RSTE Revue des Sciences, de Technologies et de l'Environnement

RÔLE DE LIANTS SUR LA QUALITÉ DE GRANULÉS POUR L'ÉLEVAGE DE CREVETTES PÉNÉIDES

ANDRIANTAHINA F.[a,*], RAJAONARIVELO M.N.[b], RANDRIANJAFY V.N.R.[c], RAZAFINDRAJAONA J.M.[a,d]

[a] *Institut Supérieur de Technologie d'Ambositra (ISTA), Ex Bâtiment HODIMA, Ankorombe, Ambositra (306), Madagascar*

[b] *Centre National de Recherches Océanographiques (CNRO), Sarodravay Marodoka, Nosy Be (207), Madagascar*

[c] *Faculté des Sciences, Technologie et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga, Mahajanga (401), Madagascar*

[d] *Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA), Université d'Antananarivo, Antananarivo (101), Madagascar*

* Auteur correspondant : ANDRIANTAHINA

Adresse : Institut Supérieur de Technologie d'Ambositra (ISTA), Ex Bâtiment HODIMA, Ankorombe, Ambositra (306), Madagascar

E-mail: andriantahinaf@yahoo.fr

Résumé :

Les aliments représentent 35% à 45% des charges d'exploitation des sociétés crevetticoles de *Penaeus monodon* malgaches et ils sont généralement importés. Techniquement, les liants déterminent le succès des granulés car un liant de mauvaise qualité ou à dose insuffisante entrainera leur effritement rapide dans l'eau. Cette recherche a pour objectif d'étudier la faisabilité de la fabrication d'aliments locaux couplée à l'importance des liants pour minimiser le coût de production. Trois liants ont été testés : *Tacca pinnatifuda* (liant 1), *Manihot esculenta* (liant 2) et *Zea maysis* (liant 3) avec six doses d'incorporation : 0%, 1%, 2%, 3%, 4% et 5%. Les durées de cuisson des aliments ont été 10 et 15mn et la qualité des granulés a été évaluée à l'œil nu par leur flottabilité et leur stabilité ou résistance de séjour dans l'eau de mer. Les résultats traités par le logiciel Excel 2010 ont montré que les granulés avec 1 à 3% de liant 1 fournissent le meilleur taux de flottabilité, soit 97% contre 95% pour les granulés avec liant 2 et 90% pour les granulés avec liant 3 mais tous les granulés aux doses de 4 à 5% ont été immergés. Les granulés avec liant 1 plongent le mieux, directement au fond, par rapport aux autres. Ceux avec 1% de liant 2 et cuits pendant 10mn sont les plus résistants car ils peuvent endurer 6h 14mn, contre 4h 58mn pour les granulés avec liant 3 et 4h22mn pour les granulés avec liant 1. La durée de cassabilité augmente respectivement de 1mn, 3mn et 6mn en passant de 10 à 15mn de cuisson. Les aliments locaux sont plus efficients car ils ont présenté les mêmes caractéristiques que les aliments importés mais moins chers. Les tests in vivo feront suite à la présente recherche.

Mots clés : *aliments locaux, liants, flottabilité, stabilité, Creveticulture, Penaeus monodon*

Abstract :

Food accounts 35% to 45% of the operating costs of malagasy *Penaeus monodon* shrimp companies and they are generally imported. Technically, binders determine the success of pellets because a binder of poor quality or an insufficient dose will be crumbled very quickly in contact with water. This research aims to study the feasibility of local food manufacturing coupled with the importance of binders in order to minimize the production cost. Three binders were tested: *Tacca pinnatifuda* (binder 1), *Manihot esculenta* (binder 2) and *Zea maysis* (binder 3) with six incorporation doses: 0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5%. The cooking durations of the food were 10 and 15 minutes and the pellets' quality was assessed with the naked eye by their buoyancy and their stability or staying resistance in the sea water. The results processed by the Excel 2010 software showed that the pellets with 1 to 3% of binder 1 provide the best buoyancy rate, ie 97% against 95% for the pellets with binder 2 and 90% for the pellets with binder 3 but the whole pellets with doses of 4 to 5 % were immersed. The pellets with binder 1 dive best, directly at the bottom, relative to others. Those with 1% binder 2 and cooked for 10 minutes are the most resistant because they can endure 6h 14mn, against 4h 58mn for pellets with binder 3 and 4h22mn for the pellets with binder 1. Thus, the duration of breakability increases respectively by 1mn, 3mn and 6mn from 10 to 15mn of cooking. Local foods are more efficient because they have the same characteristics as those imported but cheaper. The *in vivo* trial will be realized following the present research

Keywords : *local pellets, binders, buoyancy, stability, Penaeus monodon*

I. INTRODUCTION

La crevetticulture industrielle a connu un essor considérable. Débutée en 1994 avec un tonnage de 406 tonnes, l'exportation de la production crevettière malagasy a rapidement augmentée de 5.195 tonnes en 2001 à 8.354 tonnes en 2007 (ANDRIANTAHINA et al., 2013).

Les aliments représentent 35% à 45% des charges d'exploitation des sociétés crevetticoles malagasy et ils sont généralement importés. Avant les années 70, les aliments utilisés pour la crevetticulture sont essentiellement composés d'aliments naturels et de nourritures fraîches comme les Mollusques, Calmars, Coquillages, Crabes, Têtes de crevette... (FELIX et OSCAR 2018; YU et al., 2015). De par les différents problèmes créés par l'utilisation de ces aliments tels que le stockage, la préparation avant la distribution, les pollutions qu'elle peut créer pour le bassin d'élevage, ... Les chercheurs et les opérateurs ont essayé de formuler des aliments dits « artificiels » ou « granulés » (RANDRIAMIARISOA 1997 ; KANAZAWA et al., 1991) afin de résoudre ces problèmes. Ces aliments artificiels ont connu leur succès et ne cessent de s'améliorer pour les élevages de type industriel (SEONGHUN et al., 2018 ; LEE et al., 2016 ; YU et al., 2015).

A Madagascar, les sociétés crevetticoles n'emploient que de granulés importés, où

les essais de l'utilisation des aliments locaux, aussi bien artificiels que frais s'effectuent comme une opportunité certaine. Quelle que soit la qualité des ingrédients utilisés, le liant détermine le succès (SEONGHUN et al., 2018 ; NOR et al., 2017 ; LIU et al., 2008). En effet, un granulé utilisant un liant de mauvaise qualité ou en quantité insuffisante va s'effriter très rapidement au contact de l'eau. Les crevettes sont benthiques et mâchent lentement les aliments. Donc, les granulés doivent être stables pendant au moins deux heures de temps et doivent plonger directement dans le fond (SEONGHUN et al., 2018 ; NOR et al., 2017 ; YU et al., 2015 ; Solomon et al., 2011).

Au regard des ingrédients disponibles, l'objectif global arrêté par cette recherche est d'assurer la sécurité alimentaire et le développement socio-économique de Madagascar. Elle a pour objectifs spécifiques d'étudier la faisabilité de la fabrication d'aliments locaux couplée à l'importance des liants pour minimiser le coût de production.

Les aliments testés sont composés d'une part des trois variantes de liants et d'autre part utilisant aucun liant. Le premier ne contient aucun liant, le deuxième est composé de la fécule, le troisième test est axé sur l'emploi de la farine de manioc et le dernier est réalisé en utilisant de la farine de maïs. La durée de cuisson a été également étudiée, ainsi que le taux utilisé.

La recherche consiste à déterminer les caractères physiques et chimiques des aliments testés tels que la flottabilité et la stabilité. Elle comprend cinq parties dont la première concerne l'introduction. La deuxième partie est axée sur les matériels et les méthodes utilisées lors des expérimentations, la troisième fournit les résultats et discussions. Les deux dernières parties sont réservées aux recommandations et à la conclusion.

II. MATERIELS ET METHODES

Des descriptions concernant les matériels et les techniques d'approche ont été traitées dans cette partie.

II.1. Matériels

Cette recherche a été réalisée au sein du Centre de Développement de l'Aquaculture (CDA) à Antsahanibingo Mahajanga.

II.1.1 : Matières premières

Si la plupart des matières premières, telles que le son du riz, le manioc, le poisson, le coquillage, l'os, la fécule, la farine de maïs, la farine de manioc et les têtes de crevettes ont été acquis à Madagascar, à Mahajanga plus précisément, les autres matières premières, telles que le son de blé, le soja et la farine de manioc proviennent respectivement d'Antsirabe, de Bealanana

et de Tsaratanàna. L'huile de soja est le produit issu de l'huilerie TIKO d'Antsirabe.

II.1.2 : Matériels pour la fabrication des aliments

Les matériels utilisés pour la fabrication des aliments sont : des ingrédients (trois types d'ingrédient ont été utilisés: les ingrédients granulés, liquides et les poudres), un broyeur, un tamis de 408 microns de maille (il s'est servi pour passer des matières pulvérulentes), des plateaux et des cuvettes en plastique, une bouteille à gaz, un réchaud, une marmite et une cuillère à soupe (pour la cuisson des liants), des éprouvettes graduées de volume de 1.000 ml, des béchers graduées de volume de 500 ml, une balance de précision d'une portée de 5.000 g (pour le pesage des ingrédients), un réfrigérateur (pour la conservation des valeurs qualitatives des vitamines), un mélangeur, un extruseur ou pelletiseur, un cuiseur à vapeur ou marmite à étuvée, appelé encore steamer (en anglais), un couteau, du savon de Marseille et de l'eau savonneuse et des chamoisines.

II.1.3 : Matériels pour la détermination des paramètres de l'eau

La thermosonde (un appareil manuel un peu sophistiqué) a été utilisée pour la mesure de la salinité, la température et l'oxygène dissous. Le kit HORIBA a permis aussi de mesurer le pH, la salinité, l'oxygène dissous, la température, la turbidité et la conductivité de l'eau.

II.1.4 : Matériels pour les tests de flottabilité et de stabilité

Les matériels nécessaires pour la réalisation des tests de flottabilité et de stabilité sont 10 grammes des granulés, 2 litres d'eau de mer, un plateau, un bécher, une montre un thermomètre, un salinomètre et un pH–mètre.

Ces matériels sont faciles à utiliser et à manipuler mais présentent certains inconvénients. Les valeurs lues sont approximativement de l'ordre de plus ou moins de 0,1 et les conditions d'utilisation sont très restreintes.

II.1.5 : Variantes de liants

Les trois variantes de liants ont été testées dont la fécule (*Tacca pinnatifuda*), la farine de manioc (*Manihot esculenta*) et la farine de maïs (*Zea maysis*). Les durées de cuisson de ces aliments sont 10 minutes et 15 minutes. Les doses de liants utilisées sont de l'ordre de zéro à cinq pour cent.

II.2. Matériels

Cette partie présente les différentes méthodes utilisées pour la réalisation de cette expérimentation.

II.2.1 : Processus de fabrication des aliments

Le procédé de fabrication des aliments est illustré par les différentes étapes suivantes :

II.2.1.1 : Ingrédients

Les protéines marines et végétales, huile de soja et de poisson, lécithine, cholestérol, pré-mélange vitaminé contenant de la vitamine C stabilisée, pré-mélange d'oligo-éléments, antioxydant, antimoisissure et les phosphates ont été utilisés pour la fabrication de granulés. Nous avons garanti : ne pas ajouter des substances bannies par l'Union Européenne.

II.2.1.2 : Broyage

Les ingrédients granulés ont broyé jusqu'à avoir une taille inférieure à 408 microns. Nous avons eu des particules plus fines. Cette finesse permet de mieux compacter tous les ingrédients, améliorant ainsi la stabilité des granulés dans l'eau.

II.2.1.3 : Tamisage

Après le broyage, les ingrédients ont été passés dans le tamis constituant un séparateur. Les particules très fines, c'est - à - dire les farines ont été descendues dans la partie basse tandis que les particules trop grosses retournent dans le broyeur.

II.2.1.4 : Pesage

Cette étape consiste à peser les poudres des ingrédients suivant les proportions établies dans la formule alimentaire choisie.

II.2.1.5 : Mélange et adduction des liquides

Le liant a été dissous dans l'eau froide et le mélange a été bouilli incessamment jusqu'à l'obtention d'une pâte gluante. On a laissé refroidir puis on a introduit les microéléments tels que les vitamines et les sels minéraux. C'était le pré-mélange. Les autres ingrédients finement broyés ont été mis dans un mélangeur. C'est à ce stade aussi qu'ont été ajoutés les ingrédients liquides tels que l'eau et l'huile de soja. Ensuite, les ingrédients bien mélangés ont été passés dans un pelletiseur ou extruseur.

II.2.1.6 : Extrusion ou pelletisation et couperet

Ce processus permet d'avoir les différentes formes de granulés nécessaires. Il y a plusieurs types de filières, c'est - à - dire de divers diamètres de trous permettant d'avoir de différentes tailles de granulés.

II.2.1.7 : Cuisson à la vapeur

Le cuiseur à la vapeur est constitué de deux cuves dont les parois sont chauffantes. Les granulés restent pendant 10 et 15 minutes dans le cuiseur pour augmenter la dureté et pour prolonger le temps de contact de la

vapeur. Enfin, le refroidissement et le séchage des granulés se font à l'air ambiant.

II.2.2 : Mise en sachet

Les granulés sont mis en sachet plastique de 5 .000 g selon la variante et la teneur de liants utilisés ainsi que le temps de cuisson.

II.2.3 : Stockage

Pour les résultats optimums, l'aliment a été conservé dans un endroit sec, frais et aéré. Les emballages ne sont pas mis en contact direct du sol et des murs.

II.2.4 : Méthodologie du travail

Après chaque utilisation des matériels et fabrication de granulés, les matériels et les machines ont été nettoyés à l'eau savonneuse pour les désinfecter.

II.2.5 : Tests de flottabilité

La flottabilité fait partie des critères nécessaires pour la détermination de la qualité d'un aliment. Elle permet de connaître le pourcentage des granulés qui plongent directement au fond.

La méthode utilisée durant les tests consiste à prendre un plateau contenant 2 litres d'eau de mer, puis d'y mettre 10 grammes de granulés.

On note les différents paramètres de flottabilité observés en fonction du temps. L'observation s'effectue à l'œil nu. Mais, avant de commencer les tests, on doit procéder aux prises de température, de salinité et du pH de cette eau de mer.

Les tests de flottabilité sont faciles à réaliser et n'exige pas des matériels sophistiqués mais présentent certains inconvénients. Ils s'effectuent au milieu fermé. Les conditions d'utilisation de ces matériels sont très restreintes.

II.2.6 : Tests de stabilité

La stabilité fait également partie des critères nécessaires pour la détermination de la performance d'un aliment.

Pour obtenir des résultats optimums et plus précis, nous avons effectué deux tests de stabilité qui se différencient aux points de vue de la durée de résistance de granulés et du poids perdu de granulés après submersion.

II.2. 6.1 : Premier test de stabilité

Il permet de connaître la durée de résistance des granulés à tester dans l'eau de mer.

La méthode utilisée durant le test consiste à prendre un bécher contenant 150 ml d'eau de mer puis d'y mettre 10 grammes de granulés en agitant toutes les 10 minutes pour être sûr que les granulés sont complètement résistés.

Les différents paramètres de stabilité observés ont été notés en fonction du temps. Mais avant de commencer le test, on procède aux prises de température, de

salinité, d'oxygène dissous et du pH de cette eau de mer.

L'observation a été effectué à l'œil nu et par pression manuelle. La méthode utilisée est facile à réaliser et n'exige pas des matériels sophistiqués mais permet de connaître la durée de résistance des granulés à tester.

II.2. 6.2 : Deuxième test de stabilité

Il permet de connaître le pourcentage du poids perdu de granulés à tester après six heures de temps de submersion dans l'eau de mer.

La méthode utilisée consiste à prendre un grand bac plastique contenant 30 litres d'eau de mer puis d'y mettre un tamis de 500 microns de maille contenant 30 grammes de granulés en agitant toutes les 10 minutes. Le séchage de granulés imbibés d'eau se fait à l'air ambiant pendant 24 heures. Après une journée, nous avons pesé le poids final de granulés pour pouvoir calculer le pourcentage du poids perdu.

Les résultats obtenus ont été exprimés en pourcent (%) et voici la formule appliquée (ANDRIANTAHINA *et al.*, 2017) :

$$P.P.P = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$$

Avec : - P.P.P : Pourcentage du Poids Perdu

- Pi : Poids initial
- Pf : Poids final

Autrement dit, c'est la différence numérique du poids initial et du poids final de granulés, divisé par son poids initial et multiplié par 100.

II.2.7 : Traitements statistiques

Les données sur la flottabilité et la stabilité rassemblées ont été inscrites sur des fiches des données brutes puis transférées dans une base de données, et traitées par les logiciels Excel 2010.

Les données sur le deuxième test de stabilité ont été traités et analysés mathématiquement : (i) soit par comparaison des deux moyennes de cas des échantillons de petite taille (n<30) ; (ii) soit par un test « *r* » (corrélation statistique). Ces traitements statistiques sont présentés en annexes 1 et 2 respectivement.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

La section suivante présente les résultats de l'expérimentation les discussions concernées cette recherche.

III.1. Flottabilité de liants

Les aliments testés sont composés d'une part des trois variantes de liants et d'autre part utilisant aucun liant. Les trois variantes de liants ont été testées à savoir la fécule (*Tacca pinnatifuda*), la farine de manioc (*Manihot esculenta*) et la farine de maïs (*Zea maysis*). Les durées de cuisson de ces

aliments ont été 10 minutes et 15 minutes. Les doses de liants utilisées ont été de l'ordre de zéro à cinq pour cent (0 à 5%).

Les résultats du test de flottabilité de l'aliment « aucun liant » cuit pendant 10 et 15 minutes sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Résultats du test de flottabilité de l'aliment « aucun liant » cuit pendant 10 et 15 minutes

OBSERVATIONS	DUREE	
	10 mn	15 mn
80% de granulés sont immergés	00 s	00 s
90% de granulés sont immergés	3 mn	3 mn 05 s
Tous les granulés sont immergés	5 Mn	5 Mn 05 s

Source : Auteur, 2019

Les résultats du test de flottabilité de l'aliment aucun liant cuit pendant 10 et 15 minutes ont montré que 80% seulement possèdent une flottabilité normale (Tableau 1). Ces résultats concordent avec ceux des autres chercheurs (FELIX *et al.*, 2018 ; SEONGHUN *et al.*, 2018 ; EFFIONG *et al.*, 2009).

Les résultats du test de flottabilité de l'aliment avec « la fécule » de 1 à 5% cuit pendant 10 et 15 minutes sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Résultats du test de flottabilité de l'aliment avec « la fécule » de 1 à 5% cuit pendant 10 et 15 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
10 MINUTES DE CUISSON					
OBSERVATIONS	Durée				
3% de granulés en flottant	00 s	00 s	00 s		
Tous les granulés immergés	56 s	32 s	17 s	00 s	00s
15 MINUTES DE CUISSON					
OBSERVATIONS	Durée				
3% de granulés en flottant	00 s	00 s	00 s		
Tous les granulés immergés	45 s	21 s	06 s	00 s	00s

Source : Auteur, 2019

Pour les doses de 1 à 3%, 97%, les granulés possèdent une flottabilité normale, tandis que pour les doses de 4 à 5%, tous les granulés sont immergés. Selon SOLOMON et al. (2011) et RANDRIAMIARISOA (1997), tous les granulés de bonne qualité plongent directement au fond (100%).

Les résultats du test de flottabilité de l'aliment avec « la farine de manioc » de 1 à 5% cuit pendant 10 et 15 minutes sont donnés ci-après :

Tableau 3 : Résultats du test de flottabilité de l'aliment avec « la farine de manioc » de 1 à 5% cuit pendant 10 et 15 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
10 MINUTES DE CUISSON					
OBSERVATIONS	Durée				
5% de granulés en flottant	00 s	00 s	00 s		
Tous les granulés immergés	1mn 28s	1mn 20s	55 s	00 s	00s
15 MINUTES DE CUISSON					
OBSERVATIONS	Durée				
5% de granulés en flottant	00 s	00 s	00 s		
Tous les granulés immergés	1mn 08 s	53 s	41 s	00 s	00s

Source : Auteur, 2019

Pour les taux de 1 à 3%, 95% de granulés ont une flottabilité normale, tandis que pour les taux de 4 à 5%, tous les granulés sont immergés. Tous les granulés de bonne qualité plongent directement au fond (100%) [EFFIONG *et al*. (2009)].

Les résultats du test de flottabilité de l'aliment avec « la farine de maïs » de 1 à 5% cuit pendant 10 et 15 minutes sont donnes dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : Résultats du test de flottabilité de l'aliment avec « la farine de maïs » de 1 à 5% cuit pendant 10 et 15 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
10 MINUTES DE CUISSON					
OBSERVATIONS	Durée				
10% de granulés en flottant	00 s	00 s	00 s		
5% de granulés en flottant	2mn 40 s	2mn 25 s	2mn 10 s	00 s	00
Tous les granulés immergés	4 mn	3mn 45 s	3mn 30 s	3mn 15 s	3 m
15 MINUTES DE CUISSON					
OBSERVATIONS	Durée				
10% de granulés en flottant	00 s	00 s	00 s		
5% de granulés en flottant	2mn 20 s	2mn 05 s	1mn 10 s	00 s	00
Tous les granulés immergés	3mn 40 s	3mn 25 s	3mn 10 s	2mn 55 s	2mn 40

Source : Auteur, 2019

Pour les doses de 1 à 3%, les résultats montrent que 90% seulement des granulés possèdent une flottabilité normale, tandis que tous les granulés plongent directement au fond (100%) pour les doses de 4 à 5% de liants.

Les différences sur les valeurs obtenues sont nettes. Les granulés avec 1 à 3% de fécule fournissent le meilleur taux de flottabilité, soit 97% contre 95% et 90%, respectivement pour les granulés avec la farine de manioc et pour les granulés avec la farine de maïs. Pour notre cas, la valeur de la flottabilité donne une valeur qui se rapproche des résultats de FELIX *et al*. (2018) et de EFFIONG *et al*. (2009).

De ces résultats, la flottabilité de granulés est fonction de la variante de liants et de la teneur en liants (SOLOMON *et al.*, 2011) ainsi que de la durée de cuisson. Ce sont les granulés avec la fécule qui plongent le mieux directement au fond par rapport aux autres granulés.

III.2. Stabilité de liants

Par définition, l'aliment est dit « stable » lorsqu'il est dans une situation ferme ou difficile à décomposer (NOR *et al.*, 2017 ; SOLOMON *et al.*, 2011 ; RAZAFINAIVOLA, 2001). L'un des problèmes d'un aliment artificiel pour les crevettes réside dans la texture de granulés, en d'autres termes, que l'aliment ne se désagrège pas et les éléments nutritifs ne se dissolvent pas au contact de l'eau. Cette propriété de résistance de l'aliment artificiel peut être contrôlée en le laissant séjourner quelques heures dans l'eau de mer (NOR *et al.*, 2017 ; CUZON, 1978).

Durant le test, la stabilité de granulés a été observée à l'œil nu, par agitation et par pression manuelle. Les résultats du premier test de stabilité de granulés sont présentés aux tableaux 5 jusqu'au 11.

Tableau 5 : Résultats du test de stabilité de l'aliment « aucun liant » cuit pendant 10 et 15 minutes

OBSERVATIONS	DUREES	
	10 minutes	15 minutes
Eau incolore	0 s	0 s
Apparition de bulles d'air	3 s	3 s
Arrêt de bulles d'air	12 mn	12 mn
Début du gonflement	21 mn	22 mn
Début de la cassure	38 mn	39 mn
Eau de couleur verte claire	39 mn	40 mn
Début de la désagrégation	46 mn	47 mn
Couleur de l'eau jaune verte	47 mn	48 mn
Eau de très mauvaise odeur, avec peu de voiles	2h 45 mn	2h 46 mn
Non prenable avec la main et très facilement cassable	3h 11 mn	3h 12 mn

Source : Auteur, 2019

Le début du gonflement se présente aux vingt-unième minutes de test pour les granulés aucun liant. SOLOMON *et al.* (2011) ont affirmé que le début du gonflement de granulés a eu lieu aux vingtième minutes de test pour les aliments aucun liant. Les mêmes observations ont été signalées par FELIX et OSCAR (2018) durant ses recherches sur les effets de la flottabilité et de la stabilité des aliments destinés pour les organismes aquatiques.

III.2.1 : Comparaison des tests de stabilité de l'aliment avec la fécule cuit pendant 10 et 15 minutes

Les résultats obtenus durant le test de stabilité de l'aliment avec la fécule cuit pendant 10 minutes sont présentés au tableau 6 ci-après.

Tableau 6 : Résultats du test de stabilité de l'aliment avec « la fécule » de 1 à 5% cuit pendant 10 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
OBSERVATIONS	*DUREE*				
Eau incolore	Début	Début	Début	Début	Début
Apparition de bulles d'air	3 s	3 s	3 s	3 s	3 s
Arrêt de bulles d'air	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn
Début du gonflement	25 mn	26 mn	28 mn	31 mn	35 mn
Début de la cassure	51 mn	1h 02 mn	1h 21 mn	1h 42 mn	1h 47 mn
Eau de couleur verte claire	53 mn	1h 04 mn	1h 23 mn	1h 44 mn	1h 49 mn
Début de la désagrégation	1h 24 mn	1h 43 mn	2h 12 mn	2h 42 mn	3h 02 mn
Couleur de l'eau jaune verte	1h 26 mn	1h 45 mn	2h 14 mn	2h 44 mn	3h 04 mn
Eau de très mauvaise odeur, avec peu de voiles	3h 15 mn	4h 26 mn	5h 30 mn	6h 56 mn	7h 13 mn
Non prenable avec la main et très facilement cassable	4h 22mn	5h 24 mn	6h 36 mn	8h 03 mn	8h 21 mn

Source : Auteur, 2019

Le début du gonflement se présente aux vingt cinquièmes minutes de test pour les granulés de 1% du liant. Cette durée du début du gonflement augmente respectivement de 1 mn, 2 mn, 3 mn, et de 4 mn avec l'augmentation de 1% du liant de 1 à 5%.

Pour les granulés de 1% du liant, le début de la cassure se présente aux cinquante unièmes minutes de test. Cette durée du début de la cassure augmente respectivement de 11mn, 19 mn, et de 21 mn avec l'augmentation 1% du liant de 1 à 4%. Il en est de même pour le changement de couleur de l'eau vers une couleur verte claire. NOR *et al.* (2017) ont confirmé que la durée de la cassure des aliments augmente avec l'augmentation de la dose du liant utilisée.

Un deuxième changement de couleur de l'eau vers une couleur jaune verte se présente après 1h 26 mn de test et avec 1% du liant. Cette durée du deuxième changement de couleur de l'eau augmente respectivement de 19 mn, 29 mn, 30 mn, et de 20 mn avec l'augmentation de 1% du liant de 1 à 5%. Il en est de même pour le début de la désagrégation de granulés.

L'eau a une très mauvaise odeur et présente un peu de voiles après 3 h 15mn de test et avec 1% du liant. Cette durée du changement d'odeur de l'eau et la présence de voiles dans l'eau augmente avec l'augmentation de la teneur en liant : à 5% du liant, ces phénomènes se présentent à 7 h 13 mn de test.

Après 4 h 22 mn de test et avec 1% du liant, les granulés sont facilement cassables et cette durée de cassabilité augmente avec l'augmentation de la dose du liant : à 5% du liant, la cassabilité se présente à 8 h 21 mn du test.

Les résultats obtenus durant le test de stabilité de l'aliment avec la fécule de 1 à 5% cuit pendant 15 minutes sont compilés au tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Résultats du test de stabilité de l'aliment avec « la fécule » de 1 à 5% cuit pendant 15 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
OBSERVATIONS	*DUREE*				
Eau incolore	0 s	0 s	0 s	0 s	0 s
Apparition de bulles d'air	3 s	3 s	3 s	3 s	3 s
Arrêt de bulles d'air	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn
Début du gonflement	31 mn	32 mn	34 mn	37 mn	41 mn
Début de la cassure	57 mn	1h 08 mn	1h 29 mn	1h 51 mn	1h 56 mn
Eau de couleur verte claire	59 mn	1h 10mn	1h 31 mn	1h 53 mn	1h 58 mn
Début de la désagrégation	1h 30 mn	1h 49 mn	2h 22 mn	2h 53 mn	3h 14 mn
Couleur de l'eau jaune verte	1h 32 mn	1h 51 mn	2h 24 mn	2h 55 mn	3h 16 mn
Eau de très mauvaise odeur, avec peu de voiles	3h 18 mn	4h 34 mn	5h 33 mn	6h 59 mn	7h 18 mn
Non prenable avec la main et très facilement cassable	4h 28 mn	5h 32 mn	6h 48 mn	8h 17 mn	8h 36 mn

Source : Auteur, 2019

De ce tableau, les différences sur les valeurs obtenues sont nettes. Les débuts de changement de caractères des phénomènes observés ont augmenté de 6 mn avec l'augmentation de la teneur en liant par rapport aux granulés qui cuisent pendant 10 minutes hormis le changement d'odeur de l'eau, la présence d'un peu de voiles dans l'eau et la cassabilité. Les durées du changement d'odeur de l'eau et de la présence d'un peu de voiles dans l'eau ont augmenté de 3 minutes avec l'augmentation

de la teneur en liant. En outre, la durée de cassabilité de granulés avec 2 à 5% du liant varie respectivement de 8 mn, 12 mn, 14 mn et de 15 mn de la cuisson de 10 mn à la cuisson de 15 mn.

III.2.2 : Comparaison des tests de stabilité de l'aliment avec la farine de manioc cuit pendant 10 et 15 minutes

Le tableau suivant fournit les données obtenues du test de stabilité de l'aliment avec la farine de manioc de 1 à 5% cuit pendant 10 minutes.

Tableau 8 : Résultats du test de stabilité de l'aliment avec « la farine de manioc » de 1 à 5% cuit pendant 10 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
OBSERVATIONS	*DUREE*				
Eau incolore	0 s	0 s	0 s	0 s	0 s
Apparition de bulles d'air	3 s	3 s	3 s	3 s	3 s
Arrêt de bulles d'air	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn
Début du gonflement	27 mn	28 mn	29 mn	30 mn	31 mn
Début de la cassure	1h 25 mn	1h 27 mn	1h 29 mn	1h 31 mn	1h 33 mn
Eau de couleur verte claire	1h 27 mn	1h 29 mn	1h 31 mn	1h 33 mn	1h 35 mn
Début de la désagrégation	2h 16 mn	2h 18 mn	2h 24 mn	2h 30 mn	2h 36 mn
Couleur de l'eau jaune verte	2h 18 mn	2h 20 mn	2h 26 mn	2h 32 mn	2h 38 mn
Eau de très mauvaise odeur, avec peu de voiles	5h 39 mn	5h 52 mn	6h 09 mn	6h 33 mn	6h 48 mn
Non prenable avec la main et très facilement cassable	6h 14 mn	6h 32 mn	6h 54 mn	7h 15 mn	7h 35 mn

Source : Auteur, 2019

Alors, les données ont montré que pour les granulés de 1% du liant, le début du gonflement se présente à la vingt-septième minute de test. Nos résultats sont similaires à ceux de EFFIONG *et al.*, (2009) dans ses études comparatives sur la potentialité de liants en utilisant les farines de maïs et de manioc ; tandis que cette durée du début du gonflement se présente à la trente-unième minute du test pour le 5% du liant. Donc, la durée du début du gonflement des granulés avec la farine de manioc augmente de 1 mn avec l'augmentation de 1% du liant.

Pour les granulés de 1% du liant, le début de la cassure se présente à la quatre-vingt-cinquième minute du test et à la quatre-vingt-treizième minute du test pour les granulés de 5% du liant. La durée du début de la cassure de granulés avec la farine de manioc augmente de 2 mn avec l'augmentation de 1% du liant. Il en est de même pour le changement de couleur de l'eau vers une couleur vert clair.

Un deuxième changement de couleur de l'eau vers une couleur jaune verte apparaît après 2h 18 mn du test et avec 1% du liant. La même observation a été signalée par EFFIONG *et al.*, (2009) durant ses études comparatives sur la potentialité de liants en utilisant les farines de maïs et de manioc. Cette durée du deuxième changement de couleur de l'eau augmente graduellement de 6 mn avec l'augmentation de 1% du liant de 1 à 5%. Cette durée est seulement de 2 mn pour 2% du liant. Il est de même pour le début de la désagrégation de granulés.

L'eau a une très mauvaise odeur et présente un peu de voile après 5h 39 mn du test et avec 1% du liant. Cette durée du changement d'odeur de l'eau et la présence d'un peu de voiles dans l'eau augmente respectivement de 13 mn, 17 mn, 24 mn, et de 15 mn avec l'augmentation de 1% du liant de 1 à 5%.

Après 6h 14 mn de test et avec 1% du liant, les granulés sont facilement cassables et cette durée de cassabilité augmente aussi avec l'augmentation de la dose du liant : à 5% du liant, la cassabilité apparaît à 7h 35 mn du test.

Le tableau ci-après présente les résultats du test de stabilité de granulés avec la farine de manioc qui cuisent pendant 15 minutes.

Tableau 9 : Résultats du test de stabilité de l'aliment avec « la farine de manioc » de 1 à 5% cuit pendant 15 minutes

ENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%	5%
VATIONS	DUREE				
olore	0 s	0 s	0 s	0 s	0 s
ion de bulles d'air	3 s	3 s	3 s	3 s	3 s
bulles d'air	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn
u gonflement	30 mn	31 mn	32 mn	33 mn	34 mn
e la cassure	1h 28 mn	1h 30 mn	1h 31 mn	1h 34 mn	1h 36 mn
couleur verte claire	1h 30 mn	1h 32 mn	1h 33 mn	1h 36 mn	1h 38 mn
e la désagrégation	2h 19 mn	2h 21 mn	2h 24 mn	2h 33 mn	2h 39 mn
de l'eau jaune verte	2h 21 mn	2h 23 mn	2h 26 mn	2h 35 mn	2h 41 mn
rès mauvaise odeur, u de voiles	5h 42 mn	5h 55 mn	6h 12 mn	6h 36 mn	6h 51 mn
nable avec la main et très ent cassable	6h 17 mn	6h 35 mn	6h 57 mn	7h 22mn	7h 46 mn

Source : Auteur, 2019

De ces résultats, les débuts de changement de caractère des phénomènes observés ont augmenté de 3mn avec l'augmentation de la dose du liant à part la cassabilité de granulés avec 4 et 5% du liant. La durée de cassabilité varie respectivement de 7 mn et de 11 mn de la cuisson de 10 minutes à la cuisson de 15 minutes.

III.2.2 : Comparaison des tests de stabilité de l'aliment avec la farine de maïs cuit pendant 10 et 15 minutes

Les résultats obtenus durant le test de stabilité de l'aliment avec la farine de maïs cuit pendant 10 mn sont compilés au tableau 10 ci-après.

Tableau 10 : Résultats du test de stabilité de l'aliment avec « la farine de maïs » de 1 à 5% cuit pendant 10 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%
OBSERVATIONS	DUREE			
Eau incolore	0 s	0 s	0 s	0 s
Apparition de bulles d'air	3 s	3 s	3 s	3 s
Arrêt de bulles d'air	12 mn	12 mn	12 mn	12 mn
Début du gonflement	22 mn	23 mn	24 mn	25 mn
Début de la cassure	47 mn	50 mn	54 mn	59 mn
Eau de couleur verte claire	48 mn	51 mn	55 mn	60 mn
Début de la désagrégation	1h 4 mn	1h 7 mn	1h 12 mn	1h 19 mn
Couleur de l'eau jaune verte	1h 5 mn	1h 8 mn	1h 13 mn	1h 20 mn
Eau de très mauvaise odeur, avec peu de voiles	4h 26 mn	4h 29 mn	4h 35 mn	4h 39 mn
Non prenable avec la main et très facilement cassable	4h 58 mn	5h 04 mn	5h 12 mn	5h 24 mn

Source : Auteur, 2019

Les résultats indiquent que pour les granulés avec 1% du liant, le début de gonflement se présente à la vingt-deuxième minute du test. Ces résultats sont similaires à ceux de (YU *et al.*, 2015 ; EFFIONG *et al.*, 2009). Cette durée du début du gonflement se présente à la vingt-sixième minute du test pour les granulés avec 5% du liant. Donc, la durée du début du gonflement, pour les granulés avec la farine de maïs augmente de 1 mn avec l'augmentation de 1% du liant.

Pour les granulés de 1% du liant, le début de la cassure apparaît à la quarante-septième minute du test. Nos résultats du début de la cassure concordent avec ceux de EFFIONG *et al.*, (2009). Cette durée de début de la cassure augmente respectivement de 3 mn, 4 mn, 5 mn et de 7 mn avec l'augmentation de 1% du liant de 1 à 5%. Il en est de même pour le changement de couleur de l'eau vers une couleur vert clair.

Un deuxième changement de couleur de l'eau vers une couleur jaune verte se présente après 1h 05 mn de test et avec 1% du liant. Cette durée du deuxième changement de couleur de l'eau augmente respectivement de 3mn, 6mn, 4mn et 7mn avec l'augmentation de 1% du liant de 1 à 5%. Il en est presque de même pour la durée du changement d'odeur de l'eau et aussi pour la durée de la présence d'un peu de voiles dans l'eau sauf à 5% du liant où cette durée est de 17 mn.

Entre les deux changements de couleur de l'eau, il y a une désagrégation de granulés après 1h 04 mn de test et avec 1% du liant. Cette durée augmente avec l'augmentation du pourcentage du liant : à 5% du liant, la durée est de 1h 26 mn.

Après 4h 58 mn de test et avec 1% du liant, les granulés sont facilement cassables et cette durée de cassabilité augmente aussi avec l'augmentation de la teneur en liant : à 5% du liant, la cassabilité se présente à 5h 48 mn du test.

Les résultats obtenus durant le test de stabilité de l'aliment avec la farine de maïs de 1 à 5% cuit pendant 15 minutes sont compilés au tableau 11 suivant.

Tableau 11 : Résultats du test de stabilité de l'aliment avec « la farine de maïs » de 1 à 5% cuit pendant 15 minutes

POURCENTAGE DE LIANTS	1%	2%	3%	4%
OBSERVATIONS	DUREE			
Eau incolore	0 s	0 s	0 s	0
Apparition de bulles d'air	3 s	3 s	3 s	3
Arrêt de bulles d'air	12 mn	12 mn	12 mn	12 m
Début du gonflement	23 mn	24 mn	25 mn	26 m
Début de la cassure	48 mn	51 mn	55 mn	60 m
Eau de couleur verte claire	49 mn	52 mn	56 mn	1h 01 m
Début de la désagrégation	1h 05 mn	1h 08 mn	1h 13 mn	1h 20 m
Couleur de l'eau jaune verte	1h 06 mn	1h 09 mn	1h 14 mn	1h 21 m
Eau de très mauvaise odeur, avec peu de voiles	4h 27 mn	4h 30 mn	4h 36 mn	4h 40 m
Non prenable avec la main et très facilement cassable	4h 59 mn	5h 05 mn	5h 13 mn	5h 25 m

Source : Auteur, 2019

Les résultats montrent bien que les débuts de changement de caractère des phénomènes observés ont augmenté de 1mn avec l'augmentation du pourcentage du liant par rapport aux granulés dont la durée de cuisson est de 10 minutes.

Les différences sur les valeurs obtenues sont nettes. L'utilisation de granulés avec 1% de la farine de manioc qui cuisent pendant 10 minutes contribue la meilleure durée de cassabilité, soit 6h 14 mn, contre 4h 58 mn et 4h 22 mn respectivement pour les granulés avec la farine de maïs et pour les granulés avec la fécule. Nous avons trouvé que ces valeurs sont supérieures à celles de YU *et al*. (2015) durant ses recherches sur l'utilisation de la farine de maïs pour le cocombre de mer *Apostichopus japonicus* (Selenka), à celles de NOR *et al*. (2017) pendant ses expérimentations sur la stabilité des aliments à base de palm pour la crevette, et à celles de FELIX et OSCAR (2018) lors de ses recherches sur les effets de la flottabilité et de la stabilité des granules pour les poissons en utilisant différentes concentrations de farine de feuilles de baobab. Ils ont rapporté que la meilleure durée de stabilité était 42 mn. Ainsi, la durée de cassabilité augmente respectivement de 3 mn, 1 mn et 6 mn de la cuisson de 10 mn à la cuisson de 15 mn.

Par contre, l'emploi des granulés avec 5% de la fécule dont la durée de cuisson est de 10 mn fournit la meilleure durée de cassabilité, soit 8h 21mn, contre 7h 35mn et 5h 48mn, respectivement pour les granulés avec la farine de manioc et pour les granulés avec la farine de maïs. En outre, la durée de cassabilité augmente respectivement de 15 mn, 10 mn et de 1 mn de la cuisson de 10 minutes à la cuisson de 15 minutes.

De ces résultats, la stabilité de granulés est fonction de la variante de liants et de la teneur en liants (SEONGHUN *et al.* 2018 ; LEE *et al*. 2016 ; SOLOMON *et al.* 2011) ainsi que la durée de cuisson. Ce sont les granulés avec la fécule qui stabilisent le mieux dans l'eau de mer par rapport aux autres granulés.

Durant cette étude, tous les résultats du deuxième test de stabilité sont traités et analysés mathématiquement : (i) soit par

comparaison des deux moyennes de cas des échantillons de petite taille (n<30) : cas du traitement des données de **III.3** ; (ii) soit par un test « *r* » (corrélation statistique) : cas d'interprétation des résultats de **III.4**.

III.3. Comparaison des deux moyens observés selon les variantes de liants

III.3.1 : Comparaison des tests de stabilité de l'aliment avec de la fécule et de la farine de manioc cuit pendant 10 et 15 minutes

Les résultats du deuxième test de stabilité de granulés sont présentés au tableau 12 suivant :

Tableau 12 : Poids perdus après 6 heures de submersion de l'aliment cuit pendant 10 et 15 minutes

Temps	Teneurs du liant (%)	POIDS PERDU (%)			
		Liant 0	Liant 1	Liant 2	Liant 3
10 mn	0	46,50			
	1		30,25	23,75	38
	2		26,5	22	37,2
	3		21,75	20,25	36
	4		15,5	18,33	35
	5		9,33	16,26	33,33
15 mn	0	46,47	Liant 1	Liant 2	Liant 3
	1		26,5	23	37,97
	2		21,75	21,25	37
	3		15,33	19,5	35,95
	4		9,75	17,53	34,75
	5		4,83	14,79	33

Source : Auteur, 2019

III.3.1.1 : 10 minutes de cuisson

Les résultats obtenus montrent que lors des tests de stabilité de granulés avec la fécule, le poids perdu maximum de granulés est de 30,25% et le poids minimum de 9,33%. Pour la variante farine de manioc, le poids perdu maximum de granulés est de 23,75% et le poids minimum de 16,26%.

D'après les analyses mathématiques des données, par comparaison des deux moyennes de ces résultats, la différence entre ces deux valeurs démontre que la moyenne n'est pas significative (0,55%) à un seuil de risque de 5%.

III.3.1.2 : 15 minutes de cuisson

Les taux perdus de granulés sont différents. Pour l'aliment avec de la fécule, la valeur maximale est de 26,5% et la valeur minimale est de 4,83% ; tandis que pour l'aliment avec la farine de manioc, la valeur maximum du poids perdu se diminue à 32% et la valeur minimum de ce poids est de 14,79%.

A partir des analyses mathématiques des données, par comparaison des deux moyennes, la différence n'est pas significative entre ces deux valeurs (3,58%).

L'absence de cette différence ne peut être importée qu'aux résultats donnés par les granulés à la farine de manioc.

En somme, entre ces deux variantes de liants (fécule et farine de manioc) mises en comparaison, la différence n'est pas significative, mais ce sont les granulés de la farine de manioc qui arrivent à perdre un taux élevé par rapport aux granulés de la fécule.

III.3.2 : Comparaison des tests de stabilité de l'aliment cuit avec la fécule et celui de la farine de maïs

III.3.2.1 : 10 minutes de cuisson

Le poids perdu de granulés avec la farine de maïs s'élève de 38% et le poids le plus bas est de 33,33% ; par contre le poids le plus élevé est de 30,25% pour les granulés avec de la fécule et le poids le plus bas est de 9,33%.

Les résultats des analyses mathématiques des données montrent que la différence observée entre ces deux valeurs est significative (15,24%).

III.3.2.2 : 15 minutes de cuisson

Les taux perdus de granulés sont nettement différents. Le taux perdu le plus élevé de granulés avec la farine de maïs est de 37,97% et le taux le plus bas est de 33% ; par contre, le taux le plus élevé est de 26,5% pour les granulés avec la fécule et le taux le plus bas est de 4,83%.

En analysant mathématiquement ces résultats, par comparaison des deux moyennes, la différence est significative entre ces deux valeurs (20,1%). Ce sont les granulés avec la farine de maïs qui arrivent à perdre un poids élevé par rapport aux granulés avec la fécule.

Alors, la stabilité de granulés est fonction des variantes de liants utilisées. En effet, la fécule est plus résistante par rapport à la farine de maïs vis - à - vis de ces liants, grâce à sa forte résistance de lier avec les différents ingrédients. Donc, le dosage et le temps de cuisson de granulés avec la fécule ne peuvent pas être pratiqués aux granulés avec la farine de maïs. Sinon, les granulés vont être très durs ; autrement dit, difficiles à mâcher pour les crevettes.

III.3.3 : Comparaison des résultats des tests de stabilité de l'aliment cuit avec la farine de manioc et celle du maïs

III.3.3.1 : 10 minutes de cuisson

Les résultats obtenus montrent que lors des tests de stabilité de granulés à la farine de manioc, la valeur maximale du poids perdu est de 23,75% et la valeur minimale est de 16,26%. Pour les granulés à la farine de maïs, la valeur maximale est de 38% et la valeur minimale est de 33,33%.

Les résultats des analyses mathématiques des données montrent que la différence

observée entre ces deux valeurs est significative (15,79%).

D'après ces résultats, les taux perdus de granulés sont nettement différents. Le taux perdu le plus élevé de granulés avec la farine de maïs est de 37,97% et le taux le plus bas est de 33% ; par contre, le taux le plus élevé est de 23% pour les granulés avec la farine de manioc et le taux le plus bas est de 14,79%.

En analysant mathématiquement ces résultats, par comparaison des deux moyennes, la différence est significative entre ces deux valeurs (16,52%). Ce sont les granulés avec la farine de maïs qui arrivent à perdre un poids élevé par rapport aux granulés avec la farine de manioc. Autrement dit, les granulés avec la farine de manioc est stable que ceux avec la farine de maïs.

III.3.4 : Comparaison des tests de stabilité de granulés avec la fécule cuit pendant 10 et 15 minutes

Les résultats obtenus montrent que lors des tests de stabilité de l'aliment cuit pendant 10 minutes, le poids perdu maximum est de 30,25%, et le poids minimum est de 9,33%. Par contre, pour l'aliment cuit pendant 15 minutes, le poids perdu maximum est de 26,5% et le poids minimum est de 4,83%.

Les analyses mathématiques des données, par comparaison des deux moyennes nous indiquent que la différence entre ces deux valeurs observées n'est pas significative (5,03%) à un seuil de risque de 5%.

Entre ces deux lots de granulés de même type de liant mais de durée de cuisson différente (10 et 15 minutes) mis en comparaison, la différence n'est pas significative, mais les granulés qui cuisent pendant 10 minutes (premier lot), arrivent à perdre un taux élevé par rapport aux granulés qui cuisent pendant 15 minutes (dernier lot). Autrement dit, le dernier lot est plus stable que le premier.

III.3.5 : Comparaison des tests de stabilité de granulés avec la farine de manioc cuit pendant 10 et 15 minutes

D'après ces résultats, le taux perdu maximum du premier lot atteint 23,75% et le taux minimum est de 16,26%, tandis que pour le dernier lot, le taux perdu maximum se diminue de 23% et le taux minimum est de 14,79%

En analysant mathématiquement ces résultats par comparaison des deux moyennes, la différence n'est pas significative entre ces deux valeurs (0,9%). Elle est imputée au hasard des fluctuations fortuites d'échantillonnage ; le poids perdu des deux lots de granulés est alors plus ou moins identique.

Ainsi, la stabilité de granulés est fonction de la durée de cuisson, mais entre les deux lots de granulés en relation, le taux perdu est plus ou moins identique. Donc, la durée

de cuisson du premier lot est plus ou moins applicable pour la cuisson du dernier lot et vice versa.

III.4 : Déperdition de poids de granulés en fonction de la teneur en liants

Pour vérifier et éviter les variations des taux perdus de granulés, des expériences ont été effectuées, mettant en relation la teneur en liants et le taux du poids perdu.

A partir des résultats obtenus sur le poids perdu après 6 h de submersion de l'aliment cuit pendant 10 et 15 minutes (tableau 12), des analyses mathématiques par un test « *r* » (corrélation) ont été faites.

III.4.1 : Influence de la teneur en liants sur la déperdition de poids de granulés (10 minutes de cuisson)

La figure suivante montre la relation de la teneur en liants et le taux de la déperdition de poids de granulés qui cuisent pendant 10 mn.

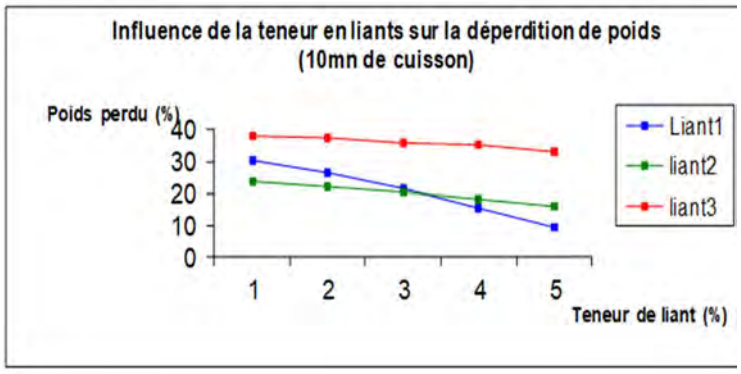


Figure 1 : Influence de la teneur en liants sur la déperdition de poids (10 mn de cuisson)

(Source : Auteur, 2019)

D'après cette figure, les taux du poids perdu de granulés sont différents. Pour les granulés avec la farine de manioc (liant 2) de 1%, la valeur maximale est de 23,75% et la valeur minimale est de 16,26% à 5% du liant ; la valeur maximum de granulés avec la fécule (liant 1) de 1% s'élève à 30,25% et la valeur minimum est de 9,33% à 5% du liant ; tandis que la valeur maximale de granulés avec la farine de maïs (liant 3) de 1% s'augmente de 38% et la valeur minimale est de 33,33% à 5% du liant.

III.4.2 : Influence de la teneur en liants sur la déperdition de poids de granulés (15 minutes de cuisson)

La figure 2 montre la relation de la teneur en liants et le taux de la déperdition de poids de granulés qui cuisent pendant 15 minutes.

Les valeurs maximales du poids perdu de granulés ont diminué de 0,75%, 3,75% et de 0,03% respectivement pour les granulés avec 1% du liant 2, les granulés avec 1% du liant 1 et pour les granulés avec 1% du liant 3 ; tandis que les valeurs minimales ont diminué respectivement de 8,21%. 21,67% et de 4,97% à 5% du liant de la cuisson de 10 minutes à la cuisson de 15 minutes.

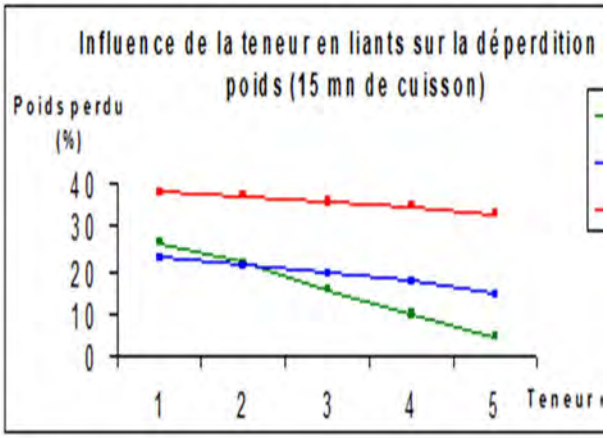


Figure 2 : Influence de la teneur en liants sur la déperdition de poids (15 mn de cuisson)

(Source : Auteur, 2019)

Les deux premières figures montrent que les granulés avec la fécule (liant 1) sont plus stables par rapport aux granulés avec la farine de manioc (liant 2) ; tandis que les granulés avec la farine de maïs (liant 3) sont peu stables par rapport aux deux premiers liants.

Plus la teneur en liants est petite, plus le taux du poids perdu de granulés est important. Par contre, plus la teneur en liants est grande, plus le taux du poids perdu est faible. Cela traduit que la stabilité de granulés est fonction de la teneur et de la variante de liants, ainsi que du temps de cuisson.

III.4.3 : Influence de la teneur en liant 1 sur la déperdition de poids de granulés (10 mn et 15 mn de cuisson)

La corrélation, entre la teneur en liant et le taux de poids perdu de granulés qui cuisent pendant 10 et 15 minutes, est présentée à la figure 3 ci-après.

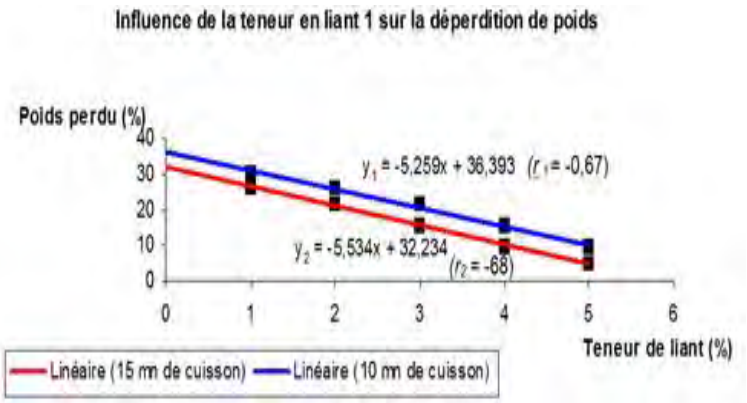


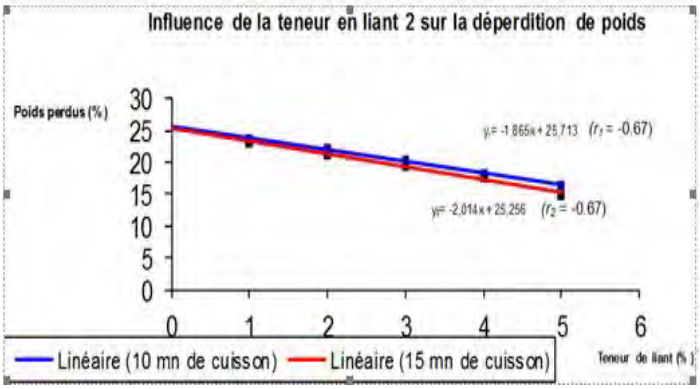
Figure 3 : Corrélation entre le pourcentage du liant 1 et le poids perdu de granulés qui cuisent pendant 10 et 15 minutes (Source : Auteur, 2019)

D'après ces droites, le taux du poids perdu est inversement proportionnel à l'augmentation du pourcentage du liant avec r_1 = -0.67 et r_2 = -0.68.

Plus, la teneur en liant est petite, plus le poids perdu de granulés est important. Par contre, plus la teneur en liant est grande, plus le poids perdu est faible. Si la dose et le temps de cuisson appliqués pour la fabrication des granulés de différentes stabilités (stables ou un peu stables) sont identiques, il y a des granulés facilement désagréables ou des granulés très durs.

III.4.4 : Influence de la teneur en liant 2 sur la déperdition de poids de granulés (10 et 15 minutes de cuisson)

Ces résultats sont présentés sur la figure 4 suivante :



teneur est faible, plus les granulés sont instables. Donc, le poids perdu de granulés peut diminuer en fonction du pourcentage du liant.

III.4.5 : Influence de la teneur en liant 3 sur la déperdition de poids de granulés (10 et 15 minutes de cuisson)

Ces résultats sont résumés sur la figure 5 suivante :

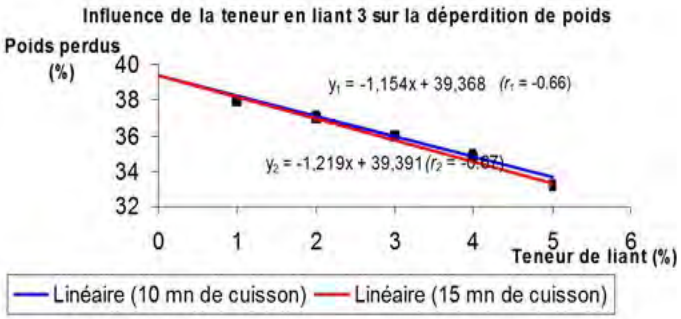


Figure 5 : corrélation entre le pourcentage du liant 3 et le poids perdu de granulés qui cuisent pendant 10 et 15 minutes (Source : Auteur, 2019)

Cette figure nous montre que la relation entre ces deux facteurs est importante, et les valeurs de coefficient de corrélation sont r_1 = -0.66 et r_2 = -0.67.

Plus le poids perdu de granulés est important, plus le taux du liant est faible. Par contre, plus ce taux est élevé, plus le poids perdu est faible. Cela traduit que le dosage du liant et la durée de cuisson contribuent aux variations de la déperdition de poids de granulés.

En somme, les poids perdus de granulés dépendent de la teneur en liants à pratiquer. Plus la teneur en liants est petite, plus le poids perdu est important. Par contre, ces taux s'élèvent plus les poids perdus s'amenuisent car la stabilité de granulés dépend de la qualité de liants utilisée. Donc, dans la fabrication des granulés, le dosage et la variante de liants ainsi que la durée de cuisson doivent être proportionnels à la durée de stabilité voulus. Sinon, les granulés sont instables ou très durs.

IV. RECOMMANDATIONS

Plusieurs critères et conditions ont été observés, appliqués lors de l'expérience. L'étude des caractères physiques et chimiques des aliments à tester, a été effectuée. C'est pourquoi, les quelques recommandations ont été émises :

-La stabilité et la flottabilité de l'aliment dans l'eau dépendent de la qualité de broyage des ingrédients et de la durée de séchage de granulés.

–Elles sont fonctions des variantes des liants. Ce sont les liants Fécule et Farine de manioc qui arrivent à stabiliser et immerger mieux dans l'eau.

–Elles dépendent essentiellement de la teneur en liants et de la durée de cuisson car :

- elles sont faibles pour les granulés à petite quantité de liant et à courte durée de la cuisson et ;
- elles sont importantes si la quantité de liants et la durée de la cuisson sont élevées.

– Suivant la disponibilité de liants que le marché local peut disposer ;

Tableau 13 : Disponibilité de liants au marché local

Disponibilité	Recommandations
0 liant	10 mn de cuisson.
Fécule	15 mn de cuisson ; 5% de liant
Farine de manioc	15 mn de cuisson ; 5% de liant
Farine de maïs	10 mn de cuisson ; 5% de liant.

Source : Auteur, 2019

-Suivant la méthode de distribution journalière d'aliments type qui est adoptée dans un bassin en fonction de l'âge et de la taille des crevettes.

V. CONCLUSION

Au terme de la présente recherche dont l'objectif principal est de mettre en évidence l'opportunité de l'emploi de ces aliments locaux et l'importance de liants à l'échelle expérimentale.

Cette recherche a ses importances vues les réussites qu'elle a déjà connues avant d'être vulgarisées au niveau des pratiquants. Elle aide à résoudre l'un des grands problèmes qu'affrontent les aquaculteurs malagasys. Elle va leur permettre de choisir la variante de liants et la durée de cuisson de granulés qu'ils doivent utiliser lors de l'élevage de crevettes. L'aquaculture artisanal peut exploiter et profiter de ces aliments locaux, surtout l'utilisation de granulés avec la fécule et ceux avec la farine de manioc.

Le type d'aliments locaux aboutit à des meilleures stabilité et flottabilité qui ne présentent pas beaucoup de différence par rapport aux aliments importés. Les coûts de ces aliments locaux sont moins chers par rapport à ceux importés. Les tests in vivo feront suite à la présente recherche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRIANTAHINA F., LIU X., FENG T., *et al.* 2013. Current status of genetics and genomics of reared penaeid shrimp : information relevant to access and benefit sharing. Mar. Biotechnol. 15, 399–412 p.

ANDRIANTAHINA F., RAJAONARIVELO M.N., RAZAFINDRAJAONA J. M. 2017.

Méthodologie de l'évaluation de test de stabilité de granulés destinés pour les organismes aquacoles. Rapport Tech. N°01/17. ISTA. 15p.

CUZON G., 1978 – Essais de grossissement de crevettes sur l'aliment composé en France. Océanis volume 4 Fascicule 1 : pp 63 – 70.

EFFIONG B.N., SANNI A., SOGBESAN O.A. 2009. Comparative studies on the binding potential and water stability of duckweed meal, corn starch and cassava starch. New York Science Journal 2: 4p.

FELIX E., OSCAR E.V. 2018. Floating and stability effect on fish feed pellets using different concentration of baobab leaf meal (*Adansonia digitata*). Asian J. Fish. Aqua. Res. 1(4): 1-6p.

KANAZAWA. A. 1991- Biosynthesis of fatty acids from palmitic acid in the prawn *Penaeus japonicus*. Memoirs of the Faculty of Fisherie, Kagoshima University 28 :17: 113p.

KIM K.D., BAE K.M., HAN H.S. *et al.* 2016. Effects of the dietary inclusion of sea mud on the growth and body composition of juvenile sea cucumbers *Apostichopus japonicus*. Korean Soc. Fish. Aqua. Sci. 49: 26-29p.

LEE S., MONIRUZZAMAN M., BAE J., SEONG M. *et al*. 2016. Effects of extruded pellet and moist pellet on growth performance, body composition, and hematology of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Fish. Aqua. Sci. 19 : 32p.

LIU F., AI Q., MAI K. *et al*. 2008. Effects of dietary binders on survival and growth performance of postlarval tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* (Gunther). J. World Aqua. Soc. 39: 441–571p.

NOR S.S., NORSILA D., NAWWAR Z.M. 2017. Water stability of palm kernel-based feeds for shrimp. International Malaysia-Indonesia-Thailand Symposium on Innovation and Creativity (iMIT-SIC), Vol 2: pp 1- 4.

RANDRIAMIARISOA 1997. Test sur les performances des aliments granulés pour l'élevage de *P. japonicus bate*, en bassin. Rapport Tech. N°08/87. CDCC/DE. 17p.

RAZAFINAIVOLA, 2001- Etudes comparatives des performances zootechniques d'un aliment TIKO par rapport à l'aliment tête de crevettes. Mémoire Licence – ès – Sciences. 30 p.

SEONGHUN W., ALI H., JIN-HYEOK L., *et al*. 2018. Effects of three different dietary binders on juvenile sea cucumber, *Apostichopus japonicas*. Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 18: 913-920p.

SOLOMON S.G., ATAGUBA G.A., ABEJE A. 2011. Water stability and floatation test of fish pellets using local starch sources and yeast (*Saccahromyces cerevisae*). International Journal of Latest

Trends in Agriculture and Food Sciences. 1 :1p.

YU H.B., GAO Q.F., DONG S.L. *et al.* 2015. Utilization of corn meal and extruded soybean meal by sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka): Insights from carbon stable isotope analysis. *Aquaculture 435* : 106-110p.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été financée par le Centre de Développement de l'Aquaculture (CDA) et la Japanese International Company Agency JICA. Notre reconnaissance s'adresse à toute l'équipe de l'Université de Mahajanga, et tout particulièrement au Comité d'Organisation de l'Université d'été à Mahajanga. Nos grands remerciements sont dédiés aussi à :

- Monsieur Le Directeur du CDA, qui a bien voulu nous recevoir au CDA d'Antsahanibingo et nous a permis de réaliser cette recherche.

- Madame RATSIMBAZAFY Hanitra, qui a inspiré le thème de cette recherche et a toujours suivi avec les plus grands intérêts nos travaux et qui nous a prodigué de suggestions et de précieux conseils.

- Tout le Personnel du Centre, pour leurs collaborations et toutes les informations qu'il nous a donnée.

- Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette recherche.