

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1. PRESENTATION DE LA SOCIETE AQUAMEN E.F.	2
1.1. DESCRIPTION	2
1.2. HISTORIQUE	2
1.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	3
1.4. ORGANISATION GENERALE DE LA SOCIETE.....	3
1.5. PRINCIPAUX PRODUITS	3
1.6. PRODUCTION TOTALE.....	5
1.7. PERSPECTIVES D'AVENIR	5
CHAPITRE 2. LES CREVETTES PENEIDES.....	6
2.1. BIOLOGIE [7].....	6
2.2. SYSTEMATIQUE.....	6
2.3. CYCLE BIOLOGIQUE	7
2.4. VALEUR NUTRITIONNELLE DES CREVETTES PENEIDES.....	7
2.5. CARACTERISTIQUES DIETETIQUES DES CREVETTES PENEIDES	7
CHAPITRE 3. LA CREVETTICULTURE A MADAGASCAR.....	8
3.1. HISTORIQUE	8
3.2. OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT.....	8
3.3. REALISATIONS [10].....	8
3.4. FACTEURS DE DEVELOPPEMENT : LES ATOUTS	9
3.4.1. <i>Géniteurs</i>	9
3.4.2. <i>Potentialités agroécologiques</i>	10
3.4.3. <i>Marché ouvert.</i>	10
3.5. CONTRAINTES DE DEVELOPPEMENT	10
3.5.1. <i>Logistique</i>	10
3.5.2. <i>Caractéristiques du site</i>	10
3.5.3. <i>Social</i>	10
3.6. ROLES DE L'ADMINISTRATION	11
CHAPITRE 4. ECONOMIE DE LA FILIERE CREVETTIERE A MADAGASCAR.....	12
4.1. AQUACULTURE INDUSTRIELLE DANS LA FILIERE CREVETTIERE.....	12
4.2. VALORISATION DES PRODUITS FINIS.....	13
4.3. PREDOMINANCE DES CREVETTES ENTIERES.....	13
4.4. STRUCTURE DES CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES.....	14
4.5. CONTRIBUTION AU DEVELOPPEMENT COMMUNAUTAIRE ET SOCIO-ECONOMIQUE	15
CHAPITRE 5. MARCHE DE LA CREVETTE DANS LE MONDE EN 2003.....	16
5.1. INTRODUCTION [10].....	16
5.2. MARCHE MONDIAL ET LES TENDANCES ACTUELLES [11]	17
5.2.1. <i>Principaux pays importateurs</i>	17
5.2.2. <i>Quelques caractéristiques des pays importateurs</i>	17
5.3. PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS	17
5.3.1. <i>Situation en Amérique latine</i>	17
5.3.2. <i>Situation en Asie</i>	18
5.4. GRANDES TENDANCES DU MARCHE.....	18
5.5. PERSPECTIVES D'AVENIR.	18
5.5.1. <i>Nouvelles techniques</i>	18
5.5.2. <i>Développement rapide mais dans un contexte compétitif accru</i>	19
CHAPITRE 6. PRESENTATION DE L'ETUDE.....	20
6.1. GENESE DU PROJET	20
6.1.1. <i>Résultats d'étude de marché</i>	20
6.1.2. <i>Performance de la société AQUAMEN E.F.</i>	20
6.2. CONTRAINTES	20
CHAPITRE 1. NOTIONS SUR LA QUALITE	24

1.1. DEFINITIONS (ISO 8402) [8]	24
1.2. EVOLUTION DU CONCEPT DE LA QUALITE.....	25
1.3. ENJEUX DE LA QUALITE.....	25
CHAPITRE 2. MATIERES PREMIERES DE QUALITE : MAITRISE DES TECHNIQUES D'ELEVAGE.....	26
2.1. PREPARATION DU BASSIN	26
2.2. ENSEMENCEMENT DES POSTLARVES	26
2.3. QUALITE DE L'EAU	26
2.4. ALIMENTATION	27
2.5. SUIVI DE LA BIOMASSE.....	28
2.6. RECOLTE.....	29
2.7. DOCUMENTS DE MAITRISE DE L'ELEVAGE	29
CHAPITRE 3. QUALITE DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES : MAITRISE DES PROCESSUS DE FABRICATION	30
3.1. DEFINITION	30
3.2. PROCESSUS DE FABRICATION DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES.....	30
3.3. ELABORATION DU MANUEL DE PROCEDURES DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES.....	31
3.3.1. <i>Définition et avantages du manuel de procédures</i>	31
3.3.2. <i>Approches méthodologiques</i>	31
3.3.4. <i>Exemples de procédures organisationnelle et opérationnelle</i>	34
CHAPITRE 4. ASSURANCE QUALITE DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES : MAITRISE DE LA DEMARCHE H.A.C.C.P	37
4.1. PRINCIPES DE L'H.A.C.C.P	37
4.2. ETABLISSEMENT DU PLAN H.A.C.C.P	38
4.2.1. <i>Description du produit</i>	38
4.2.2. <i>Diagramme de fabrication</i>	39
4.2.3. <i>Analyse des dangers</i>	40
4.2.4. <i>Détermination des CCP(s)</i>	40
4.2.5. <i>Etablissement des limites critiques</i>	40
4.2.6. <i>Etablissement des procédures de surveillance</i>	40
4.2.7. <i>Etablissement des actions correctives</i>	40
4.2.8. <i>Etablissement des procédures de vérification et d'enregistrement</i>	41
4.3. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES	42
4.3.1. <i>Echantillonnage</i>	42
4.3.2. <i>Analyses microbiologiques des échantillons A1 et B2</i>	42
4.3.3. <i>Interprétation et conclusion</i>	42
4.4. AUTO-CONTROLE DES CCP(S)	43
4.4.1. <i>Matériel : lame gélosée à diagnostic rapide (LGDR)</i>	44
4.4.2. <i>Méthodes</i>	44
4.4.3. <i>Résultats d'autocontrôle</i>	47
4.4.4. <i>Interprétation et conclusion</i>	47
CHAPITRE 1. DETERMINATION DE LA DUREE DE CONSERVATION DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES	49
1.1. NOTION DE DATE LIMITE DE CONSOMMATION ET DATE LIMITE D'UTILISATION OPTIMALE	49
1.2. APPROCHE METHODOLOGIQUE.....	50
1.2.1. <i>Echantillonnages</i>	50
1.2.2. <i>Méthodes d'évaluation de la qualité organoleptique</i>	50
1.2.3. <i>Résultats des évaluations de la fraîcheur des crevettes</i>	52
1.2.4. <i>Interprétations</i>	53
1.2.5. <i>Discussions</i>	53
1.2.6. <i>Recommandations</i>	54
CHAPITRE 2. DETERMINATION DE LA DATE LIMITE DE CONSOMMATION DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES	55
2.1. DEFINITIONS [4].....	55
2.1.1. <i>Température : principal facteur de croissance des micro-organismes</i>	55
2.1.2. <i>Toxi-infections alimentaires</i>	56

2.2. MICROBIOLOGIE PREVISIONNELLE	57
2.2.1. <i>Principe de la microbiologie prévisionnelle</i>	57
2.2.2. <i>Modèles mathématiques de la microbiologie prévisionnelle</i>	59
2.2.3. <i>La démarche de la microbiologie prévisionnelle</i>	60
2.3. DETERMINATION DE LA DLC DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES	60
2.3.1. <i>Clostridium perfringens : micro-organisme retenu pour l'étude :</i>	60
2.3.2. <i>Expériences de croissance de Clostridium perfringens</i>	62
2.3.3. <i>Détermination des paramètres du modèle</i>	64
2.3.4. <i>Validation du modèle obtenu</i>	64
2.3.5. <i>Détermination de la DLC des crevettes fraîches</i>	65
2.3.6. <i>Interprétation et recommandations</i>	66
CONCLUSION GENERALE.....	68
TRIAGE	75
CALIBRAGE	75
<i>MISE EN MOULES</i>	76
CONDITIONNEMENT	76
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des calibres de crevettes	5
Tableau 2 : Productions réalisées par les fermes industrielles (en tonnes)	9
Tableau 3 : Evolution du concept de la qualité	25
Tableau 4 : Enjeux de la qualité	25
Tableau 5 : Paramètres de contrôle de l'eau de bassin	27
Tableau 6 : Fréquence de changements d'eau en fonction de la biomasse	27
Tableau 7 : Ration alimentaire des crevettes en fonction de la biomasse	28
Tableau 8 : Fiche d'échantillonnage	28
Tableau 9 : Tableau de bord des bassins de grossissement	29
Tableau 10 : Liste des procédures de fabrications de crevettes entières crues fraîches ..	34
Tableau 11 : Résultats d'analyses microbiologiques	42
Tableau 12 : Résultats d'analyses microbiologiques (suite)	42
Tableau 13 : Tolérances microbiologiques des crevettes entières crues fraîches	43
Tableau 14 : Conclusion d'analyses microbiologiques du lot A1 de crevettes fraîches ..	43
Tableau 15 : Conclusion d'analyses microbiologiques du lot B2 de crevettes fraîches ..	43
Tableau 16 : Procédure de contrôle des paramètres des CCP(s)	46
Tableau 17 : Résultats d'auto-contrôle des CCP(s)	47
Tableau 18 : Résultats de contrôle des CCP(s)	47
Tableau 19 : Notions de durée de conservation des produits alimentaires	50
Tableau 20 : Critères de fraîcheur des crevettes	51
Tableau 21 : Résultats d'évaluations organoleptiques des crevettes fraîches	52
Tableau 22 : Classification des microbes en fonction de leur température cardinale ..	55
Tableau 23 : Croissance microbienne de <i>Clostridium perfringens</i>	63
Tableau 24 : Taux de croissance spécifique μ_{\max} de <i>Clostridium perfringens</i>	64
Tableau 25 : Comparaison des taux de croissance de <i>Clostridium perfringens</i>	65
Tableau 26 : Croissance de <i>Clostridium perfringens</i> à 10°C	67
Tableau 27 : Interprétation des critères pour un échantillon ou pour un lot de 5 échantillons : principe d'appréciation	82
Tableau 28 : Interprétation des résultats de contrôle Eau et Glace	84
Tableau 29 : Interprétation des résultats de contrôle de la saumure	84
Tableau 30 : Interprétation des résultats de contrôle des mains	84
Tableau 31 : Interprétation des résultats de contrôle des surfaces	84
Tableau 32 : Production totale de crevettes (1998 – 2004)	91
Tableau 33 : Evolution de l'exportation de crevettes (1996 – 2002)	91
Tableau 34 : Valeur d'un kilo de crevettes équivalent entière (en FMG)	91
Tableau 35 : Importance des crevettes entières dans les exportations	91
Tableau 36 : Structure des consommations intermédiaires dans la crevetticulture ..	91
Tableau 37 : Effort de la crevetticulture industrielle (2001)	92
Tableau 38 : Principaux pays producteurs de crevettes	92
Tableau 39 : Evolution de la flore aérobie mésophile totale (Log N)	92
Tableau 40 : Croissance de <i>Clostridium perfringens</i> à différentes températures	92
Tableau 41 : Evolution microbienne des crevettes fraîches	92

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique de la ferme tsangajoly.....	4
Figure 2 : Production totale de l'AQUAMEN E.F.....	5
Figure 3 : <i>Penaeus monodon</i>	6
Figure 4 : Cycle de vie de <i>Penaeus monodon</i>	7
Figure 5 : Localisation géographique des modes d'exploitation de crevettes	9
Figure 6 : Evolution de l'exportation des crevettes malgaches	12
Figure 7 : Effort de la crevetticulture industrielle (en volume et en valeur)	13
Figure 8 : Bonne valorisation des produits finis	13
Figure 9 : Importance des crevettes entières	13
Figure 10 : Structure des consommations intermédiaires	14
Figure 11 : Producteurs mondiaux de crevettes d'élevage	16
Figure 12 : Méthodologie de recherche	21
Figure 13 : Processus général de production de crevettes fraîches	23
Figure 14 : Composantes du management de la qualité	24
Figure 15 : Instruments de mesure pour le contrôle de la qualité d'eau	27
Figure 16 : Diagramme de fabrication de crevettes fraîches	30
Figure 17: Exemple d'une cartouche d'en-tête d'une procédure	32
Figure 18 : Quelques symboles types de logigramme	33
Figure 19 : Crevettes fraîches conditionnées dans le gel pack et la boîte aluminée	38
Figure 20 : Evaluation de la fraîcheur des lots de crevettes fraîches	52
Figure 21 : Evolution de la FAMT des crevettes fraîches en conservation.....	54
Figure 22 : Echelle des températures et croissance des microorganismes	56
Figure 23 : Courbe de croissance d'un micro-organisme	58
Figure 24 : Paramètres de la cinétique de croissance d'un micro-organisme	59
Figure 25 : Modalités de détermination de la DLC	60
Figure 26 : Evolution microbienne des lots des crevettes fraîches stockées à +2°C ...	62
Figure 27 : Courbes de croissance de <i>Clostridium perfringens</i> à 4, 25, 37 et 46°C	64
Figure 28 : Expériences de croissance microbienne.....	66

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Loi n° 2001-020 portant développement d'une aquaculture de crevettes responsable et durable	70
Annexe II : Méthodes d'analyses microbiologiques	72
Annexe III : Tableau d'analyse des dangers des crevettes entières crues fraîches ...	74
Annexe IV : Arbre de décision H.A.C.C.P	77
Annexe V : Parties expérimentales	78
Annexe VI : Défauts influençant la qualité des crevettes	83
Annexe VII : Interprétation des résultats de contrôle des CCP(s)	84
Annexe VIII : Plan de nettoyage et désinfection	85
Annexe IX : NF V08 058, Avril 1994, Dénombrement de <i>Clostridium perfringens</i> par comptage des colonies à 37°C.	87
Annexe X : Données sources des figures	91

ABREVIATIONS

- FAMT : Flore aérobie mésophile totale
- CF : Coliformes fécaux
- BSR : Bactéries sulfitoréductrices
- PCA : Plate Count Agar
- TSC : Tryptose Sulfite à la Cycloséroline
- TCBS : Thiosulfate Citrate Bile Saccharose
- BCP : Bromo Crésol Pourpre
- VRBL : Violet Red Bile Lactose
- LGDR : Lame gélosée à diagnostic rapide
- Ha : Hectare
- MAEP : Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
- H.A.C.C.P : Hasards Analysis Critical Control Point
- CCP : Critical Control Point
- DLC : Date Limite de Consommation
- DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale
- a_w : activité de l'eau
- FAO : Food Aid Organisation

INTRODUCTION

L'aquaculture de crevettes trouve son apogée et s'éparpille dans plusieurs régions du monde. Pour Madagascar, l'activité est récente, âgée d'une décennie environ. Les études hydrologiques et biologiques montrent que plusieurs étendues sont exploitables dans la partie Ouest de l'île. Aussi, de grandes sociétés s'implantent dans les zones favorables et contribuent au développement de la filière crevetticole et au désenclavement des milieux éloignés de la Grande Ile.

Cependant, la concurrence sur les produits à base de crevettes est de plus en plus rude et alarmante au niveau mondial et les industries crevettières sont amenées à adopter de nouvelles stratégies de développement : réduction des coûts de production ou diversification des produits finis,...

Par ailleurs, la tendance actuelle de la consommation alimentaire se tourne vers les produits frais, ayant subi peu de traitements et avec un minimum d'utilisation de conservateurs chimiques. Pour faire face à la demande et à l'offre, les industries agro-alimentaires tendent à réduire les barèmes de traitements thermiques.

Devant ces situations, la société AQUAMEN E.F n'échappe pas à la règle. Confiante de la performance réalisée et soucieuse de pérenniser les activités menées actuellement, elle projette de diversifier les produits et offrir au marché les produits de gamme de crevettes fraîches.

Toutefois, comme les crevettes sont des denrées très périsposables, les modes de conservation à l'état réfrigéré les rendent instables sur le plan microbiologique et peuvent nuire à la qualité marchande et hygiénique des crevettes fraîches. Et c'est dans cette optique que le travail de recherche encadré par Messieurs RAFOMANANA et RASOARAHONA s'intitule : « Contribution à l'étude d'assurance qualité et détermination de la date limite de consommation des crevettes entières crues fraîches : Cas de la société AQUAMEN E.F Morondava ».

La première partie est consacrée à la présentation du contexte général de l'étude. Ensuite, la deuxième partie essaie de développer l'étude d'assurance qualité des crevettes fraîches. Enfin, la dernière partie traite de la détermination de la date limite de consommation des crevettes fraîches.

PARTIE 1 : CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUE

CHAPITRE 1. PRESENTATION DE LA SOCIETE AQUAMEN E.F.

1.1. Description

A vocation agro-industrielle, la société AQUAMEN E.F est une ferme industrielle d'élevage de crevettes tigrées ou *Penaeus monodon*. Une écloserie assure l'approvisionnement en postlarves des bassins et une usine de traitement est installée pour assurer la qualité marchande, nutritionnelle et hygiénique des produits finis.

1.2. Historique.

La société AQUAMEN E.F, Aquaculture du Menabe, entreprise franche a été créée en 1995.

L'étude de faisabilité a été confiée à la société COFREPECHE qui a, au cours des prospections, repéré deux sites. L'un peut accueillir la ferme de grossissement au Nord de Morondava à proximité de Belo sur Tsiribihina et l'autre, une écloserie se situe au Sud de Morondava à proximité de Belo sur mer.

Afin de valider le choix du site de la ferme, il a été réalisé dans un premier temps une ferme pilote d'une superficie de quatre hectares et qui, sur deux cycles de production, ont permis de confirmer que les conditions naturelles se prêtent à l'élevage de la crevette *Penaeus monodon*.

Au vu des résultats encourageants obtenus sur la ferme pilote, il a été décidé de passer à la réalisation d'une phase industrielle d'une superficie de 120 ha à l'embouchure Sud du delta de la rivière Tsiribihina. La première implantation qui se compose d'une station de pompage, d'un canal d'alimentation de 3,5 km, de 5 bassins de pré-grossissement de 1 ha, de 9 bassins de grossissement de 2,5 ha et de 18 bassins de grossissement de 5,5 ha. Elle a été conçue de manière à pouvoir supporter les extensions futures tout en respectant au maximum les contraintes environnementales. Le principe de la construction retenu s'agit des terrassements par déblai remblai sans apport de matériaux extérieurs.

Simultanément aux travaux menés, la construction de l'écloserie et de l'unité de conditionnement a été entreprise. Le planning imposé est que l'écloserie doit être à même de fournir des postlarves dès que la construction de la ferme est terminée. Et que l'unité de conditionnement soit opérationnelle pour traiter les produits de la pêche des bassins à l'issue du premier cycle de production de la ferme. Les premières pêches ont eu lieu en novembre 1997 avec des résultats corrects compte tenu de la jeunesse du projet et de l'encadrement.

A l'issue de l'année 1998, il s'avère indispensable de procéder à une extension de la ferme et de l'écloserie afin d'assurer une meilleure rentabilité du projet. Une extension d'environ 160 ha a été définie pour optimiser la capacité du site. L'extension s'est faite en 2 tranches, dont l'une de 80 ha est composée de 14 bassins de pré-grossissement de 1 ha et 22 bassins de grossissement de 3 ha avec une augmentation de la capacité de la station de pompage, et l'autre comprend 80 ha supplémentaires composée de 8 bassins de pré-grossissement de 1 ha et de 9 bassins de grossissement de 8 ha exploitables en janvier 2003.

La surface en eau finale est de 280 ha avec une prévision de production d'environ 1500 tonnes de crevettes par an sur deux cycles. La capacité de production de l'écloserie est d'environ 110 millions de postlarves par an. Et celle de l'unité de

conditionnement est de 2000 tonnes par an avec une moyenne journalière de 7 tonnes environ.

1.3. Situation géographique

La ferme d'élevage se trouve à Tsangajoly à 100 km environ au Nord de Morondava. La localisation constitue un environnement favorable pour l'exploitation de la crevette *Penaeus monodon*.

Province : Tuléar

Préfecture : Morondava

Sous préfecture : Belo sur Tsiribihina

Région : Tsangajoly

Latitude : 19°48'40" Sud

Longitude : 44°32'55" Est

1.4. Organisation générale de la société

L'activité aquacole de crevettes de la ferme de Tsangajoly est une opération continue. Elle procure du travail en pleine production à environ 500 personnes. Deux types d'employés y sont rencontrés :

- ☞ les employés permanents répartis au sein de différents services et ;
- ☞ les employés saisonniers, recrutés lors des campagnes de pêche essentiellement pour le renforcement des effectifs de la production et de l'unité de conditionnement.

Toutefois, le passage du Cyclone Gafilo dans la région a provoqué la destruction d'une partie des zones d'élevage. Cela a obligé la société à réduire le nombre du personnel à un effectif total de 300 personnes.

1.5. Principaux produits

Deux types de produits finis sont fabriqués :

- ☞ Crevettes entières crues congelées (*Penaeus monodon* et *Penaeus indicus*) et ;
- ☞ Crevettes décortiquées crues congelées (*Penaeus monodon* et *Penaeus indicus*).

Les crevettes *Penaeus monodon* sont obtenues après ensemencement de postlarves dans les bassins de pré-grossissement et transfert des juvéniles dans les bassins de grossissement en début d'élevage.

Les crevettes *Penaeus indicus* sont introduites dans les bassins d'élevage suite aux changements d'eau effectués en cours d'élevage.

Toute la production est vouée à l'exportation vers la Communauté européenne.

Par ailleurs, les crevettes n'ont pas le même poids à la récolte et sont calibrés au cours de transformation et de conditionnement.

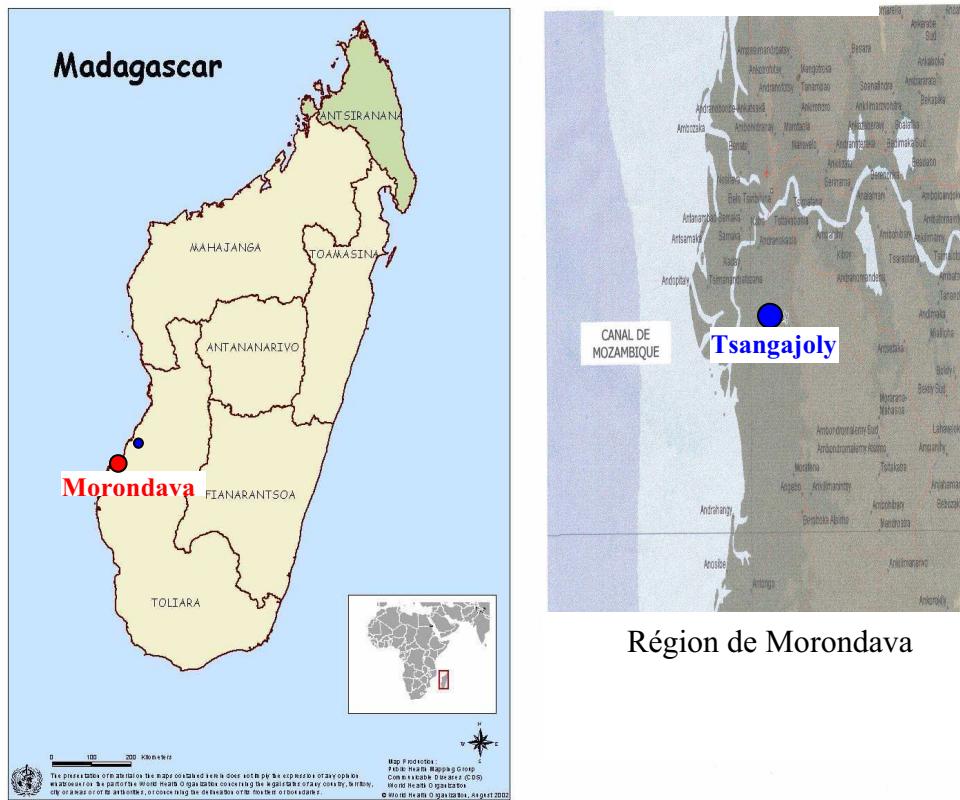


Figure 1 : Localisation géographique de la ferme Tsangajoly
 Source : Ferme Tsangajoly, 2004

Tableau 1 : Caractéristiques des calibres de crevettes

CALIBRE	NOMBRE DE CREVETTES	POIDS DE CREVETTES (grammes)
10/20	14 – 18	50 à 100
20/30	24 – 27	35 à 49
30/40	33 – 35	26 à 34
40/60	48 – 52	17 à 25
60/80	69 – 73	13 à 13
80/100	88 – 93	10 à 12
100/120	108 – 113	8 à 9
120 et plus	-	<8

Source : usine Tsangajoly, 1997

1.6. Production totale

La production totale enregistrée est estimée actuellement à 4,6 tonnes environ. La répartition selon les filières est représentée dans la figure 2.

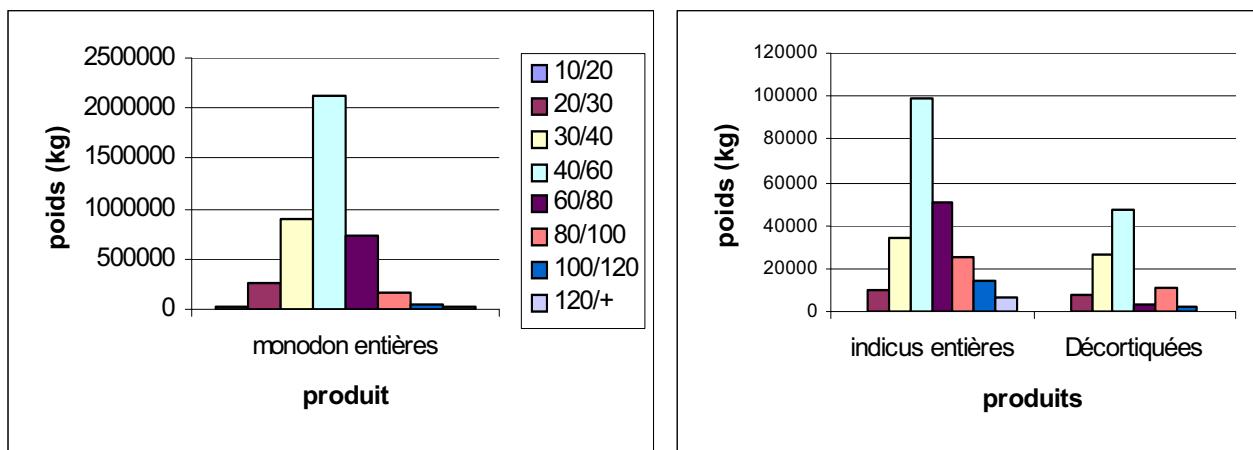


Figure 2 : Production totale de l'AQUAMEN E.F.

Source : AQUAMEN E.F, 2004

1.7. Perspectives d'avenir

Des séries d'extension des zones d'élevage et la diversification des produits finis étaient prévues mais la réhabilitation des bassins d'élevage ravagés par le dernier cyclone reste la principale préoccupation de la direction.

CHAPITRE 2. LES CREVETTES PENEIDES

Les crevettes pénéides constituent un groupe très ancien de crustacés décapodes.

2.1. Biologie [7]

Les adultes de *Penaeus monodon* vivent en mer dans les zones d'une profondeur de 20 à 70 m

La reproduction dépend surtout de la saison, des conditions climatiques (salinité et température) et également du cycle lunaire.

Après l'éclosion des œufs (plus de 1 000 000 par femelle), les larves ont une période planctonique. Au cours des 2 à 3 semaines suivant l'éclosion, les larves passent par différents stades larvaires qui se terminent par le stade postlarve. Ces postlarves vont alors remonter dans les estuaires et les mangroves, où elles vont rester entre 4 et 5 mois. Elles se nourrissent de petits crustacés, de moules, de vers et de détritus.

Devenues "sub-adultes", les crevettes retournent alors vers la mer pour commencer un nouveau cycle de reproduction.

2.2. Systématique

Les crevettes pénéides appartiennent à :



Embranchement : Arthropodes

Classe : Crustacés

Ensemble : Malacostracés

Sous-classe : Eucaridés

Ordre : Décapodes

Sous-ordre : Natantia

Famille : Penaeidae

Genre : *Penaeus*

Figure 3 : *Penaeus monodon*

Source : IFREMER, 2000

Par ailleurs, la famille des crevettes pénéides comprend plus de 300 espèces réparties surtout dans les mers tropicales et tempérées et la distribution des pénéides est plus ou moins délimitée par l'isotherme 20°, correspondant à la température estivale des eaux de surface.

2.3. Cycle biologique

Le cycle biologique des crevettes pénéides peut être divisé en quatre phases successives qui se caractérisent par des changements morphologiques, de comportement et d'habitat différents (figure 4) :

- ☞ la reproduction ;
- ☞ le développement larvaire ;
- ☞ la phase juvénile et ;
- ☞ la phase adulte.

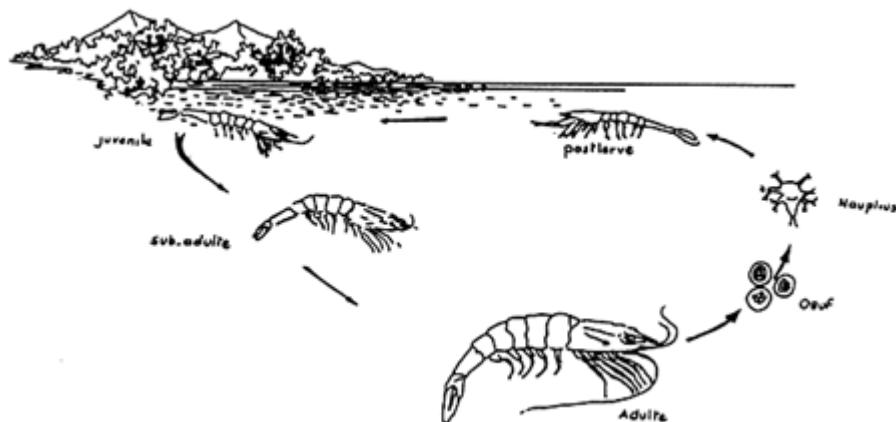


Figure 4 : Le cycle de vie de *Penaeus monodon*

Source : IFREMER, 2000

2.4. Valeur nutritionnelle des crevettes pénéides

Pour 100 g de crevettes, équivalent à 98 kilocalories, la valeur nutritionnelle est :

Protéines = 22 g ;
 Lipides = 1,8 g (dont 75 % d'acides gras insaturés) ;
 Glucides = traces ;
 Minéraux : Phosphore, Calcium, Magnésium, Sodium, Fer, Iode et ;
 Vitamines : B1, B2, B3, B6, B12, E .

2.5. Caractéristiques diététiques des crevettes pénéides

Digestes et légères, les crevettes pénéides fournissent autant de protéines que la viande. L'excellente qualité biologique permet la synthèse et le renouvellement des cellules de l'organisme dans les meilleures conditions.

La teneur en lipides reste très faible. Ils sont constitués en majorité d'acides gras insaturés, bénéfiques pour la santé cardio-vasculaire.

Les crevettes constituent une mine de minéraux et d'oligo-éléments. Elles sont bien pourvues en vitamines B, ainsi qu'en vitamine E anti-oxydante.

CHAPITRE 3. LA CREVETTICULTURE A MADAGASCAR

3.1. Historique

L'aquaculture de crevettes est une activité très récente à Madagascar. Les travaux de mise en place de la première ferme industrielle n'ont commencé qu'en 1992. L'activité a été entreprise suite aux résultats des essais de faisabilité très prometteurs liés à la ferme pilote de Nosy Be.

En 2002, soit dix ans plus tard, 7 fermes industrielles et une ferme artisanale sont opérationnelles et une vingtaine de demandes d'installation sont enregistrées au niveau du Secrétariat d'Etat chargé de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

3.2. Objectifs de développement

Le développement de l'aquaculture de crevettes contribue à la réalisation des objectifs principaux suivants :

- ☞ augmentation des recettes en devises ;
- ☞ participation à la satisfaction des besoins alimentaires de la population et ;
- ☞ contribution à lutte contre la pauvreté.

3.3. Réalisations [10]

Depuis des années, les produits halieutiques ont été l'une des principales sources de devises du pays. A titre d'illustration, les valeurs d'exportation réalisées au cours des 5 dernières années sont les suivantes (en milliards de fmg).

1997 = 392,32
1998 = 675,21
1999 = 712,61
2000 = 850,16
2001 = 1060,99

En moyenne, les crevettes apportent plus de 70% des recettes totales d'exportation des produits halieutiques.

Toutes les fermes opérationnelles exploitent la même espèce *Penaeus monodon*. L'espèce est présente naturellement dans la mer territoriale malgache et bien adaptée à l'environnement et aux conditions locales.

Le tableau 2 récapitule les productions réalisées par les fermes industrielles de 1994 à 2001.

Tableau 2 : Productions réalisées par les fermes industrielles (en tonnes)

Ferme	DEMARRAGE	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
AQUALMA	1992	406	1430	2403	2770	2215	3054	3266	3125
AQUAMEN	1995					245	326	900	990
SOMAQUA	1997					32	105	471	413
AQUAMAS	1999							167	859
ACB	2001								11
LGA	2001								
AQUABIO	2002								
TOTAL	-	406	1430	2403	2770	2492	3485	4804	5398

Source : [11]

Pour l'année 2002, la prévision de production de l'ensemble des fermes opérationnelles s'élève 7090 tonnes sur 1699 ha de bassins, soit un rendement estimé à 4,17 tonnes par hectare par an. L'objectif pour l'année 2003 est estimé à 8880 tonnes sur 2150 ha.

3.4. Facteurs de développement : les atouts

3.4.1. Géniteurs

Madagascar dispose naturellement d'une espèce considérée comme l'une des plus performantes en matière d'aquaculture, le *Penaeus monodon*. L'espèce est élevée dans les fermes aquacoles industrielles et les géniteurs proviennent de la pêche en mer.

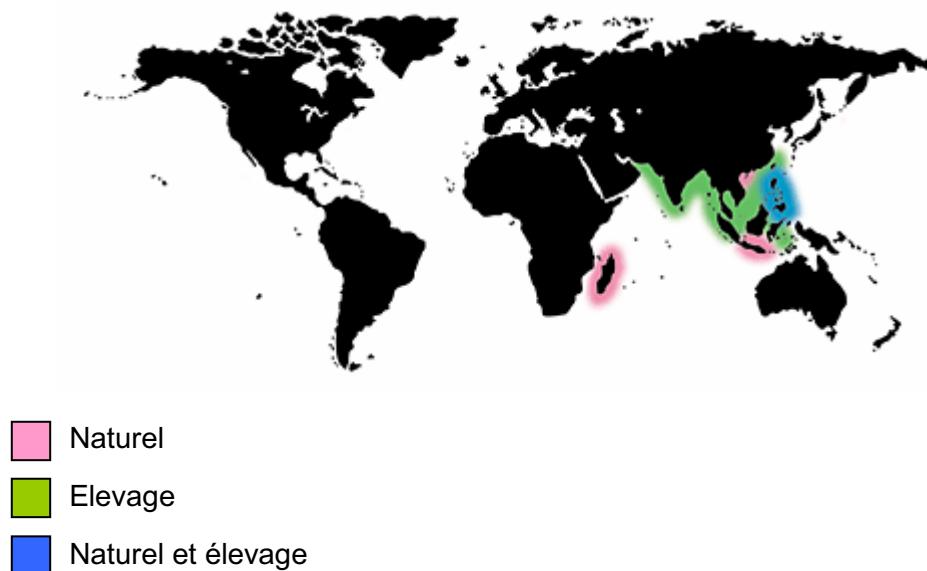


Figure 5 : Localisation géographique des modes d'exploitation de crevettes
Source : IFREMER, 2000

3.4.2. Potentialités agroécologiques

L'existence des tannes propices et aménageables pour l'aquaculture de crevettes est à la base du développement de la filière crevetticole. Les tannes abondent effectivement sur l'ensemble de la côte Ouest de Madagascar depuis Antsiranana jusqu'à Morombe.

De plus, les conditions climatiques malgaches sont favorables pour le développement de l'aquaculture de crevettes à savoir des zones à climat chaud entre 24°C et 32°C et à faible amplitude thermique, une pluviométrie modérée et un régime de vent régulier. Enfin, les sols à structure limono-argileuse ou argilo-sableuse de la côte Ouest correspondent aux

3.4.3. Marché ouvert.

Malgré la rude concurrence au niveau mondial, les crevettes produites à Madagascar sont reconnues d'une qualité remarquable grâce à la non utilisation de colorants et à la grosseur du calibre.

3.5. Contraintes de développement

En dépit des atouts indéniables de la crevetticulture à Madagascar, des contraintes existent.

3.5.1. Logistique

La plupart des sites propices se trouve dans des zones d'accès difficiles où les infrastructures de communication sont manquantes. Ceux-ci engendrent un acheminement difficile des équipements et un approvisionnement irrégulier en vivres en période de pluies.

3.5.2. Caractéristiques du site

Des contraintes d'aménagement peuvent découler de la topographie du sol et peuvent concerner notamment le terrassement, la conception hydraulique, l'implantation des canaux et des ouvrages de prise d'eau.

3.5.3. Social

La réalisation d'un projet industriel de crevetticulture implique un recrutement massif en personnel et ce dernier doit être géré au mieux en relation avec les autorités locales pour éviter les problèmes sociaux.

3.6. Rôles de l'administration

Soucieuse d'un développement d'une aquaculture de crevettes responsable et durable, l'administration malgache a pris et a mis en œuvre un certain nombre de dispositions :

- ☞ réalisation d'un schéma d'aménagement d'aquaculture de crevettes ou SACCM ;
- ☞ élaboration d'un code de conduite ayant pour finalité de jeter les bases d'un développement durable, écologiquement acceptable et économiquement viable (annexe I) ;
- ☞ élaboration de textes portant réglementation de l'aquaculture et ;
- ☞ formation et recyclage en matière d'aquaculture.

CHAPITRE 4. ECONOMIE DE LA FILIERE CREVETTIERE A MADAGASCAR

La dernière étude économique portant sur la filière aquacole malgache date de 1998 et porte sur les chiffres de 1996. D'autre part, les spécificités comptables et économiques de la filière ne sont appréhendées qu'en 2001.

Généralement, depuis 1996 jusqu'à 2002, une progression des exportations de crevettes surtout pour les catégories entières a été constatée.

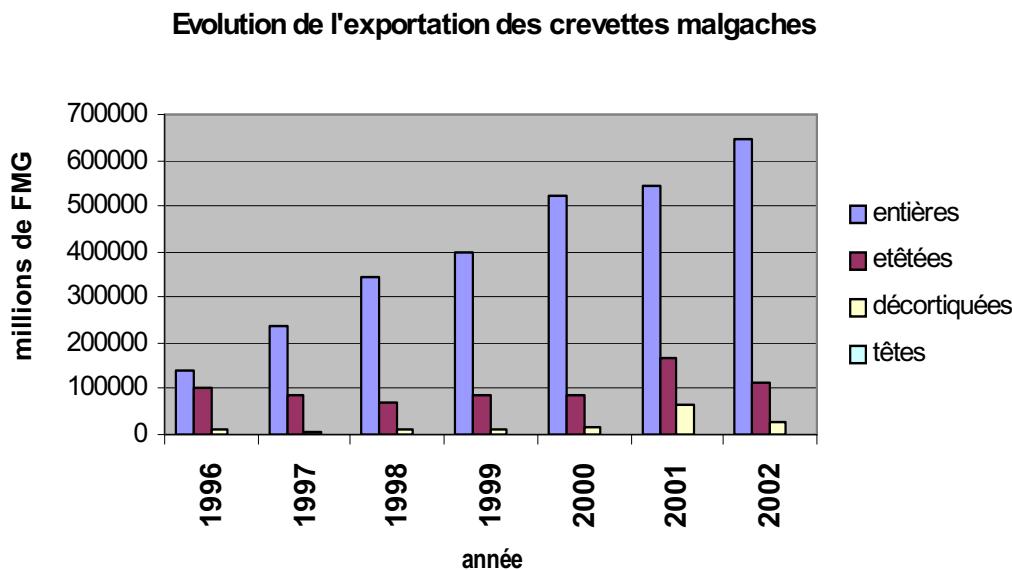


Figure 6 : Evolution de l'exportation des crevettes malgaches

Source : MAEP, 2002

4.1. Aquaculture industrielle dans la filière crevettière

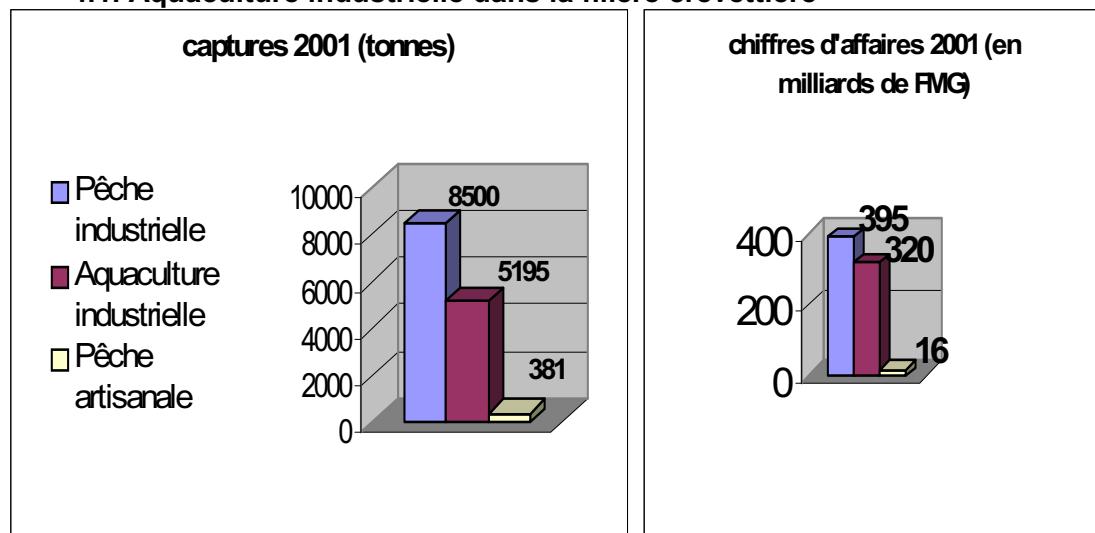


Figure 7 : Effort de la crevetticulture industrielle (en volume et en valeur)

Source : [10]

La figure reflète bien que l'aquaculture industrielle occupe la seconde place dans la production halieutique malgache et talonne de très près la sous filière pêche industrielle que ce soit en tonnage ou en valeur.

4.2. Valorisation des produits finis

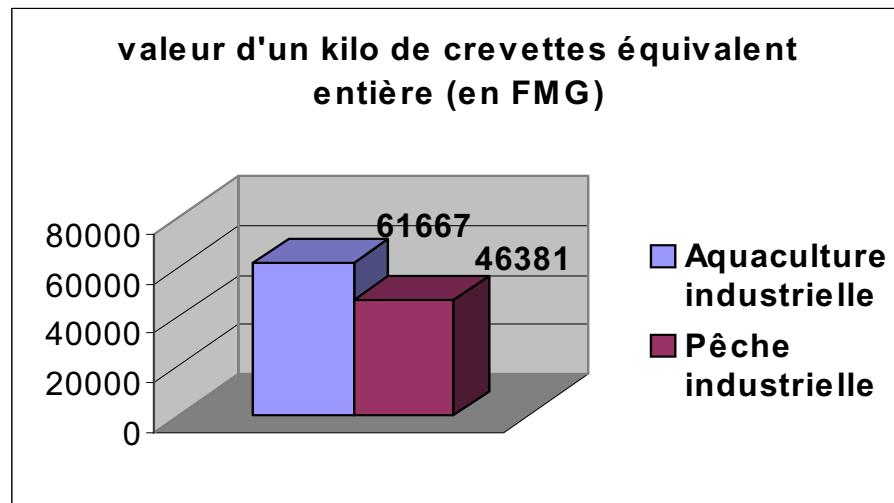


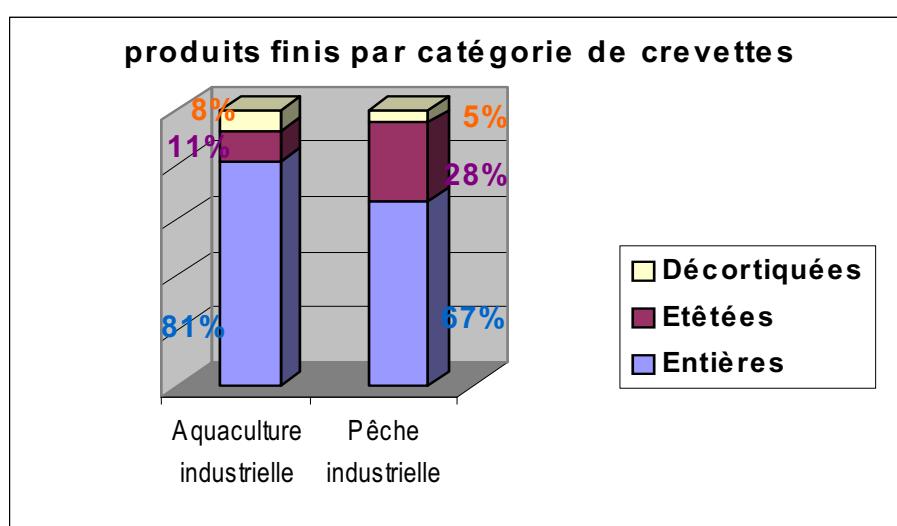
Figure 8 : Bonne valorisation des produits finis

Source : [11]

La sous filière aquacole valorise très bien sa production, 61667 FMG contre 46381 FMG pour la filière industrielle. L'écart peut avoir pour origine du fait que la crevette tigrée, *Penaeus monodon*, la plus élevée à Madagascar est mieux cotée sur le marché par rapport à la crevette blanche, *Penaeus indicus* majoritairement présente dans les captures de la pêche industrielle malgache. La différence sur le marché mondial est de l'ordre de 2\$ par kg. Ce qui coïncide à peu près à l'écart enregistré ici.

4.3. Prédominance des crevettes entières

Figure 9 : Importance des crevettes entières



Source : [11]

La figure montre que la proportion de crevettes entières sur les produits finis est nettement plus importante en terme de volume. Ceci s'explique qu'il n'y a aucune comparaison possible entre la manipulation des produits de la pêche à bord des navires

et celle traitée sur place dans les fermes d'élevage. Aussi, les volumes de crevettes qui ne peuvent pas être vendus sous la forme entière est de quantité faible.

4.4. Structure des consommations intermédiaires

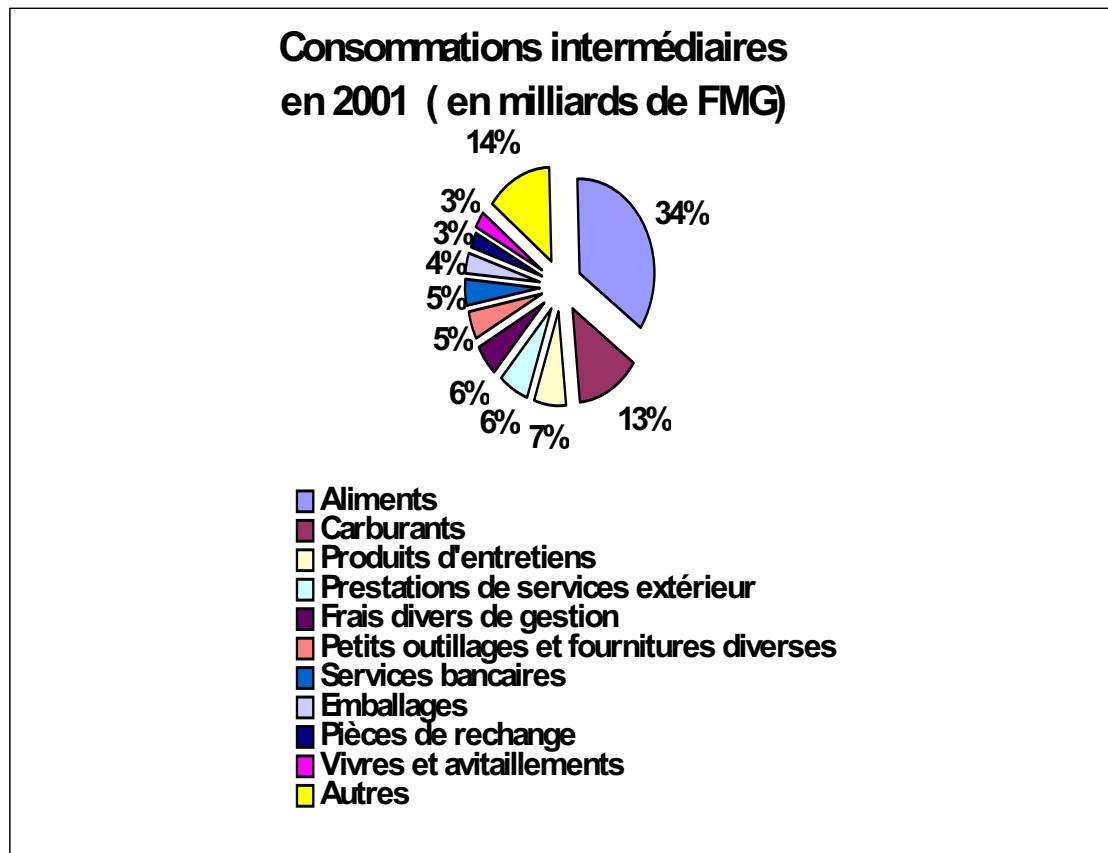


Figure 10 : Structure des consommations intermédiaires

Source : MAEP, 2003

L'identification des dix premiers postes de consommations intermédiaires de la sous filière aquacole relève les remarques suivantes :

- ☞ la dominance du poste « Aliments » qui représente 34% des consommations intermédiaires totales avec une proportion dans les normes usuelles des élevages aquacoles de crevettes entre 30 et 45% et ;
- ☞ le poste « Carburant » avec une représentativité nettement moindre (13%) compte tenu des besoins énergétiques pour faire fonctionner l'ensemble des installations d'une unité de crevetticulture industrielle (station de pompage, matériel roulant, production de froid,...).

4.5. Contribution au développement communautaire et socio-économique

Au titre des effets économiques induits par l'activité industrielle à l'échelle régionale, la création d'emploi figure parmi eux car tous les opérateurs ont développé une politique de recrutement local à compétence égale. Et la préférence va aux ressortissants locaux.

A cet effet s'ajoutent les flux économiques d'approvisionnement notamment en matière de vivres et d'avitaillements.

Les deux mécanismes précédents vont générer la création de nouvelles activités économiques essentiellement dans le domaine du commerce et des prestations de service.

Quand au développement communautaire, les industries crevettières y participent à la construction ou à l'agrandissement d'écoles, à la création d'un service médical en priorité pour les salariés avec accès partiel ou total à la population locale. D'autres activités vont être réalisées comme l'accès à l'eau potable et l'électricité, et les entretiens des pistes.

CHAPITRE 5. MARCHE DE LA CREVETTE DANS LE MONDE EN 2003

5.1. Introduction [10]

La production mondiale est aujourd’hui estimée à 3 600 000 tonnes, d’après la FAO. La part de l’ aquaculture dans la production mondiale de crevettes était de 27% en 1999, elle est proche de 40% aujourd’hui (valeur prévue en 2003), 85% des crevettes produites dans le monde (pêche et aquaculture) sont des crevettes des eaux chaudes.

La Chine est devenue en 2002, le premier producteur de crevettes d’ élevage du monde suivie de près par la Thaïlande et le Vietnam.

L’ espèce la plus élevée est *Penaeus monodon* (ou Black Tiger). Elle représente au moins 75% de la production crevettière mondiale, suivie de *Penaeus vannamei*, originaire d’ Amérique latine, introduite en Asie depuis quelques années.

La prévision pour 2003 de production de crevettes d’ élevage par les principaux pays producteurs est présentée dans la figure 11.

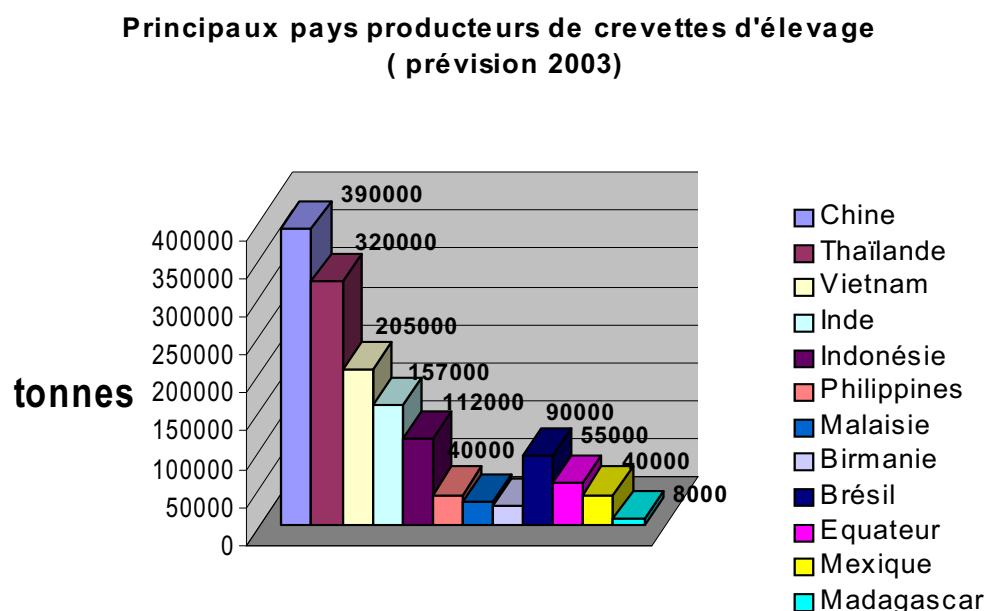


Figure 11 : Producteurs mondiaux de crevettes d’ élevage

Source : MAEP, 2003

La production prévue pour l’année 2003 se chiffre à 1 565 000 tonnes environ. Le « boom » aquacole actuel en Asie et au Brésil (*Penaeus vannamei*, petites crevettes blanches) laisse présager une augmentation encore importante de la production d’ élevage dans toutes les prochaines années.

5.2. Marché mondial et les tendances actuelles [11]

5.2.1. Principaux pays importateurs

Japon : 200 000 tonnes ;

USA : 350 000 tonnes et ;

Europe : 400 000 tonnes dont

 Espagne : 110 000 tonnes ;

 France : 65 000 tonnes.

5.2.2. Quelques caractéristiques des pays importateurs

Au Japon, la consommation de crevettes est une véritable tradition. Les importations sont essentiellement d'origine asiatique (Thaïlande, Inde, Indonésie, Vietnam). 75% des espèces importées sont de *Penaeus monodon*, sous forme étêtées. Seules les crevettes de grande taille et de forte valeur marchande sont vendues entières.

Aux USA, la consommation de crevettes est en augmentation régulière. Le principal fournisseur est l'Asie. Le produit leader reste la crevette étêtée. Cependant, les crevettes blanches importées et la *Black Tiger* sont maintenant très appréciées et constituent une part importante du marché.

Le marché européen est loin d'être uniforme et recouvre des habitudes alimentaires différentes selon le pays. Il est globalement en expansion. Les plus importants pays consommateurs sont l'Espagne, la France, l'Italie et la Grande Bretagne. La consommation française de crevettes a doublé grâce aux importations d'Amérique latine puis d'Asie. Les crevettes vendues cuites décongelées, représentent 60 à 70% du marché de la crevette tropicale en France.

5.3. Principaux pays producteurs

L'Asie produit 90% des crevettes d'élevage et la Chine et le Vietnam sont en plein « boom ».

La production latino-américaine traverse une crise grave à cause de :

- ☞ maladies virales ;
- ☞ coûts de production élevés et ;
- ☞ concurrence des pays d'Asie sur le même type de produit (crevette blanche).

5.3.1. Situation en Amérique latine

Dans cette région, les élevages de crevettes sont en grande partie réalisés en grands bassins selon des techniques semi-intensives. Les espèces élevées sont *Penaeus vannamei* (90%) et *Penaeus stylirostris* (10%). La situation dans les principaux pays producteurs est :

L'Équateur connaît de graves difficultés. Longtemps second producteur mondial, les exportations de crevettes ont baissé de 50% en 2001 par rapport à 1993. Ces pertes sont directement liées à l'épidémie de « White Spot ».

En Brésil, l'aquaculture de crevettes s'est fortement développé en quelques années. Le pays compte en 2001 environ 12 000 hectares de bassins et près de 60

éclosseries. La production aurait été de 40 000 tonnes dont 45% sont exportés vers l'Europe et 45% vers les Etats-Unis.

5.3.2. Situation en Asie

L'Asie concentre près de 90% de la production de crevettes d'élevage. Les techniques d'élevage sont différentes de celles pratiquées en Amérique latine. La crevette tigrée est l'espèce la plus populaire mais ces dernières années, la crevette *Penaeus vannamei*, a été introduite dans la région. L'élevage de cette espèce représente un risque de concurrence certain pour les autres pays producteurs.

En Thaïlande, de nombreuses fermes ont adopté des techniques « sans changement d'eau » associées à une forte aération. Le problème de résidus d'antibiotiques trouvés dans les crevettes exportées a entraîné les contrôles stricts de la part des pays importateurs et des autorités locales.

Les élevages de crevettes en Chine connaissent un boom sans précédent grâce au développement d'une nouvelle génération de fermes intensives de petites tailles ; les fermes produisent *Penaeus chinensis*, *Penaeus monodon*, et *Penaeus vannamei*.

L'aquaculture vietnamienne connaît aussi un boom sans précédent. Le problème principal est le faible nombre d'éclosseries modernes et la cherté des géniteurs provenant du milieu naturel. Les rendements sont assez bas et les postlarves sont rares et chères, en contrepartie les coûts de production sont « imbattables » et l'ingéniosité des gens reste très grande. Par ailleurs, le Vietnam est confronté comme la Thaïlande à des problèmes de résidus d'antibiotiques.

5.4. Grandes tendances du marché

La production de crevettes d'élevage est relancée surtout en Asie, malgré la présence des maladies virales, essentiellement grâce à l'introduction de *Penaeus vannamei*. De plus, une substitution d'espèces a été initiée. Les élevages de *Penaeus vannamei* se développent très rapidement, alors que ceux de *Penaeus monodon* sont globalement en régression.

Par ailleurs, plusieurs pays d'Asie sont sous embargo ou contrôles renforcés de la part de l'Union Européenne (problèmes de résidus de pesticides). Les producteurs (pêche et aquaculture) américains accusent de « dumping » les producteurs d'Asie. Et seul le Brésil tire du profit avec une production très compétitive et en forte augmentation.

Ainsi, la situation du marché est relativement imprévisible et pourrait affecter la production de crevettes malgaches dont l'essentiel est constitué de crevettes blanches de petite taille (*Penaeus indicus*), très semblables aux crevettes d'élevage brésiliennes (*Penaeus vannamei*).

5.5. Perspectives d'avenir.

5.5.1. Nouvelles techniques

Le développement des maladies d'origine virale constitue toujours un handicap pour l'industrie crevettière. Cependant, l'adoption de nouvelles techniques et de nouvelles stratégies de production permet actuellement à l'activité de progresser. Elles sont basées sur :

- ☞ la mise en place de réservoirs ou bassins de décantation et éventuellement traitement de l'eau ;
- ☞ la filtration fine pour exclure l'entrée d'hôtes porteurs dans les bassins d'élevage ;
- ☞ aucun changement d'eau pendant la durée de l'élevage ;
- ☞ le recyclage des eaux de rejets et ;
- ☞ le maintien d'un floc bactérien dans les bassins grâce à une forte aération de l'eau et une mise en mouvement (conditions hétérotrophes).

5.5.2. Développement rapide mais dans un contexte compétitif accru.

En dépit des difficultés rencontrées ces dernières années, la crevetticulture crée des centaines de milliers d'emplois et soutient l'économie de nombreux pays en voie de développement. En retour, la concurrence entre producteurs va devenir de plus en plus dure.

Par ailleurs, le prix de vente conditionne largement le développement du marché. Un exemple, en France en 2000, le prix des crevettes cuites dans les supermarchés a augmenté en quelques semaines de 18,4%. Cela s'est traduit immédiatement par une baisse de la demande de l'ordre de 23% en volume.

Enfin, il faut souligner que les consommateurs sont beaucoup plus exigeants sur la qualité des produits. Il n'est plus envisageable aujourd'hui, dans un contexte de commercialisation proche de la « tolérance zéro » de produire n'importe quoi et n'importe comment.

CHAPITRE 6. PRESENTATION DE L'ETUDE

L'étude a pour objectif principal la production de crevettes entières crues fraîches (*Penaeus monodon*). Des recherches préliminaires ont été effectuées et elles sont basées sur la fourniture d'un dossier d'assurance qualité relatant les dispositions mises en place pour pouvoir exporter les crevettes fraîches vers la Communauté Economique Européenne (CEE).

6.1. Genèse du projet

Le projet de production de crevettes entières crues fraîches a pris naissance pour plusieurs raisons.

6.1.1. Résultats d'étude de marché.

La tendance actuelle des consommations alimentaires s'oriente vers les produits frais ayant conservé les propriétés organoleptiques proches de celles des produits naturels.

De plus, en tenant compte de la concurrence rude sur la filière *Penaeus monodon*, la demande du marché mondial tend vers les crevettes de gros calibre, de préférence présentées à l'état frais.

6.1.2. Performance de la société AQUAMEN E.F

La qualité est l'une des devises de la société. Afin de fidéliser les clients forts et d'en séduire de nouveaux, la société a lancé le projet de production de crevettes entières crues fraîches.

Par ailleurs, la société dispose de tous les moyens humains, matériels équipements et financiers jugés nécessaires pour la production des crevettes entières crues fraîches.

6.2. Contraintes

Les crevettes figurent parmi les aliments les plus périssables. Or, les crevettes entières crues fraîches sont instables du point de vue microbiologique. En effet, le refroidissement à la température de réfrigération ne permet pas une inhibition complète des microorganismes d'altération et des microbes pathogènes. Et afin d'éviter tout accident de fabrication et de maintenir l'image de marque de la société AQUAMEN E.F, il s'avère nécessaire et indispensable de maîtriser tout le processus de production et de conditionnement des crevettes entières crues fraîches. De plus, pour assurer la qualité des produits finis à la sortie de l'usine, il est préférable de connaître l'évolution de la qualité organoleptique et de la qualité microbiologique des crevettes fraîches. C'est dans cette optique que le travail a été intitulé « Contribution à l'étude d'assurance qualité et détermination de la date limite de consommation des crevettes entières crues fraîches »

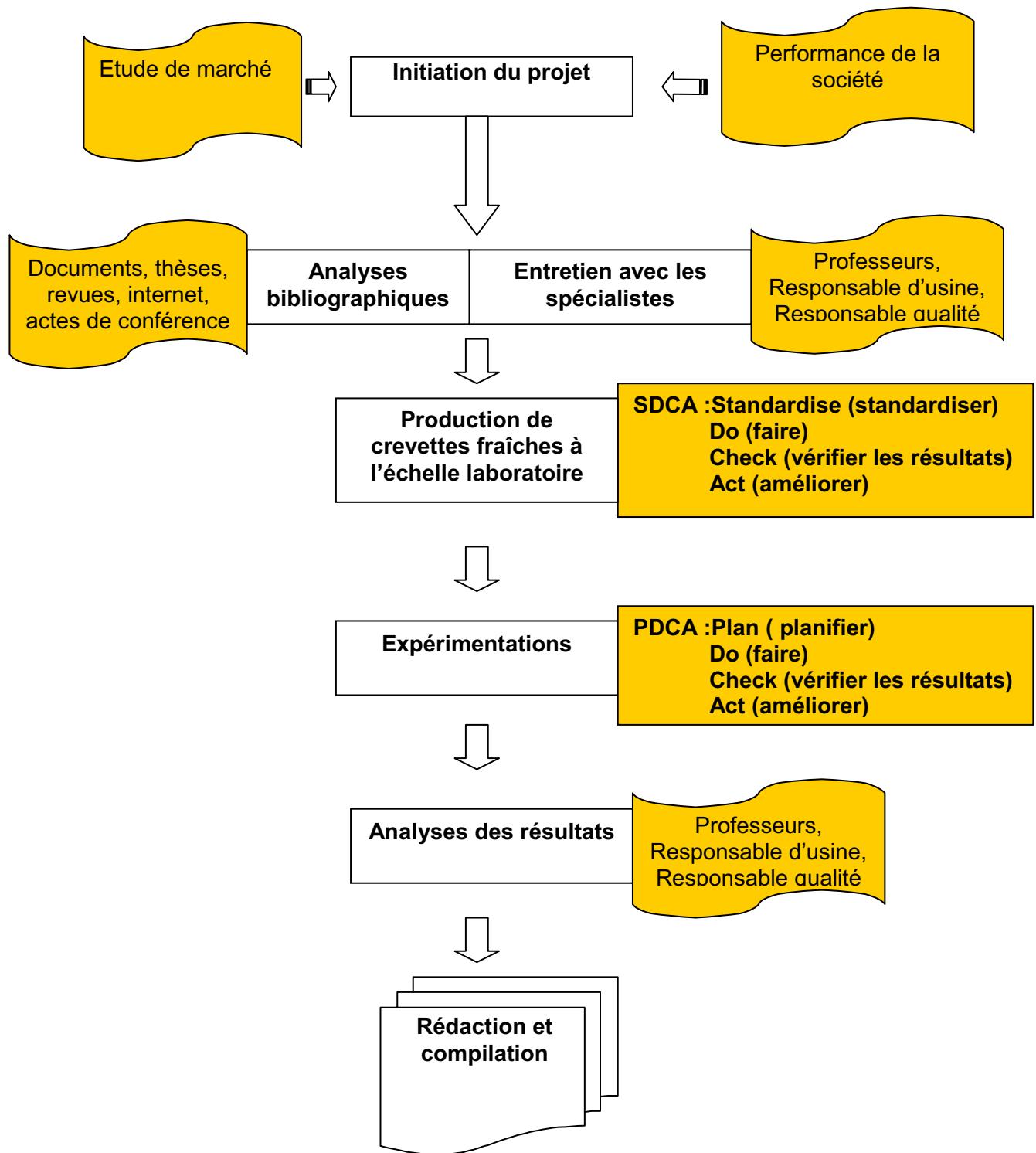


Figure 12 : Méthodologie de recherche

Source : auteur, 2004

La pêche industrielle, artisanale, traditionnelle et l'aquaculture constituent les modes d'exploitation de crevettes. A Madagascar, l'aquaculture crevettière est une activité d'avenir. Les différents facteurs de développement (géniteurs, sols, climat,...) de la filière répondent aux exigences de l'espèce élevée. Et les capacités de production des fermes existantes ne sont pas encore exploitées à fond. Aussi, avec l'effort de la filière pêche industrielle, la crevetticulture promet une alternative incontournable pour augmenter la quantité des crevettes à l'exportation.

Sur le marché mondial, deux types de produits tendent à se différencier. Le consommateur a le choix entre les petites crevettes blanches (*Penaeus vannamei*) pas chères, pas très bonnes et élevées très intensivement, et les crevettes de plus gros calibre (*Penaeus monodon*), de meilleure qualité et à des prix nettement plus élevés. Dans le premier segment, la concurrence est déjà vive. Dans le segment qui concerne la production d'élevage, la lutte risque d'être vive à moyen terme.

La crevette de Madagascar est ainsi de plus en plus confrontée à une concurrence internationale sans précédente. Le temps de « l'or rose » est révolu et la profession va devoir faire face à de nouvelles difficultés et trouver les stratégies les mieux adaptées. A part les réductions des coûts de production internes aux sociétés, la diversification des produits finis présente une stratégie plus appropriée de manière à satisfaire les besoins des consommateurs et à réduire les problèmes de la malnutrition protéique. Pour cela, la production de crevettes fraîches conformes aux normes de qualité doit répondre aux besoins et exigences des consommateurs.

Les crevettes (*Penaeus monodon*) proviennent des bassins d'élevage. Au cours des processus de fabrication, le calibrage automatique permet de trier les crevettes de gros calibre (20/30). Après rangement dans des moules de 2 kg, les crevettes subissent un refroidissement rapide pour atteindre une température à cœur de 0°C à +2°C. Elles sont ensuite conditionnées dans des feuillets de gel pack et expédiées rapidement vers la Communauté européenne.

Le processus général de production des crevettes entières crues fraîches est présenté dans la figure 13 :

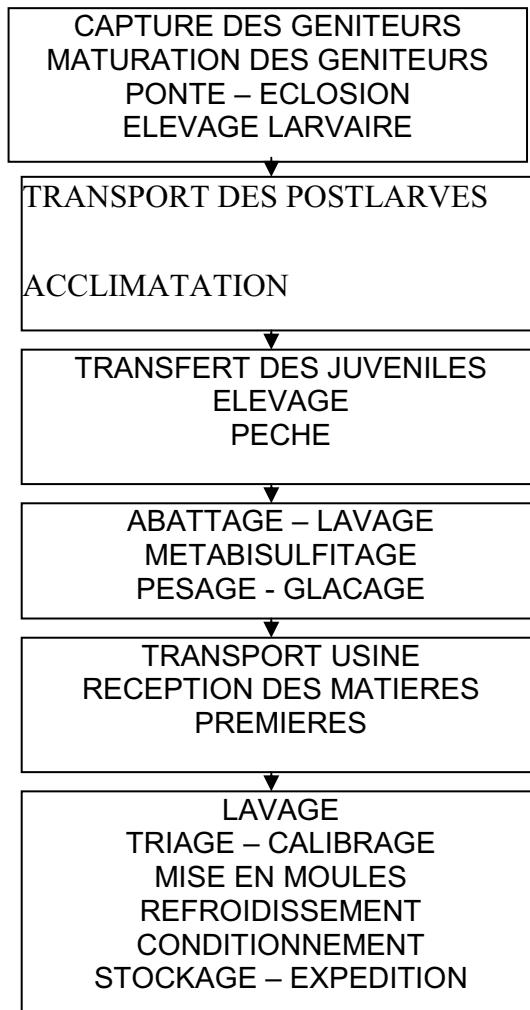


Figure 13 : Processus général de production de crevettes fraîches

Source : auteur, 2004

La maîtrise et l'assurance de la qualité entrent en jeu dans les différents processus de production, de fabrication et d'expédition. En effet, la qualité doit se construire en même temps que les produits finis pour maintenir et assurer une bonne productivité et un meilleur rendement de fabrication. La prévention, la participation de tous, le contrôle et l'excellence sont des méthodes utiles pour garantir des crevettes fraîches. Elles respectent les normes et répondent aux exigences des consommateurs.

Cette deuxième partie du travail va montrer une description du concept de la qualité et retrace les opérations de maîtrise de la qualité au cours de l'élevage et de la fabrication.

PARTIE 2 : ETUDE D'ASSURANCE QUALITE DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES

CHAPITRE 1. NOTIONS SUR LA QUALITE.

1.1. Définitions (ISO 8402) [8]

La qualité est « l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites ».

De plus, si la maîtrise de la qualité (« *quality control* » en anglais) est définie comme étant « les techniques et activités à caractère opérationnel utilisées pour satisfaire aux exigences de la qualité », le contrôle de la qualité (« *inspection* » en anglais) est une opération de maîtrise de la qualité à un stade donné du processus considéré, et a pour but de déterminer si les résultats obtenus à ce stade sont conformes aux exigences spécifiées.

Par ailleurs, l'assurance de la qualité est « l'ensemble des activités préétablies et systématiques mises en œuvre dans le cadre du « système qualité », et démontrées en tant que de besoin, pour donner la confiance appropriée en ce qu'une entité satisfera aux exigences pour la qualité ».

En outre, la gestion de la qualité est « l'ensemble des activités de la fonction générale de management qui déterminent la politique qualité, les objectifs et les responsabilités et les mettent en œuvre par des moyens tels que la planification de la qualité, la maîtrise de la qualité, l'assurance de la qualité et l'amélioration de la qualité dans le cadre du système qualité »

Enfin, la gestion totale de la qualité est une extension du concept de management de la qualité dans le sens de la participation et de la motivation de tous les membres d'un organisme (du haut de la hiérarchie à la base) dans son intérêt et dans celui de son environnement.

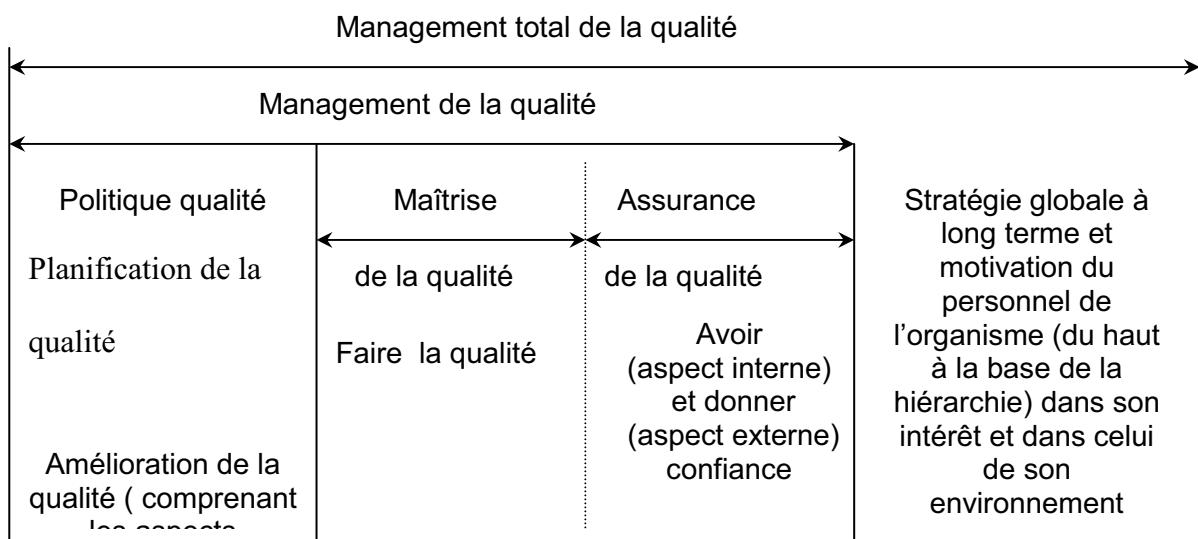


Figure 14 : Composantes du management de la qualité
Source : [8]

1.2. Evolution du concept de la qualité

La tendance économique passe d'une économie de production vers une économie de marché où les clients tiennent beaucoup d'importance sur la qualité. En effet, être compétent ne suffit plus, il faut être excellent selon le tableau 3.

Tableau 3 : Evolution du concept de la qualité

	De la qualité traditionnelle	...à la qualité totale
DEFINITION	<i>fabriquer un bon produit</i>	satisfaire le client
ENJEU	<i>notoriété</i>	compétitivité
PRINCIPE D'ACTION		
OBJECTIF	<i>niveau de qualité acceptable</i>	excellence
ORIGINE	<i>bureau d'études</i>	écoute du client
METHODE	<i>contrôle</i>	prévention
RESPONSABILITE	<i>spécialiste qualiticien</i>	participation de tous
MOYEN DE REGULATION	<i>expérience et intuition</i>	mesure systématique

Source : [16]

1.3. Enjeux de la qualité

Les enjeux touchent l'environnement autour de la société. Ils sont résumés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Enjeux de la qualité

CLIENT	des clients fidélisés et de nouveaux à terme
ECONOMIQUE	Des marges consolidées
HUMAIN	Des ressources humaines mobilisées intelligemment
MANAGERIAL	Des relations internes efficaces
STRATEGIQUE	Des parts de marché supplémentaires

Source : auteur, 2004

CHAPITRE 2. MATIERES PREMIERES DE QUALITE : MAITRISE DES TECHNIQUES D'ELEVAGE

2.1. Préparation du bassin

L'analyse du fond des bassins est effectuée en évaluant le pH et la quantité de matières organiques contenus dans le sol. La dureté du fond de bassin est alors vérifiée car ce milieu est favorable pour la croissance des bactéries pathogènes des crevettes.

Ensuite, un assec d'une dizaine de jours est réalisé entre deux élevages et permet une oxydation de la matière organique, une élimination des prédateurs (crabes, poissons) et des organismes pathogènes. Une fois bien asséché, le sol est aéré en utilisant un équipement agricole et il est recompacté ensuite.

Par ailleurs, les grilles sont installées pour éviter l'entrée des prédateurs et compétiteurs au remplissage du bassin ou la fuite des crevettes au cours d'un changement d'eau.

Le remplissage du bassin se fait au minimum une semaine avant l'ensemencement afin de développer la production planctonique. Pendant le remplissage, les grilles d'entrée d'eau sont nettoyées et contrôlées en continu.

Et la fertilisation est réalisée afin de développer la production naturelle du bassin par l'augmentation de la densité planctonique et d'organismes consommables par les crevettes. Ceci est particulièrement important au début d'élevage lorsque la biomasse de crevettes est réduite.

2.2. Ensemencement des postlarves

Le transfert des postlarves de l'écloserie aux bassins se fait avec beaucoup de précaution. Des sacs en double plastique de 20 litres sont remplis de 4 à 10 litres d'eau et gonflés à l'oxygène. La densité est de 200 à 500 postlarves par litre et la température de l'eau est abaissée à 20 – 24 ° C pour diminuer l'activité respiratoire de postlarves.

Au cours de l'ensemencement des postlarves dans les bassins, une acclimatation au nouveau milieu est nécessaire pour limiter le stress dû aux différences de température et de salinité et l'utilisation d'une "cage de survie" permet de contrôler le succès d'un ensemencement.

2.3. Qualité de l'eau

Le diagnostic du milieu d'élevage se fait par la mesure de plusieurs paramètres de l'eau à savoir :

- ☞ l'oxygène dissous du fond ;
- ☞ la température de la surface ;
- ☞ la turbidité de l'eau ;
- ☞ la salinité du fond et de la surface (stratification après une pluie) et ;
- ☞ le pH.

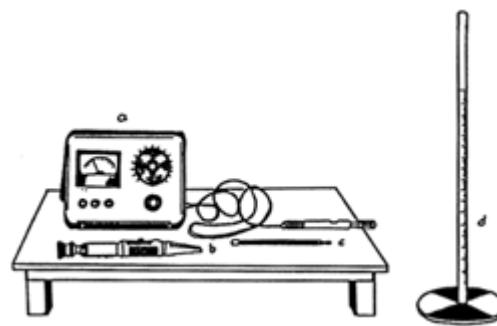


Figure 15 : Instruments de mesure pour le contrôle de la qualité d'eau (oxymètre, salinomètre, thermomètre et disque de Secchi)

Source : IFREMER, 2000

Tableau 5 : Paramètres de contrôle de l'eau de bassin

Paramètres	Tolérance	Optimum
Température (° C)	25 – 34	29
Oxygène (ppm)	3	saturation
Secchi (cm)		35 – 50
Salinité (ppt)	5 – 40	20
PH	7,0 – 8,8	8,2
Ammoniaque (mg NH3-N/1)	0,3	0
Nitrite (mg NO2-N/1)	6	0
Nitrate (mg NO3-N/1)	200	0

Source : Ferme Tsangajoly AQUAMEN E.F, 1997

Ces paramètres physico-chimiques ont une relation directe avec le développement du phytoplancton et du zooplancton dans le bassin. Et le contrôle du milieu se fait par les changements d'eau, la fertilisation et la quantité d'aliments.

Les changements d'eau sont fonction de la biomasse des crevettes.

Tableau 6 : Fréquence de changements d'eau en fonction de la biomasse

Biomasse (gr/m ²)	Changement d'eau (%/jour)
<2	0
2 – 10	2
10 – 20	4
20 – 40	6
40 – 60	8
60 – 80	12
80 – 100	15
100 – 120	20

Source : Ferme Tsangajoly AQUAMEN E.F.

2.4. Alimentation

La quantité d'aliments nécessaire pour avoir une bonne croissance, sans polluer le bassin, est fonction de la densité et du poids des crevettes, de la production naturelle du bassin, de la qualité de l'aliment et des facteurs physiques (température, salinité et oxygène).

Tableau 7 : Ration alimentaire des crevettes en fonction de la biomasse

Poids de crevettes (g)	% de la biomasse à distribuer par jour
1	12
3	10
5	8
8	6
10	4
14	3–4
18	2–2.5
>18	2

Source : Ferme Tsangajoly AQUAMEN E.F., 1997

Le contrôle de la consommation d'aliment par les crevettes, se fait en utilisant des mangeoires. A chaque distribution, une petite quantité de granulés est mise dans la mangeoire et après 15 – 30 minutes, la consommation est vérifiée.

2.5. Suivi de la biomasse

Une série d'échantillonnages permet de suivre la croissance des crevettes et de les observer (aspect général, couleur, maladies). La fréquence de l'échantillonnage est de l'ordre de 7 à 10 jours.

Le poids moyen des crevettes est alors estimée pour bien évaluer la ration alimentaire à distribuer et toutes les données sont relevées sur une fiche d'échantillonnage.

Tableau 8 : Fiche d'échantillonnage

Bassin N°					
Elevage N°					
Espèce					
Nombre					
Poids total (g)					
Poids moyen (g)					
Observations					

Source : Ferme Tsangajoly AQUAMEN E.F., 1997

Après chaque échantillonnage, les paramètres à calculer sont:

- ☞ le poids total (kg) ;
- ☞ la biomasse (g/m^2) ;
- ☞ l'indice de conversion et ;
- ☞ la croissance.

2.6. Récolte

La récolte se fait par vidange du bassin et concentration des crevettes dans un filet à l'extérieur du moine de sortie, dans le canal d'évacuation. La procédure suit les étapes suivantes :

- ☞ Arrêt d'alimentation des crevettes ;
- ☞ Mise en place du matériel ;
- ☞ Préparation de l'unité de prétraitement ;
- ☞ Fermeture des moines d'entrée d'eau avec de la terre ;
- ☞ Enlèvement des grilles d'entrée et ;
- ☞ Début de vidange du bassin.

2.7. Documents de maîtrise de l'élevage

Les données obtenues au cours des contrôles sont enregistrées dans un tableau de bord. En effet, le tableau de bord constitue un outil pour :

- ☞ visualiser les performances,
- ☞ constater les non-conformités et ;
- ☞ mesurer les écarts entre les objectifs fixés et les réalisations.

Ainsi, il constitue un outil d'aide à la décision et chaque unité (bassin de pré-grossissement ou grossissement, ...) possède son tableau de bord respectif.

Tableau 9 : Tableau de bord des bassins de grossissement.

GENERALITES							
BASSIN					ENSEMENCEMENT		
N°	CYCLE	AIRE	LABOUR	ASSEC	DATE ENSEMENCEMENT	POIDS MOYEN	DENSITE

Source : Ferme Tsangajoly AQUAMEN E.F.

CHAPITRE 3. QUALITE DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES : MAITRISE DES PROCESSUS DE FABRICATION

3.1. Définition

Un processus est un enchaînement d'opérations réalisées à l'aide de moyens matériels, ressources humaines, documents opératoires,... dans le but de transformer des produits ou services reçus, en produits ou services livrés. [8]

3.2. Processus de fabrication des crevettes entières crues fraîches

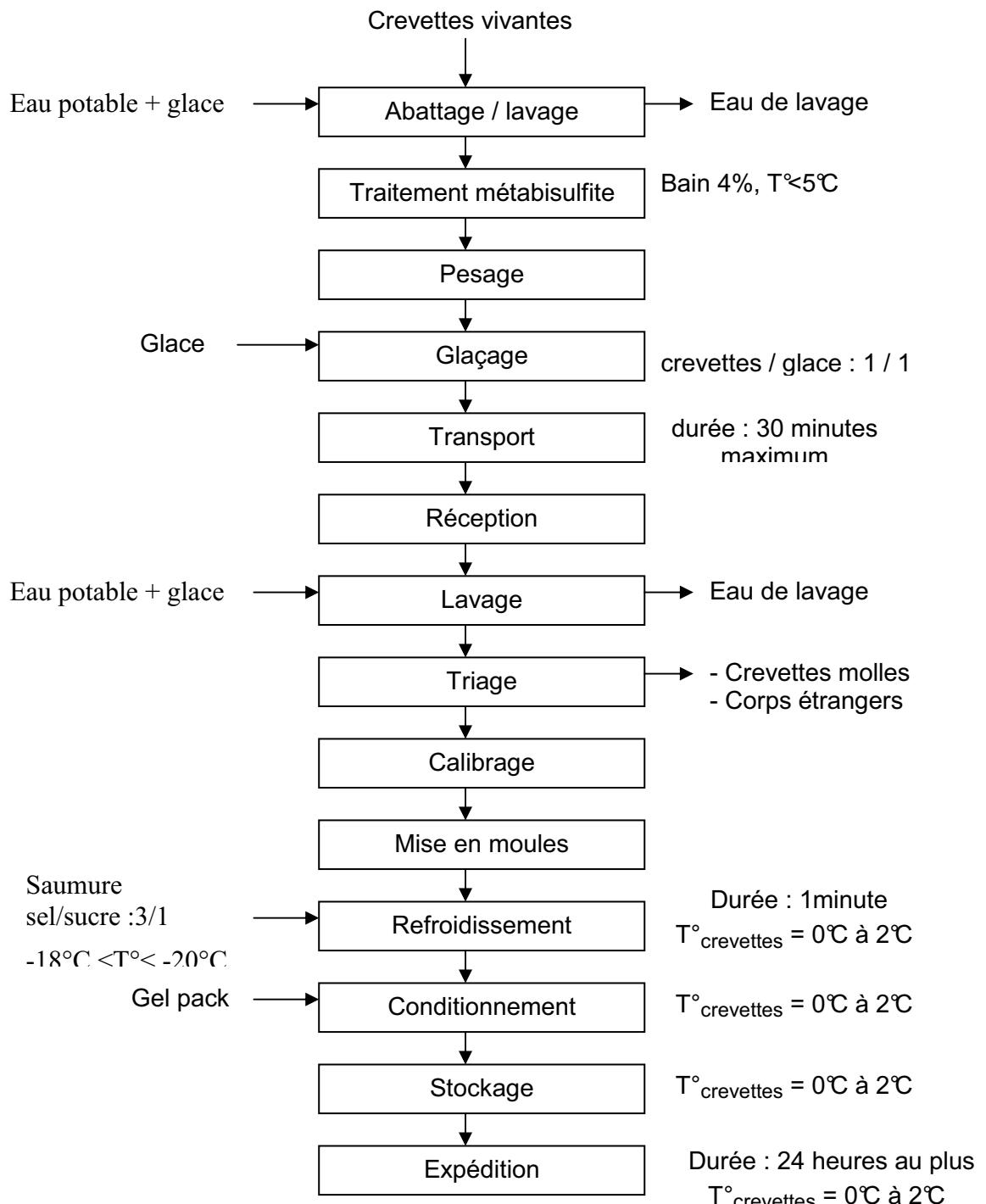


Figure 16 : Diagramme de fabrication de crevettes fraîches
Source : auteur, 2004

Plusieurs méthodes peuvent être entreprises pour maîtriser le processus de fabrication des crevettes entières crues fraîches. La rédaction et l'application d'un manuel de procédure constituent un outil privilégié pour fournir aux clients et aux autorités compétentes une preuve d'assurance de la qualité.

3.3. Elaboration du manuel de procédures des crevettes entières crues fraîches.

3.3.1. Définition et avantages du manuel de procédures

Selon ISO 8402, une procédure est une manière spécifiée d'accomplir une activité. Au sens de ces normes, « une procédure écrite comporte généralement : l'objet et le domaine d'application d'une activité ; ce qui doit être fait et qui doit le faire ; quand, où et comment cela doit être fait ; quels matériels et quels documents doivent être utilisés ; et comment cela doit être maîtrisé et enregistré. »

Nombreux sont les avantages procurés par un manuel de procédure :

- ☞ le manuel sert à mener convenablement les tâches et permet d'améliorer les méthodes de travail ;
- ☞ la mise en forme écrite et détaillée des activités fournit une base de données pour le personnel et lui rend responsable à la réalisation des tâches ;
- ☞ le manuel constitue par ailleurs une capitalisation des connaissances acquises sur une poste de travail et la maîtrise des activités facilite au personnel la promotion vers une hiérarchie supérieure et ;
- ☞ le manuel sert non seulement d'instrument de continuité en cas de mutation de personnel mais encore une aide en cas de formation des nouveaux recrutements.

Dans le cas pratique, si les tâches sont considérées comme les pièces d'engrenage d'une machine, le manuel des procédures sert de lubrifiant pour les faire tourner facilement, mais aussi pour rendre plus aisés son entretien (mise à jour des procédures).

Toutefois, pour être opérationnelles, les procédures doivent être :

- ☞ claires et d'une lecture aisée,
- ☞ concrètes et d'un accès rapide,
- ☞ précises et d'un contenu exhaustif et,
- ☞ vérifiées et continuellement mises à jour.

3.3.2. Approches méthodologiques

Les procédures sont documentées en suivant le cycle de Deming : **Plan** (planifier), **Do** (faire), **Check** (vérifier), **Act** (agir) ;

Dire ce que vous faites,
Faire ce que vous dites,
Enregistrer ce que vous avez fait,
Mener les audits pour évaluer la conformité
Evaluer les résultats et améliorer continuellement.

De plus, les méthodes adoptées pour l'élaboration et la rédaction du manuel de procédures des crevettes entières crues fraîches sont :

- ☞ les travaux préliminaires (conception de technique de représentation, récolte des données, les stages et discussion) ;
- ☞ la rédaction (procédures organisationnelles et procédures opérationnelles) et,
- ☞ la correction des erreurs.

Mode de représentation

Une procédure met en évidence une cartouche d'en-tête. Cette cartouche comprend les informations :

Nom de la société : AQUAMEN E.F,

Département : Usine de traitement,

Unité : crevettes fraîches,

Pagination : Page 00/00,

Date : jour/mois/année,

Code de classement : PF3

Type de procédure : organisationnelle ou opérationnelle,

Titre de la procédure : nom de la procédure.

Rédacteur :

Usine de traitement	AQUAMEN E.F	Page :
PF3		Date :
OPERATION	Procédure CALIBRAGE	Rédacteur :

Figure17 : Exemple d'une cartouche d'en-tête d'une procédure.

Source : auteur, 2004

Récolte des données : séances de remue-méninges ou « brainstorming »

Le « brainstorming » a pour but de produire en groupe et en toute liberté le plus grand nombre possible d'idées sur la forme, le contenu et la rédaction du manuel de procédure.

Le déroulement comprend trois phases :

- ☞ Phase de réflexion pendant 5 à 10 minutes où chaque élément du groupe note sur une feuille les idées qui lui viennent à l'esprit ;
- ☞ Phase d'expression des idées (20 minutes environ) où chacun émet à tour de rôle une idée inscrite lisiblement sur un support et ;
- ☞ Phase de reformulation et de tri des idées.

Mode de présentation d'une procédure : le logigramme

Les informations retenues sont ensuite présentées sous forme de logigramme. Il existe six (6) symboles de base pour décrire différentes actions (figure 18).

- ☞ Le rectangle signifie habituellement une opération ou une action ;
- ☞ Le losange indique qu'une décision doit être prise. Ses sorties sont invariablement un « oui » ou un « non » ;
- ☞ Le cercle peut signifier un contrôle ;
- ☞ Un triangle « inversé » indique le stockage de quelque chose ;
- ☞ Une flèche signale un flux ou un transport de matériels et ;
- ☞ Le rectangle aux coins arrondis désigne un délai ou une attente dans le procédé.

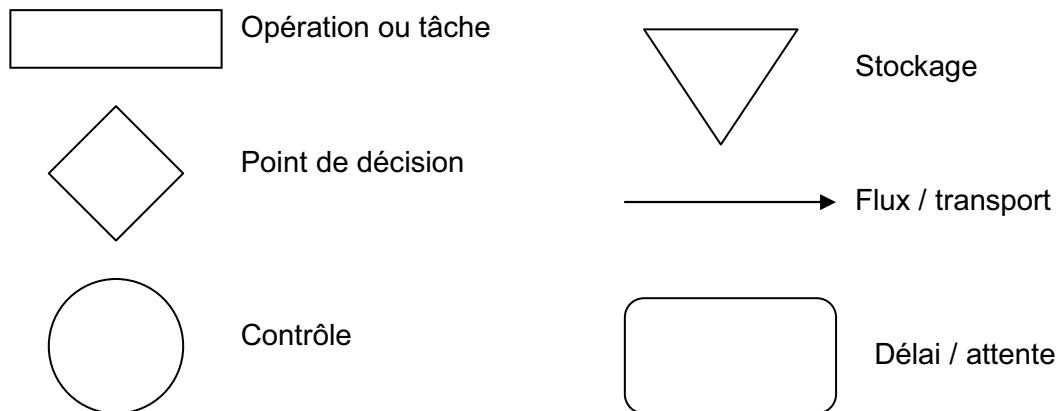


Figure 18 : Quelques symboles types de logigramme

Source : [12]

3.3.4. Exemples de procédures organisationnelle et opérationnelle

Tableau 10 : Liste des procédures de fabrications de crevettes entières crues fraîches

N°	Procédures	Tâches	Responsable et acteurs
Réception	Décharge des bacs de crevettes		Responsable fabrication Opérateur réception Manutentionnaire
	Rangement des bacs de crevettes		
	Contrôle de qualité		Responsable qualité Contrôleur qualité
Prétraitement des crevettes	Lavage		Contremaître fabrication Opérateur réception
	Triage		Responsable fabrication Chef d'unité triage Opérateur triage
	Calibrage		Contremaître fabrication Chef d'unité calibrage Agent polyvalent
Conditionnement	Mise en moules		Responsable fabrication Opérateur de transfert Agent polyvalent
	Refroidissement à la saumure		Chef d'unité refroidissement
	Conditionnement		Responsable fabrication Chef d'unité emballage
	Stockage		Responsable fabrication Responsable qualité Agent de la chambre froide

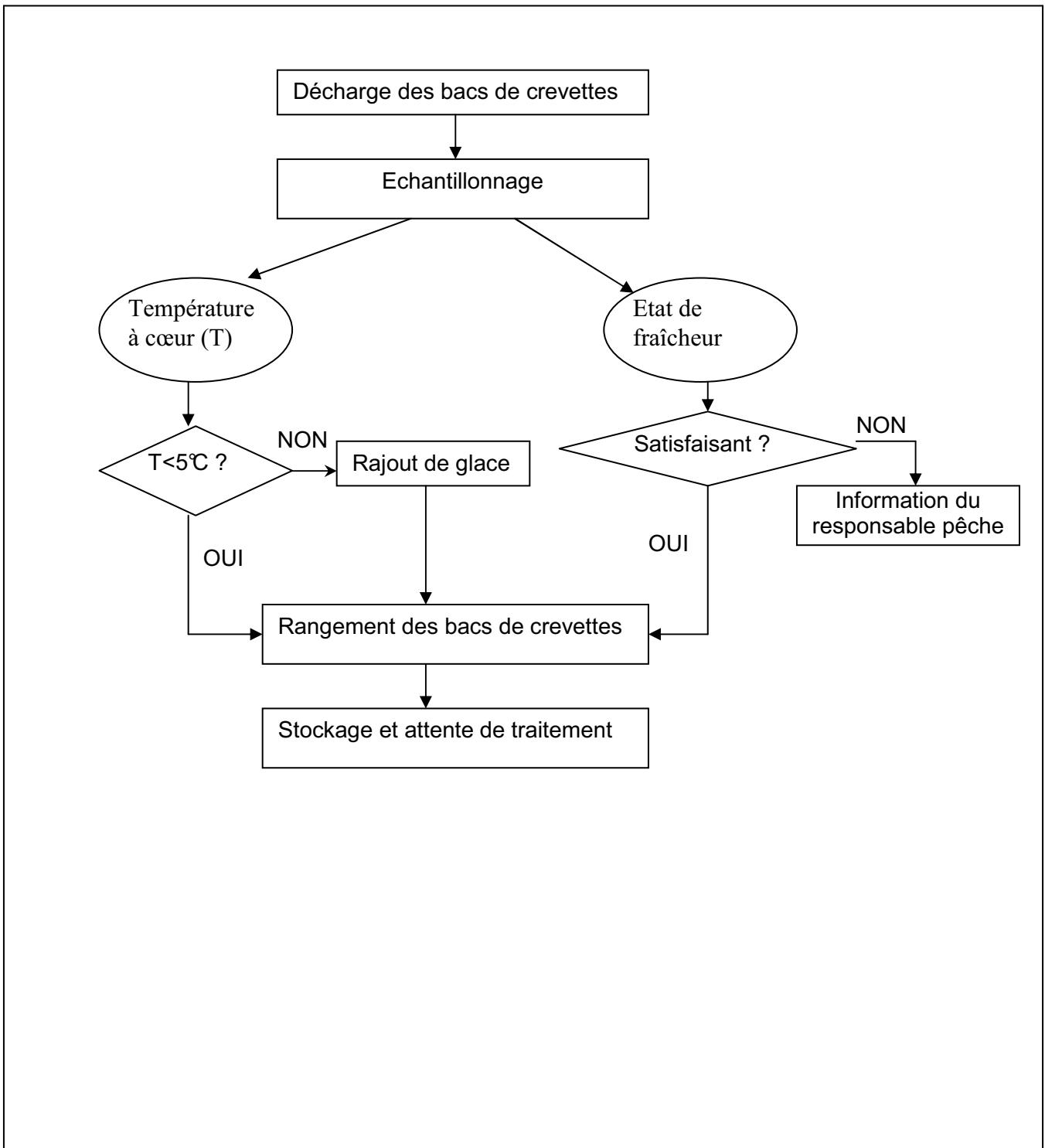
Source : auteur, 2004

Usine de traitement	AQUAMEN E.F	Page :
PF3	PROCEDURE RECEPTION	Date :
ORGANISATION	MATIERES PREMIERES	Rédacteur : Adana

Objectifs Quand ? Avec quoi ? Comment ? Qui ? Où ?	Déterminer la qualité organoleptique des crevettes	
	A chaque livraison	
	Contrôle visuel, Thermomètre	
Paramètres	<p>Température container réception : 0 à +2°C</p> <p>Température à cœur des crevettes : 0 à +4°C</p> <p>Fraîcheur : Extra, A</p>	

Source : auteur, 2004

Usine de traitement	AQUAMEN E.F	Page :
PF3	PROCEDURE RECEPTION	Date :
OPERATION	DES MATIERES PREMIERES	Rédacteur : Adana



Source : auteur, 2004

CHAPITRE 4. ASSURANCE QUALITE DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES : MAITRISE DE LA DEMARCHE H.A.C.C.P

La démarche H.A.C.C.P est une méthode préventive, reconnue à l'échelle mondiale. Elle permet de réduire, de minimiser et d'éliminer les risques sanitaires suite à la consommation des produits alimentaires. Dans une industrie alimentaire, la possession d'un manuel H.A.C.C.P et sa mise en œuvre au cours de la transformation des matières premières garantissent les clients de l'innocuité et de la salubrité des produits finis.

Par ailleurs, plusieurs études, étapes et exigences doivent être entreprises, maîtrisées et respectées lors de l'établissement d'un modèle d'assurance qualité de type H.A.C.C.P. Pour le cas de production de crevettes entières crues fraîches, les éléments sont effectués et démontrés dans le travail de recherche de RAKOTONDRAASOA, 2004.

Toutefois, dans le cadre du travail axé sur la détermination de la date limite de consommation des crevettes entières crues fraîches, la maîtrise de la production de la matière première, du processus de fabrication et de l'application du système H.A.C.C.P constituent des bases nécessaires.

Aussi, ce paragraphe essaie de présenter de manière succincte, l'assurance qualité des crevettes entières crues fraîches suivant le modèle H.A.C.C.P.

4.1. Principes de l'H.A.C.C.P.

Le système H.A.C.C.P transfère l'intérêt des essais ou tests sur les produits finis vers l'amont, c-à-d les matières premières et la maîtrise du procédé. Une étude H.A.C.C.P conduit à l'identification des dangers, l'élimination ou la détermination de points critiques nécessaires pour maîtriser le ou les dangers. Les critères indicatifs de l'efficacité de la maîtrise sont spécifiés et les procédures sont mises en place pour vérifier qu'ils sont établis.

Les principes de l'H.A.C.C.P sont :

1. Analyser les dangers et décrire les mesures préventives ;
2. Etablir les points critiques ;
3. Etablir les limites critiques ;
4. Etablir un système de surveillance ;
5. Etablir les actions correctives ;
6. Etablir les procédures de vérification et ;
7. Etablir un système documentaire.

4.2. Etablissement du plan H.A.C.C.P

4.2.1. Description du produit

Ce sont des crevettes entières crues fraîches. L'espèce est *Penaeus monodon*. Les crevettes sont élevées dans des bassins d'élevage de la ferme, pêchées, et transportées vers l'usine de traitement.

A l'usine, les crevettes sont prétraitées (lavées, triées, calibrées) et refroidies à la saumure. Après, elles sont conditionnées entre des feuillets de gel pack et celées dans des boîtes aluminées.

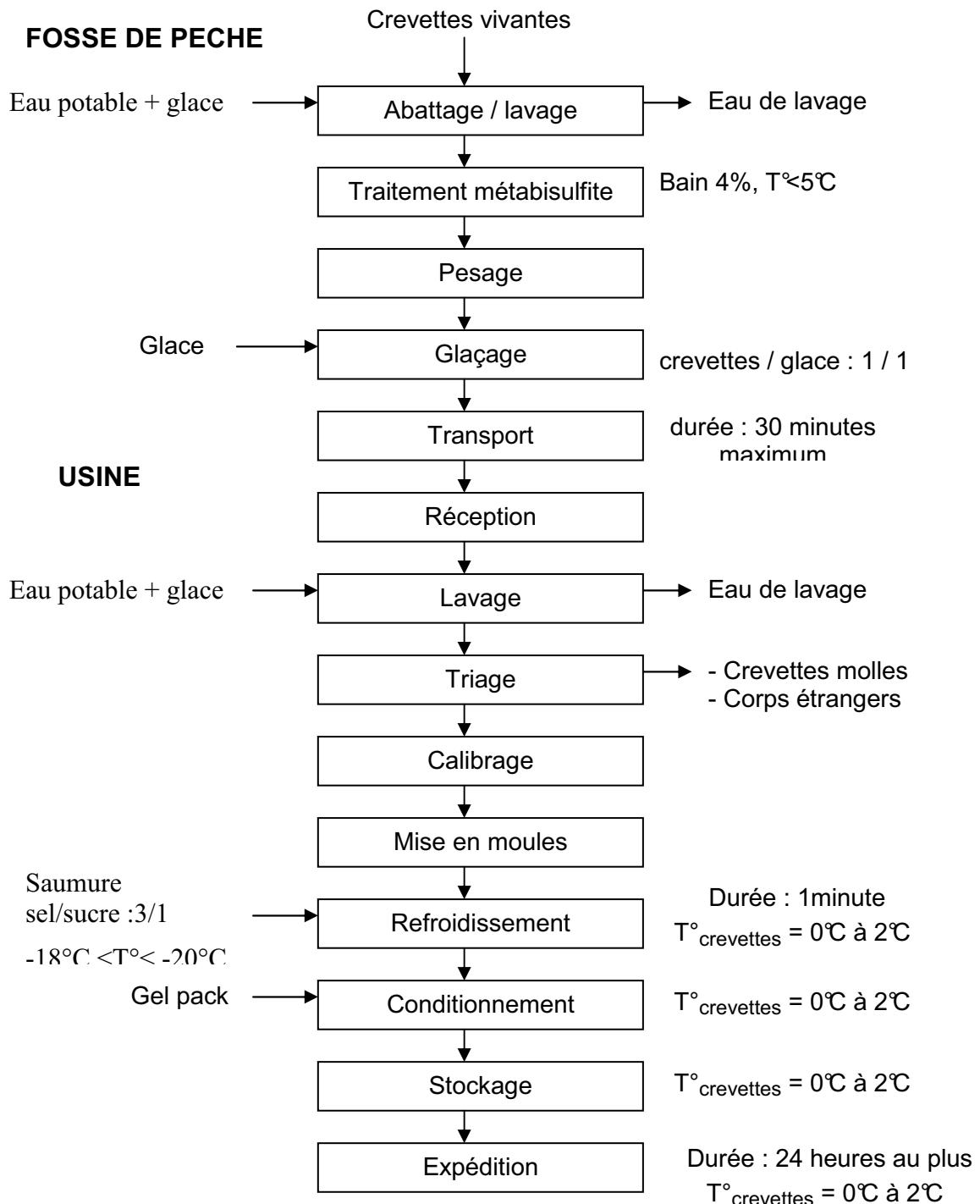
Après la sortie de l'usine, les crevettes entières crues fraîches sont expédiées vers l'Europe pour l'alimentation humaine.

La composition du produit fini est : crevettes, méthabisulfite de sodium (E223), sucre et sel.



Figure 19 : Crevettes fraîches conditionnées dans le gel pack et la boîte aluminée
Cliché : auteur, 2004

4.2.2. Diagramme de fabrication



Source : auteur, 2004

4.2.3. Analyse des dangers

L'analyse des dangers est une étape essentielle de la démarche H.A.C.C.P dont dépend en grande partie la validité du système mis en place.

Est considéré comme danger potentiel, toute propriété biologique, chimique ou physique de l'aliment qui peut rendre la consommation dangereuse. Les dangers sont hiérarchisés pour ne retenir que ceux qui sont significatifs. Pour chaque danger identifié et retenu, il faut établir les mesures préventives permettant d'éliminer le danger ou de le réduire à un niveau acceptable.

4.2.4. Détermination des CCP(s)

Un CCP ou point critique de maîtrise est un point, une étape opérationnelle ou une procédure où un contrôle peut s'appliquer et où un danger alimentaire peut être prévenu, éliminé ou réduit à un niveau acceptable. Sa détermination recourt à l'arbre de décision (annexe V). Pour le cas des crevettes fraîches, les étapes et les procédures qui méritent d'être contrôlés pour assurer la qualité sont :

- CCP Matières Premières ;
- CCP Hygiène du Personnel ;
- CCP Eau et Glace ;
- CCP Contrôle des Températures ;
- CCP Refroidissement à la saumure et ;
- CCP Nettoyage et Désinfection.

4.2.5. Etablissement des limites critiques

Il s'agit de définir pour chaque point critique les caractéristiques ou paramètres évaluables ou mesurables et de déterminer pour ceux-ci les limites critiques au delà ou en deçà desquels le danger risque de ne plus être maîtrisé.

4.2.6. Etablissement des procédures de surveillance

Le système de surveillance correspond à l'ensemble des observations et/ou mesures à réaliser pour prévenir toute dérive du point critique. Il définit également les conditions d'enregistrements et d'exploitation des résultats, des observations et des mesures, aussi que les conditions de mise en œuvre des actions correctives.

4.2.7. Etablissement des actions correctives

Pour chaque point critique sont définies les actions correctives à mettre en œuvre lorsque les limites critiques sont dépassées. Elles doivent permettre d'une part la gestion et la correction de la non-conformité et d'autre part de rétablir la maîtrise au niveau du point critique.

4.2.8. Etablissement des procédures de vérification et d'enregistrement

La vérification a pour objet de s'assurer que les moyens et les conditions définies dans le système H.A.C.C.P permettent de maîtriser les dangers mais aussi que le système H.A.C.C.P est effectivement appliqué par l'usine de conditionnement..

4.3. Analyses microbiologiques des crevettes entières crues fraîches

4.3.1. Echantillonnage

L'échantillonnage des matières premières est basé sur deux (2) critères :

- ☞ Critère géographique : bassins d'élevage et,
- ☞ Critère technologique : équipes (jour ou nuit) traitant les crevettes.

Suivant les critères d'échantillonnage, le nombre d'échantillons sont :

- ☞ 2 bassins : A et B et,
- ☞ 2 équipes : 1 et 2.

Les échantillons sont ainsi : A1 et B2.

4.3.2. Analyses microbiologiques des échantillons A1 et B2

Les échantillons A1 et B2 sont placés dans des glacières et sont transportés rapidement au laboratoire d'auto-contrôle. Le mode opératoire des analyses microbiologiques des échantillons est retrouvé dans la partie expérimentale (annexe V) et les résultats sont résumés dans les tableaux 11 et 12.

Tableau 11 : Résultats d'analyses microbiologiques

GERMES	LOT A1 (UFC/g)				
	É1	E2	E3	E4	E5
Flore aérobie mésophile	9.10^3	$6,25. 10^3$	10^4	$3,6. 10^3$	$2. 10^3$
Bactéries sulfito-réductrices	<1	5	<1	<1	<1
Coliformes fécaux	<1	<1	<1	<1	<1
Vibrio sp.	<1	<1	<1	<1	<1

Source : auteur, 2004

Tableau 12 : Résultats d'analyses microbiologiques (suite)

GERMES	LOT B2 (UFC/g)				
	É1	E2	E3	E4	E5
Flore aérobie mésophile	$3. 10^3$	$2,5. 10^3$	$2. 10^4$	$7,4. 10^3$	$6,6. 10^3$
Bactéries sulfito-réductrices	<1	<1	<1	<1	<1
Coliformes fécaux	<1	<1	<1	<1	<1
Vibrio sp.	<1	<1	<1	<1	<1

Source : auteur, 2004

Ei = échantillon n°i avec $1 \leq i \leq 5$

<1 : pas de colonies caractéristiques observées.

4.3.3. Interprétation et conclusion

Les résultats d'analyses microbiologiques sont interprétés en fonction des données des normes ou tolérances microbiologiques du tableau 13.

Tableau 13 : Tolérances microbiologiques des crevettes entières crues fraîches

PRODUITS	FAMT	CF	BSR	<i>Vibrio</i> sp
Crevettes entières crues fraîches	$m = 10^6$	$m = 10$	$m = 2$	absence

Source : Direction des Services Vétérinaires Marseille, 1995.

Tableau 14 : Conclusion d'analyses microbiologiques du lot A1 de crevettes fraîches

GERMES	NORME S	LOT A1					CONCLUSION
		E1	E2	E3	E4	E5	
FAMT	$M = 10^6$	$9 \cdot 10^3$	$6,25 \cdot 10^3$	10^4	$3,6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	SATISFAISANT
BSR	$m = 2$	<1	5	<1	<1	<1	ACCEPTABLE
CF	$m = 10$	<1	<1	<1	<1	<1	SATISFAISANT
<i>Vibrio</i> sp.	Absence	<1	<1	<1	<1	<1	SATISFAISANT

Source : auteur, 2004

Tableau 15 : Conclusion d'analyses microbiologiques du lot B2 de crevettes fraîches

GERMES	NORME S	LOT B2					CONCLUSION
		E1	E2	E3	E4	E5	
FAMT	$M = 10^6$	$3 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$7,4 \cdot 10^3$	$6,6 \cdot 10^3$	SATISFAISANT
BSR	$m = 2$	<1	<1	<1	<1	<1	SATISFAISANT
CF	$m = 10$	<1	<1	<1	<1	<1	SATISFAISANT
<i>Vibrio</i> sp.	Absence	<1	<1	<1	<1	<1	SATISFAISANT

Source : auteur, 2004.

Selon le principe d'interprétation des résultats sur 5 échantillons (annexe V), les résultats d'analyses microbiologiques des lots de crevettes fraîches sont satisfaisants.

4.4. Auto-contrôle des CCP(s)

La mise en œuvre d'auto-contrôle microbiologique permet de vérifier l'efficacité du plan H.A.C.C.P et de valider la conformité des crevettes entières crues fraîches aux normes européennes. La méthodologie adoptée à ce niveau est regroupée dans la démarche suivante.

4.4.1. Matériel : lame gélosée à diagnostic rapide (LGDR)

La lame gélosée à diagnostic rapide permet d'effectuer, de façon simple et précise des contrôles bactériologiques de l'eau, des surfaces de travail, des mains et des matériels. Elle est constituée d'une lame plastique, recouverte sur 2 faces, de milieux de culture de choix.

4.4.2. Méthodes

Les paramètres des CCP(s) à contrôler concernent :

- ☞ la qualité microbiologique de l'eau, de la glace et de la saumure ;
- ☞ l'hygiène du personnel ;
- ☞ l'efficacité du nettoyage et désinfection et ;
- ☞ l'hygiène des matériels.

Et la procédure de contrôle est résumée dans le tableau 16.

Tableau 16 : Procédure de contrôle des paramètres des CCP(s)

CCP	CRITERE	RYTHME	ANALYSES D'AUTO-CONTROLE			RESPONSABLE
			Germes/ Milieux de culture	Incubation	Lieux	
Eau et glace	Eau douce	1 / jour	FAMT / PCA	37°C / 24h	Laboratoire d'auto-contôle	- Responsable Laboratoire
			<i>Vibrio</i> sp. / TCBS	37°C / 24h		
	Eau de mer	1 / jour	FAMT / PCA	37°C / 24h		- Assistant Responsable Laboratoire
			<i>Vibrio</i> sp. / TCBS	37°C / 24h		
	Glace	1/ semaine	FAMT / PCA	37°C / 24h		
			CF / BCP	37°C / 24h		
Hygiène du personnel	Mains	2 / jour	FAMT / PCA	37°C / 24h		
			CF / BCP	37°C / 24h		
Nettoyage et désinfection	Surfaces	2 / jour	FAMT / PCA	37°C / 24h		
			CF / BCP	37°C / 24h		
Refroidissement	Saumure	1/ semaine	FAMT / PCA	37°C / 24h		
			CF / BCP	37°C / 24h		

Source : auteur, 2004

4.4.3. Résultats d'autocontrôle

Le dénombrement s'effectue après identification des colonies caractéristiques.

Tableau 17 : Résultats d'autocontrôle des CCP(s)

Mains		Surfaces		Eau		Saumure		Glace	
FAMT	CF	FAMT	CF	FAMT	Vibrio sp.	FAMT	CF	FAMT	CF
5	0	6	0	0	0	6	0	1	6
4	0	4	0	0	0				

Source : auteur, 2004

4.4.4. Interprétation et conclusion

Les valeurs obtenues lors de l'auto-contrôle sont comparées et interprétées en fonction des critères de contrôle des CCP(s) dans les tableaux 28, 29 et 30 en annexeVII

Tableau 18 : Résultats de contrôle des CCP(s).

PARAMETRES	GERMES	NOMBR E	CONCLUSION
Mains	FAMT	5 4	SATISFAISANT
	CF	0 0	
Surfaces	FAMT	6 4	SATISFAISANT
	CF	0 0	
Glace	FAMT	1	SATISFAISANT
	CF	6	
Eau	FAMT	0 0	SATISFAISANT
	Vibrio sp.	0 0	
Saumure	FAMT	6	SATISFAISANT
	CF	0	

Source : auteur, 2004

L'étude d'assurance qualité des crevettes fraîches englobe les processus de production des crevettes, la maîtrise de processus de fabrication et le contrôle qualité des produits finis.

Afin de satisfaire les besoins potentiels et implicites de l'usine de traitement, la production de la matière première demande :

- ☞ une maîtrise d'élevage des crevettes basée sur une bonne préparation des bassins d'élevage, une maîtrise des opérations de transfert des postlarves et juvéniles, une alimentation adéquate des crevettes, la gestion rationnelle de la qualité de l'eau et un suivi de la biomasse et de la croissance des poids moyens des crevettes et ;
- ☞ un respect du cahier de charges des pêcheurs englobant le respect de l'opération de métabisulfite, le respect de l'utilisation de la glace et de l'hygiène du personnel de pêche.

La maîtrise de processus de fabrication concerne :

- ☞ une bonne organisation à la réalisation des tâches ;
- ☞ une utilisation des équipements standardisés et maintenus ;
- ☞ un emploi d'un personnel qualifié, instruit et bien formé et ;
- ☞ une formalisation des opérations clés dans une procédure générale écrite.

Enfin, le contrôle de qualité veille à :

- ☞ la conformité des matières premières à la réception ;
- ☞ l'application des mesures préventives pour éviter l'apparition des dangers potentiels ;
- ☞ la définition des points critiques à maîtriser, des procédures de surveillance et des actions correctives ;
- ☞ la maîtrise des non-conformités et de gestion des déchets et ;
- ☞ la vérification des contrôles par l'intermédiaire d'un audit interne.

Ainsi, la mise en œuvre de façon efficace de la démarche assurance qualité permet de fiabiliser l'organisation, les méthodes de travail et de les améliorer.

Les résultats d'analyses microbiologiques des crevettes fraîches et des résultats d'auto-contrôle des CCP(s) révèlent que les produits finis sont conformes aux normes et les points critiques le long de la chaîne de fabrication sont maîtrisés. La conception et la mise en œuvre du plan H.A.C.C.P sont efficaces. Toutefois, le système H.A.C.C.P exige d'inscrire sur l'emballage la date limite de consommation des crevettes fraîches dont la détermination fait l'objet de la troisième partie.

PARTIE 3 : DETERMINATION DE LA DATE LIMITE DE CONSOMMATION DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES

CHAPITRE 1. DETERMINATION DE LA DUREE DE CONSERVATION DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES

La qualité microbiologique des crevettes constitue un élément primordial dans leur aptitude à satisfaire les besoins des consommateurs quelque soit les conditions de la production, de la transformation et de la distribution.

Mais au cours du processus de production de crevettes fraîches, les conditions de fabrication (refroidissement à la température inférieure à 10°C) et de stockage (réfrigération à la température de 0°C à +2°C) ne permettent pas une stabilité totale sur le plan microbiologique.

Il est donc indispensable de connaître, dès la sortie de l'usine, quelle sera l'évolution la plus probable de la microflore du produit tant en composition (espèces microbiennes présentes) qu'en quantité (concentrations microbiennes).

1.1. Notion de Date Limite de Consommation et Date Limite d'Utilisation Optimale

Le comportement des produits alimentaires lors de la conservation est influencé par divers paramètres physico-chimiques et biologiques de l'environnement qui les entourent. Mais dans le but d'assurer la sécurité sanitaire des consommateurs, les responsables étatiques en étroite collaboration avec les laboratoires d'analyses officielles ont établi des règles limitant le temps de consommation des denrées alimentaires en cours de distribution. Les règles varient en fonction de la nature de l'aliment, des technologies de transformation utilisées et des méthodes de conservation adoptées.

Tableau 19 : Synoptique des notions de durée de conservation des produits alimentaires

Caractéristiques	D.L.C Date Limite de Consommation « A consommer jusqu'au..... » suivie de	D.L.U.O Date Limite d'Utilisation Optimale « A consommer de préférence avant le » suivie de
Mention	« jour, mois et année »	« jour et mois » pour les produits d'une durabilité < 3 mois « mois et année » pour les produits d'une durabilité > 3 mois < 18 mois « année » pour les produits d'une durabilité > 18 mois
Nature	Impérative	Non impérative
Qualités du produit concernées	Microbiologiques	Organoleptiques, physiques, nutritives, gustatives
Au-delà de cette date, le produit est susceptible	De présenter un danger pour la santé humaine	D'avoir perdu tout ou partie de ses qualités, sans pour autant constituer un danger pour le consommateur

D.L.C est fixée par	Soit la réglementation, soit le fabricant lui-même	Par le fabricant lui même
D.L.C est affectée	Par de mauvaises températures de conservation (rupture de la chaîne de froid)	Par des critères variés en fonction de leur nature
Produits ayant atteint la DLC	Doivent être retirés de la vente et de la consommation	Puissent encore être consommés dans une certaine limite

Source : Institut Pasteur de Madagascar, 1989

Les caractéristiques de qualité, exigées du produit, ne doivent pas seulement être assurées à la sortie de l'usine. Elles doivent l'être jusqu'au moment de la consommation ce qui implique l'industriel à 'être en mesure de prévoir le comportement du produit fini.

Pour l'aspect organoleptique, il faut être en mesure de prévoir l'évolution qualitative de l'état de fraîcheur des crevettes entières crues fraîches.

1.2. Approche méthodologique

1.2.1. Echantillonnages

Les échantillons sont constituées des lots A1 et B2 de crevettes fraîches conditionnées dans le feuillet de gel pack et entreposées dans la chambre froide.

1.2.2. Méthodes d'évaluation de la qualité organoleptique

Les unités d'échantillonnage sont transportées rapidement après prélèvement dans des glacières pour garder la température et éviter le réchauffement des crevettes fraîches.

Les unités d'échantillonnage sont préparées et évaluées sur une aire d'évaluation loin de toute possibilité de contamination et prolifération microbienne des échantillons.

Les crevettes sont évaluées selon les critères de fraîcheur résumés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Critères de fraîcheur des crevettes

Critères	EXTRA	A	NON CONFORME
Température à cœur des crevettes	0 à +4 °C	0 à +4 °C	> 4°C
Caractéristiques minimales	- carapace humide et luisante - Chair sans odeur étrangère - absence de matières étrangères	- carapace humide et luisante - Chair sans odeur étrangère - absence de matières étrangères	- Carapace sèche et terne - Présence d'odeur étrangère - Présence de matières étrangères

Aspect de la crevette pourvue de sa carapace	<ul style="list-style-type: none"> - Couleur vive rose brun tirant sur le gris - Partie pectorale de la carapace claire sur sa plus grande partie - Très incurvée 	<ul style="list-style-type: none"> - Couleur légèrement délavée - Partie de la carapace foncée sur sa plus grande partie - Incurvée 	Forte décoloration
Etat de la chair pendant et après décorticage	<ul style="list-style-type: none"> - Décorticage aisément avec des pertes de chair technique inévitables - Ferme, pas coriace 	<ul style="list-style-type: none"> - Décorticage moins aisément avec de faibles pertes de chair - Moins ferme, légèrement coriace 	<ul style="list-style-type: none"> - Décorticage difficile - Chair molle
Fragments	Absence de fragments de crevettes	rare fragments de crevettes	5% de crevettes sont brisées
Mélanose	Absence	Absence	Présence

Source : auteur, 2004



Figure 20 : Evaluation de la fraîcheur des lots de crevettes fraîches
Cliché : auteur, 2004.

1.2.3. Résultats des évaluations de la fraîcheur des crevettes

Selon les critères de fraîcheur représentés ci-dessus, le tableau suivant résume les résultats d'évaluation de la qualité organoleptique des lots A1 et B2.

Tableau 21 : Résultats d'évaluations organoleptiques des crevettes fraîches

DUREE DE STOCKAGE	RESULTATS		REMARQUES
	LOT A1	LOT B2	
J+1	EXTRA	EXTRA	
J+2	EXTRA	EXTRA	
J+3	EXTRA	EXTRA	
J+4	EXTRA	EXTRA	
J+5	EXTRA	EXTRA	
J+6	A	A	Décoloration de la carapace
J+7	A	A	Décoloration de la carapace
J+8	NON CONFOME	NON CONFOME	Mélanose sur l'appareil génital
J+9	NON CONFOME	NON CONFOME	Mélanose délocalisée

Source : auteur, 2004

1.2.4. Interprétations

Les qualités sensorielles des lots de crevettes fraîches se conservent pendant 7 jours. En effet, la température à cœur des crevettes fraîches est maintenue inférieure à 4°C. L'odeur marine des crevettes est inchangée. Les crevettes fraîches gardent leur fermeté et elles se décortiquent aisément.

La modification remarquée est celle d'une légère décoloration de la carapace et un virement de la couleur des branchies en rose-orangée leur qualifiant une qualité A.

Cependant, la mélanose apparaît après 8 jours de conservation et se concentre sur les parties de l'appareil génital des crevettes fraîches. Et au neuvième jour, la mélanose se répand sur la tête et le rostre, sur la queue (uropode) et les pattes (pléiopodes) des crevettes.

1.2.5. Discussions

Le maintien de la température des crevettes à la température de réfrigération des denrées alimentaires garde les qualités sensorielles des crevettes fraîches. Par ailleurs selon les études bibliographiques, l'évolution de la qualité organoleptique des aliments est en corrélation avec la concentration en microorganismes et tout particulièrement en flore aérobie mésophile présente dans ces aliments [14].

En effet, L'action des micro-organismes sur un aliment se manifeste souvent à travers des réactions enzymatiques. Aussi, une forte proportion microbienne en l'occurrence la flore aérobie mésophile entraîne des modifications défavorables et affectent l'odeur, la saveur, la couleur, la texture voire la qualité marchande des crevettes fraîches.

De nombreux métabolites d'origine microbienne, volatils ou non, sont susceptibles d'engendrer des modifications d'odeur et de saveur. Ces altérations apparaissent à partir d'une population microbienne de l'ordre de 10^6 à 10^7 germes/g. Les produits incriminés sont des acides, des ammoniacs, de l'hydrogène sulfuré et des mercaptans. Les odeurs peuvent être complexes : marin, rance, putride ou de moisI.

Au niveau de la couleur, il peut y avoir disparition ou atténuation d'une couleur existante, par dégradation enzymatique des pigments. De plus, la coloration peut résulter d'une réaction chimique entre un produit microbien et un composé présent dans les crevettes. L'hydrogène sulfuré produit par diverses bactéries peut entraîner l'apparition de sulfures qui provoquent un noircissement.

Enfin, des modifications de texture apparaissent fréquemment. Elles sont liées à la destruction des macromolécules de substrat ou à la production de métabolites secondaires. La destruction des polymères (cellulose, kératine,...) correspondant à des réactions d'hydrolyse et se traduit par des changements de structure. Des sécrétions muqueuses peuvent former d'autre part un revêtement gluant, visqueux ou poisseux. Naturellement, les modifications de texture ont des répercussions sur l'aspect (luisant ou terne) et la forme des crevettes.

Par ailleurs, pour vérifier ces informations des analyses microbiologiques sont entreprises pour déterminer l'évolution de la flore microbienne des lots A1 et B2 lors de la conservation et les résultats sont présentés dans la figure 21.

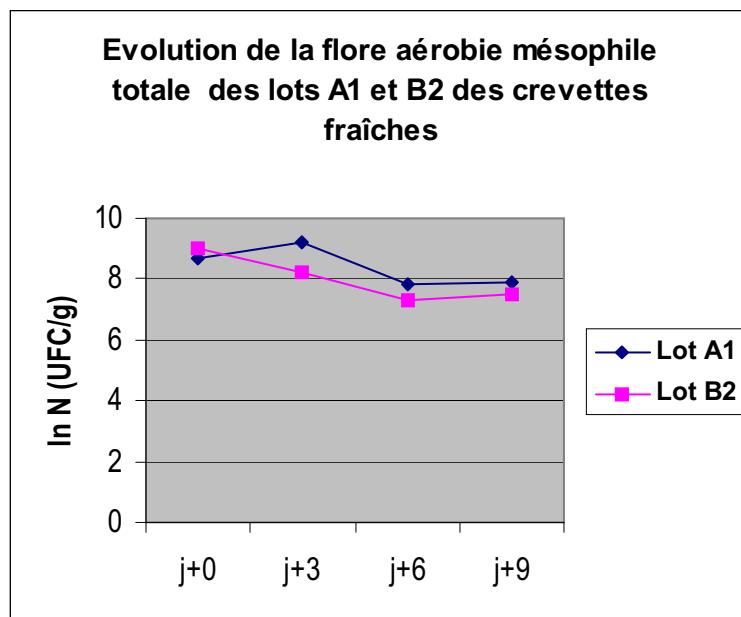


Figure 21 : Evolution de la flore aérobie mésophile des crevettes fraîches en conservation

Source : auteur, 2004

Selon la figure, la concentration logarithmique maximale microbienne est inférieure à 10 (soit $N < 10^6$ UFC/g) et cette concentration en flore aérobie des crevettes fraîches est en régression à partir du troisième jour de conservation et se stabilise à partir du sixième jour. Ainsi, la température d'entreposage des crevettes fraîches permet de ralentir la croissance des microbes et d'inhiber ensuite leur développement sans les détruire.

Toutefois, la mélanose est le facteur limitant sur la durée de conservation. C'une réaction chimique d'oxydation des constituants de la carapace, surtout de la tyrosine, sous l'action d'une enzyme véhiculée par le sang et se traduit par un noircissement de la carapace et de la chair des crevettes.

La mélanose est néfaste sur la qualité marchande des crevettes de par la présence des tâches noires sur le corps des crevettes. Un traitement précoce dans une solution de métabisulfite de sodium permet d'inhiber l'apparition de la mélanose et ce traitement est renforcé par une action synergique de la congélation.

1.2.6. Recommandations

Dans les conditions retenues de fabrication et de stockage des crevettes entières crues fraîches, la durée de conservation est de 7 jours. Les recommandations peuvent concerner d'une part sur le respect des durées de trempage et de la concentration de la solution de métabisulfite et d'autre part, l'application des bonnes pratiques de fabrication et d'hygiène pour assurer une meilleure efficacité des traitements.

CHAPITRE 2. DETERMINATION DE LA DATE LIMITE DE CONSOMMATION DES CREVETTES ENTIERES CRUES FRAICHES.

2.1. Définitions [4]

La date limite de consommation (DLC) d'un produit alimentaire correspond au temps au bout duquel, dans les conditions retenues (notamment de température), la concentration cellulaire microbienne est encore compatible avec la sécurité sanitaire du consommateur.

Le concept de la qualité microbiologique se réfère en effet à deux aspects essentiels : la valeur d'usage et la sécurité.

- la valeur d'usage se définit par l'absence de risque pour les utilisateurs ou les consommateurs pouvant résulter de la présence dans les aliments des microorganismes responsables de leur altération ;

- la sécurité se réfère à l'absence de risque pour la santé publique pouvant résulter de la présence dans les aliments de micro-organismes et/ou de toxines d'origine microbienne.

2.1.1. Température : principal facteur de croissance des micro-organismes

La température constitue l'une des conditions physiques essentielles permettant la multiplication des micro-organismes. Selon la température de croissance spécifique, les microbes sont classifiés en différents groupes présentés dans le tableau 30 :

Tableau 22 : Classification des microbes en fonction de leur température cardinale (minimale, optimale et maximale)

Groupes	Température minimale (°C)	Température optimale (°C)	Température maximale (°C)
Psychrophiles	- 15	10	20
Psychrotropes	- 5	25	35
Mésophiles	+ 5 à + 10	30 – 37	40 – 43
Thermotropes	15	42 - 46	50
Therrmophiles	40	42 – 55	80

Source : RAZAFINDRAJAONA, 1997

En outre, suivant la taxonomie des microbes (procaryotes ou eucaryotes) et la structure des cellules microbiennes (gram + ou gram -), la figure suivante résume les comportements des microorganismes en fonction de la température.

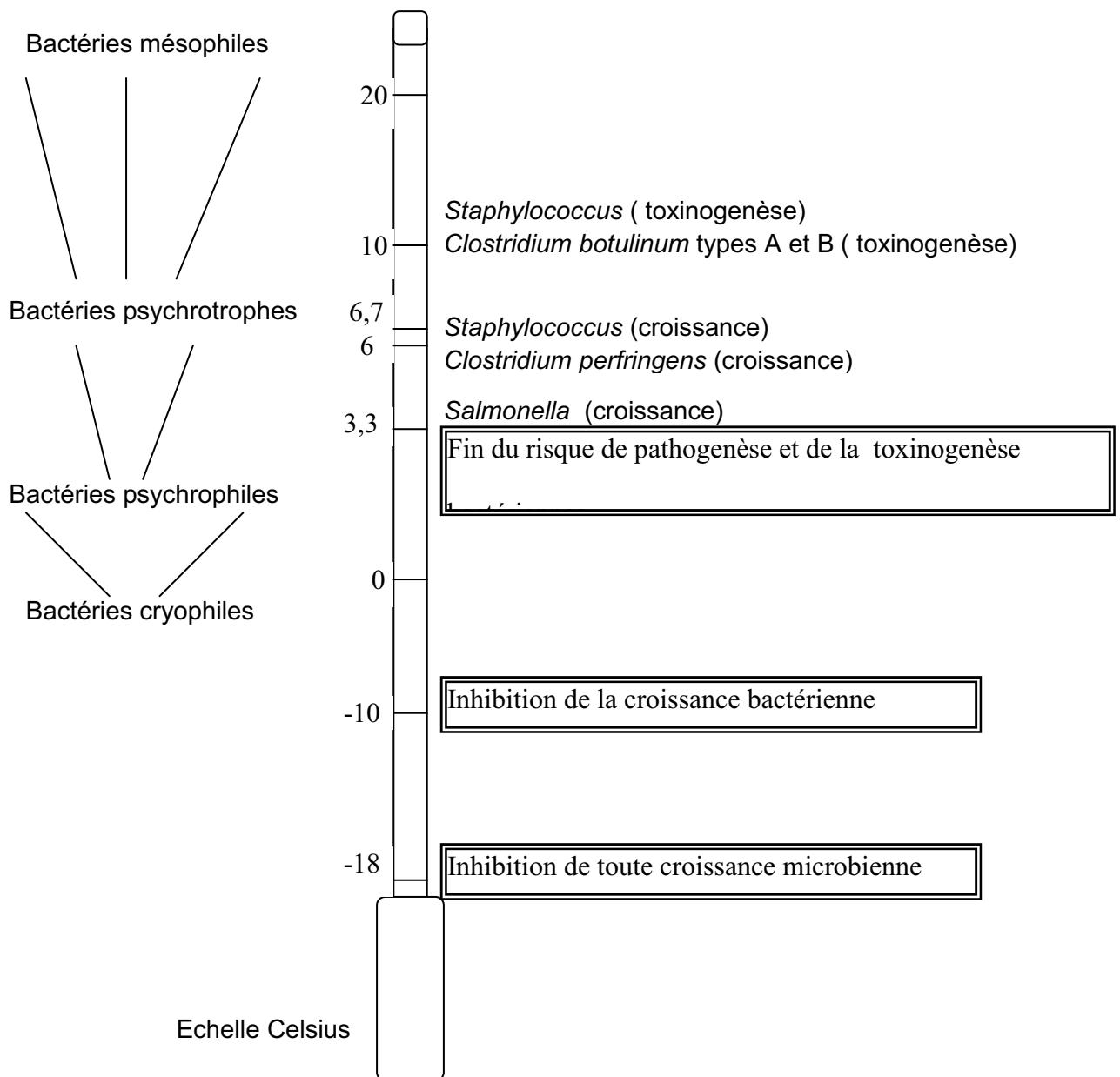


Figure 22 : Echelle des températures et croissance des microorganismes

Source : [13]

2.1.2. Toxi-infections alimentaires

L'ingestion d'un aliment contaminé par des microbes pathogènes provoque des maladies graves. Ces maladies apparaissent suites à des infections, des intoximations ou des intoxications.

Au cours des infections, les microbes pathogènes colonisent les entérocystes de l'intestin grêle et du colon. Les conditions physico-chimiques (température de croissance, pH, a_w ,...) ainsi que la présence d'éléments nutritifs dans ces endroits permettent leur croissance et ces microbes pathogènes vont provoquer des états pathologiques graves (vomissement, diarrhée, gangrène,...).

Les intoxications surviennent après ingestion des aliments préalablement contaminés par les microbes pathogènes. De plus, l'environnement global de l'aliment a permis la production de toxines qui se produisent généralement au cours de la phase stationnaire de la croissance microbienne. De même, les effets cliniques sont variés : douleur cholique, vomissement, syndrome vasculaire et hématologique.

Les intoxications apparaissent après ingestion d'aliments toxiques dus à la transformation des composés constitutifs de l'aliment en métabolites secondaires nuisibles à la sécurité sanitaire.

2.2. Microbiologie prévisionnelle

2.2.1. Principe de la microbiologie prévisionnelle.

La cinétique de croissance d'un micro-organisme dans un milieu de culture ou dans un produit alimentaire est représentée à la figure 23. Elle comporte différentes phases successives :

- ☞ Phase de latence (L) ;
- ☞ Phase d'accélération (A) ;
- ☞ Phase exponentielle (E) ;
- ☞ Phase de ralentissement (R) ;
- ☞ Phase stationnaire (S) et ;
- ☞ Phase de déclin (D).

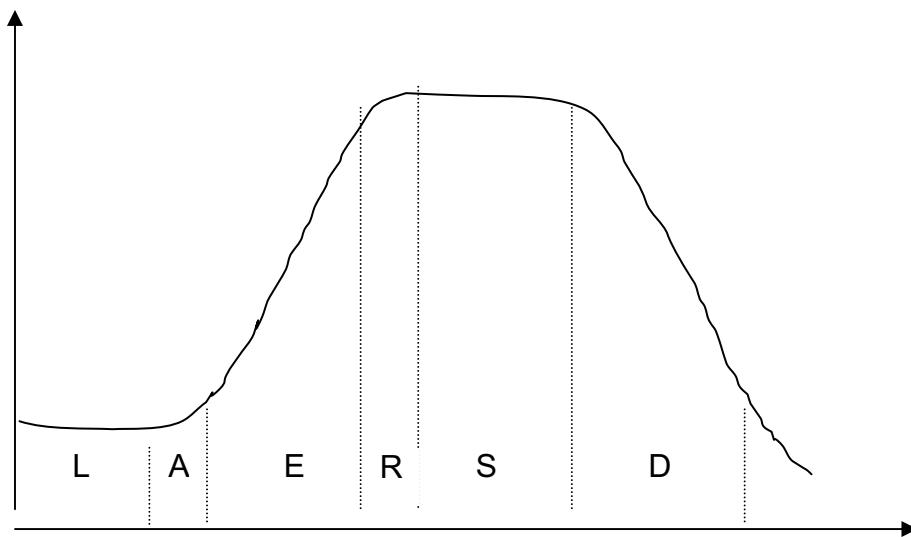


Figure 23 : Courbe de croissance d'un micro-organisme
Source : [13]

Paramètres de la courbe de croissance

Les paramètres de la courbe de croissance sont détaillés à la figure 24. Il s'agit de :

- ☞ X_0 : concentration microbienne initiale,

- ☞ X' : concentration microbienne maximale tolérable dans les crevettes fraîches à la DLC, soit au temps t' ,
- ☞ λ : le temps de latence,
- ☞ μ : vitesse spécifique de croissance, maximale au cours de la phase exponentielle de croissance (μ_{\max}).

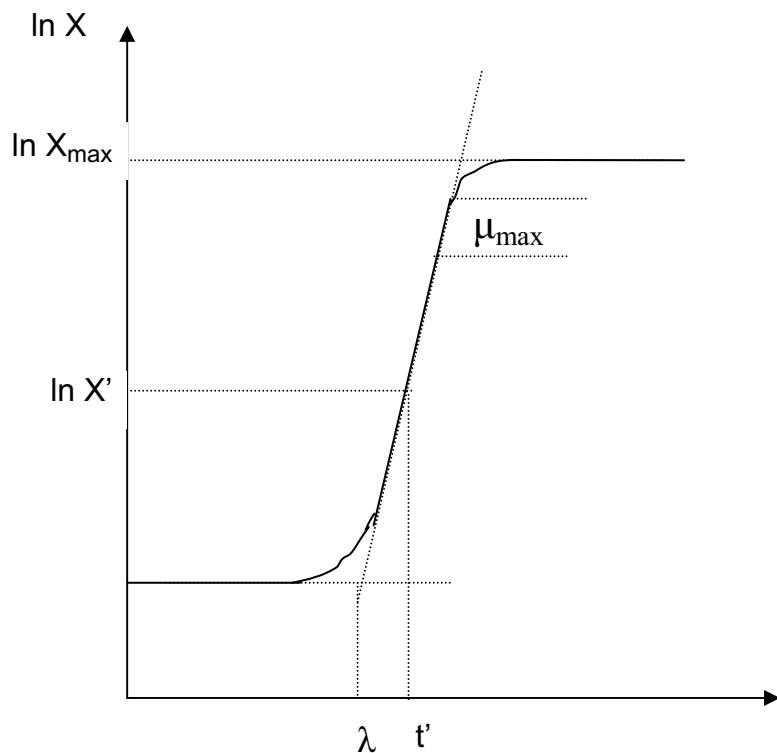


Figure 24 : Paramètres de la cinétique de croissance d'un micro-organisme

Source : [13]

Influence des différents facteurs sur l'allure de la courbe de croissance

Les valeurs de λ et de μ_{\max} dépendent de différents facteurs.

Les facteurs externes se rapportent à l'environnement des micro-organismes à savoir la température d'entreposage, la pression partielle en oxygène dans l'emballage, le pH, l'activité de l'eau et la composition de l'aliment. La présence de micro-organismes autres que le micro-organisme considéré peut aussi intervenir car des phénomènes de compétition entre souches, synergies ou antagonismes peuvent interférer.

Les facteurs internes sont liés au micro-organisme. Il s'agit tout d'abord de l'état physiologique initial qui influe sur la durée de la phase de latence. Les traitements subis par le produit (froid, métabisulfite) peuvent engendrer un état de stress chez les micro-organismes survivant et jouent un rôle ainsi sur le comportement cinétique.

L'influence de ces facteurs sur la détermination de la DLC est schématisée à la figure 25.

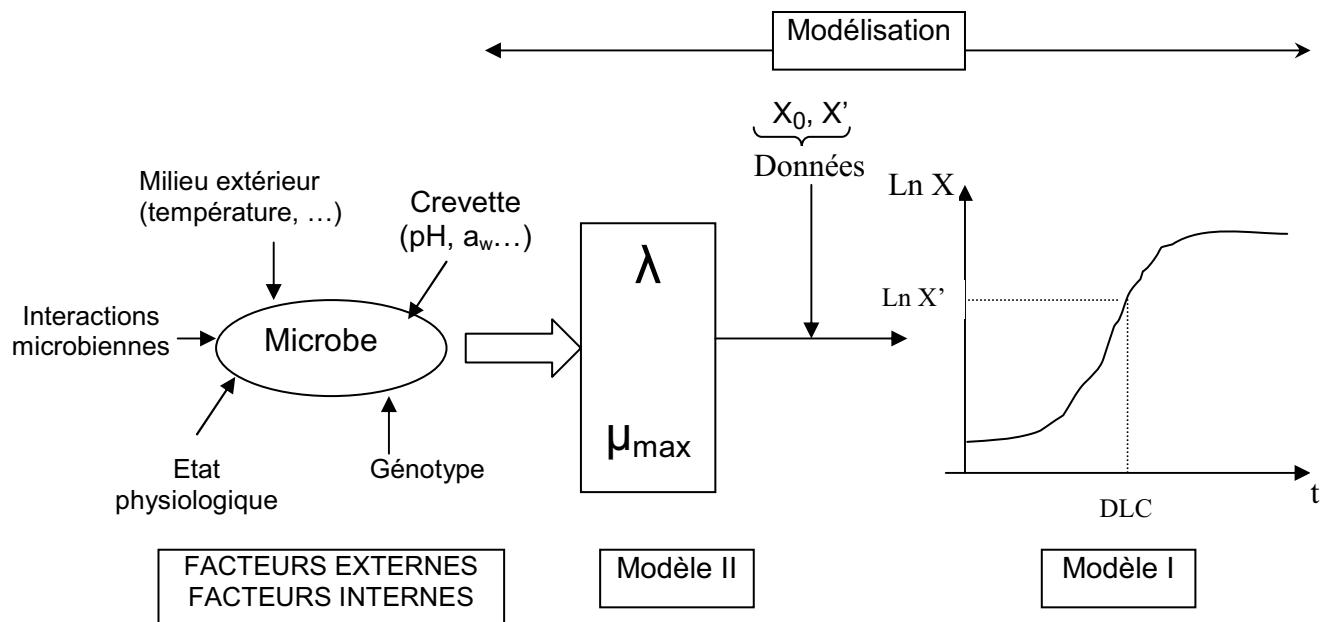


Figure 25 : Modalités de détermination de la DLC

Source : auteur, 2004

2.2.2. Modèles mathématiques de la microbiologie prévisionnelle

Les modèles mathématiques sont au nombre de 2 :

- ☞ Le modèle primaire et,
- ☞ Le modèle secondaire.

Le modèle primaire est une équation qui exprime mathématiquement la courbe de croissance microbienne avec X_0 , μ_{\max} et λ comme paramètres.

Le modèle exponentiel n'envisage qu'une partie de la courbe de croissance :

$$\ln \underline{X} = \underline{\mu}_{\max} \times t \quad (0)$$

$$X_0$$

Où X : concentration en micro-organismes à l'instant t ,

X_0 : concentration initiale en micro-organismes,

μ_{\max} : taux de croissance spécifique (h^{-1}).

Le modèle secondaire relie λ ou μ_{\max} aux facteurs environnementaux. Celui de type « racine carrée » décrit l'effet de la température sur le taux de croissance par :

$$(\mu_{\max})^{1/2} = b (T - T_{\min}) \quad (1)$$

Où T_{\min} désigne la température minimale de croissance du micro-organisme et, b est une constante dépendant des autres facteurs du milieu comme le pH ou l' a_w .

2.2.3. La démarche de la microbiologie prévisionnelle.

La microbiologie prévisionnelle peut être mise en place de différentes façons. La démarche décrite par BOURGEOIS (1996) comporte cinq étapes :

1. définition de micro-organisme retenu pour l'étude ;
2. réalisation d'expériences de croissance microbienne dans l'aliment broyé jouant le rôle de milieu de culture ;
3. détermination des paramètres du modèle à partir des résultats des modèles I et II les plus couramment utilisés ;
4. validation du modèle complet et ;
5. détermination de la DLC par utilisation du modèle validé.

2.3. Détermination de la DLC des crevettes entières crues fraîches

2.3.1. *Clostridium perfringens* : micro-organisme retenu pour l'étude :

Le choix de ce micro-organisme résulte :

- ☞ des analyses de l'évolution microbienne des crevettes fraîches au cours de la conservation ;
- ☞ de l'écologie microbienne des crevettes et ;
- ☞ des considérations sanitaires permettant d'évaluer le risque et le danger liés à la consommation de crevettes contaminées.

Caractéristiques de *Clostridium perfringens*.

Ce sont des bactéries anaérobies, sulfito-réductrices. La température optimale de croissance est de 37°C. Les caractères principaux sont : mobilité (-), indole (-), lécithinase (+), lipase (-), gélatinase (+), hémolysine (+), salicine (-) avec production d'acide avec le glucose, le maltose et le glucose.

La température minimale de croissance est de 6°C et la croissance est possible en présence de 5% d'O₂, à une aw de 0,95 et à un pH minimal de 5,5.

Sensible aux β-lactamines, *Clostridium perfringens* est l'agent du phlegmon gazeux. Il est responsable de toxi-infections alimentaires apparaissant 6 à 12 heures après ingestion de 105 UFC de forme végétative environ de *Clostridium perfringens*. 6 toxines sont identifiées : A1, A2, B, C, D et E. L'entérotoxine est thermostable à 53°C et les signes cliniques sont des nausées, crampes abdominales et des vomissements.

Evolution microbienne des crevettes fraîches en cours de conservation

Des séries d'analyses microbiologiques sont effectuées sur les crevettes fraîches en cours de conservation. Après dénombrement et identification des colonies observées, le graphique suivant montre l'évolution microbienne des crevettes fraîches conservées à la température de 0°C à +2°C pendant 9 jours.

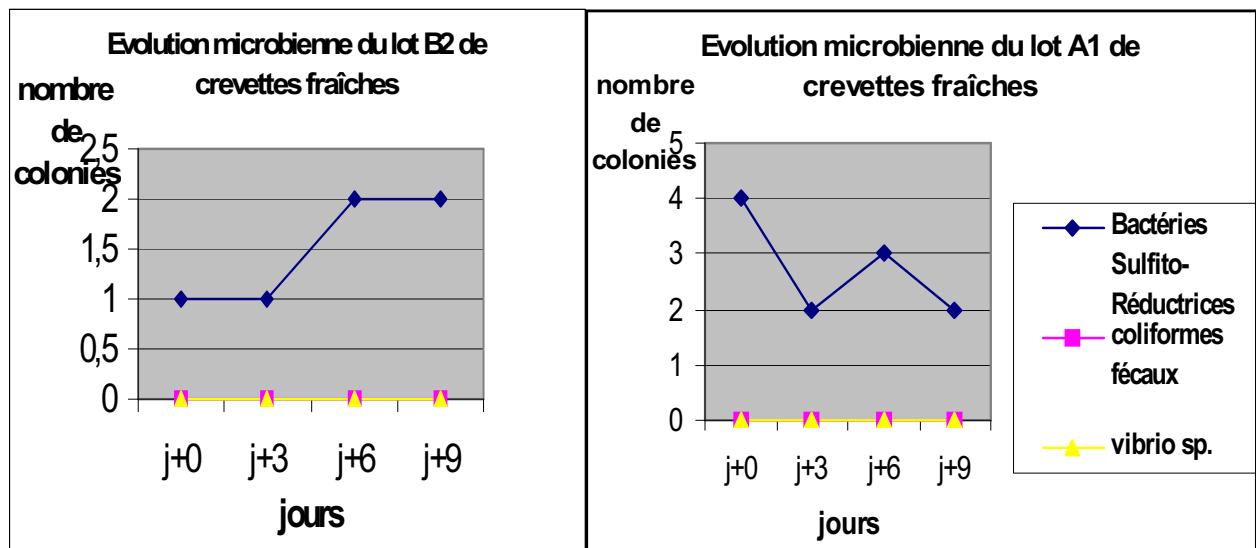


Figure 26 : Evolution microbienne des lots des crevettes fraîches stockées à +2°C

Source : auteur, 2004

La figure met en évidence que les bactéries sulfito-réductrices sont toujours présentes dans les crevettes fraîches tandis que les coliformes fécaux et les vibrios restent absents après 9 jours de conservation.

Par ailleurs, les colonies observées lors de la lecture des tubes à essai sont des colonies noires (réduction du milieu de culture). A cela s'ajoute que, non seulement les milieux de culture sont liquéfiés, mais encore l'observation au microscope optique à l'état frais montre des bacilles à bouts carrés et à spores sub-terminal. Ces informations dénotent l'appartenance des microbes observés au groupe 2 et à la présomption de *Clostridium perfringens*.

Ecologie microbienne des crevettes

Les crevettes proviennent des bassins d'élevage où elles sont élevées dans les eaux saumâtres. Les microbes généralement rencontrés sont des bactéries et des algues qui supportent une certaine tolérance au sel et à l'absence d'oxygène (condition d'anaérobiose). De plus, les bactéries aquatiques sont constitués de bâtonnets tels les *Clostridia*, *Pseudomonas* et les Vibrions.

Considérations sanitaires à la consommation de crevettes fraîches contaminées

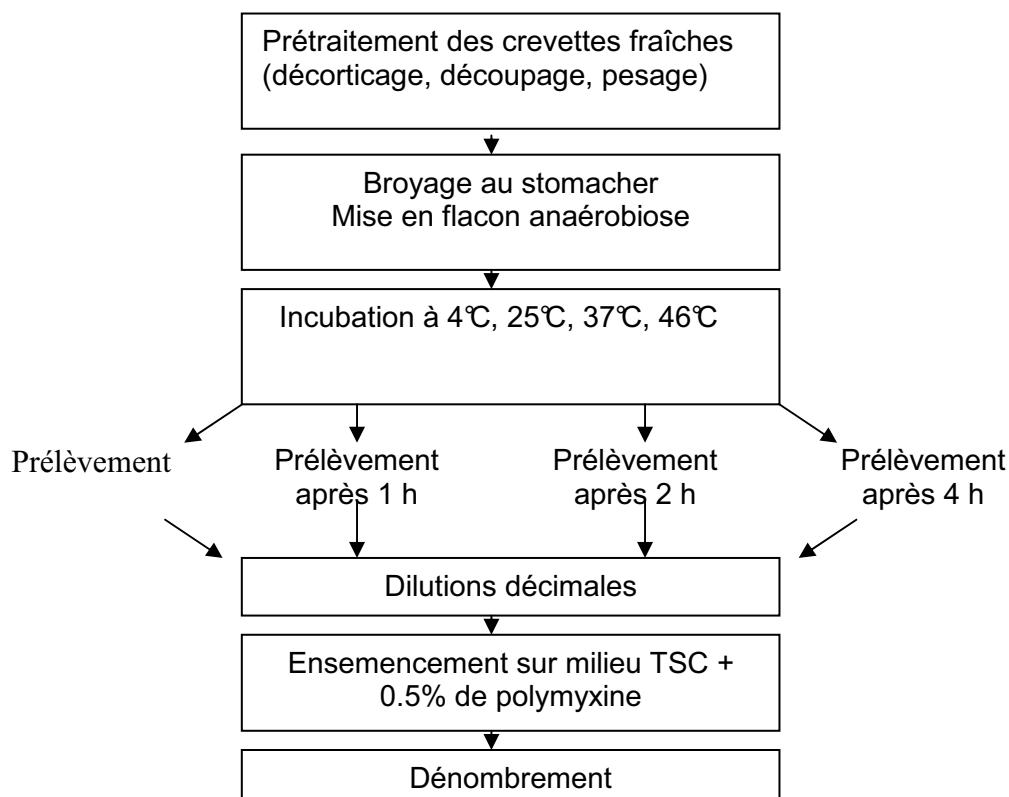
Les bactéries sulfito-réductrices provoquent des toxi-infections graves. Les symptômes se manifestent par des nausées, céphalées, diarrhée et des gangrènes de l'intestin grêle.

2.3.2. Expériences de croissance de *Clostridium perfringens*

Les expériences de croissance de *Clostridium perfringens* ont pour objectif de déterminer les paramètres de la courbe de croissance à différentes températures maintenues constante. Le milieu de culture des *Clostridium perfringens* utilisé correspond aux crevettes fraîches broyées.

Mode opératoire

Après prélèvement des échantillons de crevettes fraîches et transport rapide au laboratoire, le mode opératoire est présenté dans le diagramme suivant :



Source : auteur, 2004

Résultats des expériences de croissance

La numération des colonies observées est présentée dans le tableau 23 :

Tableau 23 : Croissance microbienne de *Clostridium perfringens* à différentes températures

Temps de prélèvement (h)	Températures d'incubation des crevettes fraîches (°C)			
	4	25	37	46
0	<1	<1	<1	1
1	<1	1	5	2
2	<1	1	5	23
4	<1	4	370	1690

Source : auteur, 2004

Les résultats permettent de tracer quelques courbes de croissance respectivement à 4°C, 25°C, 37°C et 46°C.

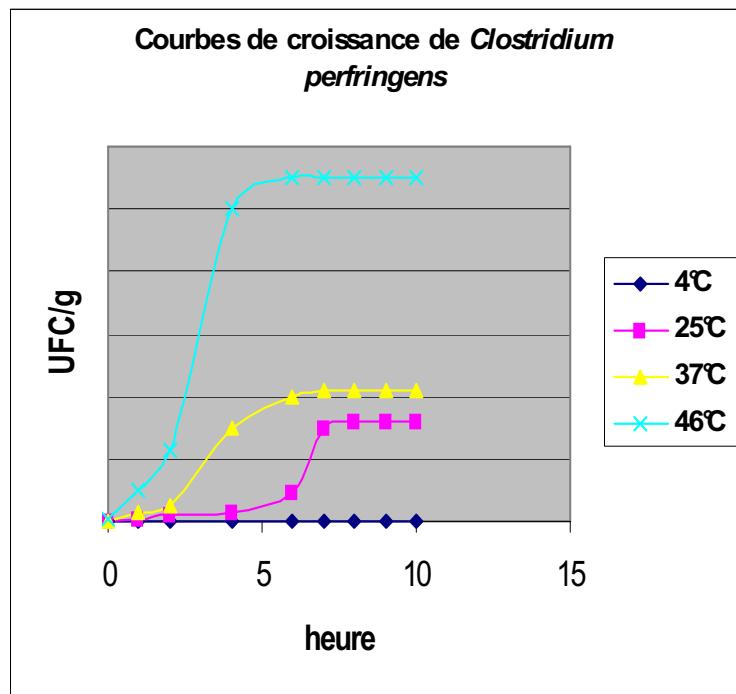


Figure 27 : Courbes de croissance de *Clostridium perfringens* à 4°C, 25°C, 37°C et 46°C

Source : auteur, 2004

Détermination de μ_{\max}

A partir de la formule du modèle I :

$$\frac{\ln \underline{X}}{\underline{X}_0} = \mu_{\max} \times t$$

Ce qui implique :

$$\mu_{\max} = \frac{\ln \underline{X} - 1}{\underline{X}_0 - t}$$

Tableau 24 : Taux de croissance spécifique μ_{\max} de *Clostridium perfringens*

Taux de croissance (h ⁻¹)	TEMPERATURE (°C)			
	4	25	37	46
μ_{\max}	0	0,56	2,15	>2,8

Source : auteur, 2004

2.3.3. Détermination des paramètres du modèle

Comme la température minimale de croissance de *Clostridium perfringens* est de 6°C et le taux de croissance spécifique à la température optimale de croissance (37°C) est de 2,15 h⁻¹. Les valeurs des paramètres du modèle sont obtenues à partir de l'équation (1).

Et on obtient :

$$b = \frac{(37 - 6)}{(2,15)^{1/2}} = 0,047$$

Et l'expression du modèle II est :

$$\ll (\mu_{\max})^{1/2} = 0,047 (T - 6) \gg \quad (3)$$

2.3.4. Validation du modèle obtenu.

Cette validation s'effectue en comparant les valeurs calculées à partir du modèle et les valeurs trouvées à l'expérience de croissance microbienne. Ainsi, en faisant varier la température de l'équation (3), les taux de croissance spécifiques sont :

$$\mu_{\max} = (0,047 (T - 6))^2$$

Si T= 4°C, $\mu_{\max} = 0$

T= 25°C, $\mu_{\max} = 0,79$

T= 46°C, $\mu_{\max} = 3,5$

La comparaison de ces chiffres avec ceux obtenus à l'expérience est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 25 : Comparaison des taux de croissance spécifique de *Clostridium perfringens*.

Température (°C)	Taux de croissance spécifique	
	Expérience	Calcul
4	0	0
25	0,69	0,79
37	2,15	2,15
46	>2,8	3,5

Source : auteur, 2004

Ce tableau montre une certaine similitude entre les deux (2) taux de croissance. Les résultats sont respectés à 4°C et à 46°C.

Le modèle validé possède alors comme expression finale :

$$\text{« } (\mu_{\max})^{1/2} = 0,047 (T - 6) \text{ »}$$



Figure 28 : Expériences de croissance microbienne

Cliché : auteur, 2004

2.3.5. Détermination de la DLC des crevettes fraîches

La date limite de consommation correspond au temps au bout duquel, dans les conditions retenues notamment de température, la concentration cellulaire microbienne est encore compatible avec la sécurité sanitaire du consommateur.

La détermination nécessite l'utilisation des deux modèles mathématiques :

$$\left\{ \begin{array}{l} (\mu_{\max})^{1/2} = 0,047 (T - 6) \\ \ln X = \mu_{\max} \times t \\ X_0 \end{array} \right.$$

A la température de 10°C, température seuil d'acceptabilité du terme refroidissement des crevettes fraîches à la sortie usine, le taux de croissance spécifique est de $\mu_{\max} = 0,035 \cdot h^{-1}$

Or, $X_0 = 50$ UFC/g : concentration initiale en bactéries sulfitoréductrices des crevettes fraîches,

$X = 10^5$ UFC/g : concentration maximale tolérable en *Clostridium perfringens* dans les aliments et,

t = date limite de consommation, et le résultat est de :

$$t = DLC = \frac{\ln 10^5 - \ln 50}{0,035}$$

$$0,035$$

Soit

$$DLC = 217 \text{ heures} = 9 \text{ jours}$$

2.3.6. Interprétation et recommandations

La détermination de la date limite de consommation des crevettes fraîches nécessite de choisir un micro-organisme pathogène. Les séries d'expériences de croissance microbienne ont permis de tracer des courbes de croissance à différentes températures de *Clostridium perfringens*. En outre, l'utilisation des modèles mathématiques permet de calculer théoriquement la valeur de la DLC à une température donnée (10°C).

La vérification par expérimentation à cette température constitue la validation de la valeur trouvée. Le résultat est présenté dans le tableau 26.

Tableau 26 : Croissance de *Clostridium perfringens* à 10°C

temps de prélèvement (h)	nombre de colonies
0	1
1	1
2	3
4	5

Source : auteur, 2004

Ce tableau montre que les colonies de *Clostridium perfringens* se développent effectivement à la température de 10°C. Toute perte de maîtrise de la chaîne de froid engendre une prolifération des germes microbiens dans les crevettes fraîches.

Ainsi, afin de maintenir la qualité hygiénique globale des crevettes fraîches, les recommandations sont de :

- ⇒ respecter la chaîne de froid tout le long du processus de fabrication ;
- ⇒ traiter rapidement les matières premières en augmentant la cadence du travail et ;

- ⇒ appliquer de façon adéquate les bonnes pratiques de fabrication et d'hygiène de manière à éviter les contaminations croisées.

Pour assurer davantage la qualité des crevettes à la sortie de l'usine, la détermination de la durée de conservation et de la date limite de consommation s'avère nécessaire. Des évaluations organoleptiques sont effectuées quotidiennement. La fraîcheur des crevettes est vérifiée selon les critères de référence de qualité sensorielle reconnus. L'efficacité du conditionnement et des conditions d'entreposage stabilise la température à cœur des crevettes pendant 7 jours. Seule la mélanose localisée sur l'appareil génital et la tête des crevettes constitue le facteur limitant la durée de conservation.

Par ailleurs, *Clostridium perfringens* est retenu pour la détermination de la date limite de consommation. La microbiologie prévisionnelle constitue la méthode de détermination et la cinétique microbienne est l'outil de base. Elle propose l'utilisation de modèles mathématiques tels le modèle de type « racine carrée », et la température est considérée comme le facteur dominant. Un tracé précis de la courbe de croissance à différentes températures et un calcul théorique ont permis d'avoir un résultat de 9 jours.

Par principe de précaution et tenant compte que la qualité des crevettes repose sur les qualité organoleptique et hygiénique, la durée de conservation effective des crevettes fraîches est de 7 jours.

CONCLUSION GENERALE

« Hier dans le bassin, demain dans votre assiette », tel est le slogan véhiculé pour fidéliser les clients et en séduire de nouveaux dans le projet de production de crevettes entières crues fraîches. Et l'arme, l'outil voire la marchandise pour satisfaire les clients sont la mise en œuvre de la démarche « assurance qualité le long de la chaîne de production ».

La démarche qualité appliquée sur les crevettes fraîches consiste à mettre en place une organisation bien structurée sous forme de procédures opérationnelle et organisationnelle.

Aussi, des actions jugées prioritaires sont mises en œuvre et regroupent la maîtrise de la production de la matière à travers un cahier de charges, le suivi du processus de fabrication et l'auto-contrôle des produits finis et des points critiques de maîtrise selon le modèle H.A.C.C.P.

L'historique de la vie ou la tracabilité des crevettes fraîches, depuis son élevage jusqu'à la distribution, est assurée par l'archivage des tableaux de bord d'élevage, des fiches d'enregistrements de contrôle des points critiques de maîtrise et des actions correctives. A cela s'ajoutent des plans de formation du personnel et des résultats d'analyse officiels.

En outre, pour assurer davantage la qualité des crevettes fraîches à la sortie de l'usine, la détermination de la durée de conservation est entreprise et a fourni un résultat de 7 jours. L'application des bonnes pratiques de fabrication, d'hygiène, de nettoyage et désinfection est recommandée pour maintenir la qualité microbiologique des crevettes fraîches. Enfin une action synergique du respect de la chaîne de froid lors du transport et de la distribution permet d'éviter toute risque d'altération organoleptique, nutritionnelle et hygiénique des crevettes fraîches.

Enfin, le travail de recherche ne prétend pas être complet. L'étude de l'influence des traitements physique (réfrigération) et chimique (métabisulfite) sur la mélanose mérite d'être entreprise.

ANNEXES

Annexe I : Loi n°2001-020 portant développement d' une aquaculture de crevettes responsable et durable

Genèse de la loi

- Ordonnance n°93-022 portant réglementation de la pêche et de l'aquaculture ;
- Code de conduite pour une Pêche Responsable ;
- Schéma d'aménagement de l'aquaculture de crevettes ;
- Loi n° 97-012 du 6 juin 1997 relative à la Charte de l'environnement.

Titre 1 : Dispositions Générales

1. Application

- aquaculture de crevettes en eau marine ;
- type industriel et artisanal.

2. Etablissement d'aquaculture de crevettes

Exploitations destinées à la sélection, à la reproduction, à la production et au grossissement des crevettes.

3. Extension

Construction de nouveaux bassins dans une nouvelle zone contiguë et de même environnement hydrodynamique à celle exploitée.

4. Constitution de réserve foncière aquacole.

Titre 2 : Mesures de préservation contre les maladies.

- Importation prohibée de : œuf, larve, juvénile ou adulte à l'état vivant de crevettes et de toute espèce de crustacés ;
- Exportation réglementée de : œuf, larve, juvénile ou adulte de crevettes ;
- Importation d'aliments réglementée, contrôle auprès de Service Vétérinaire ;
- Densité d'ensemencement : maximum 20 postlarves par mètre carré ;
- Biomasse finale : 500 grammes par mètre carré ;
- Contrôle sanitaire régulier : toutes les étapes de la production ;
- Distance entre 2 fermes industrielles : au moins 20 km ;
- Obligation d'avoir un dispositif de traitement des eaux usées pour toute forme d'élevage.

Titre 3 : Mesures de protection de l'environnement

- Pour toute forme d'élevage : obligation de disposer d'un programme d'actions pour la préservation de l'environnement ;
- Disposition d'une Etude d'Impact Environnemental ;
- Obligation de se conformer aux directives et normes prévues par les Lois et Règlements relatifs à l'environnement ;
- Limitation à 10% de mangroves à défricher par rapport à la surface d'empire de la ferme ;

- Obligation de réhabiliter la surface exploitée en cas de cessation d'activités.

Titre 4 : procédures de création d'un établissement d'aquaculture de crevettes et suivi

Pour créer un établissement d'aquaculture de crevettes, il faut obtenir :

- L'accord de principe des Collectivités Territoriales Décentralisées ;
- L'accord de principe délivré par le ministère chargé de l'Aquaculture ;
- L'autorisation domaniale ou bail emphytéotique ;
- Le permis environnemental ;
- L'autorisation définitive de création d'un établissement d'aquaculture.

Pour l'obtention d'un accord de principe, il faut :

- Le nom ou la raison sociale ;
- La région d'implantation ;
- La description sommaire du projet et source de financement ;
- L'obligation d'effectuer un audit technique au sein de chaque établissement d'aquaculture.

Titre 5 : Sanctions

Différents sanctions pour :

- Non suivi des dispositions de création d'établissement aquacole ;
- Non respect de la distance entre deux fermes industrielles ;
- Non réalisation de contrôle sanitaire ;
- Non respect des clauses environnementales ;
- Importation illicite à l'état vivant de crevettes ;
- Exportation illicite à l'état vivant de crevettes ;
- Non respect de la densité d'ensemencement ;
- Non respect de la biomasse finale.

Les sanctions peuvent être pécuniaires ou pénales.

Titre 7 : Transaction

Le Ministre chargé de l'Aquaculture transige au nom de l'Etat à l'égard des infractions prévues dans la loi ;

Transaction :

- Fixation du montant de l'amende ;
- Ordonnance de saisie des produits ;
- Retrait de l'autorisation d'exploitation.

Non conclusion de Transaction, dossier transmis au Tribunal pour mettre en mouvement l'action publique.

Dispositions diverses

Les circonstances atténuantes et les sursis ne sont pas applicables aux infraction prévues dans cette loi.

Source : [10]

ANNEXE II : METHODES D'ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Vocabulaire :

- Inoculum : quantité de produit à étudier, à ensemencer ou à « inoculer » dans un milieu de culture (partie ou totalité de l'échantillon prélevé pour analyse).
- Diluant : milieu liquide qui permet de remettre en suspension ou de diluer l'inoculum, le diluant choisi sur le plan international est le tryptone – sel (liquide isotonique légèrement enrichi en peptone pour favoriser la récupération des cellules microbiennes endommagées).

1. Dilution :

Répartition d'une certaine quantité d'un liquide dans une quantité plus importante d'un liquide appelé diluant. Dilution d'1 volume d'inoculum dans 10 volumes de liquide total, par adjonction de 9 volumes de diluant = dilution au dixième ou décimale.

2. Préparation de la suspension mère

Mise en suspension dans une quantité connue de diluant, d'un certain poids d'inoculum avant homogénéisation, l'ensemble homogénéisé représente la suspension mère.

3. Homogénéisation

La suspension mère est placée dans un appareil (stomacher) afin d'uniformiser le mélange diluant et produit à analyser.

4. Ensemencement dans la masse ou en profondeur

a- Boîte de Pétri

On dépose aseptiquement l'inoculum requis à l'aide d'une pipette stérile au fond d'une boîte de Pétri stérile et on ajoute sur l'inoculum une certaine quantité (environ 15 ml pour une boîte de Pétri de 90 mm de diamètre) de milieu de culture gélosé fondu par ébullition et ramené à 47°C (milieu en surfusion), l'inoculum pour une telle boîte sera de 1 ml maximum. On homogénéise par mouvements rotatifs. On laisse solidifier sur une surface fraîche et on incube à la température requise (boîte retournée).

b- on introduit l'inoculum dans le tube contenant le milieu s'il est liquide ou liquéfié (en surfusion pour les milieux gélosés) et on homogénéise. Pour un milieu gélosé, on peut introduire l'inoculum au fond du tube puis couler le milieu liquéfié (ramené à 47°C pour ne pas détruire les bactéries) dessus et on homogénéise.

5. Ensemencement en surface

L'inoculum est versé à la surface d'un milieu de culture gélosé coulé au boîte de Pétri et séché à l'étuve de manière à ce qu'il n'y ait plus de gouttes d'eau à la surface et ce qui favorisera l'étalement des colonies et l'envahissement de la surface du milieu par des bactéries mobiles. Par cette méthode, on ne peut inoculer que 0,1 à 0,2 ml maximum pour une boîte de Pétri de 90 mm de diamètre. On étale alors à l'aide d'un étaleur stérile sur toute la surface du milieu en faisant tourner la boîte et ce, jusqu'à absorption complète de l'inoculum par le milieu.

6. Isolement

a- à partir d'un milieu liquide sur boîte

Cette opération est nécessaire pour obtenir une culture pure, c-à-d des colonies isolées que l'on peut alors prélever en vue d'effectuer les tests biochimiques à l'identification du micro-organisme recherché. On prélève une goutte de la culture en

milieu liquide à l'aide de l'anse de platine et on dépose cette petite goutte contenant de nombreux germes sur le milieu gélosé approprié coulé en boîte de Pétri et séché. On isole à l'aide d'anse bouchée par épuisement de la culture pour disséminer des différents micro-organismes à la surface de la boîte. On effectue pour ce faire des stries parallèles très serrées.

b- à partir d'un milieu liquide en tube

Dans les micro-organismes à tendance anaérobies, on prélève alors une goutte à la « trompe de mouche » au pipette Pasteur coudée et on introduit l'inoculum au fond d'un tube de milieu gélosé maintenu en surfusion à 47°C. On remonte la pipette en vrille dans le milieu une première fois, on replonge la pipette jusqu'au fond et on remonte en vrille. Ceci à 3 reprises pour épuiser l'inoculum qui « chargeait » la pipette. On laisse refroidir le milieu jusqu'à solidification et on incube.

c- à partir d'un milieu gélosé en boîte

On prélève au fil Pasteur une colonie \pm pur ou un amas de colonies. On touche légèrement l'amas de germes pour ne pas en entraîner trop et on isole en stries de la même façon qu'en a- sur une boîte de milieu gélosé.

7. Dénombrement

On veut par cette méthode connaître le nombre de micro-organismes présents dans l'aliment. Pour ce faire, on effectue des dilutions décimales du produit ou de la suspension mère, et on ensemente 1 ml par exemple, dans chaque dilution dans ou sur le milieu approprié. On incube à la température choisie pour un temps donné. On effectue la lecture et on compte les colonies. Chaque colonie correspond à un micro-organisme présent dans l'inoculum.

8. Recherche de microorganismes spécifiques

Par cette méthode, on veut détecter la « présence » ou « absence » d'un microorganisme donné dans une certaine quantité d'inoculum précisée par la norme.

a- Préenrichissement

Le germe que l'on recherche est en général un germe pathogène qui peut se retrouver en tout petit nombre dans le produit à analyser alors que ce produit peut renfermer beaucoup d'autres germes courants.

Si le produit est parcimicrobien, c-à-d qu'il renferme peu de microorganismes à l'origine, on le laissera à l'eau peptonée tamponnée 16 à 18 heures à l'étuve de manière à ce que les germes récupèrent totalement et soient tous en phase exponentielle de croissance.

b- Enrichissement

Cette étape s'effectue en milieu sélectif, légèrement inhibiteur mais favorisant la famille des microorganismes recherchés (inhibiteurs chimiques ou température inhibitrice pour les contaminants indésirables).

c- Isolement

On isole à l'anse bouclée sur un milieu sélectif cette fois et on étudie à la loupe l'aspect des colonies. On repère des colonies suspectes d'être des colonies du microorganisme recherché et s'il y en a, on identifie. S'il n'y a pas de colonies caractéristiques à ce niveau, on peut répondre qu'il n'y avait pas le germe recherché dans la quantité d'échantillon introduite dans le milieu préenrichissement ou d'enrichissement selon le cas.

d- Identification

- biochimique : chaque colonie suspecte est isolée, puis repiquée sur une série de tubes ou galeries biochimiques permettant de tester la présence ou l'absence d'enzymes

spécifiques. Ces galeries après incubation, permet de répondre pour chacun des tests envisagés et on peut caractériser ainsi chaque type de germes.

- Sérologique : l'identification biochimique ne suffit pas dans certains cas à distinguer le microorganisme. Pour cela, après avoir vérifié si la souche n'est pas autoagglutinable en présence de sérum physiologique, on test sur lame la présence ou l'absence d'antigènes spécifiques grâce à des serums contenant des anti-corps connus.

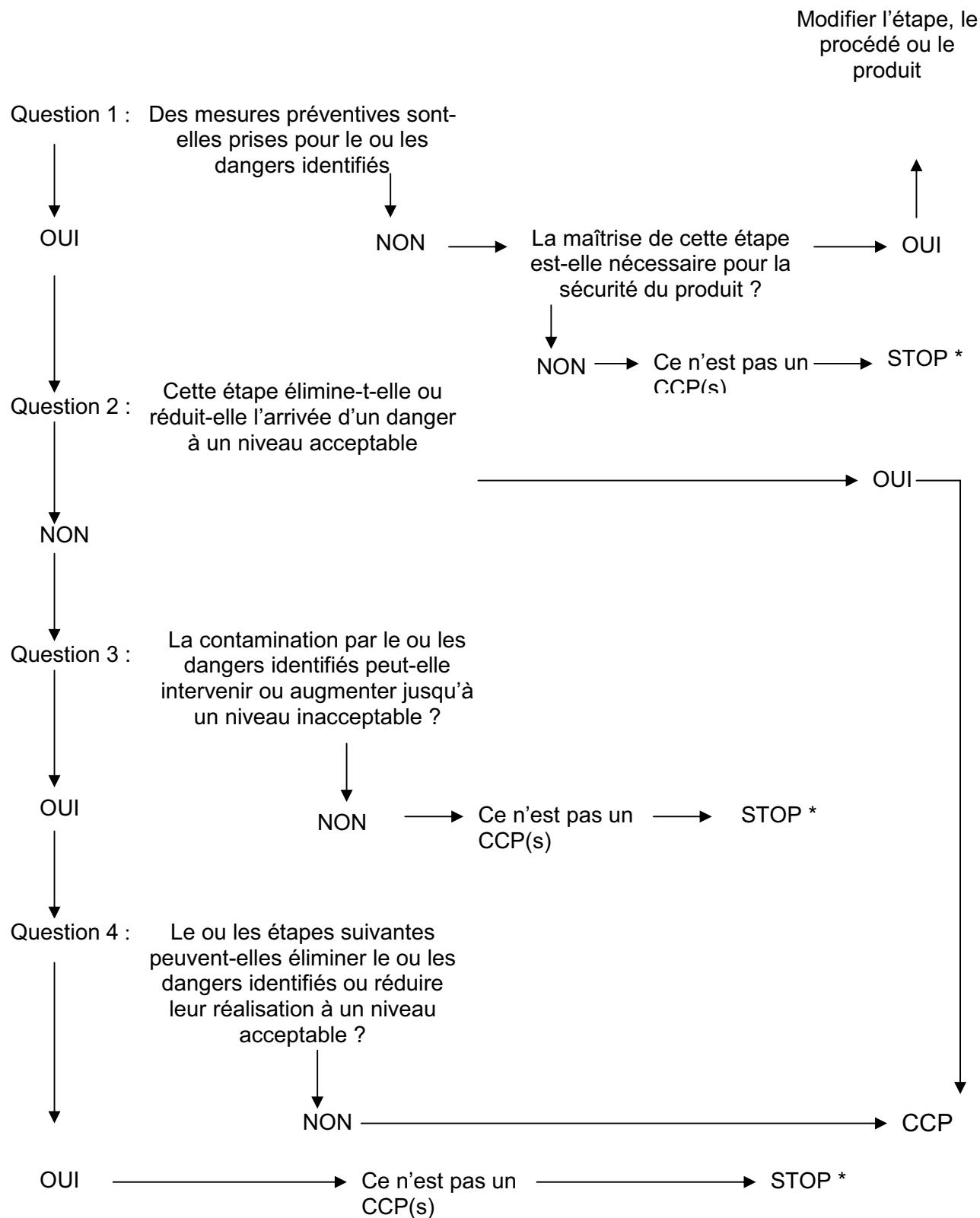
Source : [17]

	ETAPES	DANGERS	CAUSES	RISQUE	SEVERITE	MESURES PREVENTIVES
STATION DE PECHE (BASSINS)	LAVAGE/ABATTAGE	Contamination microbienne	Eau et/ou glace souillées	+	+++	Traitement de l'eau et glace
		Contamination physique	Présence de corps étrangers, crevettes altérées	++	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (triaje)
		Prolifération microbienne	Remontée de température, glaçage insuffisant	+	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (glaçage)
	TRAITEMENT AU METABISILFITE	Contamination chimique (intoxication chimique)	Excès de SO ₂	+	+++	Respect des procédures de traitement au SO ₂ (cahier de charges des pêcheurs)
		Contamination microbienne	Eau et/ou glace souillées	+	+++	Traitement de l'eau et glace
		Prolifération microbienne	Remontée de température, glaçage insuffisant	+	+++	Respect du cahier des charges des pêcheurs (glaçage)
	MISE EN BAC/GLAÇAGE	Contamination microbienne	Bacs sales	+	+	Procédures de N&D
			Eau et/ou glace souillées	+	++	Traitement de l'eau et glace
		Prolifération microbienne	Remontée de température, glaçage insuffisant	+	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (glaçage)
TRANSPORT VERS L'USINE	Contamination microbienne	Bacs non recouverts de bâche	++	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (utilisation efficace des bâches)	
	Prolifération microbienne	Glaçage incorrect	+	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (glaçage)	
		Transport lent	+	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (transport)	

	ETAPES	DANGERS	CAUSES	RISQUE	SEVERITE	MESURES PREVENTIVES
USINE RECEPTION DES MATERIES PREMIERES A L'USINE	Contamination microbienne	Introduction de crevettes altérées	++	+++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (triage)	
	Prolifération microbienne	Réchauffement des produits pendant le transport	++	++	Respect du cahier de charges des pêcheurs (transport)	
STOCKAGE TRANSIT EN SAS DE RECEPTION	Prolifération microbienne	Fonte de glace (temps d'attente trop long)	+	+++	-Rajout de glace -Respect de BPF (cadence)	
		Panne de l'équipement frigorifique	+	+++	Maintenance préventive des équipements	
LAVAGE	Contamination microbienne	Matériels souillés	+	++	Procédures de N&D	
		Glaçage incorrect	+	++	Respect de BPF (glaçage)	
		Eau et/ou glace souillée	+	++	Traitement de l'eau et glace	
TRIAGE	Contamination microbienne	Non respect des règles d'hygiène	+	+++	Formation et hygiène du personnel	
		Calibreuse souillée	+	+++	Procédures de N&D	
CALIBRAGE	Contamination microbienne	Eau et/ou glace souillées	+	+++	Traitement de l'eau et glace	
		Calibreuses et /ou bacs souillés	+	+++	Procédures de N&D	

<u>MISE EN MOULES</u>	Contamination microbienne	Moules souillés	+	+++	Procédures de N&D
		Non respect des règles d'hygiène du personnel	+	+++	Formation et hygiène du personnel
REFROIDISSEMENT SAUMURE	Mauvais réfrigération	Non respect du couple temps / température	++	++	Respect des procédures de réfrigération
	Contamination microbienne	Saumure souillée	++	++	-Choix des ingrédients (sel et sucre) -Renouvellement de la saumure avant les 80 tonnes traités.
	Prolifération microbienne	Mauvais refroidissement, panne technique	+	+++	Maintenance préventive des équipements
CONDITIONNEMENT	Contamination microbienne	Non respect des règles d'hygiène	+	+++	Formation et hygiène du personnel
		Ice pack et/ou boîte souillés	+	+++	Respect du cahier des charges de livraison et de stockage
	Prolifération microbienne	Remontée de température	++	+++	Respect de BPF (cadence)
STOCKAGE EN CONTAINER REFRIGERE	Prolifération microbienne	Remontée de température par panne technique	+	+++	Maintenance préventive des équipements

Source : RAKOTONDRAZOA, 2004

Annexe IV : Arbre de décision H.A.C.C.P

* : ce n'est pas un CCP : passer à l'étape suivante

Source : Codex Alimentarius, 1987

Annexe V : Parties expérimentales

1. Préparation des suspensions mères

- ☞ Préparation de 5 échantillons de crevettes fraîches (25 à 30 g) et dilution de ces échantillons dans du tryptone sel (100 à 120 ml) pour avoir un facteur de dilution (F_d) de 1/5 ;
- ☞ Broyage au stomacher et ;
- ☞ Revivification pendant 30 minutes.

2. Séries de dilution

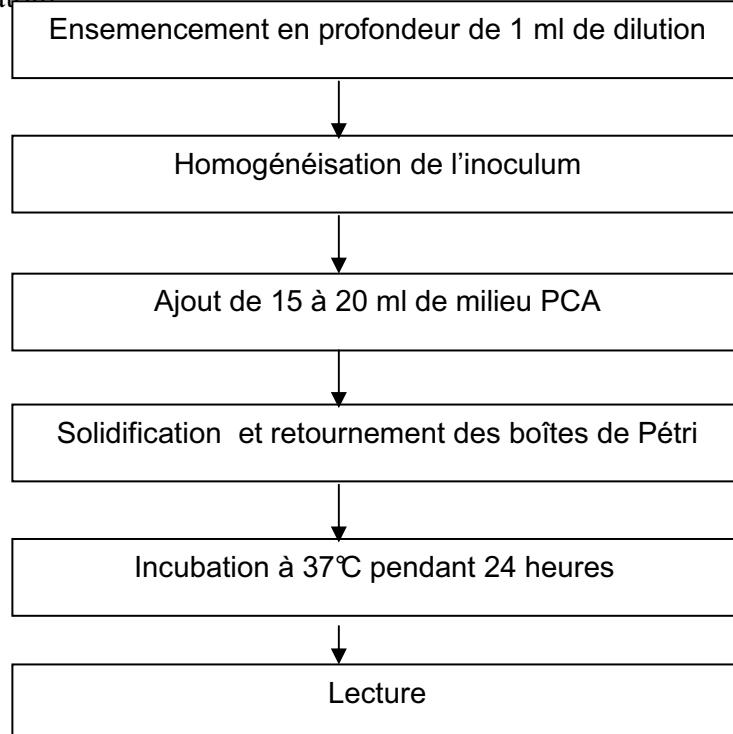
A partir des suspension mères, on procède à de dilutions successives 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4} avec 9,3 ml de tryptone sel.

3. Dénombrement des germes

a- Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

- milieu de culture : Plate Count Agar (PCA)

- mode opératoire

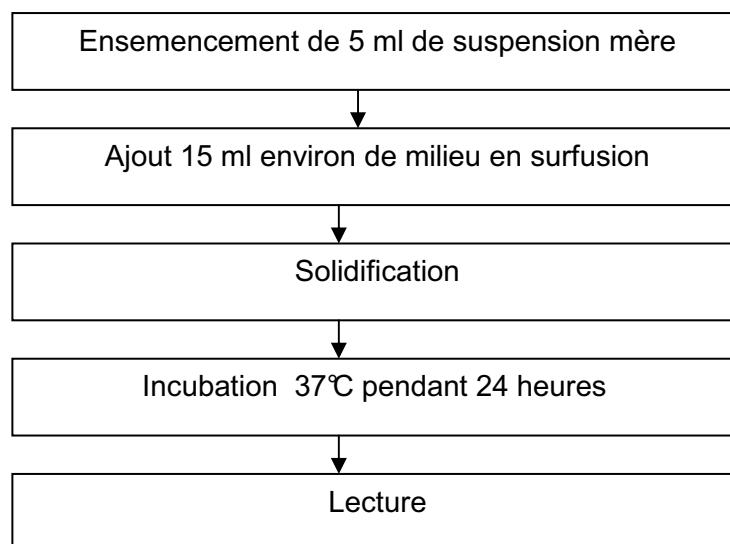


Source : auteur, 2004

b- Dénombrement de bactéries sulfito-réductrices

- milieu de culture : Tryptose sulfite à la Cyclosérine (TSC)

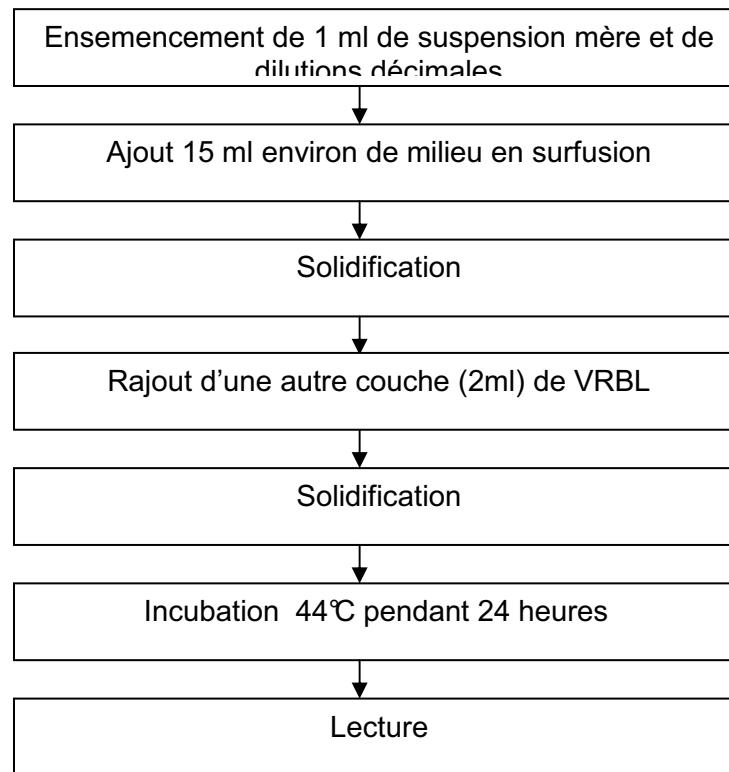
- mode opératoire



Source : auteur, 2004

c- Dénombrement de coliformes thermotolérants

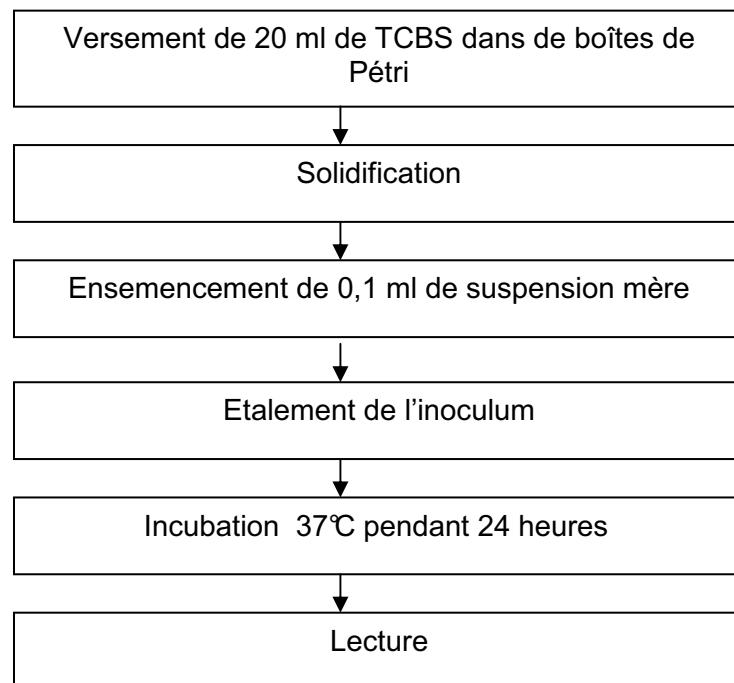
- milieu de culture : Violet Red Bile Lactose (VRBL)
- mode opératoire



Source : auteur, 2004

d- Dénombrement de *Vibrio* sp.

- milieu de culture : Thiosulfate Citrate Bile Saccharose (TCBS)
- mode opératoire



Source : auteur, 2004

4. Identification et dénombrement des colonies

Les caractéristiques des microorganismes pris en compte lors de la lecture sont :

GERMES	CARACTERISTIQUES DES COLONIES
Flore aérobie mésophile totale	Toutes les colonies jaunâtres et blanchâtres
Coliformes thermotolérants	Toutes les colonies roses-rouges
Bactéries sulfito-réductrices	Toutes les colonies noires de grande taille
<i>Vibrio</i> sp.	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> : colonies vertes plates et lisses <i>Vibrio cholerae</i> : colonies jaunes à centre transparent

Source : Laboratoire d'auto-contrôle Tsangajoly, 1997

Le calcul des nombre de microorganismes par ml est obtenu suivant la formule

$$N (\text{UFC/g}) = \frac{\Sigma \text{colonies caractéristiques}}{F_d \times d}$$

Où F_d : facteur de dilution

UFC : Unités Formatrices de Colonies

d : dilution retenue

5. Critères microbiologiques

Un critère microbiologique est un ensemble d'éléments qualitatifs et quantitatifs définissant les caractéristiques microbiologiques essentielles attendues d'un produit et qu'il est possible d'atteindre par des interventions appropriées.

Trois types de critères peuvent être distingués :

- ☞ Terme « standard impératif » identifie un critère dont les experts recommandent l'introduction dans un texte réglementaire ;

- ☞ Terme « impératif » implique que le lot de produit non conforme doit être considéré comme impropre à l'usage auquel il est destiné et ;
- ☞ Terme « standard indicatif » identifie un critère dont les experts recommandent l'introduction dans un texte réglementaire.

6. Interprétations

Tableau 27 : Interprétation des critères pour un échantillon donné ou pour un lot de 5 échantillons : principe d'appréciation

	m	m'	M	S
CRITERE OFFICIEL	TOLERANCE ANALYTIQUE	MARGE D'ACCEPTABILITE	NON CONFORMITE	TOXICITE
Par type de microorganisme		Milieu solide m'= 3m	M=10m	
Pour une catégorie de produits donnés		Milieu liquide m'= 10m	M=30m	
SATISFAISANT	ACCEPTABLE		NON SATISFAISANT (à retirer de la vente)	TOXIQUE ou CORROMPU (à retirer de la consommation)
CONFORME Satisfaisant	CONFORME à la limite acceptable	A SURVEILLER enquête	NON CONFORME enquête + procès verbal (non satisfaisant)	TOXIQUE ou CORROMPU saisie + procès verbal (impropre à la consommation)

Source : circulaire du 4 avril 1980 relative aux critères microbiologiques

	SATISFAISANT	ACCEPTABLE	NON SATISFAISANT	TOXICITE
M critère officiel	*	*	*	*
	*	*	*	*
	*	*	*	*
	*	*	*	*
	*	*	*	*
m' tolérance analytique		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
		*	*	*
M=10m			*	*
			*	*
S=1000m				*
				*
				*
5 échantillons $\leq m$	Si 2 échantillons situés entre m' et M (les autres $\leq m'$)	Si ≥ 3 échantillons dans cette zone ou 1 au moins égal à M	Si ≥ 1 échantillon dépasse S	

Source : circulaire du 4 avril 1980 relative aux critères microbiologiques

Annexe VI : défauts influençant la qualité des crevettes**a- Gâté**

On considère qu'une unité est gâtée lorsque plus de 10 % des crevettes (en nombre) de l'unité présentent l'un des défauts suivants:

- ☞ Rance : odeur caractérisée par l'odeur distincte ou persistante de l'huile oxydée; ou
- ☞ Saveur caractérisée par celle de l'huile oxydée qui laisse un arrière goût amer distinct.
- ☞ Anormal : odeurs ou saveurs distinctes et persistantes non caractéristiques, tels de brûlé ou d'âcreté, de métal ou de nourriture ingérée et qui ne sont pas celles de produits rances ou pourris.

b- Pourri

On considère qu'une unité est pourrie lorsque plus de 10 % des crevettes (en nombre) de l'unité présentent l'un des défauts suivants:

- ☞ Odeur ou saveur persistante, distincte et non caractéristique y compris mais sans s'y limiter: ammoniac, moisi, levures, légumes, aigre, matières fécales, sulfure d'hydrogène, putride.
- ☞ Décoloration : coloration noire, jaune or vert, individuellement ou ensemble, de la chair; ou pigmentation pâle ou tache de foie associée à une odeur ou une saveur de décomposition.
- ☞ Texture : bris de la texture caractérisé par une structure musculaire ferme ou non.

c- défectueux :

Une unité est défectueuse lorsque :

- ☞ les crevettes sont brisées et représentent 5% de l'unité et ;
- ☞ des tâches noires ou mélanose représentent plus de 10 % de la superficie de la carapace.

d- malsain :

Une unité est malsaine lorsque des matières étrangères de toute matière facilement décelables y sont présentes mais qui ne proviennent pas de la crevette et qui ne présentent pas de danger pour la santé humaine.

Source : Codex Alimentarius, 1987

Annexe VII : Interprétation des résultats de contrôle des CCP(s)

Tableau 28 : Interprétation des résultats de contrôle Eau et Glace

NOMBRE DE COLONIES OBSERVEES		CONCLUSION
FAMT	Absence	SATISFAISANT
	1 à 2	ACCEPTABLE
	> 2	NON SATISFAISANT
<i>Vibrio</i> sp.	Absence	SATISFAISANT
	Présence	NON SATISFAISANT

Source : Laboratoire d'auto-contrôle Tsangajoly.

Tableau 29 : Interprétation des résultats de contrôle de la saumure

NOMBRE DE COLONIES OBSERVEES		CONCLUSION
FAMT	≤ 30	SATISFAISANT
	> 30	NON SATISFAISANT
CF	Absence	SATISFAISANT
	Présence	NON SATISFAISANT

Source : Laboratoire d'auto-contrôle Tsangajoly.

Tableau 30 : Interprétation des résultats de contrôle des mains

NOMBRE DE COLONIES OBSERVEES		CONCLUSION
FAMT	< 10	SATISFAISANT
	10 à 15	ACCEPTABLE
	> 15	NON SATISFAISANT
CF	Absence	SATISFAISANT
	Présence	NON SATISFAISANT

Source : Laboratoire d'auto-contrôle Tsangajoly.

Tableau 31 : Interprétation des résultats de contrôle des surfaces

NOMBRE DE COLONIES OBSERVEES		CONCLUSION
FAMT	≤ 15	SATISFAISANT
	> 15	NON SATISFAISANT
CF	Absence	SATISFAISANT
	Présence	NON SATISFAISANT

Source : Laboratoire d'auto-contrôle Tsangajoly.

ANNEXE VIII : PLAN DE NETTOYAGE ET DESINFECTION

a- Mode opératoire

Préparation du local et des opérateurs,
Elimination mécanique des déchets,
Rinçage à grande eau sous pression,
Evacuation.

b- Nettoyage

Utilisation du détergent (élimination des souillures organiques et élimination partielle des microorganismes)

- Concentration,
- Température de l'eau,
- Temps de contact et,
- Mode d'application.

c- Rinçage

Elimination des souillures entraînées par le détergent,
Eau utilisée (pression),

Evacuation

d- Désinfection

Destruction des microorganismes encore présents après passage de la phase détergente,
Si nécessaire, désinfection à l'eau chaude à température $\geq 85^{\circ}\text{C}$,
Utilisation de désinfectants chimiques avec 3 paramètres d'optimisation (concentration, temps de contact et température). Il n'existe pas d'action mécanique.

e- Rinçage final

Eau utilisée de qualité potable,
Dosage en fin de rinçage les traces de désinfectants.

f- Etapes finales

Mode d'égouttage,
Séchage,
Rangement du matériel et produit (salle, placard).

Source : Usine Tsangajoly, 2004

2. PREPARATION DES SOLUTIONS DESINFECTANTES A PARTIR DE L'EAU DE JAVEL

Eau de Javel : solution d'hypochlorite de sodium (NaOCl) stabilisée avec d'autres composants

1° chlorométrique : nombre de litres de chlore gazeux, mesurés à 0°C et 760 mm de mercure nécessaire pour fabriquer un litre d'eau de Javel (litre de chlore libéré par litre) une solution à 1° chlorométrique (1°Chl) libère 3,16 g de chlore actif par litre

Densité : pour solution à 48°Chl = 1,216
pour solution à 12°Chl = 1,054

On en déduit que :

Une solution à 48°Chl libère 152 g/l de chlore actif donc 152 g dans 1,216 kg ou 1216 g donnant un pourcentage en clore actif de 12,5% ou 125000 ppm.

Une solution à 12°Chl libère 38 g/l de chlore actif donc 152 g dans 1,054 kg ou 1054 g donnant un pourcentage en clore actif de 3,6% ou 36000 ppm.

Les solutions désinfectantes s'obtiennent en déterminant le facteur de dilution. Si l'on veut avoir une solution à 200 ppm à partir de l'eau de Javel à 12°Chl (36000ppm), on le dilue 180 fois.

Source : Usine AQUAMEN E.F, 1997

ANNEXE IX : NF V08 058, Avril 1994, Dénombrement de *Clostridium perfringens* par comptage des colonies à 37°C.

1. Domaine d'application

La présente norme décrit une méthode de routine pour le dénombrement, après incubation à 37°C, de *Clostridium perfringens* revivifiables dans les produits destinés à la consommation humaine. La présente norme simplifie la méthode de référence, essentiellement utilisation d'une boîte par dilution. De plus, la présente norme prévoit, après obtention des colonies noires, un enrichissement intermédiaire au thyoglycolate et l'utilisation du milieu LS.

NOTE : le dénombrement des spores de *Clostridium perfringens* peut être effectué selon la présente norme si l'échantillon a subi préalablement un traitement thermique de 10 minutes à 80°C.

2. Références normatives

Ce document comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieures de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

3. Définitions

Pour les besoins de la présente norme, les définitions s'appliquent :

3.1. *Clostridium perfringens* : bactéries qui forment des colonies noires dans le milieu sélectif spécifié et qui donnent des réactions de confirmation positives lorsque l'essai est effectué selon la méthode spécifiée dans la présente norme.

3.2. Dénombrement de *Clostridium perfringens* : détermination du nombre de *Clostridium perfringens* revivifiables et confirmées par millilitre ou par gramme d'échantillon lorsque l'essai est effectué suivant la méthode spécifiée dans la présente norme.

4. Principe

4.1. Ensemencement en profondeur du milieu gélosé tryptose sulfite à la cyclosérine exempt de jaune d'œuf, coulé dans une boîte de Pétri, avec une quantité déterminée de l'échantillon pour essai si le produit à examiner est liquide, ou avec une quantité déterminée de la suspension mère dans le cas d'autres produits. Recouvrement avec une couche du même milieu.

Numération des colonies noires caractéristiques, visibles sur les boîtes.

4.2. Epreuves de confirmation sur les colonies caractéristiques et calcul du nombre de *Clostridium perfringens* par ml ou par g d'échantillon.

5. Diluant, milieux de culture et réactifs

5.1. Généralités

Pour les pratiques courantes de laboratoire, se reporter à la norme NF V 08 – 002

5.2. Diluant

Se reporter à la norme NF V 08 – 010 et à la norme spécifique traitant du produit à analyser.

5.3. Milieux de culture

Gélose tryptose sulfite à la cyclosérine exempte de jaune d'œuf.

Peptone de caséine	15,0 g
--------------------	--------

Peptone de soja	5,0 g
-----------------	-------

Extrait autolytique de levure	5,0 g
-------------------------------	-------

Bisulfite disodique (Na ₂ SO ₂ O ₅) anhydre	1,0 g
---	-------

Citrate de fer ammoniacal 1,0 g
Agar – agar bactériologique 9 à 18 g
Eau 1000 ml

Préparation :

Dissoudre les composants déshydratés dans l'eau, en portant à ébullition.

Ajuster le pH si nécessaire, mesuré à l'aide du pH-mètre, de sorte qu'après stérilisation, il soit de 7.6 à 25°C.

Répartir en tubes ou flacons, de capacité maximale de 500 ml, et stériliser à 121°C pendant 15 minutes.

Conserver au réfrigérateur à +4°C + 2°C.

Ne pas utiliser le milieu plus de 2 semaines après sa préparation.

Préparation des boîtes de gélose en vue de la confirmation (facultatif)

Répartir par quantité de 15 ml le milieu de base liquéfié et refroidi à environ 47°C, à l'aide de bain d'eau (6,4), dans des boîtes de Pétri et laisser se solidifier.

Immédiatement avant emploi, faire sécher les boîtes de préférence ouvertes, avec la surface de la gélose orientée vers le bas.

Si elles sont préparées à l'avance, les boîtes non séchées ne doivent pas être conservées plus de 4 heures à la température ambiante ou plus de 1 jour à +4°C.

6. Appareillage et verrerie

NOTE : le matériel à usage unique est acceptable au même titre que la verrerie réutilisable, si ses spécifications sont similaires.

Matériel courant de laboratoire de microbiologie et en particulier, ce qui suit :

6.1. Appareil pour la stérilisation en chaleur sèche (four) ou en chaleur humide (autoclave).

6.2. Etuve réglable à 37°C ± 1°C.

6.3. Jarres pour anaérobiose ou autres récipients appropriés pour la culture en anaérobiose

6.4. Bain d'eau, ou dispositif similaire réglable à $47^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

6.5. Bain d'eau, ou dispositif similaire réglable à 46°C \pm 0,5°C.

6.6. Tubes à essai et flacons ou fioles de capacité appropriée, dont les tubes à essai de 16 mm x 160 mm munis de cloches de Durham.

6.7. Boîtes de Pétri, stériles en verre ou en matière plastique, de diamètre 90 mm à 100 mm.

6.8. Pipettes graduées à écoulement total, de capacités nominales de 1ml et 10 ml, graduées respectivement en 0,1 ml et 0,5 ml.

6.9. Appareil de comptage de colonies comportant un système d'éclairage (facultatif)

6.10. pH-mètre précis à $\pm 0,1$ unité à 25°C.

7. Echantillonnage

Il est important que le laboratoire reçoive un échantillon réellement représentatif non endommagé ou modifié lors du transport et de l'entreposage. L'échantillonnage ne fait pas partie de la méthode spécifiée dans la présente norme.

8. Préparation de l'échantillon pour essai

préparer l'échantillon pour essai conformément à la norme spécifique traitant du produit concerné. S'il n'existe pas de norme spécifique, il est recommandé que les parties concernées se mettent d'accord à ce sujet.

9. Mode opératoire

9.1. Prise d'essai, suspension mère et dilution

Se reporter à la norme NF V 08 – 010 et la norme spécifique traitant du produit concerné. Préparer une seule série de dilution décimales à partir de l'échantillon, pour essai si le produit est liquide, ou de la suspension mère dans le cas d'autres produits.

9.2. Ensemencement et incubation

9.2.1. Prendre une boîte de Pétri stérile. A l'aide d'une pipette stérile, transférer dans la boîte de 1 ml de l'échantillon pour essai si le produit est liquide ou 1 ml de la suspension mère dans le cas d'autres produits.

Recommencer ces opérations avec les dilutions successives, à l'aide d'une nouvelle pipette stérile, pour chaque dilution décimale.

9.2.2. Couler dans chaque boîte de Pétri 15 ml à 20 ml du milieu tryptose sulfite à la cyclosépine maintenu à 47°C au bain d'eau. le temps qui s'écoule entre le moment où l'on distribue l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface fraîche et horizontale.

9.2.3. Après solidification du mélange, ajouter environ 10 ml de tryptose sulfite à la cyclosépine maintenu à 47°C comme décrit en 9.2.2.. Laisser solidifier comme décrit en 9.2.1.

9.2.4. Retourner les boîtes ainsi préparées et les placer dans les jarres pour anaérobiose. Incuber à 37°C à l'aide de l'étuve pendant 20 heures \pm 2 heures. Une incubation de plus longue durée peut avoir conséquence un excès de noircissement des boîtes.

9.3. Comptage et sélection des colonies

Choisir la ou les boîtes contenant moins de 150 colonies caractéristiques.

Compter les colonies noires suspectes. Prélever au hasard trois de ces colonies sur chaque boîte retenue pour confirmation.

NOTE : si les boîtes sont enrichies et s'il n'est pas possible de sélectionner des colonies caractéristiques bien isolées, ensemencer trois amas de colonies dans le milieu thioglycolate liquide. Incuber dans des conditions anaérobies à 37°C pendant 20 heures \pm 2 heures. Choisir sur chaque boîte au moins une colonie caractéristique isolée. Confirmer cette colonie en 9.4.

9.4. Confirmation biochimique

A l'aide de pipettes Pasteur stériles, prélever les colonies caractéristiques et les transférer dans le milieu thioglycolate liquide.

Incuber à 46°C à l'aide de bain d'eau pendant 24 heures \pm 2 heures.

Les bactéries qui, en milieu lactose sulfite, se développent en produisant du gaz < 1/3 au moins de la cloche de Durham et en formant un précipité noir de sulfure de fer, sont considérées comme étant des *Clostridium perfringens*.

En cas de doute, ensemencer dans un délai inférieur à 24 heures un nouveau tube de lactose sulfite avec cinq gouttes de la culture précédente.

10. Expression des résultats

10.1. Cas général

Retenir les boîtes contenant au maximum 150 colonies caractéristiques au niveau de deux dilutions successives. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies caractéristiques.

Repiquer un nombre déterminé A (en général 3) de colonies caractéristiques sur chacune des boîtes retenues pour le comptage des colonies.

Après identification, calculer pour chacune des boîtes, le nombre de *Clostridium perfringens* identifié selon l'équation :

$$a = \frac{b}{A} \times C$$

Où : b est le nombre de colonies caractéristiques répondant aux critères d'identification

C est le nombre total e colonies caractéristiques de la boîte.

Arrondir à un nombre entier de colonies selon les règles suivantes :

Si le chiffre après la virgule est inférieure à 5, le chiffre précédent n'est pas modifié, si le dernier chiffre est supérieure à 5, le chiffre précédent est augmenté d'une unité, si le chiffre est égal à 5, arrondir le chiffre précédent au chiffre pair le plus proche.

Calculer le nombre de *Clostridium perfringens* identifié présent dans l'échantillon pour essai, en tant que moyenne pondérée, à partir de deux dilutions successives, à l'aide de l'équation

$$N = \frac{\Sigma a}{1,1d}$$

où : Σa est la somme des colonies répondant aux critères d'identification sur les 2 boîtes retenues,

d est le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

Arrondir les résultats calculés à 2 chiffres significatifs

Noter comme résultat le nombre par ml ou par g du produit, exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance approprié de 10.

10.2. Estimation des petits nombres

Si la boîte, au niveau de l'échantillon pour essai (produit liquide) ou de la suspension mère (autre produit), contient moins de 15 colonies, donner le résultat sous la forme :

- pour le produit liquide, nombre estimé de *Clostridium perfringens* par ml $N_e = a$

où a est le nombre de *Clostridium perfringens* ;

- pour les autres produits, nombre estimé de *Clostridium perfringens* par g

$$N_e = \frac{a}{d}$$

où a est le nombre de *Clostridium perfringens* identifiés

d est le taux de dilution de la suspension mère.

Si la boîte au niveau de l'échantillon pour l'essai ou de la suspension mère ne contient aucune colonie de *Clostridium perfringens*, donner le résultat sous la forme

- moins de 1 *Clostridium perfringens* par ml (produit liquide)

- moins de 1/d *Clostridium perfringens* par g (autre produit), où d est le taux de dilution de la suspension mère.

11. Fidélité de la méthode

11.1. Boîtes contenant 15 à 150 colonies

Pour des raisons techniquement statistiques, dans 95% des cas, des limites de confiance de cette méthode varient de + 17,3% pour 150 colonies dénombrées est de + 63,4% à - 37,8% pour 15 colonies dénombrées.

En pratique, des variations plus importantes peuvent être encore observées et, en particulier, entre les résultats obtenus par différents microbiologistes.

11.2. Boîtes contenant moins de 15 colonies

Les limites de confiance pour les estimations des petits nombres sont données en annexe.

12. Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit indiquer

- la méthode selon laquelle l'échantillonnage a été effectué, si elle est connue,

- la méthode utilisée,

- le résultat d'essai obtenu, et

- si la répétabilité a été vérifiée, le résultat final obtenu.

Il doit en outre, mentionner tous les détails opératoires non prévus dans la présente norme, ou facultatifs, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur le résultat d'essai.

Annexe X : Données sources des figures

Tableau 32 : Production totale de crevettes (1998 – 2004)

Produits	10/20	20/30	30/40	40/60	60/80	80/100	100/120	120/+
monodon entières	24668	258038	889120	2129374	722414	161668	45308	25740
indicus entières	120	9500	34402	98958	50900	24796	14118	6896
Décortiquées	478	8037	26268	47530	3082	10763	2165	463

Source : AQUAMEN E.F

Tableau 33 : Evolution de l'exportation de crevettes (1996 – 2002)

produits	Année						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
entières	142640	235508	342425	399917	522988	545434	643503
etêtées	103404	85472	72130	84152	87171	166249	115177
décortiquées	10665	7503	11343	12200	15596	65614	25145
têtes	0	44	1	70	35	284	124

Source : MAEP, 2002

Tableau 34 : Valeur d'un kilo de crevettes équivalent entière (en FMG)

Filière	montant
Aquaculture industrielle	61667
Pêche industrielle	46381

Source : [11]

Tableau 35 : Importance des crevettes entières dans les exportations

Filières	Entières	Etêtées	Décortiquées
Aquaculture industrielle	81	11	8
Pêche industrielle	67	28	5

Source : [11]

Tableau 36 : Structure des consommations intermédiaires dans la crevetticulture

Désignation	pourcentage
Aliments	85
Carburants	32
Produits d'entretiens	16
Prestations de services extérieur	15
Frais divers de gestion	14
Petits outillages et fournitures diverses	11
Services bancaires	11
Emballages	9
Pièces de recharge	7
Vivres et avitaillements	7
Autres	36

Source : MAEP, 2003

Tableau 37 : Effort de la crevetticulture industrielle (2001)

Filière	Captures (tonnes)	chiffre d'affaires (milliards de Fmg)
Pêche industrielle	8500	395
Aquaculture industrielle	5195	320
Pêche artisanale	381	16

Source : [10]

Tableau 38 : Principaux pays producteurs de crevettes

Chine	Thaïlande	Vietnam	Inde	Indonésie	Philippines	Malaisie	Brésil	Equateur	Mexique	Madagascar
390000	320000	205000	157000	112000	40000	30000	90000	55000	40000	8000

Source : MAEP, 2003

Tableau 39 : Evolution de la flore aérobie mésophile totale (Log N)

	j+0	j+3	j+6	j+9
Lot A1	8,7	9,2	7,8	7,9
Lot B2	9	8,2	7,3	7,5

Source : auteur, 2004

Tableau 40 : Croissance de *Clostridium perfringens* à différentes températures

Température	Heures			
	0	1	2	4
4°C	0	0	0	0
25°C	0	1	2	3
37°C	0	3	5	30
46°C	1	10	23	100

Source : auteur, 2004

Tableau 41 : Evolution microbienne des crevettes fraîches

Germes	j+0	j+3		j+6		j+9	
Bactéries Sulfito-Réductrices	4	1	2	1	3	2	1 2
Flore Aérobie Mésophile	8,7	9,0	9,2	8,2	7,8	7,3	7,9 7,5
coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	0 0
vibrio sp.	0	0	0	0	0	0	0 0

Source : auteur, 2004

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR, 1988, Contrôle de la qualité des produits alimentaires : produits de la pêche, 175p.
2. AFNOR, 1999, Microbiologie alimentaire : méthodes horizontales, TOME 1, 7^{ème} édition, 240 p.
3. AFNOR, 1999, Microbiologie alimentaire : méthodes sectorielles, TOME 2, 7^{ème} édition, 423 p.
4. BOURGEOIS C.M, 1991, Aspect microbiologique de la sécurité alimentaires Tome 1, Edition LAVOISIER – TEC & DOC, 422p.
5. BOURGEOIS C.M, LEVEAU J.Y, 1993, Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaires : le contrôle microbiologique, Edition LAVOISIER – TEC & DOC, 454p.
6. CCI, CNUCED, 1991, Le contrôle de la qualité dans l'industrie alimentaire : manuel de présentation, GENEVE, CCI, 1991.
7. COSTE, R, 1990, Les crustacés tropicaux d'élevage, Edition Maisonneuve et Larose, 171p.
8. FROMAN. B, 1995, Le manuel qualité : outil stratégique d'une démarche qualité, AFNOR, deuxième édition, 189p.
9. ISHIKAWA K, 2002, La gestion de la qualité : Outils et applications pratiques, Edition Dunod Paris, 242p.
10. KASPRZYK Z et al, 2002, Crevetticulture responsable, Actes de Conférence, Edition Océan Consultant, 345p.
11. KASPRZYK Z et al, 2003, Aménagement de la Pêcherie crevettière, Actes de l'atelier, Edition Océan Consultant, 383p.
12. LAMPRECHT J.L, 1994, ISO 9000 : se préparer à la certification, AFNOR, 217p.
13. LARPENT J.P, LARPENT-GOURGAUD. M, 1997, Mémento technique de microbiologie, Edition LAVOISIER TEC&DOC, 3^{ème} édition, 1039 pages,
14. MAFART. P, 1991, Génie Industriel alimentaire : les procédés physiques de conservation, TOME 1, LAVOISIER TEC&DOC, 454p,
15. MARTI. M, 1986, Audit de la qualité : démarche, outils et applications, Edition Paris Organisation, 237 p.
16. PHILIPPE D, 1993, Le client retrouvé : guide pratique de la qualité totale, Edition Eyrolles, 248p.
17. RAMAROSON J.M, 1999, Mise en place d'un système de contrôle et de promotion de la qualité de la laiterie Rovel de Fianarantsoa : Etablissement de

- valeurs de référence qualitatives pour le lait frais et conception d'un manuel de procédure de fabrication, Mémoire de fin d'études, Département IAA, 169p.
18. RANAIVOMANANA M T, 1994, Elaboration du manuel de procédure de l'écloserie d'Andampy AQUALMA Nosy Be : Unité Elevage larvaire, Mémoire de fin d'étude, Département IAA, 169p.
19. RAZAFINDRAJAONA J.M, , Détection des spores de *Clostridium tyrobutyricum* dans le lait : Mise au point de milieux sélectifs et différentiels, Amélioration de la rapidité de leur détection, Thèse de Docteur Ingénieur, Option Microbiologie et Biotechnologie Alimentaires, 155p.

