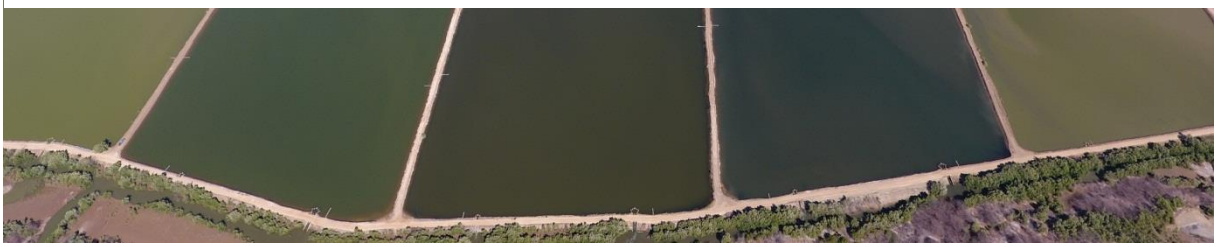
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE TOLIARA
INSTITUT HALIEUTIQUE ET DES SCIENCES MARINES

Mémoire de fin d'études en vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Sciences Marines et Halieutiques

Parcours : PECHE ET AQUACULTURE

ETUDE DE LA GESTION DE L'EAU ET SON INFLUENCE SUR LES COULEURS D'EAUX ET LES PARAMETRES D'ELEVAGES DANS LES BASSINS DE GROSSISSEMENT DE *Penaeus monodon* : CAS DE L'OSO FARMING-LGA AMBILOBE NORD OUEST DE MADAGASCAR



Présenté par : AZENORT Manantsara Judy

Membres du Jury : Pr. Thierry LAVITRA (Président)
Dr. Tsarahevitra JARISOA (Examinateur)
Dr. Richard RASOLOFONIRINA (Examinateur)
Dr. Vololonavalona RAVELO (Rapporteur)

Soutenu : 04 Décembre 2019

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont contribué par leur collaboration et leur dévouement à la réalisation de ce travail. Mes remerciements s'adressent plus particulièrement à :

- Docteur MAHAFINA Jamal Angelot, Enseignant chercheur et Directeur de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IH.SM) de m'avoir inscrit dans son établissement.
- Docteur RANIVOARIVELO Lantoasinoro, Enseignant chercheur et Responsable de Mention à l'IH.SM de m'avoir donné l'opportunité de présenter ce mémoire.
- Docteur RAVELO Vololonavalona, Responsable de Formation Licence, d'avoir accepté de m'encadrer tout au long de cette recherche et aussi pour tous ses conseils très importants et ses critiques lors de la rédaction.
- Monsieur Pierre Yvon KERSUZAN de m'avoir accepté comme maitre de stage lors des collectes des données.
- Monsieur Pierre BOZOLLA, Directeur de la Ferme OSO Farming-LGA de m'avoir permis à réaliser mon stage au sein de son Département.
- Monsieur Le Chef de Département Zootechnique de la Ferme OSO Farming-LGA pour son aide sur les collectes des données.
- Monsieur Le Directeur des Ressources Humaines de m'avoir accepté d'effectuer mon stage au sein de la société OSO Farming-LGA.

Je suis très reconnaissant aussi à :

- Tous les Enseignants et les Personnels Administratifs et Techniques de l'IH.SM.
- Tous les Biologistes de la Ferme OSO Farming-LGA pour toutes leurs aides que ce soit morale et pratique durant mon stage.
- Tous les Personnels travaillant chez OSO Farming-LGA, mes familles et mes amis de loin ou de près pour toutes leurs aides que ce soit financières ou morales

RESUME

La bonne conduite d'élevage des crevettes repose sur la maitrise de la qualité d'eau des bassins tels que les paramètres physiques, chimiques et biologiques de l'eau. La couleur de l'eau est le bon signe pour reconnaitre les actions correctives pris en compte. Ainsi noté que le renouvellement d'eau a été considéré comme élément pertinent pour corriger les valeurs de ces paramètres pour avoir des conditions favorables ciblées de l'élevage. L'objectif de cette étude est de reconnaître les caractéristiques et les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage de crevette au sein de la société OSO F. LGA – Ambilobe, en fonction de sa couleur et de corriger ces paramètres dans une cible de bonne conduite d'élevage.

Les valeurs de Redox de tous les bassins ont diminué au fur et à mesure que les charges ont augmenté. Sur l'ensemble de poids moyens du cheptel (0 à 25g) : les moyennes de Redox pour les bassins verts, sombres et turbides sont respectivement de 125.27mV ; 117.91mV ; 120.86mV. La consommation en oxygènes des organismes dans un bassin devient plus importante au fur et à mesure que les charges augmentent.

Les résultats montrent que toutes les valeurs de coefficient de corrélation entre le Redox et les poids moyens du cheptel dans les bassins sont négatives**.** La densité de phytoplancton et la différence de taux d'oxygène prélevé le matin (AM) et l'après-midi (PM) dans les bassins verts et dans les bassins sombres sont corrélées fortement positives c'est le cas contraire pour les bassins turbides. La charge et le taux de renouvellement d'eau sont corrélés fortement positif au seuil de 5% (α=0.05) pour des bassins verts (11,37%), et sombres (14,67%) (avec r=0,8/verts ; r=0,99/sombres). D'après cette étude, l'expérience montre que les bassins verts sont les bassins le plus souhaitable à chercher en raison de leur bon équilibre écosystémique.

Mots-clés : Aquaculture, Crevettes, Couleurs, Renouvellement d'eau, LGA-Ambilobe

ABSTRACT

The appropriate of breeding shrimp is based on controlling the water quality of the ponds, such as the physical, chemical and biological parameters of the water. The color of the water is a good sign to recognize the corrective actions taken into. So, the water change was considered as a relevant element to correct the values of these parameters to have targeted favorable conditions for breeding shrimp. The objective of this study is to recognize the characteristics and values of the physico-chemical parameters of water breeding shrimp at OSO Farming - LGA Ambilobe according to its color and to correct these parameters in a target of good breeding behavior.

The oxydo-reduction values of all ponds decreased when the loads were high. On the whole of the mean weights of the herd (0 to 25g): The mean Redox for the green, dark and turbid pools are respectively 125.27mV; 117.91mV; 120.86mV. The oxygen consumption of organisms in a pond becomes more important while the loads increase.

The results show that all the correlation coefficient values between the Redox and the mean weights (charge) of the herd in the ponds are negative. The density of phytoplankton and the difference in the rate of oxygen sampled in the morning (AM) and in the afternoon (PM) in green water and in dark water are strongly positive correlates, this is the case against for turbid ponds. The load and the water change rate are strongly positive correlated with the 5% threshold (α = 0.05) for green ponds (11.37%) and dark ponds (14.67%) (with r = 0.8 / green; r = 0.99 / dark). Experience shows that green ponds are the most desirable ponds to look for because they have a good ecosystem equilibrium.

Keywords: Aquaculture, Shrimp, Colors, Water change, LGA-Ambilobe

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS i

RESUME ii

SOMMAIRE iii

LISTE DES TABLEAUX vi

LISTE DES FIGURES vii

LISTE DES ACRONYMES viii

LISTE DES ANNEXES ix

GLOSSAIRE x

INTRODUCTION 1

1-MATERIEL ET METHODES 3

1.1. Description de la zone d'étude 3

1.2. Matériels biologiques 4

1.3. Matériel et méthodes de collecte 5

1.3.1. Gestion de l'eau 5

1.3.1.1. Caractéristiques des bassins de grossissement 5

1.3.1.2. Pompage 5

1.3.1.3. Canal d'alimentation d'eau 6

1.3.1.4. Moines d'entrée d'eau 6

1.3.1.5. Batardeaux 6

1.3.1.6. Panneaux de sécurité 7

1.3.1.7. Lame d'eau 7

1.3.2. Paramètres physiques, chimiques et biologiques de l'eau 8

1.3.2.1. Redox 8

1.3.2.2. Potentiel hydrogène « pH » 9

1.3.2.3. Oxygène dissous 9

1.3.2.4. Densité phytoplanctonique 10

1.3.3. Suivi des couleurs de la colonne d'eau 10
1.4. Principe de gestion de l'eau chez OSO 12
1.4.1. Estimation de renouvellement d'eau journalier 13
1.4.1.1. Renouvellement d'eau du pompage 13
1.4.1.2. Pluviométrie et renouvellement d'eau par précipitation 14
1.4.2. Eau-Aliment 15
1.4.2.1. Ratio eau-aliments 15
1.4.2.2. Principe du calcul d'aliment. 16
1.4.2.3. Calcul du taux de nutrition (TN) 16
1.5. Croissance 16
1.5.1. Echantillonnage 16
1.5.2. Poids moyen 18
1.6. Survie 18
1.6. Traitement et analyses des données 18
1.6.1. Traitement des données 18
1.6.2. Analyse des données 19
1.6.2.1. Corrélation 19
1.6.2.2. Comparaison de plusieurs moyennes 20
2. RESULTATS ET INTERPRETATION 21
2.1. Nombre d'observations auprès des bassins 21
2.2. Gestion de l'eau 21
2.2.1. Paramètres physiques et chimiques 21
2.2.1.1. Redox (Eh) 21
2.2.1.2. pH 22
2.2.1.3. Oxygène dissous 23
2.2.2. Paramètres biologiques 23
2.2.2.1. Densité phytoplanctonique 23

2.2.2.2. Eau et aliment 24
2.2.2.3. Renouvellement d'eau du pompage 25
2.2.2.4. Renouvellement d'eau par précipitation 25
2.3. Croissance du cheptel 26
2.4. Pêche partielle 27
3. DISCUSSION 29
3.1. Commentaires sur la présentation graphique du couple pH/Redox 30
3.2. Corrélations et corrections associées des paramètres 30
3.2.1. Redox (Eh) 32
3.2.2. pH 33
3.2.3. Oxygène et la productivité phytoplanctonique 34
3.2.4. Croissance 34
3.3. Outil de pilotage et approche d'un renouvellement d'eau satisfaisant 35
3.3.1. Geste d'élevage et force du geste 35
3.3.2. Suivi du couple oxydo-réduction et pH, mesures représentatives de la santé du bassin 37
3.3.3. Stabilité écologique 38
3.4.4. Contrainte du pompage et renouvellement en eau 39
CONCLUSION ET PERSPECTIVES 41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 43
WEBOGRAPHIE 45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Lame adéquate pour prélèvement des Redox 8
Tableau 2:Classification des couleurs de la colonne d'eau 11
Tableau 3: Estimation de taux de renouvellement d'eau journalier 13
Tableau 4: Caractéristique de l'épervier lors de l'échantillonnage 17
Tableau 5: Collectes des données 19
Tableau 6: Occurrences des bassins 21
Tableau 7: Valeurs moyennes de Redox 22
Tableau 8: Valeurs moyennes du pH 22
Tableau 9: Valeurs moyennes d'oxygène dissous 23
Tableau 10: Densités moyennes de phytoplancton 24
Tableau 11: Ratio moyen hebdomadaire en eau-aliment 24
Tableau 12: Taux moyen de renouvellement d'eau hebdomadaire 25
Tableau 13: Croissance moyenne hebdomadaire 27
Tableau 14: Caractéristiques d'élevage à la pêche partielle 27
Tableau 16: Récapitulation des 18 observations obtenues à partir des moyennes des valeurs des paramètres étudiés selon les couleurs d'eau (verte, sombre et turbide) et les classes de poids moyens du cheptel. 29
Tableau 17: Caractéristiques des bassins et orientation de renouvellement d'eau 36

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Localisation du site d'OSO Farming 3
Figure 2: Morphologie de Penaeus monodon (Fabricus, 1798) 4
Figure 3: Station de pompage d'OSO Farming 5
Figure 4:Canal d'alimentation des bassins 6
Figure 5:Panneaux de sécurité 7
Figure 6: Prélèvement de la valeur du Redox 9
Figure 7:Vue des cellules de plancton dans la lame Neubaeur 10
Figure 8: Couleur d'eau des bassins (vue aérienne) 12
Figure 9: Pluviomètre 15
Figure 10: Parcours de lancement de l'épervier 17
Figure 11:Variation de la pluviométrie et le renouvellement en eau de pluie obtenu 26
Figure 12:Propriétés des minéraux argileux 31
Figure 13:Détermination du pouvoir d'oxydo-réduction rH (Abaque Lecoeur, tirée et adaptée Rodier et al., 1996, modifié par auteur) 37

LISTE DES ACRONYMES

AB : Agriculture Biologique

AM : Matin

ANOVA : ANalysis Of VAriance

FAO: Food Agricultural Organization

IDEE: Logiciel Aquacole

LGA: Les Gambas de l'Ankarana

OSO : Overseas Seafood Operations

O_2:Oxygène dissous

Pm : Poids moyen

PM : Après-midi

pH: Potentiel d'hydrogène

Redox: Oxydo-réduction

***rH ou* Y**: Potentiel d'oxydo-réduction (Niveau d'oxydation du milieu)

RE%: Taux de renouvellement d'eau

TN : Taux de nutrition

mV : Millivolt

Cell/ml : Cellule par millilitre

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description de la Ferme OSO Farming

Annexe 3 : Gestion d'eau du fond et de surface

Annexe 2 : Evolution de la couleur des bassins grossissement

Annexe 4 : Lame d'eau sortie des bassins

Annexe 5 : Les batardeaux

Annexes 6 : Appareils de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau et le Plaque de PC

Annexe 7: Lablab

Annexe 8: Les matériels d'échantillonnage

Annexe 9 : L'utilisation simultanée du Redox et du pH

Annexe 10 : Affectation des données et caractéristiques associées sur les 18 points dans **la** discussion

Annexe 11 : Corrélation entre variations des données relevées et caractéristique du bassin au moment des relevés dans un carré d'oxydo-réduction sur les 18 points dans la discussion

Annexe 12 : Correction des données vers une cible de valeurs dans un carré d'oxydo-réduction et les gestes associés sur les 18 points dans la discussion

Annexe 13 : Abaques des besoins en eau en fonction des besoins en aliment

Annexe 14 : Abaque de renouvellement d'eau

Annexe 15 : Comparaison de lame surverse et lame contrainte

Annexes 16 : Corrélation des paramètres

Annexe 17 : Analyse des variances (pH, densité de plancton et la croissance du cheptel)

Annexe 18: Abaque de taux de nutrition indicatifs fonction Température et poids moyen

Annexe 19 : Loi de Snell-Descartes pour la réfraction et phase de phytoplancton

Annexe 20 : Valeurs hebdomadaires des différents paramètres : salinité, température, hauteurs de l'eau ; pluviométrie

Annexe 21 : Bases d'estimation de renouvellement d'eau journalier par semaine 46/2017 et 12/2018

Annexe 22 : Moyennes de taux de renouvellement d'eau hebdomadaire

GLOSSAIRE

Confinement : Réduction de taux de renouvellement d'eau en favorisant le bloom algal dans les bassins.

Déconfinement : Augmentation de taux de renouvellement d'eau en évacuant les éléments résiduels.

Séquentiel : Evacuation des déchets au fond du bassin en effectuant une grosse lame d'eau en sortie du bassin pour tirer l'eau du fond.

Turbide : Eau trouble non limpide.

INTRODUCTION

La filière crevette connaît un important développement depuis les années 1950 (FAO, 2018). Actuellement, la Ferme de production OSO s'étend dans une superficie de 450 Ha de bassins et produit près de 1500 tonnes par an de crevettes *Penaeus monodon.*

La Ferme d'élevage de OSO Farming pratique un type d'élevage semi-intensif suivant la qualité des produits AB. D'autant plus, l'OSO est le pionnier de signe qualité AB en aquaculture de crevettes *P. monodon.* Pour répondre aux besoins de la qualité des produits, la gestion de l'eau en élevage devrait être maitrisée. D'ailleurs, la bonne maitrise d'une conduite d'élevage est la source de bonne production des produits crevettiers en aquaculture (AVALLE, 1994).

L'aquaculture reste actuellement une activité à haut risque par la réaction des agents pathogènes et la diversité des microorganismes qui perturbent la gestion de l'élevage (ANONYME, 2007). De nombreux auteurs décrivent le renouvellement d'eau comme élément majeur dans la dynamique de l'écosystème. Il constitue en effet un élément correctif permettant le soutien de la production primaire. Les deux principaux éléments de l'écosystème bassin entrant en interaction sont l'eau de surface et l'eau du fond là où se tiennent les crevettes (THOMAS, 2005). Le renouvellement d'eau est pratiqué dans le modèle de production semi-intensif pour baisser les effets de l'eutrophisation liés à un apport croissant en aliment, pour exporter les substances toxiques pour obtenir une meilleure de la qualité d'eau et la performance du cheptel (LEMONNIER *et al*, 1998).

Avant 2017, La Ferme OSO pratiquait le renouvellement séquentiel en calculant le taux de renouvellement d'eau par dénivellation. Tous les bassins en amont du canal d'alimentation avaient reçu de débit maximum et les bassins en aval percutaient une insuffisance de débit d'eau entrant dans les moines d'entrée. Les conséquences seraient néfastes pour les bassins en aval : lors de crise d'oxygène, plusieurs bassins n'ont pas pu recevoir d'un débit approprié pour leur traitement. Pour résoudre ce problème, une standardisation de gestion de l'eau a été mise en place en 2017 afin d'équilibrer les débits d'eaux entrant dans les moines de tous les bassins de la Ferme : c'est le calcul de taux de renouvellement d'eau en mesurant les lames d'eaux dans les moines. Ainsi noté que le taux de renouvellement d'eau a une fonction corrective sur la couleur de l'eau dans les bassins. De plus, la couleur d'eau est l'un des paramètres indicateurs de l'état d'un écosystème-bassins (RANIVOARIVELO L. N, 2006). Ces phénomènes nous ont poussés à faire une étude intitulée **«** *Etude de la gestion de l'eau et son influences sur la couleur*

d'eau et les paramètres d'élevage dans les bassins de grossissement de P. monodon auprès de l'OSO Farming-LGA Ambilobe Nord-Ouest de Madagascar », du 9 novembre 2017 au 21 Mars 2018.

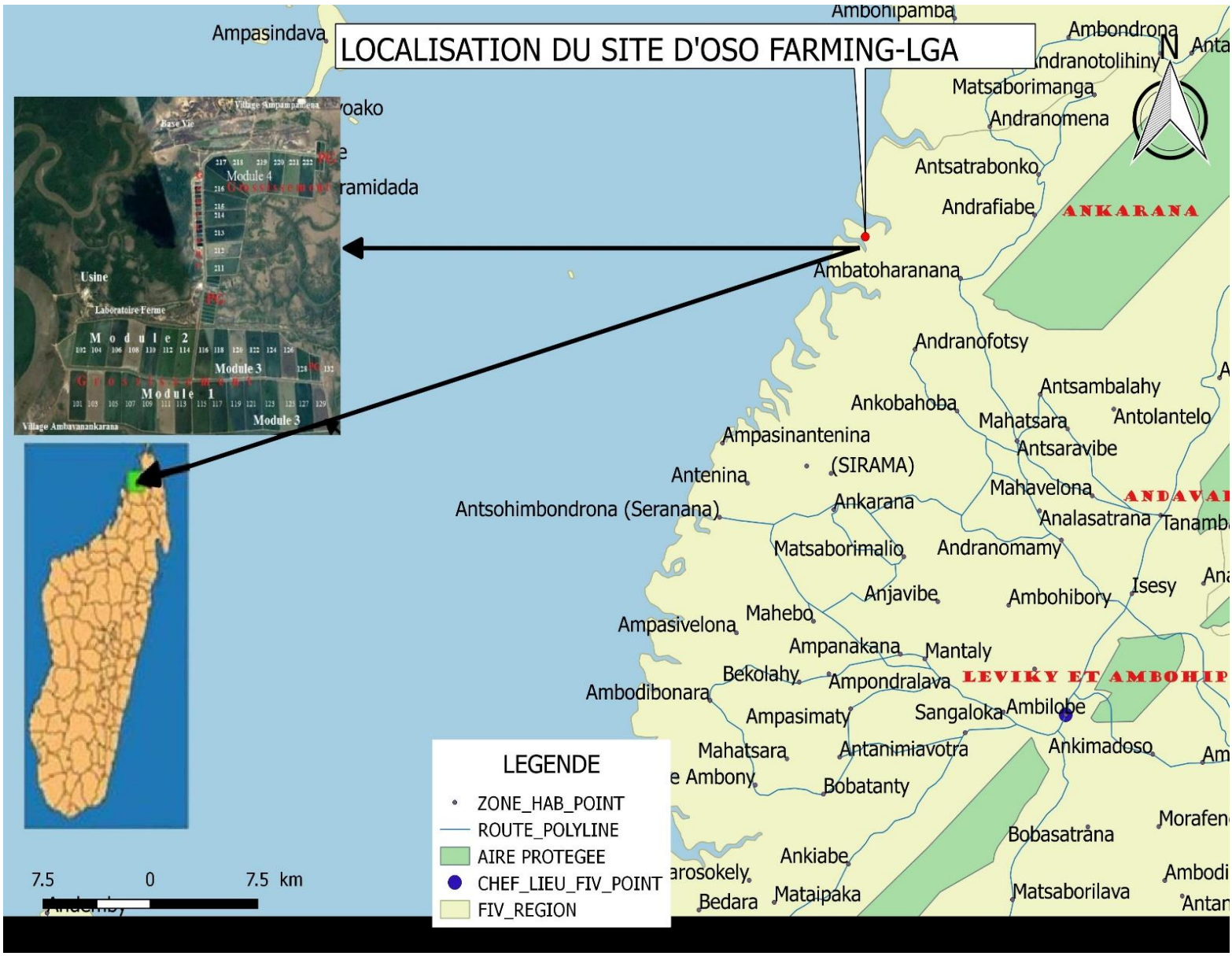
L'objectif général de l'étude est de reconnaître les caractéristiques et les valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques des bassins par la couleur de l'eau et la bonne conduite de l'élevage en contrôlant le renouvellement d'eau.

Pour bien mener ce travail, le plan suivant est adopté : la méthodologie incluant tous les matériels utilisés et les différentes techniques effectuées durant la recherche est présentée dans la première partie, viennent ensuite les résultats et interprétations, la discussion est présentée avant la conclusion et recommandation.

1-MATERIEL ET METHODES

1.1. Description de la zone d'étude

Le site d'OSO Farming-LGA se situe, dans le Fokontany Ambavanankarana, dans la Commune rurale D'ANTSARAVIBE, plus précisément dans le Nord-Ouest de Madagascar. Il se trouve à 32 km de la ville D'AMBILOBE et à 7km environ à l'Ouest de la chaine de montagne, TSINGY DE L'ANKARANA parmi les Aires protégées de Madagascar (Fig 1). Il est situé entre 48°54'56.13Est et 12°55'48.57' Sud.



Source: QGIS BD500 FTM + Google Earth 2018

Figure 1:Localisation du site d'OSO Farming

1.2. Matériels biologiques

Les crevettes étudiées sont des crevettes d'eau de mer disposant une croissance très rapide par rapport aux autres espèces mais elles connaissent une fragilité sur une maladie virale (AVALLE *et al*, 1991). L'espèce étudiée appartient à la classification suivante :

Règne : Animal

Phylum : Invertébrées

Embranchement : Arthropodes

Classe : Crustacés

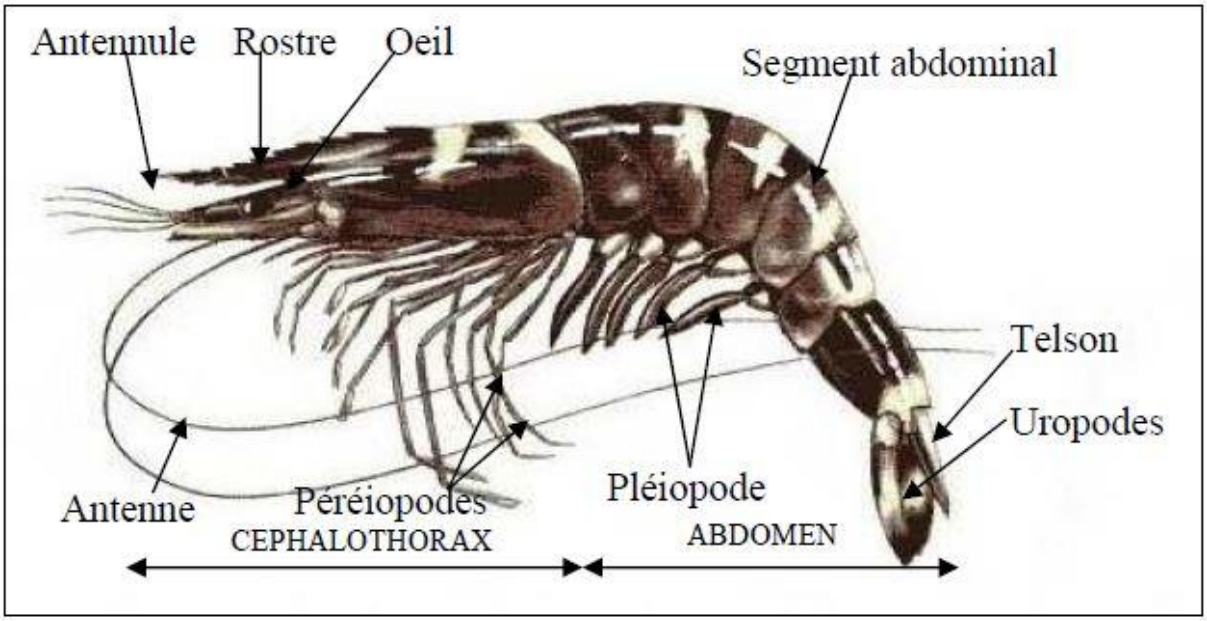
Sous classe : Malacostracé (Latreille, 1806)

Ordre : Décapode (Latreille, 1803)

Famille : Penaeidae (Rafinesque-Shmaltz, 1815)

Genre *: Penaeus*

Espèce : *Penaeus monodon* (Fabricus, 1798)



(Source : Anonyme,2003)

Figure 2: Morphologie de Penaeus monodon (Fabricus, 1798)

1.3.Matériel et méthodes de collecte

1.3.1. Gestion de l'eau

1.3.1.1. Caractéristiques des bassins de grossissement

La Ferme de grossissement de l'OSO Framing dispose 4 modules dont trois (modules 1-2-4) sont aménagés et possèdent 10 bassins de grossissement d'environ 10ha chacun, et le module3 composé de 12 bassins, avec des surfaces de 4,5 à 10ha *(Cf* Annexe 1). Deux bassins disposent une guérite pour les intrants et une autre pour les aliments. Chaque bassin d'élevage possède cinq (5) moines avec des grillages de différent maillage, dont deux moines d'entrée d'eau et trois moines de sortie, des batardeaux pour ajuster la lame d'eau d'entrée et de sortie et 10 passerelles, accès aux mangeoires témoins.

1.3.1.2. Pompage

La station de pompage est équipée de 5 pompes immergées d'environ 2.4 m^3/s de débit représentant une capacité de 17% du renouvellement d'eau journalier de l'ensemble de la ferme. Le fonctionnement de ces pompes dépend de la marée (Fig 3). Le pompage a eu lieu pendant les périodes de mortes eaux (mi- marée) et de vives eaux, soit 6h sur 12h du cycle de marée complet.

A/ Source d'approvisionnement en eau dans l'estuaire

B/ Sortie d'eau dans le canal d'alimentation

(Source : Auteur,2018)

Figure 3: Station de pompage d'OSO Farming

1.3.1.3. Canal d'alimentation d'eau

Le canal d'alimentation des bassins est mis en charge pendant le temps de pompage. Quand le canal est à sa hauteur opérationnelle, les bassins sont ouverts pour recevoir l'eau par gravité (Fig 4).

Compte tenu de son volume et de sa hauteur d'environ 40cm, le canal peut être utilisé comme réservoir d'eau pour assurer le renouvellement d'eau, au maximum pour 4 bassins entre deux pompages, soit pendant environ 6h.

Le canal permet d'acheminer l'eau pompée dans 42 bassins de grossissement ; 24 bassins de pré-grossissement de 0,6 à 1ha de surface et 15 bassins de Géniteurs de 0,3 ha.

(Source : OSO, 2017)

Figure 4:Canal d'alimentation des bassins

1.3.1.4. Moines d'entrée d'eau

Ils se servent pour l'entrée d'eau par gravité et permettent la filtration pour éviter les compétiteurs. Leur nombre et leur largeur sont respectivement de 2 et de 1,20m, permettant le changement d'eau allant jusqu'à 50% du volume total du bassin en cas de crise.

1.3.1.5. Batardeaux

Le réglage du débit d'eau se fait d'une manière primitive, par surverse d'eau provenant du canal au-dessus un batardeau en bois. Par définition, le batardeau, c'est l'outil confectionné en bois servant à changer (augmenter ou réduire) le débit d'eau ou lame d'eau d'entrée et sortie du bassin d'élevage. La hauteur de lame détermine le débit (*Cf* Annexe 11). Les responsables du bassin disposent de 3 tailles de batardeaux (1/4 : H=5cm ; 1/2 : H= 10cm ; 1 : H=20 cm) *(Cf* Annexe 5*)*. Le batardeau de réglage est choisi pour permettre la hauteur de lame définie par calcul, à partir de la hauteur opérationnelle du canal.

1.3.1.6. Panneaux de sécurité

Ils se trouvent entre le canal et le passage équipé de batardeaux. Au niveau des moines d'entrée d'eau, il est important d'utiliser de panneaux de petites mailles pour éviter l'arrivée des éventuels compétiteurs dans le bassin (Fig 5). Deux panneaux de mailles filtrantes de 1.20m de large ont été montés en deux couches successives, dont leurs rôles sont à la fois mailles filtrantes et mailles de sécurités.

(Source : Auteur,2018)

Figure 5:Panneaux de sécurité

1.3.1.7. Lame d'eau

Le débit d'eau qui rentre dans un bassin est normalement le même que celui qui en sort (à niveau constant du bassin). Toutefois, le niveau du canal d'approvisionnement est beaucoup plus variable que le niveau des bassins ; par conséquent, il est préférable de calculer le renouvellement à partir des lames d'eau des moines de sortie. La mesure faite soit sur la lame libre soit sur la lame contrainte calibrée par un dispositif, c'est-à-dire, le calcul du taux de renouvellement d'eau s'est fait en considérant les débits d'eaux dans les moines de sortie des bassins, les mesures de la hauteur des lames libres (lame d'eau qu'on peut mesurer avec une règle graduée) et des lames contraintes (lame d'eau calibré avec un dispositif en bois) *(Cf* Annexe 4 et 15).

1.3.2. Mesure des paramètres physiques, chimiques et biologiques de l'eau

Plusieurs paramètres de l'eau sont contrôlés dans le but de vérifier les seuils critiques qui surviennent le matin ou le soir.

1.3.2.1. Mesure du potentiel Redox

Redox noté Eh, est une mesure qui indique le degré auquel une substance peut oxyder ou réduire une autre substance. Le prélèvement du Redox se fait journalièrement, le matin (à 5h) et l'après-midi à partir de 14h. Le redox se mesure en millivolts (mV) à l'aide d'un multiparamètre redox-mètre, de marque GREISINGER GHM 3600. Avant d'introduire la sonde dans l'eau, la lecture de valeur de KCl s'est réalisée pour connaitre efficacité du Redox-mètre. La sonde a été plongée dans l'eau après 20 minutes d'ajustement de la mesure de lame d'eau (Tab1). La lecture des valeurs se fait habituellement après 20 minutes.

L'information cherchée est la qualité d'eau du fond du bassin là où se tiennent les crevettes. Une fois les batardeaux réglés pour tirer l'eau du fond, des lames d'eau standardisées ont été établies pour permettre l'entrée d'eau du fond de manière privilégiée pour limiter la perte de charge sur la maille devant les batardeaux. Si on tire trop d'eau sur une petite maille, on ne prélève pas l'eau du fond mais l'eau de colonne d'eau (Fig 6).

Tableau 1: Lame adéquate pour prélèvement des Redox

Mailles (mm)	Lame d'eau en sortie (cm)
1 ou 2	5
4	10
8	15
10	15
14	20
16	20

Source : Auteur, 2018

Figure 6: Prélèvement de la valeur du Redox

1.3.2.2. Mesure du potentiel hydrogène « pH »

Le pH est l'indice d'activité ionique d'hydrogène. C'est une mesure logarithmique de la concentration en ion H^+. L'échelle pH s'étend de 0 à 14 ; et la valeur 7 étant neutre. L'effet acide ou basique est multiplié par un facteur 10 à chaque unité de pH.

La mesure est effectuée deux fois par jour, le matin à 6h30 et l'après-midi à partir de 14h00. Les phénomènes de la photosynthèse et de la respiration des algues modifient le pH du bassin (MENJANAHARY T. (2007), MOH H., 1981). L'appareil de mesure est de même marque que celui du Redox mais la sonde qui les distingue.

1.3.2.3. Mesure de l'oxygène dissous

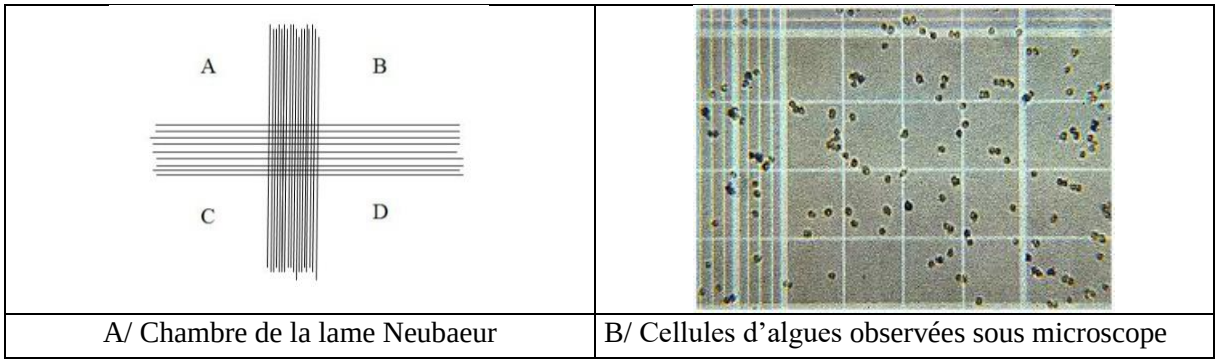
L'oxygène dissous dans les eaux est le résultat de l'activité photosynthétique du phytoplancton et par brassage naturel du vent par diffusion (MOLNAR N., 2012). Deux prélèvements ont été faits dans la journée dans le but de vérifier les seuils critiques qui surviennent le matin à partir de 5h ou le soir à partir de 14h00, étant donné de son importance pour la respiration du cheptel. La valeur d'oxygène dissous est prélevée à l'aide d'un oxymètre de marque « YSI Pro 20 Professional» en agitant la sonde jusqu'à l'obtention de la valeur stable (Annexe 6), elle sera exprimée en mg/l.

1.3.2.4. Densité phytoplanctonique

Les prélèvements du plancton ont été réalisés tous les jours selon les modules généralement une fois par semaine. L'heure de prélèvement d'échantillons se fait habituellement à 6 heures du matin. Il consiste à faire dénombrement du plancton dans le bassin et va servir au comptage du plancton dans chaque bassin. Les prises du plancton ont été faites à l'aide de « bâton plancton » au fond du bassin. L'échantillon est dénombré sous microscope optique de marque Axiostar en faisant la somme des cellules des microalgues présent dans chaque chambre d'une lame de Neubaeur (Fig 7).

Les cellules qui se répartissent dans les quatre chambres (A-B-C-D) de la lame Neubaeur sont comptées et la méthode de calcul se fait par la formule suivante :

$$\text{Densité (cell/ml)} = \frac{A+B+C+D}{4} \times 10^4$$



A/ Chambre de la lame Neubaeur	B/ Cellules d'algues observées sous microscope

Source : Auteur, 2018

Figure 7:Vue des cellules de plancton dans la lame Neubaeur

1.3.3. Suivi des couleurs de la colonne d'eau

Le suivi de la couleur d'eau s'effectue à 10h, quand l'ensoleillement améliore la détection de la couleur d'eau dans les bassins contrôlés.

Les couleurs d'eaux sont classifiées en trois catégories : Vert (avec des variations plus ou moins jaune ou plus ou moins marron) ; sombre, turbide (aussi appelé « laiteux ») *(*Fig 8). Le laboratoire de la Ferme suit la population planctonique, en effectuant un comptage par semaine pour savoir la densité (cell/ml). L'eau dans les bassins représente de différentes nuances de

couleur selon les caractéristiques de bloom de plancton. Elle peut changer la couleur au cours de *l'élevage (Cf* Annexe 2*)*. Le tableau ci-dessous montre la classification adéquate pour les couleurs de la colonne d'eau.

Tableau 2:Classification des couleurs de la colonne d'eau

Couleurs d'eau du bassin	Classification des couleurs obtenues
Vert jaune	VERT
Vert marron	
Vert clair	
Vert-Turbide	
Marron rouge	
Vert	
Sombre moins	SOMBRE
Sombre Marron	
Sombre Vert Lablab	
Turbide-Vert	TURBIDE
Turbides	

Source : Auteur, 2018

A/ Bassins à différentes nuances de couleurs (Turbides, verts-jaunes, Marron sombres moins)

B/ Bassins à différentes nuances de couleurs (Verts-jaunes à bloom fort, sombres moins, sombre)

C/ Bassins de couleur marron-sombre, sombre moins, Vert-jaune moins	D/ Bassin de couleur jaune, Vert-turbides, vert-jaune

Source : OSO Farming-LGA, 2018

Figure 8: Couleur d'eau des bassins (vue aérienne)

1.4. Principe de gestion de l'eau chez OSO

Le suivi informatisé en croisant le potentiel d'oxydo-réduction (en ordonnée) *(Cf* Fig 13*)* et le pH (en abscisse) a permis de déterminer la zone propre à l'élevage « **carré d'oxydo-reduction d'élevage** ».

Des indicateurs permettant à comprendre la variation des valeurs des différents paramètres de la zone préférée par le cheptel et les moyens d'action entrepris pour améliorer et corriger ces valeurs (pH/Redox et l'oxydo-réduction *r*H), et le pourcentage de renouvellement sont cités ci-après :

- Une fois les animaux ensemencés, une table de nutrition est utilisée comme guide-ligne pour calculer l'aliment quotidien ; et cette quantité augmente à mesure que la biomasse de crevette croit dans le bassin.
- Pour éviter la pollution du bassin, un abaque de changement d'eau (*Cf* Annexe 10) est utilisé pour évacuer une proportion de cette pollution. Elle est calculée en fonction de la quantité d'aliment et de la température. Cet abaque est le résultat d'expériences et a été ajustée « par essai et erreur » ; l'indicateur principal ayant été l'occurrence de crise d'oxygène.
- L'abaque de renouvellement est réputé fiable lorsqu'il permet de ne pas avoir à faire face à des crises d'oxygène incontrôlable.

- L'abaque fournit un rapport indicatif entre eau et aliment ; mais les explications à venir vont montrer que la quantité d'eau à appliquer ou à renouveler n'est qu'une partie de la gestion de cette eau.
- Le renouvellement d'eau peut être appliqué doucement pendant 24 h ou brutalement en quelques heures (pendant la marée).
- La gestion de l'entrée et de la sortie d'eau peut se faire en même temps (calées sur les heures de pompage) ou découpler l'entrée et la sortie.
- La gestion de l'eau peut être orienter de façon prédominante, le jour ou bien la nuit
- La gestion de l'eau jetée peut être appliquer de façon privilégiée celle du fond ou l'eau de surface.

1.4.1. Estimation de renouvellement d'eau journalier

1.4.1.1. Renouvellement d'eau par pompage

Pour estimer le taux de renouvellement d'eau journalier dans un bassin, les mesures du débit (m^3/s) passant dans chaque moine, de la durée d'ouverture des bassins, et du volume d'accueil (gain en eau) sont nécessaire (Tab 3). Les taux de renouvellement d'eau théorique sont indiqués par l'abaque, en Annexe 14.

Les paramètres à mesurer sont :

a) Les hauteurs de la lame d'eau (L) au début et à la fin de l'ouverture du moine pour tenir compte des variations de niveau.
b) Les moyennes des lames d'eaux des trois moines (H)

Tableau 3: Estimation de taux de renouvellement d'eau journalier

Ouverture 1						Temps Ouverture 1	Ouverture 2						Temps ouverture 2	Moyennes débits		Gain eau (m^3)	Renouv. Réel
Début			Fin				Début			Fin				D1	D2		
L1.1	L1.2	L1.3	L'1.1	L'1.2	L'1.3		L2.1	L2.2	L2.3	L'2.1	L'2.2	L'2.3					

Le taux de renouvellement sera évalué par la formule suivante :

$$\text{Taux de renouvellement d'eauRE (\%)} = \frac{1.84 \times \mathrm{L} \times \mathrm{H}\sqrt{\mathrm{H}} \times \mathrm{T}}{\mathrm{V}}$$

Avec

$$Débit = 1.84 \times \mathrm{L} \times \mathrm{H}\sqrt{\mathrm{H}}$$

H : Les moyennes de trois lames d'eau à la sortie des bassins (m)

T : Durée d'ouverture des bassins en sortie (24*3600s)

V : Volume d'eau dans les bassins (Profondeur moyenne✕ surface des bassins)

L : Largeur des moines ou des batardeaux en sortie (1.2m)

1.84 : Constante

Concernant la mesure de lames d'eaux des bassins, le volume d'eau qui sort des bassins, la lame libre affectée sous les deux premiers batardeaux à partir de la surface, ou lame dimensionnée à partir d'un dispositif calibré est calculée *(Cf* Annexe 15*)*.

1.4.1.2. Pluviométrie et renouvellement d'eau par précipitation

L'étude s'est déroulée pendant la saison chaude et pluvieuse. Le passage de trois cyclones tropicaux a perturbé la gestion de l'eau. Le taux de renouvellement a été déduit par rapport à la précipitation. Elle était très importante entre les mois de Janvier et Mars 2018. La forte pluviométrie a entrainé la baisse de salinité des bassins *(Cf* Annexe 20).

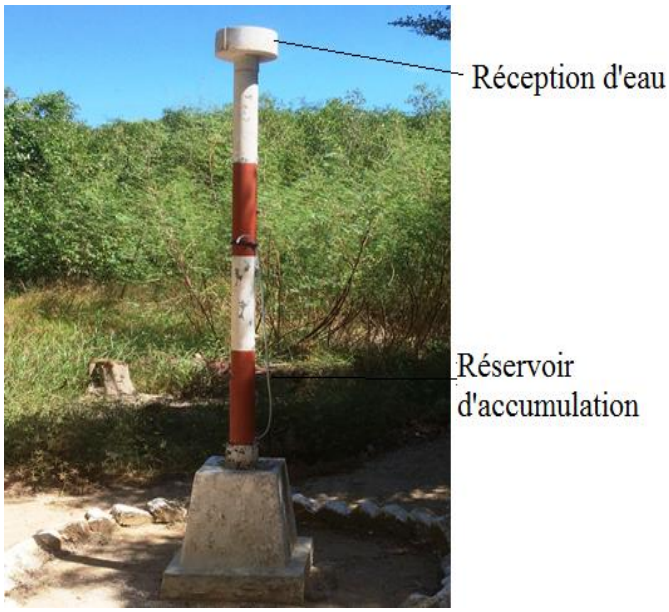
La précipitation a été mesurée à l'aide d'un pluviomètre, un appareil sous forme d'entonnoir permettant la réception de l'eau de pluie avant d'être arrivée au réservoir d'accumulation. La lecture se fait à l'aide d'une règle graduée. Les observateurs effectuent une à deux mesures par jour selon l'importance des pluies.

La valeur de la précipitation ou pluviométrie peut être déterminée par la formule suivante :

$$P\ (mm) = \frac{\text{Longueur d'eau dans le tuyau de remplissage (mm)}}{\text{Constante de surface réceptrice (6,698)}}$$

En déduisant, le taux de renouvellement par précipitation REp% est de :

$$\text{REp\%} = \frac{\text{Pluviométrie P(cm)}}{Hauteur\ d'eau\ moyenne\ dans\ les\ bassins\ (cm)} \times 100$$



Source, Auteur

Figure 9: Pluviomètre

1.4.2. Eau-Aliment

1.4.2.1. Ratio eau-aliments

Dans cette étude, le renouvellement d'eau est calculé en fonction de l'aliment distribué

Les mécanismes mis en jeux sont :

- Pour deux kilos d'aliment distribués au cheptel dans les bassins, un kilo est considéré assimiler par les organismes et l'autre kilo est, soit non ingéré, soit partiellement excrété (polluant). Ces matières non ingérées et ces excrétas peuvent fertiliser le bassin après leur minéralisation. Par conséquent, cette dernière favorise le développement du phytoplancton dont sa gestion dépend de la quantité d'eau renouvelée.
- L'apport d'eau quotidien permet une évacuation partielle, en aval, de l'eau polluée et chargée en bloom. Ceci étant, la quantité d'eau renouvelée est en fonction de la quantité d'aliment distribuée quotidiennement.

L'abaque eau-aliment proposé en Annexe 10 n'est pas le résultat de calculs scientifiques mais d'une expérience (par essai-erreur) permettant d'éviter les crises d'oxygènes. L'abaque permet de calculer le renouvellement en fonction de l'aliment apporté journalièrement. Ainsi, la ration eau-aliment a été estimée hebdomadairement par la formule suivante :

$$Ratio\left(\frac{Eau}{aliment}\right)(\%) = \frac{\mathrm{RE\%} \times \mathrm{S\ (ha)}}{\mathrm{Q(t)}}$$

RE% : Taux de renouvellement d'eau journalier.

S(ha) : Superficie de bassins en hectare

Q(t) : Quantité d'aliment distribuée hebdomadaire

1.4.2.2. Principe du calcul d'aliment.

La distribution d'aliment dépend de divers paramètres, dont les conditions écologiques, l'âge, le comportement et l'état physiologique des organismes d'élevage.

La quantité d'aliment est calculée hebdomadairement selon les besoins énergétiques par rapport à la croissance des organismes, en suivant les conditions suivantes : plus il fait chaud, plus leur métabolisme est élevé et ils requièrent plus d'aliment ; pour les organismes à bas âge ou plus petit, ils muent fréquemment et plus leurs besoins énergétiques sont relativement élevés.

Une table indicatrice de taux de nutrition (TN) est présentée en Annexe 18.

1.4.2.3. Calcul du taux de nutrition (TN)

Selon le principe du poids moyen du cheptel et de la température du milieu d'élevage (par pas de demi-degré), le taux de nutrition évolue entre 1,40% (pour un poids moyen de 20 g à 24°C) et 4,25% (pour 1g à 30C°). La règle à suivre était :

- Les juvéniles bénéficiaient d'un TN plus élevé que les gros ;
- Les organismes dans le milieu d'élevage relativement chaud possèdent un métabolisme plus actif et ils demandent un TN plus élevé que pendant la saison fraiche.

Le bassin recevant le plus d'aliment est celui qui héberge les gros animaux en fin d'élevage et pendant la saison chaude.

Pour avoir une bonne croissance, les quantités d'aliment doivent être convenables à la densité des individus dans les bassins. Ainsi, le taux de nutrition a été calculé par la formule suivante :

$$\mathrm{T.N.A}(\%) = \frac{\text{Quantité d'aliments distribuée par jour (Kg)} \times 100}{\text{Biomasse total (Kg)}}$$

1.5. Croissance

1.5.1. Echantillonnage

L'échantillonnage s'est effectué en pêchant les crevettes avec des éperviers de différents maillages (Tab 4). La croissance des crevettes a été examinée par semaine auprès de la ferme OSO en suivant

le poids moyen. Chez OSO, le calcul de poids moyens s'est fait uniquement avec poids des individus. Le tableau 4 montre les caractéristiques de l'épervier lors de l'échantillonnage.

Tableau 4: Caractéristique de l'épervier lors de l'échantillonnage

Poids moyens (g)	Mailles de l'épervier (mm)
[0-6[	4
[6-10[	8
≥10	14

Chaque semaine, les échantillonnages de 35 bassins de grossissement sont assurés par l'auteur, techniciens et les biologistes.

L'échantillonnage se fait en pêchant les organismes d'élevage avec l'épervier en suivant le circuit montré par la figure 10.

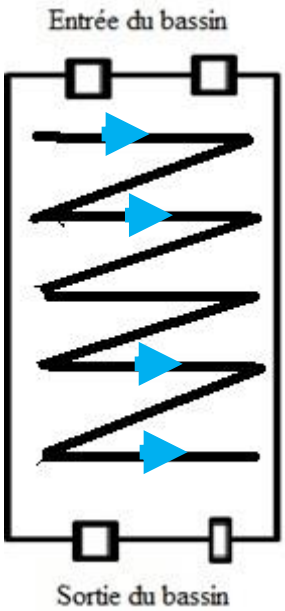


Figure 10: Parcours de lancement de l'épervier

15 lancés d'épervier ont été effectués pour cet échantillonnage et les échantillons obtenus donnent au minimum 500 individus. Pour se rapprocher les poids moyens majoritaire du cheptel, les extrémités des individus (les plus gros et les plus petits de la population) ont été enlevés de l'ensemble des crevettes capturés.

1.5.2. Poids moyen

Les échantillons sont rassemblés dans une nasse, secoués par balancement 10 fois pour se rapprocher à un égouttage standard. Ils sont pesés à l'aide d'une balance électronique de marque KERN puis comptés. Les poids moyens obtenus ont été classifiés avec la couleur d'eau des bassins. Le calcul de poids moyens est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Poids moyens (en g)} = \frac{\text{Poids total des crevettes capturés (en g)}}{\text{Nombres total de crevettes capturés}}$$

Une série d'échantillonnages permet de suivre la croissance des crevettes dans chaque bassin avec une fréquence de suivi d'une fois par semaine.

La croissance hebdomadaire est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Croissance(g/semaine)} = Pmi_2\,(g) - Pmi_1\,(g)$$

Avec Pmi_2 : Poids moyens dernière semaine

Pmi_1 : Poids moyens initiale

1.6. Survie

Le taux de survie est le rapport entre le nombre final des organismes d'élevage et le nombre initial rapporté au pourcentage, d'où la forme suivante :

$$TS\% = \frac{Nf * 100}{\text{Ni}}$$

Avec :

Nf: Nombre final des individus

Ni : Nombre initial

TS%: Taux de survie

Une nouvelle survie sera évoquée après la pêche partielle pour les bassins en cours de l'élevage.

1.6. Traitement et analyses des données

1.6.1. Traitement des données

Toutes les données relatives à l'expérimentation ou à l'observation sont traitées par Microsoft **Excel**.

Plusieurs paramètres ont été étudiés, dont **:**

- ❖ Paramètres physiques et chimiques des bassins (pH, Redox, Oxygène,)
- ❖ Renouvellement d'eau, précipitation, eau-aliment
- ❖ Paramètres biologiques : Densité phytoplanctonique, croissance des organismes, et
- ❖ Couleurs de la colonne d'eau

Par rapport à ces paramètres étudiés, le nombre total de prélèvements effectués durant le stage s'élève à 75221 dont la traçabilité est présentée dans le tableau 5.

Tableau 5: Collectes des données

					Heure de prelèvement		Personnels	Matériels utilisés
Paramètres	Bassins	Jours	Fréquence j/bassin	Prélèvement effectué	AM	PM		
Redox	35	133	2	9310	5h	14h	Laboratoire Ferme + Auteur	Redoximètre
pH	35	133	2	9310	6h30	14h		pH-mètre
Oxygène	35	133	2	9310	5h	14h		Oxymètre
Phytoplancton	35	133	1	4655	6h			Microscope optique
Croissance/sem	35	19	1	665	8h		Biologistes +Auteur	Balance
RE%	35	133	4	18620	Jour: début et fin pompage	Nuit: Début et fin pompage		Règle graduée + Dispositif
Eau-Aliment	35	133	4	18620				
Pluviométrie		76	1	76	Chaque présence de pluie		Auteur	Règle graduée
Couleurs	35	133	1	4655	9h		Auteur	Observation
	Total des données rélevées			75221				

1.6.2. Analyse des données

1.6.2.1. Corrélation

L'étude de corrélation et le test de corrélation ont été faits sur les variables de paramètres physique, chimique, biologique de l'eau, la croissance et les poids moyens afin de vérifier l'existence ou l'absence de relations entre ces paramètres. Dans ce cas, le coefficient de corrélation de PEARSON a été calculé.

Le coefficient de corrélation noté r doit être comprise entre -1 et 1. ($-1 \leq r \leq 1$)

- ❖ Si $0 \leq r \leq 1$: Les deux paramètres vont dans le même sens (corrélation positive)
- ❖ Si $-1 \leq r \leq 0$: La corrélation inverse entre les deux paramètres (corrélation négative)
- ❖ Si $r=0$: Absence de corrélation entre les deux paramètres. (Corrélation nulle).

Le test de corrélation bilatéral de PEARSON a été appliqué afin de vérifier la significativité statistique entre les variables étudiées. Il est utilisé à condition que chaque variable suive la loi normale *(Cf* Annexe 16).

1.6.2.2. Comparaison de plusieurs moyennes

L'étude comparative de plusieurs moyennes a été faite pour le pH, la densité de phytoplancton et la croissance du cheptel dans les bassins ayant de trois couleurs d'eaux en adoptant l'hypothèse suivant : les valeurs moyennes du pH, de la densité de phytoplancton et celles des croissances du cheptel diffèrent-elles selon les couleurs de la colonne d'eau (Verts, Sombres et Turbides) ? Le test d'analyse de variance à un facteur peut répondre à cette question.

L'Analyse de Variance est utilisée lorsque la distribution suit la loi Normale et homogène (les variances sont égales).

Les analyses des données au travers de l'analyse de variance et l'étude de corrélation ont été examinées avec le logiciel R sous package Rcmdr version 2.7 pour Windows.

2. RESULTATS ET INTERPRETATION

Etant donné que l'objectif de la ferme OSO Farming LGA est de faire croitre les crevettes. En effet, dans cette partie, les valeurs moyennes des classes de taille du cheptel et l'état de santé des bassins en fonction de leur couleur sont le repère d'interprétation de cette étude par rapport aux différents paramètres étudiés durant les dix-neuf semaines d'observation.

2.1. Nombre d'observations auprès des bassins

Le nombre d'observations menées auprès de 35 bassins en fonction des leurs couleurs et par classe de taille du cheptel pendant 19 semaines est reparti dans le tableau 6.

Tableau 6: Occurrences des bassins

Pm/couleur	Vert	Sombre	Turbide	Total
[0-5[	135	16	0	151
[5-10[	113	15	6	134
[10-15[	94	26	17	137
[15-20[	109	17	21	147
[20-25[	67	13	10	90
Total	518	87	54	659
Pourcentage%	78,6	13,2	8,19	

Les occurrences des bassins selon leur état représentent 78,6% pour la masse d'eau verte, 13,2% pour celle sombre et 8,19% pour le cas d'eau turbide.

2.2. Gestion de l'eau

2.2.1. Paramètres physiques et chimiques

2.2.1.1. Redox (Eh)

Les valeurs moyennes de Redox prélevées le matin (AM) et de celles de l'après-midi (PM) sont classées selon les couleurs d'eau observées et la classe de taille en termes de poids moyens du cheptel. Elles sont données par le tableau suivant.

Tableau 7: Valeurs moyennes de Redox

Pm/couleur	(Eh) Vert		(Eh) Sombre		(Eh) Turbides			
	AM (mV)	PM (mV)	AM (mV)	PM (mV)	AM (mV)	PM (mV)	Moyennes	Ecart-type
[0-5g[	138,69	143,21	130,83	135,65			137,10	5,20
[5-10g[	124,22	127,29	122,69	123,95	121,58	127,44	124,53	2,39
[10-15g[	120,01	123,58	113,07	118,07	120,95	124,14	119,97	4,06
[15-20g[	118,17	121,19	116,41	118,4	117,84	122,28	119,05	2,22
[20-25g[	117,06	119,32	97,04	102,97	116,21	116,44	111,51	9,17
Moyennes	123,63	126,918	116,008	119,808	119,145	122,575		
Ecart-type	8,85	9,58	12,58	11,80	2,55	4,61		

D'une manière générale, les valeurs moyennes de Redox observées dans l'après-midi sont plus élevées que celles observées le matin. Les Redox des bassins verts sont plus élevés que ceux des bassins turbides, eux-mêmes plus élevés que ceux des bassins sombres.
Ces valeurs moyennes de Redox par classe de taille indiquent que les Redox des bassins jeunes sont plus élevés que ceux des vieux bassins.

2.2.1.2. pH

Les valeurs moyennes du pH prélevées le matin et de celles de l'après- midi sont données par le tableau 8. Elles sont classées selon la classe de taille en termes de poids moyens des crevettes et de couleur de la colonne d'eau.

Tableau 8: Valeurs moyennes du pH

Pm/couleur	Vert		Sombre		Turbides			
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	Moyennes	Ecart-type
[0-5g[	8,54	8,63	8,47	8,53			8,54	0,07
[5-10g[	8,69	8,61	8,48	8,6	8,3	8,37	8,51	0,15
[10-15g[	8,44	8,49	8,58	8,63	8,03	8,17	8,39	0,24
[15-20g[	8,4	8,54	8,43	8,63	8,02	8,16	8,36	0,23
[20-25g[	8,5	8,64	8,86	8,88	8,06	8,14	8,51	0,35
Moyennes	8,51	8,58	8,56	8,65	8,10	8,21		
Ecart-type	0,11	0,06	0,17	0,13	0,13	0,11		

Les valeurs moyennes du pH observées dans les bassins se trouvent entre 8,02 et 8,88, dont les valeurs plus élevées ont eu lieu durant l'après-midi. Par rapport à l'état des bassins, les eaux de couleurs sombres sont les plus alcalines dont la valeur maximale du pH atteint les 8,88 à la fin du cycle d'élevage, viennent ensuite les bassins verts et les bassins turbides.

2.2.1.3. Oxygène dissous

Les valeurs moyennes d'oxygène dissous prélevé le matin et celles de l'après-midi sont présentées dans le tableau 9.

Les bassins de couleur turbides étaient les moins oxygénés (3,73mg/l le matin et 6,19mg/l l'après-midi) et ceux de couleur verte les plus riches en oxygène. Ceci est dû par le fait que le phytoplancton responsable de la couleur verte des bassins produit de l'oxygène lors de la réaction photosynthétique durant la journée qui s'accentue l'après-midi.

D'une manière générale, les valeurs d'oxygène dissous baissent quand la charge dans les bassins augmente, c'est-à-dire, les organismes demandent beaucoup plus d'oxygène quand ils croissent. Pour la classe de taille de 20 à 25g, l'augmentation d'oxygène peut être s'expliquée suite à la pêche partielle systématique, trois semaines à un mois avant la pêche vidange.

Tableau 9: Valeurs moyennes d'oxygène dissous

Pm/couleur	Vert (mg/l)		Sombre (mg/l)		Turbides (mg/l)			
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	Moyenne	Ecart-type
[0-5g[	5,76	8,02	5,52	7,82			6,78	1,32
[5-10g[	5,29	8,15	5,53	8,68	3,77	6,36	6,30	1,85
[10-15g[	4,48	8,11	5,02	8,4	3,77	6,38	6,03	1,93
[15-20g[	4,83	8,09	5,43	5,43	3,61	5,7	5,52	1,47
[20-25g[	5,14	8,54	5,61	9,16	3,77	6,33	6,43	2,07
Moyennes	5,10	8,18	5,42	7,90	3,73	6,19		
Ecart-type	0,48	0,21	0,23	1,46	0,08	0,33		

2.2.2. Paramètres biologiques

La densité phytoplanctonique, le ratio- aliment et le renouvellement en eau du cheptel sont traités dans cette partie.

2.2.2.1. Densité phytoplanctonique

Les densités moyennes de phytoplancton obtenues à partir des prélèvements hebdomadaires durant l'étude sont présentées dans le tableau 10. Ces valeurs sont en fonction de l'état des bassins et de la classe de taille du cheptel.

Tableau 10: Densités moyennes de phytoplancton

Pm/couleur	Verts (10^3 Cell/ml)	Sombres (10^3 Cell/ml)	Turbides (10^3 Cell/ml)	Moyennes	Ecart-type
[0-5g[	40,38	63,36		51,87	16,25
[5-10g[	55,33	46,53	22,25	41,37	17,13
[10-15g[	60,44	35,13	27,71	41,09	17,16
[15-20g[	55,62	38,72	34,3	42,88	11,25
[20-25g[	53,24	46,72	25,64	41,87	14,43
Moyennes	53,00	46,09	27,48		
Ecart-type	7,53	10,88	5,08		

Au début d'élevage, les bassins verts présentent une faible densité phytoplanctonique. L'eau était transparente.

Les bassins sombres hors mis en début d'élevage (Pm=0 à 5 g) présentent des densités moyennes de phytoplancton inférieures par rapport aux bassins de couleur verte.

Les bassins turbides sont moins productifs en termes de densité phytoplanctonique que les bassins verts et bassins sombres

2.2.2.2. Eau et aliment

Pour éviter la pollution du bassin, les quantités des aliments et le taux de renouvellement en eau doivent être équilibrés en suivant l'abaque de renouvellement en eau. Le tableau 11 montre le ratio eau-aliment des bassins.

Tableau 11: Ratio moyen hebdomadaire en eau-aliment

Pm/couleur	Vert (%)	Sombre %	Turbides (%)	Moyennes	Ecart-type
[0-5g[	106,59	121,66		114,13	10,66
[5-10g[	87,3	92,7	86,21	88,74	3,48
[10-15g[	66,48	81,81	75,34	74,54	7,70
[15-20g[	59,95	68,27	52,91	60,38	7,69
[20-25g[	73,22	74,24	61,19	69,55	7,26
Moyennes	78,71	87,74	68,91		
Ecart-type	18,59	21,05	14,79		

Le rapport entre les quantités d'eau et d'aliment distribuées, pour le cas des bassins verts, diminue selon l'âge ou le développement du cheptel : plus l'organisme croit, plus la quantité d'eau et d'aliment distribuée diminue. Il est constaté que les bassins turbides présentent du ratio eau-aliment le plus bas, tandis que celui des bassins sombres est le plus élevé. Les bassins jeunes ont reçu plus d'eau par l'apport de la quantité d'eau en dessus de la théorique.

2.2.2.3. Renouvellement d'eau du pompage

Le taux moyen de renouvellement d'eau effectué par semaine est présenté dans le tableau ci-après.

Tableau 12: Taux moyen de renouvellement d'eau hebdomadaire

Pm/couleur	Vert (%)	Sombre (%)	Turbides (%)	Moyennes (%)	Ecart-type
[0-5g[	5	7		6,0	1,414
[5-10g[	9	12	8	9,7	2,082
[10-15g[	13	15	13	13,7	1,155
[15-20[g	16	19	9	14,7	5,132
[20-25g[	13	21	9	14,3	6,110
Moyennes (%)	11,2	14,8	9,75		
Ecart-type	4,27	5,59	2,22		

Selon le cycle d'élevage, la quantité d'eau appliquée dans les bassins augmente suivant la croissance du cheptel et selon l'état des bassins en termes de couleur : le renouvellement d'eau est plus appliqué dans les bassins sombres, viennent ensuite dans ceux de couleur verte et enfin dans les bassins turbides.

Dans l'intervalle de poids moyens [20-25[, le taux de renouvellement en eau étant en baisse pour les bassins verts à cause de la pêche partielle. Cependant, celui des bassins sombres a été augmenté en raison de la pollution des fonds et ceci pour évacuer les déchets organiques tapissant le fond du bassin. Les bassins turbides ont reçu moins d'eau pour confiner en favorisant le bloom algal.

2.2.2.4. Renouvellement d'eau par précipitation

Dans le renouvellement d'eau, l'utilisation de l'eau de pompage, l'effet de l'eau de pluie et le renouvellement dû aux pêches partielles ont été suivis.

La figure 11 montre la variation de la pluviométrie du site OSO Farming, du mois de Novembre 2017au Fin Mars 2018. Trois passages cycloniques ont été constatés et marqués par des fortes pluies qui ont entrainé la dessalure de l'embouchure et celle des eaux des bassins.

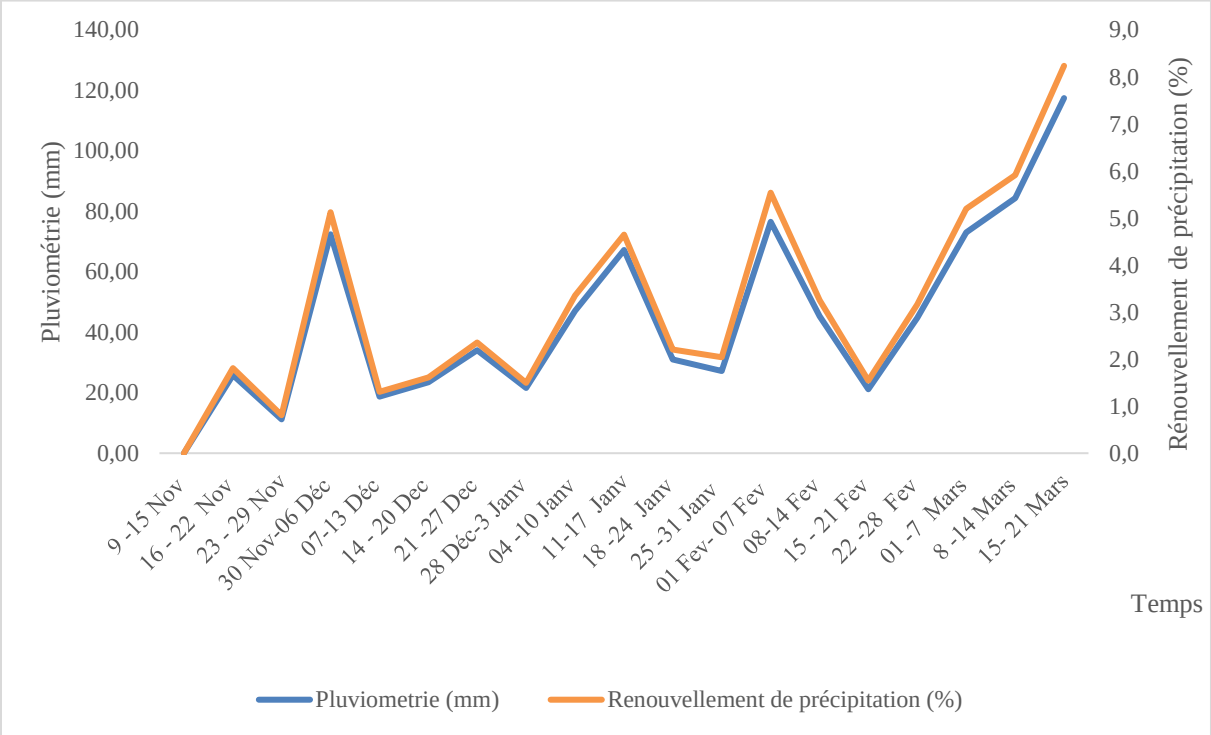


Figure 11:Variation de la pluviométrie et le renouvellement en eau de pluie obtenu

Pendant la période où la pluie coule pendant 24h, une augmentation de 10cm de hauteur d'eau dans les bassins a été constatée. En effet ceci représente 10% du renouvellement d'un bassin de profondeur moyenne de 1m.

En saison de pluie, les précipitations évaluées en cm de hauteur d'eau ont été considérées et rapportées au pourcentage de renouvellement d'eau du bassin.

2.3. Croissance du cheptel

Durant l'étude, le poids moyen final de l'ensemble des données collationné est de 25g. Pour mieux gérer la conduite d'élevage dans les bassins de grossissement, des pêches partielles ont été effectuées. Elles ont eu lieu quand les crevettes atteignent la classe de poids moyens [15-20g[avec les gain de poids moyens qui se trouvent entre 1 et 1,4g.

Les valeurs de performances des bassins observées ont été classées selon la croissance moyenne hebdomadaire du cheptel et les couleurs d'eau. Elles sont données par le tableau suivant :

Tableau 13: Croissance moyenne hebdomadaire

Pm/couleur	Vert (g/semaine)	Sombre (g/semaine)	Turbides (g/semaine)	Moyennes	Ecart-type
[0-5g[	0,84	0,9		0,87	0,04
[5-10g[	1,19	1,14	1,06	1,13	0,07
[10-15g[	1,32	1,24	1,13	1,23	0,1
[15-20g[	1,13	1,27	1,01	1,14	0,13
[20-25g[	1,34	1,12	1,04	1,17	0,16
Moyennes	1,164	1,134	1,06		
Ecart-type	0,2	0,15	0,05		

La croissance des organismes dans les bassins verts est relativement supérieure à celle des organismes dans les bassins sombres. Les bassins turbides sont les moins productifs. D'une manière générale, cette croissance augmente avec la classe de poids moyens sauf en Pm [15-20g[, classe où a lieu la pêche partielle.

2.4. Pêche partielle

Le tableau suivant montre les caractéristiques d'élevage à la pêche partielle : le poids de crevette, la survie, la quantité d'aliments distribués par jour, le TN à une température moyenne durant l'étude, la densité des crevettes.

Tableau 14: Caractéristiques d'élevage à la pêche partielle

Survie	Densité/m²	Pm (g)	TN (à 29°C)	Quantité distribuée par jour (kg)
90%	9,9	14	2,6	360,36
90%	9,9	15	2,64	392,04
90%	9,9	16	2,6	411,84
90%	9,9	17	2,58	434,214
90%	9,9	18	2,56	456,192

Hors mis la règle générale de renouvellement d'eau expliquée dans cette partie sur la gestion de l'eau, en saison chaude, il est pratiqué une ou deux pêches partielles qui requièrent

la baisse de niveau des bassins d'environ le tiers (en volume). En effet, l'expérience démontre que l'infrastructure de la Ferme OSO permet d'équilibrer le renouvellement d'eau et les apports d'aliment dont la quantité ne devrait pas dépasser 450Kg par jour pour un bassin de 10ha.

Compte tenu de la densité de l'ensemencement, du taux de survie, des poids moyens commercialisables, la pêche partielle est couramment pratiquée pour le cheptel de poids moyens entre 15 et 17g, représentant d'environ 1/3 de la biomasse. La croissance des 2/3 de la biomasse restante a été suivie durant le mois suivant. Au bout de ce mois et en saison chaude, les poids moyens obtenus sont supérieurs à 25 g, sans dépasser la quantité d'aliments distribuée de l'ordre de 450Kg par jour. La survie après pêche partielle sera la survie du cheptel moins à la survie de la pêche partielle.

3. DISCUSSION

Pour faciliter la compréhension des résultats obtenus lors de cette étude, le tableau 15 est utilisé pour récapituler les différentes observations, représentées par les 18 points. Ces derniers sont dressés à partir des valeurs des variables ou paramètres étudiés selon les couleurs de l'eau (verte, sombre et turbide) et les classes de poids moyens du cheptel observées.

Tableau 15: Récapitulation des 18 observations obtenues à partir des moyennes des valeurs des paramètres étudiés selon les couleurs d'eau (verte, sombre et turbide) et les classes de poids moyens du cheptel.

Paramètres	Points	Discussion
Redox	1	Les moyennes par classe de taille nous indiquent que les Redox des bassins jeunes sont plus élevés que ceux des vieux bassins.
	2	Les valeurs de Redox de l'après-midi sont plus élevées.
		Valeurs de Redox des bassins verts ≥ Redox bassins Turbides ≥ Redox bassins (sombres).
Oxygène dissous	3	Les valeurs d'oxygène dissous observées dans les bassins turbides sont les moins élevées que celles dans les bassins avec d'autres couleurs.
	4	Les bassins plus forts producteurs d'Oxygène dissous dans la journée sont les bassins verts
	5	Les valeurs d'oxygène baissent au fur et à mesure que la charge augmente. Au niveau de la classe 20 à 25g, l'augmentation d'oxygène est explicable suite à la pêche partielle systématique, 3 semaines à 1 mois avant la pêche finale.
pH	6	Les valeurs du pH observées dans les bassins sombres sont les plus élevées, viennent ensuite celles des bassins verts et les bassins turbides ont des valeurs de pH les plus basses
	7	Les valeurs de pH ont diminué quand la charge (biomasse) augmente
	8	L'augmentation de pH pour la classe des 20 à 25g provient probablement de la perturbation du fond relativement basique lors de la pêche partielle.
Croissance	9	La croissance moyenne des crevettes dans les bassins verts est un peu élevée par rapport à celle des crevettes dans des bassins sombres.
	10	Les bassins turbides sont les moins productifs que les bassins verts et sombres
	11	La croissance des organismes d'élevage, par rapport à la classe de poids moyens, est bien constatée, pour les bassins verts et les bassins sombres.
Densité phytoplanctonique	12	Les bassins verts et sombres sont les plus riches en phytoplancton que les bassins turbides.
	13	Les bassins sombres hors mis en début d'élevage (Pm=0 à 5 g) présentent des densités de phytoplancton inférieures par rapport aux bassins verts
	14	Au cours de l'élevage, seul les bassins turbides démontrent une augmentation progressive du phytoplancton.
Eau-Aliments	15	Le ratio eau-aliment diminue quand le poids moyen du cheptel (biomasse) augmente
	16	Les bassins turbides présentent le ratio eau-aliment le plus bas.
	17	Les bassins sombres présentent le ratio eau-aliment le plus élevé.
Renouvellement d'eau du pompage	18	La quantité d'eau renouvelée dans les bassins sombres est les plus importante, viennent ensuite les bassins verts puis les bassins turbides, En valeur absolue, on voit que le renouvellement d'eau augmente avec la biomasse et la quantité d'aliment distribuée.

3.1. Commentaires sur la présentation graphique du couple pH/Redox

L'annexe 10 présente le placement des différentes données ou valeurs selon les paramètres étudiés, dans « le carré » constitué par le graphique pH/Redox.

Le classement ou l'affectation des données s'est fait par rapport à l'âge des bassins. Les jeunes bassins de faible charge reçoivent la faible quantité d'aliment par rapport aux vieux bassins ayant de charge et quantité d'aliment élevées. Les valeurs des différents paramètres (Redox/O2/pH/Eau-RE% bassins) prélevés le matin diffèrent de celles de l'après-midi.

Les valeurs de paramètres physiques, chimiques et biologiques, autrement dit, des paramètres zootechniques, montrent des résultats satisfaisants pour les bassins de couleur verte, viennent ensuite ceux des bassins turbides. Les bassins de couleur sombre présentent des résultats zootechniques non satisfaisants.

Cette constatation permet d'établir des corrélations entre les valeurs relevées et celles qui caractérisent les bassins. Il s'agit de la charge, l'âge du cheptel, la quantité d'aliment distribuée, la gestion de l'eau comme le renouvellement d'eau et les périodes de prélèvement et d'observation. L'annexe 11 représentant ces corrélations permet de comprendre l'évolution de ces valeurs et leur déplacement en fonction du temps.

Le sens de ce déplacement permet de définir « les forces naturelles » qui peuvent favoriser ou perturber l'effet du jour et celui de nuit, où la productivité phytoplanctonique et celle de la respiration se manifeste. Ce phénomène est présenté dans l'annexe 12.

L'annexe 12 rapproche l'évolution naturelle des valeurs des différents paramètres d'élevage ou de caractéristiques des bassins et des interventions des éleveurs susceptibles d'empêcher l'évolution des valeurs hors cible.

Pour des raisons pratiques, ces constatations sont transmises aux techniciens responsables d'élevage, sous forme simplifiée et en se référant à ce qui se passe sur le terrain, par exemple, pour le cas de la couleur du bassin.

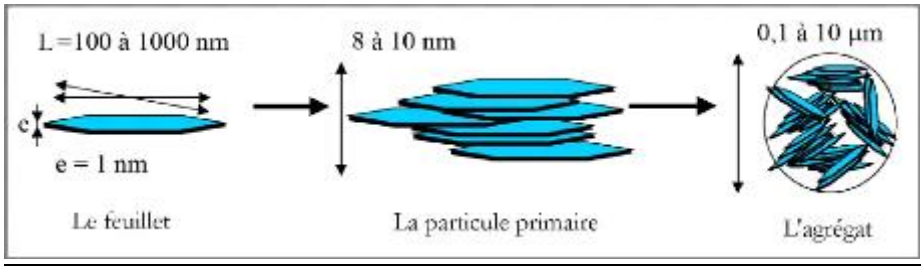
3.2. Corrélations et corrections associées des paramètres

Les bassins de couleur verte présentent des différentes nuances de couleur verte, ceci en fonction du développement du phytoplancton jusqu'au stade de bloom de phytoplancton. Ce dernier est à prédominance de Diatomés, de Cyanobactéries et de Chlorophycés.

Les bassins verts sont les bassins habituellement espérés pour accompagner l'élevage de crevette et contribuer à recycler les matières organiques, partiellement prise en charge par les bactéries (cycle de l'azote) (FABRICE, 2004).

Les bassins de couleur sombre hébergent des algues benthiques cyanophycées de genre *Oscillatoria*. Occasionnellement, ces algues montent en surface et forment des peaux nommées Lablab (*Cf* Annexe 7). Le Lablab est le terme générique Indonésien qui est utilisé en aquaculture. Il est composé de cyanobactéries qui forment un tapis sur le fond, et qui au cours de la journée se déstructurent et montent à la surface sous forme de peaux, portées par des bulles de gaz provenant de la décomposition anaérobie des matières organiques ; donc probablement du méthane. Il se créée au fond du bassin à une relation symbiotique entre la cyanobactérie et les bactéries sulfuro-réductrices (RAMAHAZO H.A, 2002). Ces bactéries, en milieu anaérobie, transforment les matières organiques en matières minérales. Elles sont favorisées par des déséquilibres trophiques et/ou écologiques (dont l'eutrophisation des eaux), (SINGARAVELOU, 1997).

La turbidité blanchâtre a été identifiée d'origine argileuse, semblable à celle de rivière pendant la saison des pluies. L'explication pour les rivières parait suffisante avec l'érosion mécanique. La dimension des particules d'argile est à inférieure à 2 µm. Les propriétés bien particulières des minéraux argileux sont dues à la petite taille, la structure en feuillets et la charge négative des particules. Elles forment avec l'eau des solutions colloïdales (EL HACHMI, 2013).



Source : Abdelhadi EL HACHMI 2013).

Figure 12:Propriétés des minéraux argileux

Les particules d'argiles restent longtemps en suspension dans l'eau à cause des charges négatives qu'elles portent et qui provoquent des phénomènes de répulsion entre particules (Anonyme, 2010).

3.2.1. Redox (Eh)

- Des valeurs croissantes positives de Redox signifient une énergie d'oxydation croissante, indiquant l'existence d'une substance « agent oxydant ». Plus la mesure est élevée, plus cette substance est oxydante. Une substance avec +400 mV de redox est quatre fois plus oxydante que celle avec +100 mV de redox. Toutes les valeurs de coefficient de corrélation entre le Redox et les poids moyens des bassins sont négatives (*Cf* Annexe 16). La valeur de Redox diminue à mesure que les poids moyens augmentent. Les valeurs du Redox baissent au fur et à mesure que l'on descend dans la couche sous-jacente au fond du bassin et que l'on s'enfonce dans l'épaisseur de la boue (PATRONA, 2007). Le potentiel redox diminue avec le temps (BOYD, 1995) et, parallèlement, les capacités de production de substances réduites augmentent. Cette forte corrélation négative observée, quel que soit la couleur des bassins ou quel que soit la période de prélèvement ou d'observation (le matin ou l'après-midi) indique qu'en effet le Redox diminue en fonction de la charge et de l'âge des organismes d'élevage.

- Pour les bassins de couleur verte, la différence de Redox entre l'après-midi et le matin présente des valeurs positives et une forte corrélation positive en fonction de l'âge des bassins, c'est à dire plus la valeur du Redox prélevée le matin est faible, plus le gain de Redox dans l'après-midi est faible. Pour les bassins sombres et turbides, les Redox prélevés dans l'après-midi sont également supérieurs à ceux du matin ; mais une corrélation modérée négative entre l'évolution du Redox du matin en fonction de l'âge (baisse progressive) a été observée et l'accroissement de cette valeur de redox dans l'après-midi, relativement plus élevée en fin de cycle. Les conditions nécessaires au développement des bactéries anaérobies sont habituellement la présence de sulfates, de matière organique et l'existence d'un bas potentiel Redox (LEMONNIER H., 2007). Les conséquences de cette multiplication dans l'environnement sont multiples : l'accumulation de sulfures entraînant la chute du potentiel Redox. En présence de métaux, des précipités de sulfures métalliques se forment. Ainsi, la richesse en ions ferreux du sol et des eaux permet la formation de sulfure de fer qui entraîne un noircissement du milieu et qui est le témoin de la multiplication des Bactéries Sulfato-réductrices (LOUBINOUX J, 2013). Dans le cas où les résidus d'élevage au fond des bassins ne sont pas dégradés, les bassins vont avoir de couleur sombre et ils ont une

valeur de Redox plus basse dans la majorité de cas. L'expérience indique que les branchies sales sont favorisées dans les bassins sombres, ainsi que dans les bassins où se développent les blooms de cyanobactérie de genre *Pseudoanabaena,* origine de colmatage de branchie.

Pour corriger les bassins de couleur sombre et améliorer la dégradation des matières organiques, il faut, soit augmenter l'apport en eau (ANDRIANASY, 1992) en respectant l'augmentation du taux de renouvellement d'eau avec celle de la biomasse du cheptel ; soit réduire la dose d'aliment.

3.2.2. pH

L'amplitude et la vitesse de variation du pH des eaux de mer dépendent de la densité du phytoplancton et du pouvoir tampon de l'eau, c'est-à-dire, de la teneur en ions carbonates (CO_3^{--}) et bicarbonate (HCO_3^-). Les réactions ci-après expliquent le phénomène qui se tiennent dans la masse d'eau :

CO_2 (gaz) $\longrightarrow$ CO_2 (gaz dissous) $\longrightarrow$ H_2CO_3 (réactions lentes)

$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$ (réaction rapide)

Cet équilibre peut être déplacé par la respiration, la photosynthèse et les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère qui agissent sur la concentration en CO_2, ainsi que par la précipitation de CO_3^{2-} (GAUTIER, 1989).

Ainsi, la respiration qui fait augmenter la concentration en CO_2 provoque un déplacement de 1' équilibre vers la baisse du pH dans la corrélation des paramètres.

La valeur du pH dans la matinée est moins élevée que celle observée en fin de la journée. Elle varie de 7,6 à 9,2 dans les bassins sur l'ensemble des données collectées. Des différences significatives des valeurs du pH ont été constatées entre les bassins de trois couleurs d'eaux différentes avec p-value= 0.000344 au seuil de 5% (*Cf* Annexe 17). Les valeurs (matin ou le soir) diminuent lorsque les charges du cheptel augmentent dans les bassins turbides. Cette baisse de valeur du pH est probablement due à l'accroissement de la respiration des populations bactériennes en dégradant les matières organiques, la respiration et la production de gaz carbonique, partiellement compensés par le changement d'eau et par l'activité phytoplanctonique (AVNIMELECK Y, 2016).

Lorsque la turbidité terrigène apparaît, le pH de l'eau diminue. Quand la valeur du pH se trouve au-dessous de 8,2, l'amendement du bassin avec du carbonate de calcium peut être appliqué pour stabiliser la valeur du pH de l'eau.

3.2.3. Oxygène et la productivité phytoplanctonique

L'oxygène dissous dans les bassins provient principalement du phytoplancton lors de la réaction photosynthétique.

- La densité de phytoplancton et la différence de concentration d'oxygène prélevée la matinée et dans l'après-midi dans les bassins de couleur verte sont corrélées positivement fortes avec r=0,92. Le test de corrélation de PEARSON montre que l'association entre les deux variables diffère significativement avec p-value=0.02 *(Cf* Annexe 16). Cela implique que ces deux paramètres vont dans le même sens, plus la densité du phytoplancton augmente, plus la production d'oxygène augmente. Pourtant, les valeurs d'oxygène diminuent au fur et à mesure que les charges (biomasse) dans les bassins augmentent. En effet, la production d'oxygène au travers du phytoplancton ne peut pas couvrir les besoins du cheptel lors de la respiration.
- Pour le cas des bassins avec de la couleur turbide, la densité de phytoplancton et la production de l'oxygène sont corrélées négativement fortes avec r=-0,96 et elles sont différents significativement avec p-value=0.03. Ces deux paramètres vont dans le sens opposé, avant la pêche partielle des organismes de poids moyens [15-20g[. Cette situation peut être due par l'augmentation ou accumulation progressive des matières organiques non compensées par la faible augmentation de la densité de phytoplancton.
- La densité de phytoplancton et la production de l'oxygène dans les bassins de couleur sombre sont faiblement corrélées avec r=0,09 et elles ne diffèrent pas significativement avec p-value=0.87. Il a été constaté que le phytoplancton dans ces bassins se trouve près du fond, pour former un tapis benthique, que dans la colonne d'eau.

De plus, les densités de phytoplancton observées dans les bassins de différentes couleurs (verte, turbide, sombre) présentent des différences significatives avec p-value=0.00797 au seuil de 5% (*Cf* Annexe 17). Donc, la couleur des bassins peut caractériser leur état en termes de richesses (ou en manque) en phytoplancton et en oxygène dissous.

3.2.4. Croissance

Cette étude a été réalisée durant la période de saison chaude. Cette condition peut favoriser le métabolisme des organismes (crevettes) d'élevage en assurant une meilleure

performance de croissance. La croissance moyenne hebdomadaire observée pour les organismes dans les bassins de couleur verte est meilleure par rapport à celle des autres couleurs. L'analyse de variance montre que l'association entre trois variables (croissance des crevettes selon la couleur d'eau) ne diffère pas significativement avec p-value=0.599.

Les poids moyens et la croissance du cheptel sont corrélés positivement pour les bassins de couleurs verts et sombres (r=0,74 bassins verts et r=0,61 bassins sombres) et ils ne diffèrent pas significativement car le p-value est supérieur à 0.05 (*Cf* Annexe 16). Cependant, les charges et la croissance des bassins turbides évoluent dans le sens contraire avec le coefficient de corrélation r=-0,45 et elles ne diffèrent pas significativement (p-value>0.05). La croissance individuelle du cheptel augmente bien pour les bassins verts et sombres. Ce phénomène n'est pas constaté dans les bassins turbides.

Le manque de production primaire peut engendrer la perturbation des éléments physiologiques (nutrition et respiration) des animaux dans les bassins turbides. Alors que dans les bassins verts, riche en phytoplancton, ce dernier assure un maillon de la chaine alimentaire présent dans les bassins d'élevage permettant une bonne croissance, et même rapide pour les crevettes (REQUILLART, 2009).

3.3. Outil de pilotage et approche d'un renouvellement d'eau satisfaisant

3.3.1. Geste d'élevage et force du geste

Le mot geste qualifie l'action d'élevage susceptible d'améliorer l'état d'oxydo-réduction du bassin. Il s'agit des moyens d'action à entreprendre par rapport au problème rencontré. Ces interventions peuvent être le changement d'eau : de jour ou de nuit, de fond ou de surface ; l'amendement avec de la chaux ect…

La force du geste, c'est le pourcentage du renouvellement qui peut être calme ou dynamique. Le personnel d'OSO apprend à appliquer à bon escient le geste approprié avec la bonne force en visualisant l'effet par le déplacement du Redox et du pH. Les références de l'oxydo-réduction ci-après peuvent qualifier les caractéristiques des bassins :

- *r*H = 27 témoigne d'un milieu neutre ;
- *r*H compris entre 27 et 40 (valeur maximale) caractérise un milieu oxydant ;
- *r*H compris entre 0 et 27 annonce un milieu réducteur

Le graphique (de Lecoeur) montre en effet explicitement que "plus le pH augmente plus le redox baisse (dans une eau sans phytoplancton) et vice-versa". Il ne montre pas que le *r*H est stable. Cela est affirmée par la corrélation inverse entre la différence de valeur du pH/Redox de l'après-midi et celle du matin dans les bassins verts et dans les bassins sombres et la corrélation nulle dans les bassins turbides [r=-0,12 (pH/Redox/Vert) ; r=-0.86 (pH/Redox/Sombre) ; r=0.08 (pH/Redox/Turbides)] *(Cf* Annexe 16).

Le geste fort (par nature, correctif et perturbateur) peut contribuer à défavoriser les équilibres écologiques du bassin. Le geste faible (par nature, d'accompagnement et favorisant) contribuera à cet équilibre. Le renouvellement d'eau peut être appliqué de façon dynamique pendant le jour dans un bassin à fort bloom et doucement durant la nuit. Pour les bassins sombres, le geste est de perturber l'effet nuit et de calmer durant le jour. Pour les bassins disposant de Lablab, le renouvellement d'eau est orienté en lame équilibré, pour évacuer les déchets dans les bassins. Les bassins turbides représentant de faible densité d'algues, ce renouvellement s'effectue pendant la nuit pour laisser le phytoplancton se développer durant le jour. Le tableau 17 montre les caractéristiques des bassins et l'orientation de renouvellement d'eau.

Tableau 16: Caractéristiques des bassins et orientation de renouvellement d'eau

Qualité et couleur d'eau	**Lame jour**	**Lame nuit**	**pH**	**Redox**
Bassins sombres	Petite lame (Confinement)	Grosse lame (Perturber l'effet nuit)	Elevé	Bas
Lablab	Lame équilibrée 24h (RE% continue)		Elevé	Bas
Bassins Turbides	Petite lame ou Fermé	Lame forte toute la nuit (Perturber l'effet jour garantir l'O2)	Bas	Moyenne
Fort bloom	Grosse lame (Perturber l'effet jour ou Surfacing)	Petite	Elevé	Elevé

3.3.2. Suivi du couple oxydo-réduction et pH, mesures représentatives de la santé du bassin.

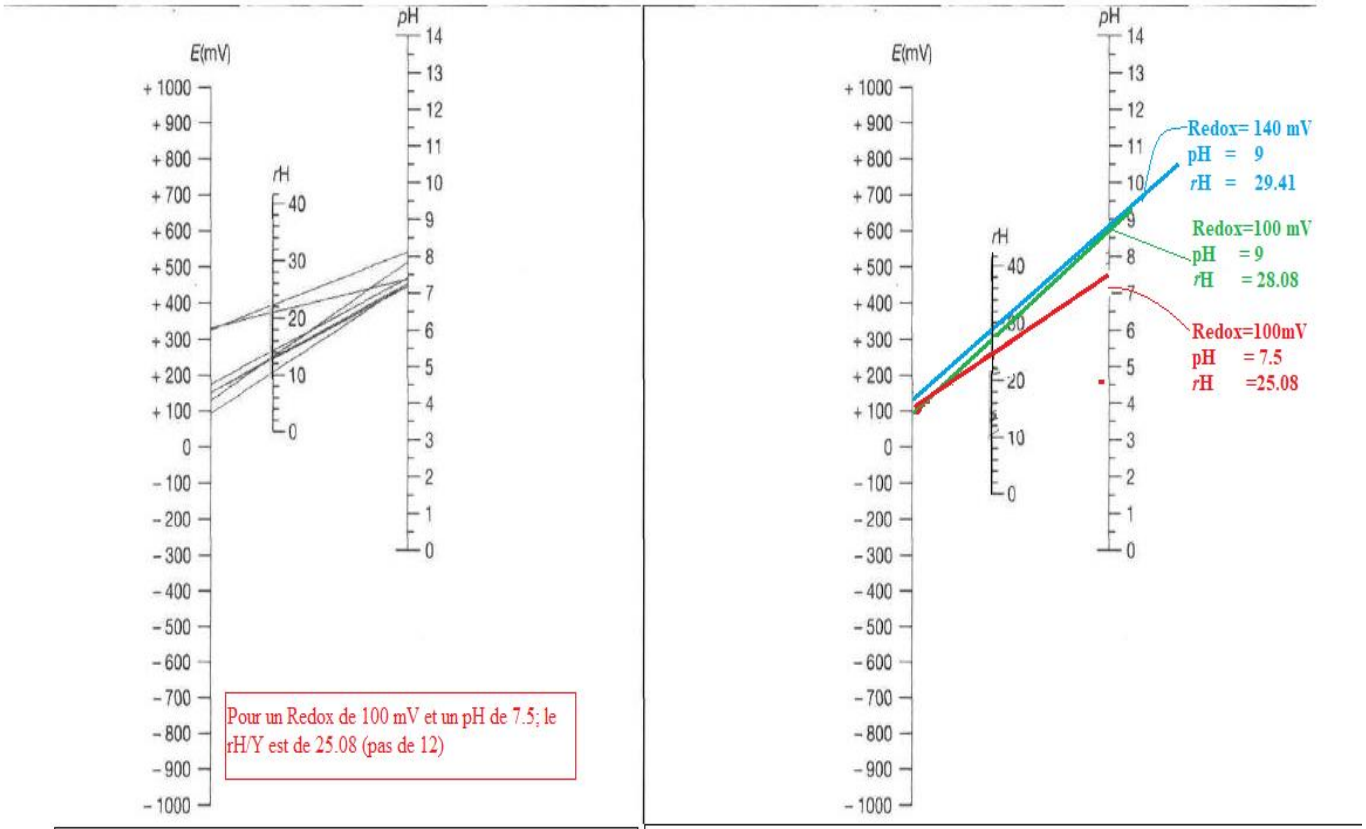
Dans le cadre de l'utilisation d'un programme informatique, le redox et les pH combinés contribuent à déterminer une valeur dite « pouvoir d'oxydo-réduction », symbolisé par *rH* et appelé Y chez OSO, permettant une représentation graphique dont Y (ou *rH*) est en ordonnée et pH en abscisse.

y = redox et ph

Quelques valeurs référence de l'évolution de Y à 30C°

selon logiciel IDEE (y/rH: pouvoir d'oxydo réduction).

redox	100	120	140
ph			
7,5	25,08	25,74	26,41
8	26,08	26,74	27,41
8,5	27,08	27,74	28,41
9	28,08	28,74	29,41



Abaque de Lecoeur donnant le *r*H (tirée et adapté par Rodiet et *al*, 1996)

Recalage manuel approché de l'abaque de Lecoeur donnant le *r*H (tel que calculé par le Logiciel de IDEE à une Température de 30°C

Figure 13:Détermination du pouvoir d'oxydo-réduction *r*H (Abaque Lecoeur, tirée et adaptée Rodier et al., 1996, modifié par auteur)

Il est à noter précédemment qu'un *rH* < 27 dénote un milieu réduit, où la matière organique ne trouve pas de condition favorable à son recyclage. L'expérience a permis de déterminer que le *rH* < 27 n'était pas favorable à l'élevage de crevette et que des valeurs trop oxydantes (*rH* > 29,5) non plus.

En termes de pH l'expérience a indiqué que des valeurs comprises entre 8,2 et 8,7 étaient souhaitables. Avec ces 4 valeurs ($27 \leq rH \leq 29,5$ et 8,2≤pH≤8,7), une zone acceptable ou tolérable dont à l'intérieur de laquelle peut trouver la valeur optimale.

Notre travail sur la signification des couleurs, nous a aidé à comprendre ce qui détermine le déplacement du pH/Redox. L'abaque ci-dessus de Lecoeur et les correspondances apparaissant entre pH-Redox et *r*H ne sont pas celles utilisées par le programme informatique de la Ferme OSO.

Plusieurs cas peuvent rencontrer sur l'utilisation simultanée du Redox et du pH *(Cf Annexe 9).* La caractérisation des eaux par leur double valorisation de pH / redox et en les situant sur un graphique, pour les cas suivants : eau en contact de l'air / eau de mine / pluie / torrent / eau océanique / environnement intermédiaire / eau de sous-sol / eau de marée / eau isolé de l'air [3]. Langmuir, 1997 a indiqué que cette caractérisation a été appliquée pour les cas de : torrent / eau océanique / marais / eau eutrophique / eau riche en matière organique / eau salée en matière organique.

C'est par cette approche que le cabinet consultant IDEE forme le personnel de la ferme OSO sur l'usage d'un logiciel visualisant les déplacements des valeurs biquotidiennes de Redox et de pH, pour chaque bassin.

3.3.3. Stabilité écologique

Dans la figure dans l'Annexe 19, les trois phases de développement algal : latence, croissance exponentielle et stationnaire marquant le bloom algal ont été retrouvées. Lorsqu'on souhaite à maintenir le développement d'un bloom, il faudrait apporter des éléments nutritifs ou éléments minéraux dans le bassin durant la phase de croissance exponentielle.

Si le bloom algal est rencontré dans la phase stationnaire, une proportion importante de cellules phytoplanctoniques se trouve vieillissante (HERBLAND. A, 2007) et cette situation va perturber les conditions de développement des organismes d'élevage. Leur activité est diminuée, leur impact sur le pH et le Redox est moins fort. La couleur du bassin devient plus sombre marquant l'effondrement du phytoplancton. Comme moyens d'action à appliquer pour contrôler ce bloom, il faut pratiquer le renouvellement d'eau de façon dynamique pendant la

nuit, pour monter le Redox. Par contre, pour baisser les valeurs de Redox, il faut appliquer le renouvellement d'eau durant le jour et de façon relativement lente en apportant une quantité moyenne de mélasse (20L/ha) pour réduire le fond des bassins.

La composition de la biocénose, notamment de la communauté bactérienne et elle présente des impacts sur des fortes fluctuations des paramètres *r*H / pH. Dans la Ferme, l'impact de la variation de la densité phytoplanctonique sur ces paramètres a été constaté. Les gestes ou moyens d'action pour contrôler ces paramètres Redox et pH ont été mis en œuvre, à partir du moment où le soleil se trouve à une hauteur supérieure à 30° d'angle *(Cf* Annexe 19). Ceci, c'est pour perturber ou diluer les bassins à fort bloom et des algues indésirables (Tableau 17).

Faisant suite au passage successif des trois cyclones tropicaux de l'année 2018 (*Cf* Annexe 20), la salinité de nombreux bassins a été diminuée, par conséquent, le renouvellement d'eau a été très limité durant trois semaines. En effet, les blooms phytoplanctoniques ont été rencontrés avec la présence d'une seule espèce (bloom monospécifiques) à forte densité (80% cellules de**s *Anabaena sp*).** La stabilité d'un milieu écologique est favorisée par la multiplicité d'espèces ou par la diversité spécifique (HUSSON.O, 2012). Les blooms d'algues monospecifiques peuvent causer un déséquilibre écologique par la présence d'une seule espèce d'algue. Lors d'un crash de ces algues, une crise d'oxygène incontrôlable a été observée. De même, les bassins turbides représentent un milieu instable par la présence de crise d'oxygène et de faible densité des cellules d'algues dans les bassins. Par contre, les bassins verts représentent un milieu stable par rapport aux autres couleurs par la diversité des algues entrant dans la production primaire et la chaine alimentaire du milieu contrôlé.

3.4.4. Contrainte du pompage et renouvellement d'eau

Le renouvellement d'eau a toujours été cadencé par les heures de pompage. Ce pompage a eu lieu pendant les périodes entre les marées hautes et mi- marées, soit 2 fois 6 heures par jour.

Pour maintenir un équilibre biologique entre la quantité d'aliment distribuée et la pollution qu'il a engendré dans les bassins, le pompage est nécessairement appliqué comme un arbitrage pour évaluer le coût-bénéfice à la Ferme. En effet, une pompe fonctionnant avec un débit d'environ 80m^3/h pour monter l'eau du canal vers les bassins et peut consommer 32 à 37 litres de gasoil. Pour un bassin de 10ha, 50 litres de gasoil ont été consommés pour assurer un renouvellement d'eau de l'ordre de 10% du volume total de bassin.

La compréhension des déplacements du Redox et du pH en fonction de l'alimentation et celle des valeurs prélevées le matin et dans l'après-midi permet d'appliquer le geste correctif approprié et au moment adéquat. Pour ce faire, le découplage des heures de pompage et les heures d'évacuations a été entrepris. Par exemple, en cas de bloom important et avec un pH élevé, même en absence de pompage dans l'après-midi, une lame forte aux moines de sorties permet de contrer l'effet de la photosynthèse sur le pH et le Redox. Comme cité précédemment, dans le déplacement du pH/Redox, les jeunes bassins disposent de valeur Redox élevé c'est-à-dire le milieu représente un fond oxydé et moins des matières organiques. Cependant, la valeur du redox des bassins vieux descend au fur et à mesure la charge augmente (milieu réduit). Dans ce cas, les bassins ont besoins d'évacuer les matières organiques qui salissent le fond par l'apport d'eau du pompage. De plus, l'accumulation des matières organiques augmente suivant les poids moyens du cheptel par hausse des apports des aliments dans les bassins. Les bassins vieux ont probablement besoins plus de renouvellement en eau pour évacuer les résidus tapissant le fond. La valeur de corrélation indique que la charge et le taux de renouvellement d'eau sont corrélés fortement positive dans les bassins verts et les sombres (coefficient de corrélation r=0,8/verts et r=0,99/sombres au seuil critique α=0.05). Le test de corrélation de PEARSON montre que l'association entre les deux variables (charge et RE%) est statistiquement différente dans ces bassins. Cela implique que le taux de renouvellement d'eau augmente suivant l'évolution de poids moyens dans les bassins sombres et les verts. C'est le cas contraire dans les bassins turbides (*Cf* Annexe 16). Dans les bassins turbides, la corrélation entre le renouvellement d'eau et les charges montre que le taux de renouvellement d'eau et les poids moyens évoluent inversement, c'est-à-dire, ce renouvellement diminue peu à peu avec la montée de la charge dans les bassins turbides en raison de confinement des bassins (r=-0,05 et p-value=0.94).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La réussite d'une conduite d'élevage dépend de la maitrise des paramètres physiques, chimiques et biologiques de l'eau. La gestion de l'eau est essentielle pour maintenir sa qualité dans les bassins d'élevage. Une étude sur la qualité d'eau d'élevage auprès de la Ferme crevetticole LGA - OSO à Ambilobe a été réalisée du mois de novembre 2017 au mars 2018. Les différents paramètres physico-chimiques étudiés (Redox, pH, oxygènes dissous) ont été prélevés le matin et l'après-midi chaque jour. Le renouvellement d'eau a été effectué selon le rythme des marées et durant le pompage de l'eau du canal et le suivi de la croissance hebdomadaire a été considéré.

Trois couleurs différentes ont été étudiées auprès des bassins de grossissement d'élevage. Les bassins sombres avec des valeurs basses en redox inférieur à 120 mV ont été constatés dans la majorité de cas**.** Les bassins verts et turbides disposent de valeurs redox modérées comprises entre 120mV et 145mV. Le pH de l'eau des bassins verts est en moyenne de 8,54 et celui de bassins sombres est un peu élevé (8,7). Le pH des bassins turbides est majoritairement bas variant de 7,8 à 8,0. Les bassins turbides présentent de valeur d'oxygène critique par le faible de densité de phytoplancton. Dans les bassins verts, la performance du cheptel en termes de croissance est meilleure par rapport aux autres bassins grâce à la présence de la population abondante d'algues. Les moyennes de croissance de ces trois couleurs d'eaux vert-sombres-turbides des bassins sont respectivement de 1,16g ; 1,13g ; 1,06g.

La valeur de coefficient de corrélation du pH et du Redox (Eh) indique que plus le pH monte plus le redox descend. La valeur du Redox indique que les jeunes bassins présentent de valeurs élevées de 138mV. Les valeurs de ce paramètre descendent au fur et à mesure que les charges du cheptel augmentent.

Pour corriger le déplacement de ces paramètres à l'intérieur du carré de l'oxydo-réduction, une orientation du renouvellement d'eau a été établie. Dans un bassin turbide à faible densité de phytoplancton, un renouvellement en eau douce et lente a été effectué pour confiner et favoriser le développement algal durant la photosynthèse. Par contre, elle s'est faite brutalement pendant la nuit. Ainsi, un séquentiel de nuit a été effectué lorsque les bassins sont sombres et un renouvellement continu (24h/24h) a été réalisé pour les bassins avec de Lablab.

D'après cette étude, l'expérience dénote que les bassins verts sont les bassins le plus souhaitable à chercher (sauf les bassins à fort bloom pour éviter le crash d'algues pouvant provoquer une crise d'oxygène incontrôlable). Les paramètres de bassins verts représentent un bon équilibre écologique par rapport aux autres couleurs.

La bonne conduite de l'élevage en grossissement doit être maitrisée afin d'accroitre la production et de satisfaire les besoins des clients. Dans cette étude, les méthodes adoptées pour la gestion de l'eau sont en état de progrès. Néanmoins, quelques recommandations ont été identifiées à l'issus de l'expérimentation. Il s'agit de :

- Augmenter le taux de renouvellement d'eau et réduire l'alimentation par rapport à la convention théorique lorsque les bassins sont sombres.
- Lors de la saison chaude, effectuer les séquentiels de 20cm à 35cm respectivement pendant la nuit et le jour pour les bassins à Redox bas (Redox≤120mV) et au pH élevé (pH ≥8,8).
- Lors de crise d'oxygène, appliquer le renouvellement d'eau de grosses lames libres dans les moines d'entrée et de sortie des bassins à risque.
- Lorsque la valeur du pH est environ 8,25, appliquer l'amendement avec du carbonate de calcium (Chaux), un effet tampon.
- Lors de la forte pluie, déduire le taux de renouvellement d'eau.
- Appliquer le taux de renouvellement d'eau, proche de la théorie, pour les bassins dont les organismes d'élevage se trouvent à l'état juvénile (Pm [0-5g [).
- Lorsque les bassins sont à forte concentration en phytoplancton (état de bloom) et la plupart des algues sont indésirables, augmenter le taux de renouvellement d'eau en dessus de la valeur théorique des bassins considérés pour en diluer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRIANASY L, S., 1992. Etude techno-économique d'élevages semi-intensifs de Penaeus Monodon avec l'aliment vegetal. *Université de Toliara: Unité de formation superieur halieutique,* 26p.

ANONYME, 2007. Dialogue autour de l'aquaculture de crevettes. Groupe Unima et WWF, 4p.

ANONYME, 2010. Les constituants du sol. 3ème édition.

AVALLE O., 1991. Fiches Techniques sur l'élevage de *Penaeus Monodon* en bassin. . Nosy Be: Projet PNUD/FAO/MAG/88/006. *Fermes Pilote d'Aquaculture des crevettes de Nosy Be, in Cachier d'information de peches n°5* FAO/MPAEF/DPA, 26p.

AVALLE O., 1994. Fiches Techniques sur l'élevage de *Penaeus Monodon* en bassin. . Nosy Be: Projet PNUD/FAO/MAG/88/006. *Fermes Pilote d'Aquaculture des crevettes de Nosy Be, in Cachier d'information de peches n°5* FAO/MPAEF/DPA.10p

AVNIMELECH Y., 2016. Control of microbial activity in aquaculture systems: active suspension ponds. *Israel institue of technology,* 19p.

BOYD C., 1995. Potential of sodium nitrate to improve environmental conditions in aquaculture . *World Aquaculture* 26 (2): 38-40p.

CHAMBERLAIN G,W., 1998. Rethinking shrimp pond managerrent. Coastal.19p.

CLAUDE,1998. Pond Aquaculture water quality management. *Library of congress Cataloging-in-Publication Data*.12p

EL HACHMI A., 2013. Argile et minéraux argileux: propriétés physico-chimiques et propriétés colloidales. *Université d'Abdalmalek: Master Fondamentale chimie,* 24p.

ÉMILIE C., 2015. Influence de l'environnement trophique de l'élevage en biofloc sur les performances physiologiques de la crevette Litopenaeus stylirostris : Étude de paramètres de la nutrition, de l'immunité et de la reproduction. UNIVERSITÉ DE NOUVELLE-CALÉDONIE: *Thèse de doctorat,Pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université de Nouvelle-Calédonie*;Discipline : Biologie des organismes, Spécialité : Physiologie des organismes marins,24-26p.

FABRICE M., 2004. Influences des paramètres physico-chimiques sur l'evolution des stades de mues des juveniles de *Penaeus monodon* : cas de la ferme de l'aqualma Besalampy.

FAO, 2018. The state of World Fisheries and Aquaculture. Rome 2018: Meeting sustainable developpement goals,4-6p.

GAUTIER D., 1989. Etude comparative de la qualité du milieu de bassins aquacoles de crevettes et palourdes chez des éleveurs du marais breton. *Direction des ressources vivantes - Département ressources aquacoles, crema-l'houmeau aquauve,*25p.

HERBLAND A., 2007. La culture du phytoplancton dans les bassins aquacoles: Aspects théoriques et applications pratiques. Nouvelle-Calédonie: IFREMER - *Délégation de*

Nouvelle-Calédonie,BP 2059 – 98846 Nouméa cedex – Nouvelle-Calédonie,Ifremer/DAC/RST. 2007-04; 6p.

HUSSON O., 2012. Potentiel redox (eh) et pH: un cadre global de fonctionnement des systemes sol/eau/plantes/microorganismes - cirad ur sia,55p.

Langmuir, D. 1997. pH - ORP phase diagram for a selection of water types. Adapted from. Aqueous Environmental Chemistry. New Jersey, Prentice-Hall, Inc

LEMONNIER H., 1998. Effets des renouvellements en eau sur l'écosystème des bassins d'élevages semi-intensifs de crevettes en Nouvelle-Calédonie durant la saison froide. Nouvelle Caledonie: *Rapport Interne de la Direction Des Ressources Vivantes de I'IFREMER.*

LEMONNIER H., 2007. Effet des conditions environnementales sur le développement des pathologies à Vibrio dans les élevages de crevettes en Nouvelle-Calédonie. *Université de La Rochelle: Thèse de Doctorat, Discipline : Océanologie biologique.*

LOUBINOUX J. (2013). Les bactéries sulfato-reductrices humaines: les caractérisation et pouvoir pathogène. *Université de Nancy: Universidade Nova de Lisboa Université Henri Poincaré-Nancy 1*; Discipline: Génie Biologique et Médical.24p

MENJANAHARY T. (2007). Performance des Post larves de *Penaeus Monodon* dans les nouveaux bassins de Pré-grossissement SOMAQUA, Boanamary. Mahajanga: Université de Toliara, Institut Halieutique et des Sciences Marine. *Maitrise des sciences et Techniques de la mer et du littoral*. 22p.

MOH H., 1981. Biology and Ecology of Penaeus Monodon. In first International Conference on the culture of Penaeid prawn. Iloilo, 1984. 6p.

MOLNAR N., 2012. Impact des influents de la crevetticulture sur la dynamique de la matière organique benthique et leur implication sur les processus biogéochimiques dans une mangrove. IRD.

RANIVOARIVELO L. N.,2006. Essai d'élevage lagunaire de crevettes Pénéides « *Penaeus monodon* » dans la Région d'Anosy. Exemple de la lagune d'Ambinanibe (Fort Dauphin). *Thèse de doctorat de troisieme cycle en Oceanologie Appliquée,*48p.

RAMAHAZO. H. A., 2002. Contribution à l'étude du phenomène de tete verte des *Penaeus monodon*: Cas de la FERME d'AQUALMA MAHAJAMBA. Université d'Antananarivo: *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplome d'ingénieur Agronome.*

REQUILLART T., 2009. Fiches techniques: Aquaculture des crevettes en Nouvelle Caledonie. La province Sud direction du Développement Rural. *Fiche Technique N°2* : La mise en eau 1p.

RODIER J., BAZIN C, BROUTIN J.-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L, 1996. *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.* 8e édition. Dunod, Paris.

TRONA L. D., 2005. Analyse des résultats d'une ferme d'élevage de crevettes sur 20 années : SODACAL 1984-2004. Nouvelle-Calédonie: *Série Rapports Scientifiques et Techniques Ifremer/DAC/RST*.38p

SINGARAVELOU, 1997. Comité national francaise géographique. comission espace tropicaux et leur developpement, 19p.

THOMAS Y., 2005. Modélisation des flux de nutriments azotés et phosphorés en sortie des bassins d'élevage de crevettes L. stylirostris en Nouvelle -Calédonie. Nouvelle Calédonie: *Programme Zonéco, Financé par Agence pour le Développement Economique de la Calédonie*, Accueil : Ifremer, Département Aquaculture en Calédonie; 20-30p.

WEBOGRAPHIE

[1] Anonyme, 2003. Image d'un *Penaeus monodon.*

www.dnr.state.sc.us./marine/pub/seascience/shrimp

[2] http://www.produitsaquasante.com/le-ph-et-le-potentiel-doxydo-r%C3%A9duction

https://www.oklyn.fr/blog/influence-du-ph-sur-le-potentiel-redox

[3] KGS--Bulletin 239--Water Chemistry and Sustainable Yield

ANNEXES

Annexe 1 : Description de la Ferme OSO Farming

Module	Bassins	Surface (ha)
Module 1	**101**	10
	103	10
	105	10
	107	10
	109	10
	111	10
	113	10
	115	10
	117	10
	119	10
Module 2	**102**	10
	104	10
	106	10
	108	10
	110	10
	112	10
	114	10
	116	10
	211	7
	212	8
Module 3	**118**	10
	120	10
	122	10
	124	9,5
	126	7,5
	128	4,5
	121	10
	123	10
	125	10
	127	10
	129	8
	132	5,8
Module 4	**213**	9
	214	10
	215	10
	216	10
	217	10
	218	10
	219	10
	220	10
	221	10
	222	10

Module	Bassins	Surface (ha)
Pré-grossissement	**PG01**	0,6
	PG02	0,6
	PG03	0,6
	PG04	0,6
	PG05	0,6
	PG06	0,6
	PG07	0,6
	PG08	0,6
	PG09	0,6
	PG10	0,6
	PG11	0,6
	PG12	1
	PG13	1
	PG14	1
	PG15	1
	PG16	1
	PG17	1
	PG18	1
	PG19	1
	PG20	1
	PG21	1
	PG130A	0,8
	PG130B	0,8
	PG130C	0,8
	PG130D	0,8
Géniteurs	**A1**	0,3
	B1	0,3
	C1	0,3
	D1	0,3
	E1	0,3
	A2	0,3
	B2	0,3
	C2	0,3
	D2	0,3
	E2	0,3
	A3	0,3
	B3	0,3
	C3	0,3
	D3	0,3
	E3	0,3
	N1	0,1
	N2	0,1
	N3	0,1

Annexe 2 : Evolution de la couleur des bassins grossissement

Modules	Dates	9 au 15 /11/17	16 au 22/11/17	23 au 29/11/17	30 nov au 06/12/17	7 au 13/12/17	14 au 20/12/17	21 au 27/12/17	28 Dec au 03/01/18	4 au 10/01/18	11 au 17/01/18	18 au 24/01/18	25 au 31/01/18	01 au 07/02/18	8 au 14/02/18	15 au 21/02/18	22 au 28/02/18	01 au 07/03/18	8 au 14/03/18	15 au 21/03/18
		sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 9	sem 10	sem 11	sem 12	sem 13	sem 14	sem 15	sem 16	sem 17	sem 18	sem 19
Module 1	101																	PECHE		
	103														PECHE			ENS/MENT		
	105				ENS/MENT															
	107																			
	109			ENS/MENT																
	111																			
	113																			
	115																			
	117									PECHE	ASSEC		ENS/MENT							
	119				ENS/MENT															
Module 2	102		PECHE	ASSEC		ENS/MENT														
	104													PECHE	ASSEC	ENS/MENT				
	106	ENS/MENT														PECHE				
	108																	PECHE		
	110			ENS/MENT																
	112	ENS/MENT																		
	114	ENS/MENT																		
	116																			
	211															PECHE				
	212													PECHE	ASSEC	ENS/MENT				
Module 3	118																			
	120											PECHE	ENS/MENT							
	122		PECHE	ASSEC		ENS/MENT														
	124	VIDE	ENS/MENT																	
	126												PECHE	ASSEC		ENS/MENT				
	128																	PECHE		
	121	VIDE	PECHE	ASSEC		ENS/MENT														
	123																			
	125																			
	127	ENS/MENT																		
	129										PECHE	ASSEC		ENS/MENT						
	132									PECHE	ASSEC		ENS/MENT							
Module 4	213											PECHE	ASSEC	ENS/MENT						
	214																			
	215																			
	216								PECHE	ASSEC		ENS/MENT								
	217								PECHE	ASSEC		ENS/MENT								
	218																			
	219													PECHE	ASSEC	ENS/MENT				
	220						PECHE	ASSEC	ENS/MENT											
	221															PECHE	ASSEC	ENS/MENT		
	222															PECHE	ASSEC	ENS/MENT		

Bassins verts Bassins sombres Bassins Turbides ENS/MENT : Ensemencement

Annexe 3 : Gestion d'eau du fond et de surface

Etat d'eau pour bassin en drainage (Fond)	Etat d'eau pour bassin sans drainage (eau de surface)

Annexe 4 : Lame d'eau sortie des bassins

Bassin avec le dispositif (lame contrainte)	Bassin en lame libre (surverse)

Annexe 5 : Les batardeaux

Les batardeaux (1/4) ;(1/2) ; 1

Annexes 6 : Appareils de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau et le plaque de PC

Microscope optique

Bâton à Plancton

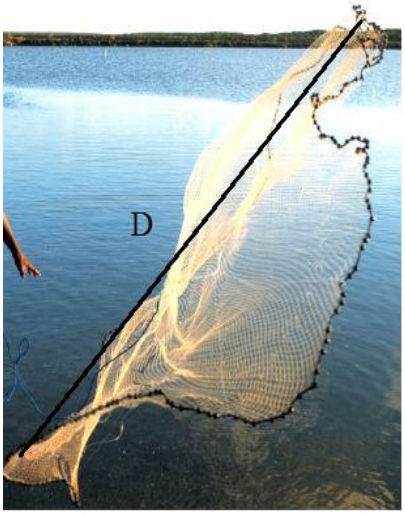
Oxymètre

Plaque de paramètres physico-chimique

Annexe 7: Lablab

Annexe 8 : Les matériels d'échantillonnage

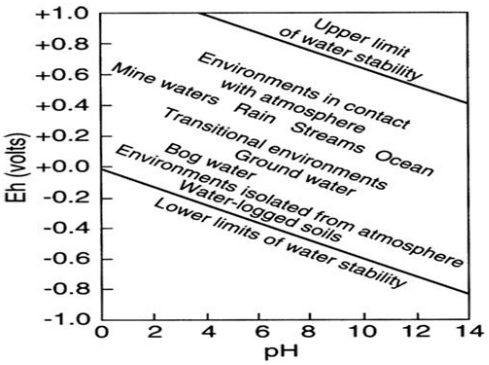
Balance électronique

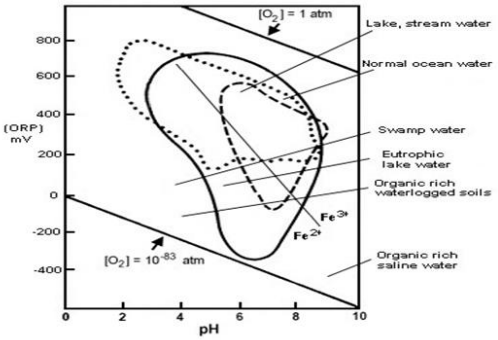


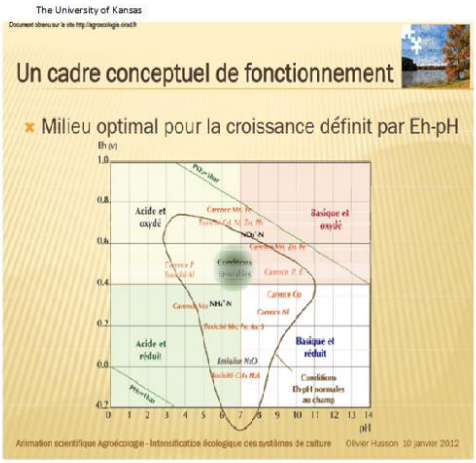
Epervier d'échantillonnage

Pesage des échantillons

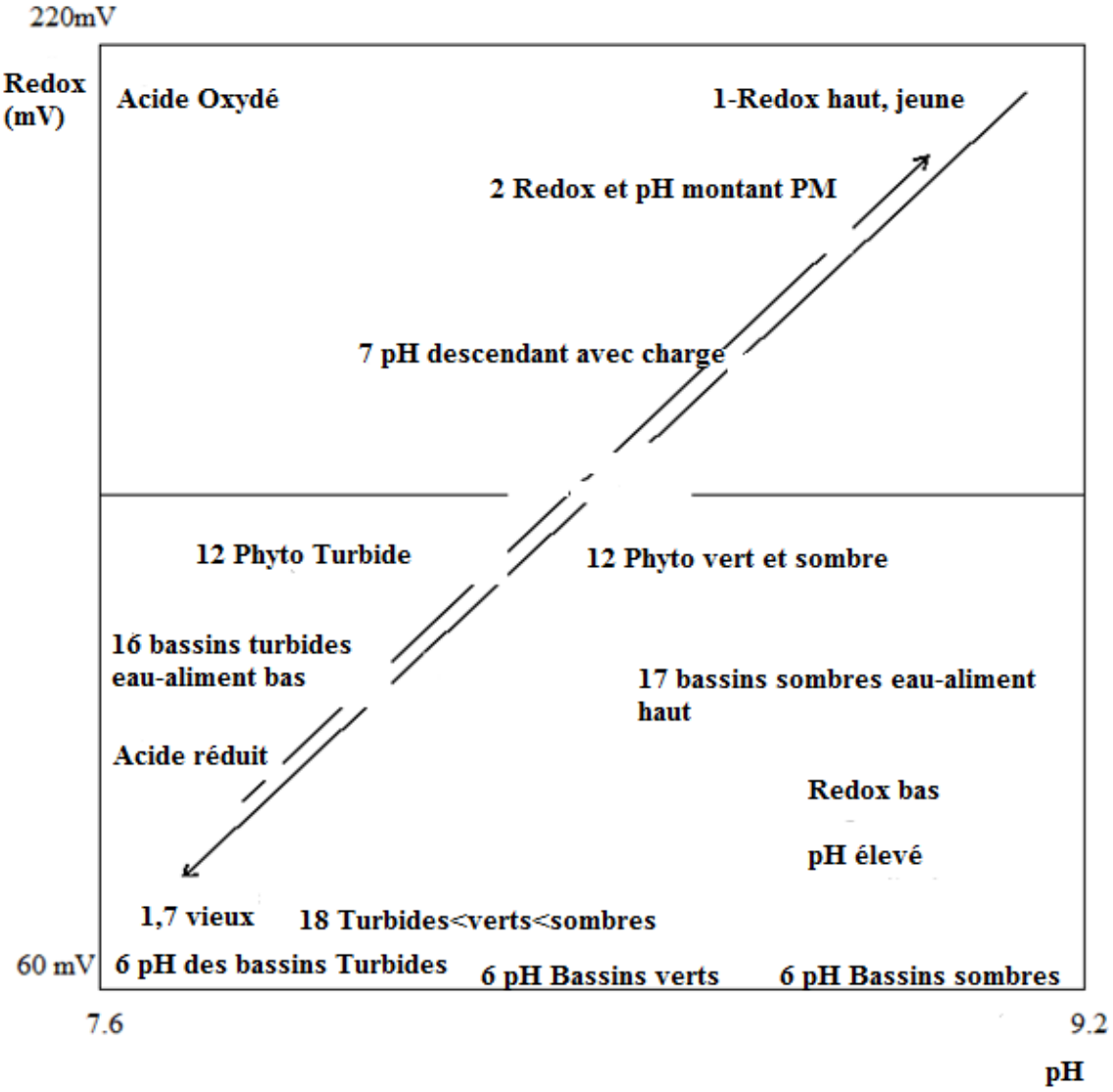
Annexe 9: L'utilisation simultanée du Redox et du pH







Annexe 10 : Affectation des données et caractéristiques associées sur les 18 points dans la discussion



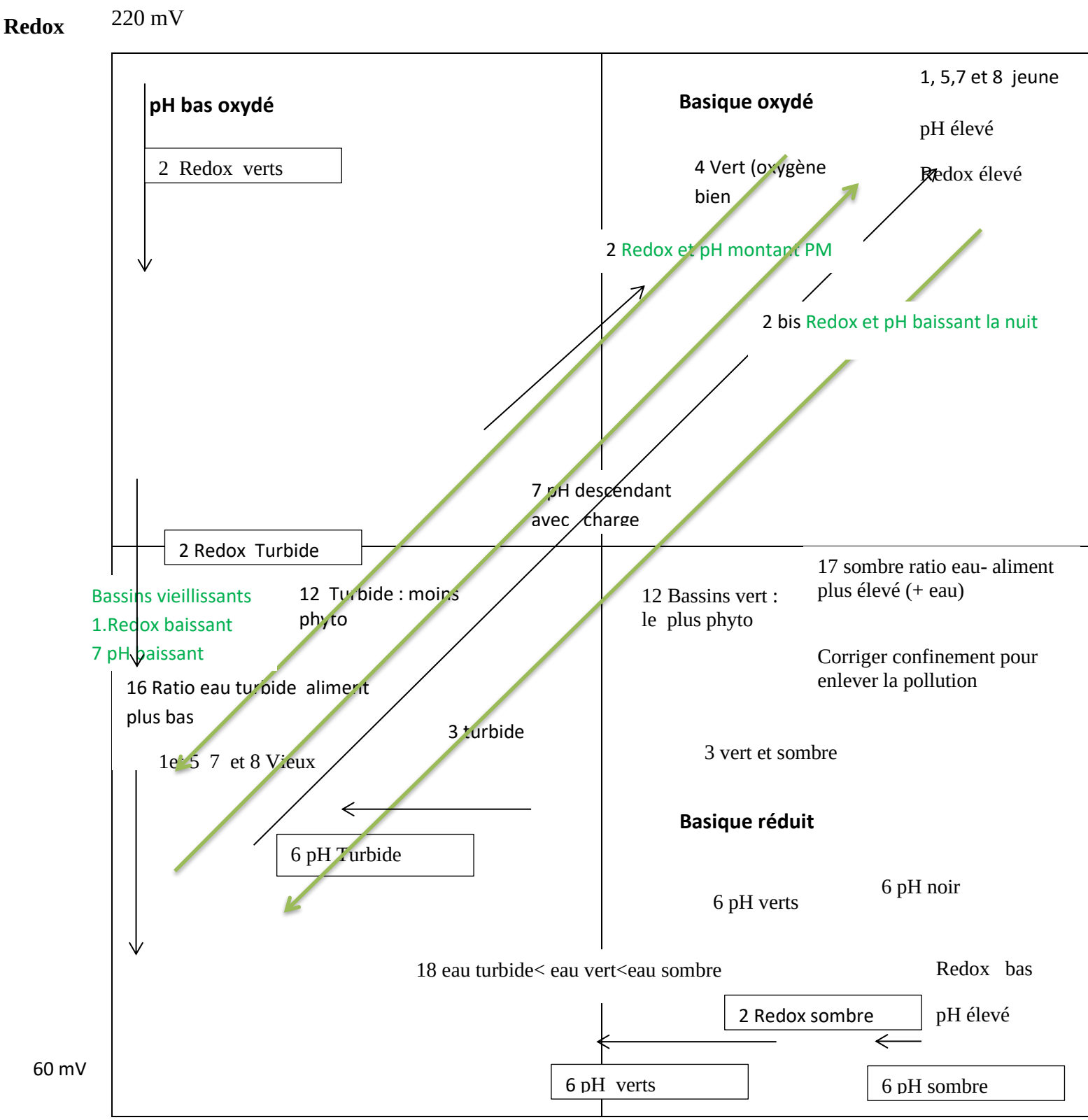
9 Cr Vert>Sombre et turbides

10 Cr turbide<Cr< sombre<Cr vert

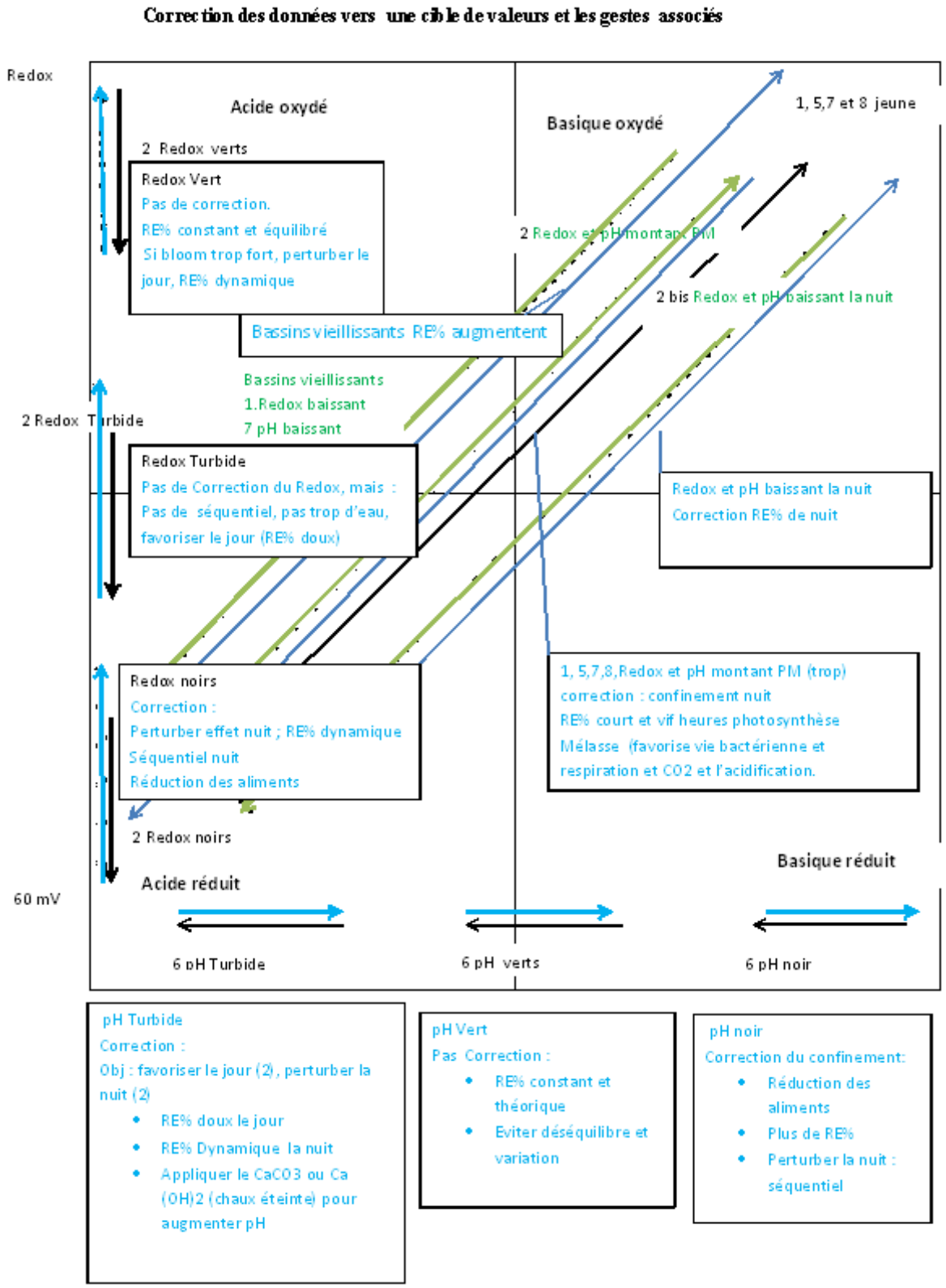
12 et 13 bassins turbides phyto ≤ bassins bassins sombres ≤ bassins verts

15,18 ratio eau aliment plus grand pour les jeunes bassins ; mais volume d'eau augmente avec âge et dose d'aliment.

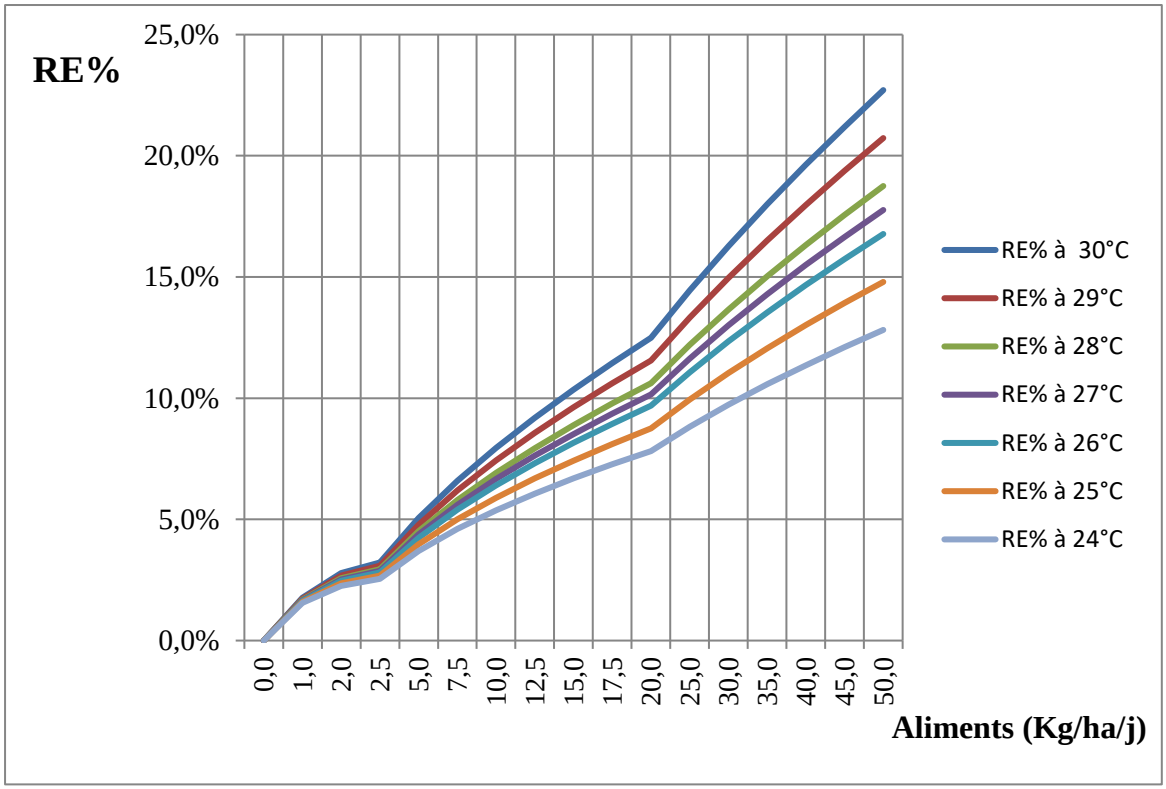
Annexe 11 : Corrélation entre variations des données relevées et caractéristique du bassin au moment des relevés dans un carré d'oxydo-réduction sur les 18 points dans la discussion



Annexe 12 : Correction des données vers une cible de valeurs dans un carré d'oxydo-réduction et les gestes associés sur les 18 points dans la discussion



Annexe 13 : Abaques des besoins en eau en fonction des besoins en aliment



Annexe 14: **Abaque de renouvellement d'eau**

Lecture des besoins de lame d'eau en fonction des besoins de renouvellements

Largeur moine	*1,2*

cste	*1,84*

Débit (m3/s)	H x √(H)	H : Lame d'eau (m)	*% de renouvellement Objectif*	
0,002	0,001	0,01	5%	6 000
0,006	0,003	0,02	10%	12 000
0,011	0,005	0,03	15%	18 000
0,018	0,008	0,04	20%	24 000
0,025	0,011	0,05	25%	30 000
0,032	0,015	0,06	30%	36 000
0,041	0,019	0,07	35%	42 000
0,050	0,023	0,08	40%	48 000
0,060	0,027	0,09	45%	54 000
0,070	0,032	0,1	50%	60 000
0,081	0,036	0,11	55%	66 000
0,092	0,042	0,12	60%	72 000
0,103	0,047	0,13	65%	78 000
0,116	0,052	0,14	70%	84 000

0,128	0,058	0,15
0,141	0,064	0,16
0,155	0,070	0,17
0,169	0,076	0,18
0,183	0,083	0,19
0,197	0,089	0,2
0,212	0,096	0,21
0,228	0,103	0,22
0,244	0,110	0,23
0,260	0,118	0,24
0,276	0,125	0,25
0,293	0,133	0,26
0,310	0,140	0,27
0,327	0,148	0,28
0,345	0,156	0,29
0,363	0,164	0,3
0,381	0,173	0,31
0,400	0,181	0,32
0,419	0,190	0,33
0,438	0,198	0,34
0,457	0,207	0,35
0,477	0,216	0,36
0,497	0,225	0,37
0,517	0,234	0,38
0,538	0,244	0,39
0,559	0,253	0,4
0,580	0,263	0,41
0,601	0,272	0,42
0,623	0,282	0,43
0,644	0,292	0,44
0,667	0,302	0,45
0,689	0,312	0,46
0,711	0,322	0,47
0,734	0,333	0,48
0,757	0,343	0,49
0,781	0,354	0,5

75%	90 000
80%	96 000
85%	102 000
90%	108 000
95%	114 000
100%	120 000

Annexe 15 : Comparaison de lame surverse et lame contrainte

La gestion des renouvellements en eau est satisfaisante.

La variation du niveau d'eau au cours d'un renouvellement fait fluctuer la Lame libre, rendant l'estimation du volume sortant imprécise et complexe.

La lame Contrainte n'a pas cet inconvénient, elle est stable et facile à mettre en place.

Dispositif (cm)	Débit Moine Moyen (m3/s)	Equivalent Lame Libre (cm)	Pourcentage de Renouvellement 12H (%)	Pourcentage de Renouvellement 24H (%)
0,5	**0,012**	***3,0***	1,6%	3,1%
0,75	**0,024**	***5,0***	3,1%	6,2%
1	**0,036**	***6,5***	4,7%	9,3%
2	**0,048**	***8,0***	6,2%	12,4%
3	**0,056**	***8,5***	7,3%	14,5%
4	**0,068**	***10,0***	8,8%	17,6%
5	**0,082**	***11,0***	10,6%	21,3%
6	**0,095**	***12,0***	12,3%	24,6%
7	**0,114**	***14,0***	14,8%	29,5%
8	**0,132**	***15,0***	17,1%	34,2%
9	**0,164**	***18,0***	21,3%	42,5%
10	**0,196**	***20,0***	25,4%	50,8%

Annexes 16 : Corrélation des paramètres

La corrélation entre les paramètres étudiés a été traitée sous le package Rcmdr version 2.7

Pearson's product-moment correlation

Chaque variable suit la loi normale.

a) Corrélation entre l'âge et la croissance des crevettes selon les couleurs d'eaux		
Data: AGE..Pm.en.g. and Croissance.des.bassins.sombres.. g/sem. t = 1.3661, df = 3, p-value = 0.2653 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.5797456 0.9710130 sample estimates: cor 0.6192726	***Data: AGE..Pm.en.g. and Croissance.des.bassins.turbides...g/sem .*** t = -0.72407, df = 2, p-value = 0.5443 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9852719 0.8992052 sample estimates: cor -0.4557327	***Data: AGE..Pm.en.g. and Croissance.des.bassin.verts. g/sem*** t = 1.9131, df = 3, p-value = 0.1517 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.4074208 0.9815868 sample estimates: cor 0.7413135
b) Corrélation entre les différentes valeurs d'oxygènes et la densité des algues en fonction des couleurs d'eaux.		
Data: Diff.O2 and Phytoplancton.BS t = 0.1713, df = 3, p-value = 0.8749 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.8583827 0.9023338 sample estimates: cor 0.09841739	***Data: Diff.O2 and Phytoplancton.BT*** data: Phytoplancton.BT and Oxygène des BT t = -5.1387, df = 2, p-value = 0.03585 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.99927602 -0.04181142 sample estimates: cor -0.9641545	***Data: Diff.O2 Phytoplancton.BV*** t = 4.1078, df = 3, p-value = 0.02612 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: 0.2094252 0.9948982 sample estimates: cor 0.9214385
c) Corrélation entre Redox et l'âge des crevettes selon les couleurs d'eaux		
Data: Pm and Redox.BS.AM t = -4.3301, df = 3, p-value = 0.02271 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9953711 -0.2555384 sample estimates: cor -0.928477	***Data: Pm and Redox.BT.AM*** t = -5.9769, df = 2, p-value = 0.02687 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9994597 -0.1860320 sample estimates: cor -0.9731303	***Data: Pm and Redox.BV.AM*** t = -3.2261, df = 3, p-value = 0.04836 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.992120633 0.005453895 sample estimates: cor -0.881052

Data: Pm and Redox.BS.PM t = -5.3201, df = 3, p-value = 0.01297 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9968549 -0.4259424 sample estimates: cor -0.950875	***Data: Pm and Redox.BT.PM*** t = -6.2796, df = 2, p-value = 0.02443 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9995093 -0.2320530 sample estimates: cor -0.9755662	***Data: Pm and Redox.BV.PM*** t = -3.3643, df = 3, p-value = 0.04359 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.99268247 -0.03166369 sample estimates: cor -0.8890926
Data: Pm (âge des crevettes) and Taux.de.RE% des bassins sombres t = 12.641, df = 3, p-value = 0.001068 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: 0.8615958 0.9994184 sample estimates: cor 0.9907424	**Data: Pm (âge des crevettes) and Taux.de.RE% des bassins turbides** t = -0.082479, df = 2, p-value = 0.9418 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9652947 0.9563807 sample estimates: cor -0.05822225	**Data: Pm (âge des crevettes) and Taux.de.RE des bassins verts**. t = 2.824, df = 3, p-value = 0.06652 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.1203181 0.9900842 sample estimates: cor 0.8524367
data: ΔRedox and ΔpH t = -2.9271, df = 3, p-value = 0.06114 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9906724 0.0899381 sample estimates: cor -0.8606178	**data: ΔRedox and ΔpH des BT** t = 0.11451, df = 2, p-value = 0.9193 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9544100 0.9668028 sample estimates: cor 0.08070988	**data: ΔRedox and ΔpH des BV** t = -0.225, df = 3, p-value = 0.8364 alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.9079008 0.8500579 sample estimates: cor -0.1288226

Annexe 17 : Analyse des variances (pH, densité de plancton et la croissance du cheptel)

1. pH

a) Normalité de la distribution

Shapiro-Wilk normality test

Data: pH de.l'eau

W = 0.89797, p-value = 0.1054

Conclusion : La distribution est normale car p-value>0.05

b) Homogénéité de variance

>Bartlett.test(pH.de.l.eau ~ Couleurs.des.bassins, data=Dataset)

Hypothèses H0: Les variances sont égales.

H1 : Les variances ne sont pas égales.

Bartlett test of homogeneity of variances

Data: pH.de l'eau par Couleurs des bassins

Bartlett's K-squared = 1.3747, df = 2, p-value = 0.5029

On accepte H0 puisque p-value>0.05

Conclusion: La distribution est homogène

ANOVA de pH de l'eau

> Summary(pH)

	Df	Sum	Sq Mean	Sq F value	Pr(>F)
Couleurs.des.bassins	2	0.5187	0.25936	17.95	0.000344 ***

Conclusion : Les pH de l'eau sont différents significativement selon la couleur de l'eau des bassins.

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
Turbides - Sombres == 0	-0.45275	0.08063	-5.615	< 0.001 ***
Verts - Sombres == 0	-0.06100	0.07602	-0.802	0.70910
Verts - Turbides == 0	0.39175	0.08063	4.859	0.00136 **

2. Phytoplancton

a) Normalité de la distribution

Shapiro-Wilk normality test

Data: Densités de phytoplancton (cell/ml)

W = 0.9575, p-value = 0.6819

Conclusion : La distribution est normale car p-value>0.05

b) Homogénéité de variance

> bartlett.test(Densités.de.phytoplancton..cell/ml. ~ Couleurs.des.bassins, data=Dataset)

Hypothèses H0: les variances sont égales.

H1 : Les variances ne sont pas égales.

Bartlett test of homogeneity of variances

Data: Densités.de.phytoplancton (cell/ml) by Couleurs.des.bassins

Bartlett's K-squared = 2.2391, df = 2, p-value = 0.3264

On accepte H0 puisque p-value>0.05.

Conclusion: La distribution est homogène

ANOVA de PLANCTON

> Summary (Densité des phytoplancton)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Couleurs.des.bassins	2	2467176851	1233588425	7.74	0.00797 **
Residuals	11	1753216635	159383330		

Conclusion : Les planctons sont différents significativement en termes de richesse de la colonne d'eau.

3. Croissance

a) Normalité de la distribution

Shapiro-Wilk normality test

Data: Croissances (g/semaine)

W = 0.96539, p-value = 0.8097

Conclusion : La distribution est normale car p-value>0.05

b) Homogénéité de variance

Hypothèse H0: les variances sont égales.

H1 : Les variances ne sont pas égales.

Bartlett.test(Croissances ~ Couleurs.des.bassins, data=Dataset)

Bartlett test of homogeneity of variances

Data: Croissances by Couleurs.des.bassins

Hypothèses H0: les variances sont égales.

H1 : Les variances ne sont pas égales.

Bartlett's K-squared = 4.1598, df = 2, p-value = 0.1249

On accepte H0 puisque p-value>0.05

Conclusion: La distribution est homogène

> Summary (ANOVA Croissance)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Couleurs.des.bassins	2	0.02488	0.01244	0.537	0.599
Residuals	11	0.25464	0.02315		

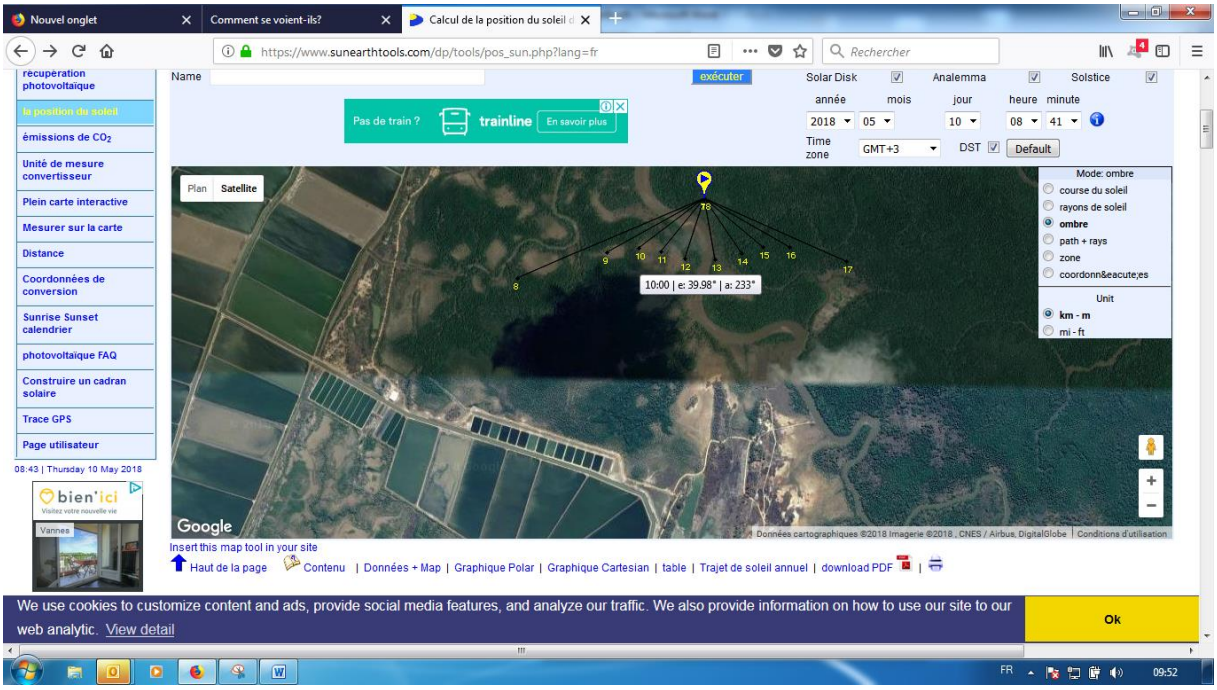
Conclusion : La performance des crevettes ne diffère pas significativement selon la couleur d'eau des bassins.

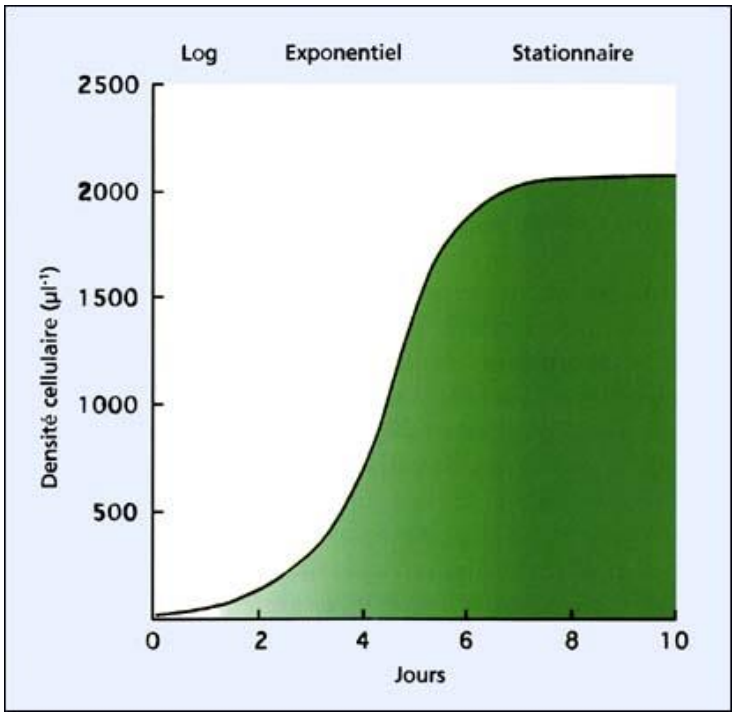
Annexe 18: Abaque de taux de nutrition indicatifs fonction Température et poids moyen

PM (g) / Tpre	22°C	25,5°C	29°C	32°C
0,05	5,3	7,3	8,5	10,1
0,2	5,2	5,5	5,9	6,2
1	3,5	3,8	4,2	4,4
5	2,5	3,1	3,6	4,0
10	1,7	2,3	3,0	3,5
15	1,3	1,9	2,5	3,0
20	1,1	1,8	2,5	3,0
25	0,9	1,6	2,2	2,7
30	0,7	1,4	2,0	2,5

Annexe 19 : Loi de Snell-Descartes pour la réfraction et phase de phytoplancton

La loi de Snell-Descartes de la réfraction exprime le changement de direction d'un faisceau lumineux lors de la traversée d'une paroi, séparant deux milieux différents. Chaque milieu est caractérisé par sa capacité à « ralentir » la lumière, modélisée par son indice de réfraction




Log
Exponentiel
Stationnaire
2500
2000
1500
1000
500
Densité cellulaire (µl⁻¹)
0
2
4
6
8
10
Jours

Annexe 20 : Valeurs hebdomadaires des différents paramètres : salinité, température, hauteurs de l'eau ; pluviométrie

Temps		9 -15 Nov	16 - 22 Nov	23 - 29 Nov	30/11-06 Dec	07-13 Dec	14 - 20 Dec	21 - 27 Dec	28 Déc-3 Janv	04 - 10 Janv	11-17 Janv	18 - 24 Janv	25 - 31 Janv	1-7 Fev	08-14 Fev	15 - 21 Fev	22 - 28 Fev	01 -7 Mars	8 -14 Mars	15- 21 Mars
T°C	Min	27,6	27,4	26,8	26,7	27,8	26,7	25,3	25,7	28,2	29,4	26,4	26,9	29,4	28,4	24,7	25,2	25	28,6	28,9
	Max	31,8	32,9	30,6	31,2	30,7	30,6	28,1	29,7	30,4	31,8	34	31,9	32,7	33	31	29,6	31,2	31,8	32
	Moy	29,6	29,7	28,7	29	29,3	29,2	26,6	27,6	29,3	30,5	30	29,6	30,9	30,5	28,3	27,6	27,8	29,9	30,1
Salinité (‰)	Min	34	23	28	25	27	24	8	4	3	4	7	5	2	10	11	4	2	1	6
	Max	40	38	36	33	31	30	24	12	11	12	18	15	18	25	26	14	10	13	15
	Moy	37,1	30,2	31,5	29,9	29,2	27,3	16,1	7,6	6,9	7,4	11,7	9,3	12,4	17,2	18,1	8,2	5,2	5,8	9,3
Hauteurs d'eaux moy		142	138	134	137	139	142	141	138	134	138	134	137	139	140	139	136	135	137	137
Pluviométrie (mm)		0	25,75	11,2	72,41	18,66	23,44	34,09	21,52	47,14	67,18	30,98	27,14	76,52	45,29	21,2	44,79	73,05	84,35	117,45
RE% par précipitation (%)		0	1,8	0,8	5,1	1,3	1,6	2,4	1,5	3,4	4,6	2,2	2	5,54	3,2	1,5	3,2	5,2	5,9	8,2
Passage cyclonique									AVA									Dumazile	ELIAKIM	

	Bassins verts
T	Bassins turbides
	Bassins sombres

Semaine 46

Date	N° Bassin / PG	O2 am	O2 pm	Journ	Tpre am	Tpre pm	Salinité	pH am	pH pm	Secchi am	Secchi pm	RedOx am	RedOx pm	couleurs
09/11/2017	101	6,4	7,5	1,1	28,2	30,7		8,44	8,4	70	60	105	88	
09/11/2017	102	2,6	6,9	4,3	28,9	31,2	38	7,59	8,17	30	35	124	127	T
09/11/2017	103	5	6,9	1,9	28	31,3		8,41	8,66	80	70	124	127	
09/11/2017	104	4,7	7	2,3	28,6	31,4	40	8,18	8,23	60	50	127	125	
09/11/2017	105													
09/11/2017	106	4,2	7,6	3,4	28,7	31,6	39	8,45	8,65	95	80	116	121	
09/11/2017	107	5,1	7,4	2,3	28,1	31,4		8,41	8,4	100	100			
09/11/2017	108	4	7,7	3,7	28,8	31,7	39	8,4	8,68	95	60	125	131	
09/11/2017	111	4,8	7,7	2,9	28,2	31		8,38	8,32	85	75	136	140	
09/11/2017	112	4,5	8,4	3,9	28,6	31,4	38	8,44	8,69	85	70			
09/11/2017	113	5,1	7,8	2,7	28	30,8		8,36	8,34	100	100	129	121	
09/11/2017	114	4,8	9,6	4,8	28,6	31,7	40	8,46	8,59	95	40			
09/11/2017	115	4,4	9,2	4,8	28,2	30,6		8,28	8,39	85	70	100	114	
09/11/2017	116	4,8	7,4	2,6	28,2	31,6	40	8,35	8,36	95	80	152	157	
09/11/2017	117	5	7,4	2,4	28	31,2		8,39	8,59	75	70	83	97	
09/11/2017	118	5,1	7	1,9	28	31	40	8,34	8,37	100	70			

Annexe 21 : Bases d'estimation de renouvellement d'eau journalier par semaine 46/2017 et 12/2018

Estimation des renouvellements d'eau journaliers par bassin sur la Ferme

Semaine 46		Ouverture 1							Ouverture 2							Moyennes débits			Renouv. Réel
		Début			Fin			Temps ouverture 1	Début			Fin			Temps ouverture 2			Gain eau (l	
		Lame 1	Lame 2	Lame 3	Lame 1	Lame 2	Lame 3		Lame 1	Lame 2	Lame 3	Lame 1	Lame 2	Lame 3		Débit 1	Débit 2		
Module 1	101	11 cm	10 cm	10 cm	9 cm	9 cm	9 cm	12 H	10 cm	11 cm	12 cm	9 cm	9 cm	9 cm	12 H	8 602	9 055	17 657	16%
	103	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	12 H	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	6 475	10 440	16 915	15%
	105																		0%
	107																		0%
	109																		0%
	111	7 cm	6 cm	6 cm	5 cm	4 cm	4 cm	12 H	8 cm	8 cm	7 cm	6 cm	6 cm	6 cm	12 H	3 535	5 114	8 649	8%
	113	7 cm	7 cm	7 cm	5 cm	5 cm	5 cm	12 H	8 cm	8 cm	9 cm	7 cm	7 cm	7 cm	12 H	4 206	6 077	10 282	9%
	115	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	9 049	9 049	18 098	16%
	117	6 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	12 H	17 cm	16 cm	17 cm	12 cm	13 cm	14 cm	12 H	3 363	16 354	19 717	18%
	119																		0%
Module 2	102	19 cm	18 cm	19 cm	7 cm	8 cm	9 cm	12 H	14 cm	14 cm	14 cm	12 cm	12 cm	12 cm	12 H	13 938	13 413	27 351	25%
	104	10 cm	10 cm	9 cm	9 cm	7 cm	7 cm	12 H	13 cm	13 cm	13 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	7 315	11 895	19 210	17%
	106	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	9 049	9 049	18 098	16%
	108	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	12 H	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	12 H	3 199	7 091	10 291	9%
	110																		0%
	112																		0%
	114																		0%
	116	3 cm	3 cm	3 cm	4 cm	4 cm	4 cm	12 H	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	12 H	1 874	2 289	4 163	4%
	211	8 cm	8 cm	8 cm	10 cm	10 cm	11 cm	12 H	12 cm	12 cm	12 cm	12 cm	12 cm	12 cm	12 H	7 944	11 895	19 839	28%
	212	6 cm	6 cm	5 cm	8 cm	8 cm	7 cm	12 H	6 cm	6 cm	5 cm	8 cm	8 cm	7 cm	12 H	4 935	4 935	9 870	12%
Module 3	118	8 cm	9 cm	10 cm	8 cm	8 cm	10 cm	6 H	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	3 769	0	3 769	3%
	120	6 cm	6 cm	6 cm	8 cm	8 cm	8 cm	12 H	15 cm	16 cm	16 cm	13 cm	13 cm	13 cm	12 H	5 300	15 530	20 830	19%
	122	5 cm	5 cm	5 cm	7 cm	7 cm	7 cm	12 H	18 cm	18 cm	18 cm	14 cm	15 cm	15 cm	12 H	4 206	18 891	23 096	21%
	124																		0%
	126	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	9 049	9 049	18 098	24%
	128	5 cm	6 cm	0 cm	5 cm	5 cm	0 cm	12 H	4 cm	5 cm	0 cm	4 cm	5 cm	0 cm	12 H	2 297	1 830	4 126	9%
	130																		0%
	121	6 cm	6 cm	8 cm	8 cm	8 cm	9 cm	12 H	13 cm	13 cm	14 cm	10 cm	10 cm	11 cm	12 H	5 897	11 655	17 552	16%
	123	5 cm	4 cm	5 cm	4 cm	4 cm	6 cm	12 H	5 cm	5 cm	6 cm	5 cm	5 cm	6 cm	12 H	2 904	3 535	6 439	6%
	125	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	12 H	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	12 H	5 300	5 300	10 599	10%
	127	6 cm	6 cm	6 cm	7 cm	7 cm	7 cm	6 H								2 371		2 371	2%
	129	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	9 049	9 049	18 098	23%
	132	8 cm	8 cm	12 cm	8 cm	8 cm	11 cm	12 H	8 cm	8 cm	14 cm	8 cm	7 cm	13 cm	12 H	8 037	8 849	16 885	21%
Module 4	213	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	12 H	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	2 289	10 440	12 729	14%
	215	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 H								2 103		2 103	2%
	216	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	6 H								6	6	6	0%
	217	5 cm	5 cm	0 cm	5 cm	5 cm	0 cm	12 H	18	18 cm	0 cm	18 cm	18 cm	0 cm	12 H	2 133	11 004	13 137	12%
	218	8 cm	8 cm	0 cm	8 cm	8 cm	0 cm	6 H								2 158		2 158	2%
	219	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	12 H	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	12 H	5 300	25 595	30 894	28%
	214	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 H								2 103		2 103	2%
	220	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	12 H	14 cm	14 cm	14 cm	114 cm	14 cm	14 cm	12 H	0	58 831	58 831	53%
	221	14 cm	14 cm	14 cm	14 cm	14 cm	14 cm	12 H	14 cm	14 cm	14 cm	14 cm	14 cm	14 cm	12 H	14 990	14 990	29 980	27%
	222	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	10 440	10 440	20 880	19%

Estimation des renouvellements d'eau journaliers par bassin sur la Ferme

Semaine 12

		Ouverture 1							Ouverture 2							Moyennes			Renouv. Réel
		Début			Fin			Temps ouverture	Début			Fin			Temps ouverture			Gain	
		Lame 1	Lame 2	Lame 3	Lame 1	Lame 2	Lame 3		Lame 1	Lame 2	Lame 3	Lame 1	Lame 2	Lame 3		Débit 1	Débit 2		
Module 1	101																		0%
	103																		0%
	105	5 cm	4 cm	4 cm	5 cm	5 cm	5 cm	4 H	15 cm	14 cm	16 cm	13 cm	14 cm	14 cm	4 H	963	5 178	6 141	6%
	107	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	4 H	13 cm	12 cm	14 cm	11 cm	11 cm	12 cm	4 H	0	4 052	4 052	4%
	109	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	4 H	14 cm	15 cm	15 cm	13 cm	14 cm	14 cm	4 H	0	5 088	5 088	5%
	111																		0%
	113																		0%
	115																		0%
	117	25 cm	24 cm	24 cm	20 cm	21 cm	19 cm	12 H	20 cm	21 cm	20 cm	22 cm	23 cm	22 cm	12 H	29 870	28 201	58 071	53%
	119	10 cm	11 cm	11 cm	5 cm	6 cm	6 cm	12 H	4 cm	4 cm	5 cm	11 cm	10 cm	11 cm	12 H	6 687	5 884	12 571	11%
Module 2	102	10 cm	10 cm	11 cm	9 cm	10 cm	10 cm	4 H	20 cm	20 cm	20 cm	30 cm	30 cm	30 cm	6 H	3 018	17 885	20 903	19%
	104	10 cm	10 cm	9 cm	9 cm	9 cm	8 cm	4 H	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	8 cm	4 H	2 650	2 158	4 808	4%
	106	8 cm	8 cm	8 cm	7 cm	8 cm	8 cm	4 H	8 cm	8 cm	9 cm	7 cm	8 cm	8 cm	4 H	2 092	2 160	4 252	4%
	108																		0%
	110	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	12 H	9 049	1 487	10 536	10%
	112	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	12 H	9 049	1 487	10 536	10%
	114	10 cm	10 cm	10 cm	9 cm	10 cm	10 cm	4 H	12 cm	12 cm	12 cm	12 cm	11 cm	12 cm	4 H	2 942	3 883	6 825	6%
	116	9 cm	9 cm	9 cm	7 cm	6 cm	8 cm	4 H	10 cm	9 cm	9 cm	8 cm	7 cm	7 cm	4 H	2 160	2 297	4 458	4%
	211	5 cm	4 cm	5 cm	5 cm	4 cm	5 cm	4 H	9 cm	9 cm	8 cm	7 cm	7 cm	6 cm	4 H	965	2 028	2 993	4%
	212	9 cm	9 cm	8 cm	7 cm	7 cm	6 cm	4 H	9 cm	9 cm	8 cm	7 cm	7 cm	6 cm	4 H	2 028	2 028	4 055	5%
Module 3	118	13 cm	13 cm	13 cm	13 cm	13 cm	13 cm	4 H	18 cm	18 cm	18 cm	18 cm	18 cm	18 cm	4 H	4 471	7 284	11 755	11%
	120	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	16 H	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	6 H	22 166	991	23 157	21%
	122	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	4 H	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	4 H	6 686	6 686	13 372	12%
	124	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	4 H	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	4 H	3 480	3 480	6 960	7%
	126	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	4 H	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	4 H	2 575	2 575	5 151	7%
	128	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	4 H	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm	4 H	496	496	991	2%
	130	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	0	0	0	0%
	121	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	4 H	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	4 H	3 480	3 480	6 960	6%
	123	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	0	0	0	0%
	125	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 H	0	0	0	0%
	127	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	4 H	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	4 H	2 575	2 575	5 151	5%
	129	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	4 H	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	4 H	3 016	3 016	6 033	8%
	132	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	16 H	2 cm	2 cm	2 cm	2 cm	2 cm	2 cm	8 H	22 166	540	22 705	28%
Module 4	213	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 H	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm	8 H	763	3 219	3 982	4%
	214	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	11 cm	12 H	10 440	10 440	20 880	19%
	215	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm	12 H	18 cm	18 cm	18 cm	18 cm	18 cm	18 cm	12 H	2 289	21 853	24 142	22%
	216	7 cm	7 cm		7 cm	7 cm		4 H	16	16 cm		16 cm	16 cm		12 H	1 178	9 825	11 002	10%
	217	7 cm	7 cm		7 cm	7 cm		4 H	19 cm	19 cm		16 cm	16 cm		12 H	1 178	13 966	15 144	14%
	218	7 cm	7 cm		7 cm	7 cm		4 H	16 cm	16 cm		16 cm	16 cm		12 H	1 178	12 209	13 387	12%
	219																		0%
	220	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	12 H	13 cm	13 cm	13 cm	15 cm	15 cm	15 cm	12 H	9 049	14 990	24 039	22%
	221																		0%
	222																		0%

Source : OSO Farming-LGA, 2018

Annexe 22: Moyennes de taux de renouvellement d'eau hebdomadaire

Bassins Verts					
Semaines	[0-5[	[5-10[	[10-15[	[15-20[	[20-25[
1	4%	9%	15%	18%	
2	6%	9%	15%	15%	
3	3%	10%	18%	19%	
4	5%	12%	16%	12%	
5	5%	9%	13%	13%	
6	5%	12%	13%	16%	
7	6%	11%	19%	22%	
8	8%	9%	13%	14%	13%
9	4%	9,7%	12%	14%	12%
10	3%	3%	8%	10%	6%
11	5%	11%	14%	12%	15%
12	6%	13%	14%	15%	13%
13	5%	12%	14%	17%	16%
14	7%	10%	15%	17%	15%
15	9%	12%	14%	20%	17%
16	5%	9%	15%	14%	15%
17	2%	5%	8%	12%	10%
18	4%	9%	15%	17%	12,8%
19	10%	5%	6%	26%	14%

	Bassins sombres				
Semaines	[0-5[	[5-10[	[10-15[	[15-20[	[20-25[
1	5%	16%	19%		
2			20%		
3	7%	8%	13%		
4	8%	13%	15%	11%	
5	8%		15%	14%	
6	6%	10%	19%	18%	
7		14%		17%	
8			20%	18%	
9				17%	25%
10			5%	6%	7%
11			12%		20%
12					21%
13			14%	19%	
14			16%	19%	30%
15				21%	
16				23%	25%
17					
18					18%
19					

	Bassins Turbides			
Semaines	[5-10[	[10-15[	[15-20[	[20-25[
1		15%	14%	
2		11%		
3		12%		
4			8%	
5			9%	
6			12%	
7			9%	
8	8%	20%		14%
9		14%		13%
10				8%
11				9%
12				
13				10%
14	8%		14%	9%
15		14%	4%	10%
16		17%	11%	16%
17	5%		4%	5%
18	11%	8%	9%	3%
19		3%		3%