	1,35	0,1	1,53
	8	0,2	22	7,47	-226	3,25	0	3,25
	9	2,5	7	6,81	-158,3	1,5	0,1	1,9
G5↔G73	7	0,5	7,5	7,31	-128,95	2,5	0,1	1,5
	8	0	23	7,16	-232,2	4,25	0,2	3,85
	9	0,25	8	6,99	-173,35	2,4	0,1	1,9

La figure 3 montre les courbes représentatives de l'épaisseur de la couche réduite en fonction des 9 points de prélèvements pour les bassins de grossissement G1↔G11, G2↔G31, G3↔G44.



**Figure 3 : Courbes représentatives de l'épaisseur de la couche réduite en fonction des neuf points de prélèvements**

## 5. CONCLUSION

Le contrôle qualité de l'eau et du sol en aquacole nous a permis:

- d'une part, de connaître à partir des indicateurs physico-chimiques étudiés, le milieu d'élevage et de prévoir son évolution en intervenant au moment voulu afin de réduire la pathologie ou aléas pour les crevettes.

- d'autre part, de rassembler quelques informations et mesures tels que l'optimisation de la dose de fertilisation et du chaulage, pouvant servir de base de données en aquaculture afin de faciliter la mise en place d'un type de suivi pour un élevage semi-intensif.

## REFERENCES

- [1] – OSIPD. FTM. PHD (1997). « Code de conduite pour le développement d'une aquaculture responsable et durable à Madagascar », vol XLI , (janvier 1997)
- [2] – Boyd C.E., (1990). « Water quality in pond for aquaculture », Alabama Agricultural Experiment Station, volume 352
- [3] – Yoek H., Boyed E.C., (1994). « Hydrology and water supply for aquaculture », Chapman and Hall New York
- [4] – Autran M., Rafomanana G., (1998). « L'aquaculture de la crevette à Madagascar. Les choix préliminaires », Consortium (OSIPD - FTM – PHD – ORSTOM), volume 61
- [5] –Renson V., (1994). “Etude des paramètres physico-chimiques en milieu d'élevage peneids”, volume 93
- [6] – George W, Ch, (1997). “Effects of fertilization on ecology nutrients dynamics, and productivity of shrimp pond”, Ralston Purina International Checker Board Square – 111 S.T Louis MO, volume 22
- [7] –Frontier S., (1975). “Peuplement zooplanctonique de la region de Nosy-Be, Etude descriptive et statistique », ORSTOM, volume 252
- [8] – Christian R. (1997). “Cours pathologique en aquaculture”, (ISHM), volume 52
- [9] – Boyd C.E., (1999). “Soils in pond aquaculture”, Auburn University Alabama, volume 292
- [10] – Boyd C.E., (1997). “Practical aspects of chemistry in pond aquaculture”, Department of Fisheries and allied Aquaculture – The progressive fish culturist, **59**: 85 - 93
- [11] – AQUALMA, (1997). “Publication: Pond dynamics and Managing Technique”, Volume 1 à 8