



Université du Québec
à Rimouski

**ÉVALUATION TECHNICO-FINANCIERE D'UNE VALORISATION
AGROALIMENTAIRE DES COPRODUITS ISSUS DES USINES DE
TRANSFORMATION DE LA CREVETTE NORDIQUE EN
GASPESIE**

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en gestion des ressources maritimes

en vue de l'obtention du grade de maître

PAR

© PAUL RESSEGUIER

Novembre 2016

Membres du jury :

Laurent Girault, biologiste, chef d'équipe, Direction de la Valorisation de la biomasse, MERINOV, membre externe du jury.

Marcel Lévesque, directeur de recherche, professeur, Unité départementale des sciences de la gestion, UQAR

Claude Rioux, professeur, Unité départementale des sciences de la gestion, UQAR, président du jury

Dépôt initial le 13 févr. 2017

Dépôt final le 17 mars 2017

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

« Un jour, on plongera dans la ruine du jour au lendemain des familles entières parce qu'à des milliers de kilomètres pourra être produite la même chose pour deux centimes de moins à la tonne. » Georges Bernanos, La France contre les robots 1947

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je remercie M. Lévesque, professeur à l'Université du Québec à Rimouski. En tant que Directeur de mémoire, spécialement pour son aide très précieuse dans l'analyse financière du projet d'investissement à l'étude.

La réalisation de ce mémoire a aussi été rendue possible grâce au soutien financier accordé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (**MAPAQ**) via le fonds d'amorçage de partenariat (FAP) pour ce partenariat de recherche entre l'**UQAR** et des professionnels de Merinov.

Je remercie tout particulièrement les professionnels œuvrant au centre **Merinov** de Gaspé, pour leurs conseils avisés, leur soutien et leurs connaissances du milieu. Je tiens particulièrement à remercier Laurent Girault chef d'équipe à la Direction de la valorisation de la biomasse de Merinov, mais aussi Louis-Charles Rainvilles du même service, ainsi que Jérémie Persant travaillant actuellement pour le centre Merinov de Gaspé, mais que j'ai rencontré alors qu'il était responsable qualité de l'entreprise **La Crevette du Nord Atlantique Inc.** Merci pour ton amitié Jérémie et pour cette multitude de conseils et de renseignements pertinents que tu m'as donnés. Cette recherche n'aurait jamais vu le jour sans ton aide précieuse.

Je veux exprimer toute ma reconnaissance à Annie Chouinard alors directrice du **Créneau ACCORD** ressources, sciences et technologies marines, sa connaissance pointue de l'univers entrepreneurial maritime québécois et pour la pertinence de ses conseils et recommandations. Merci beaucoup, Annie, pour ton amitié et ton soutien.

Je tiens à remercier sincèrement pour m'avoir aidé dans ce travail tant par les renseignements qu'ils ont pu me donner que par leurs conseils avisés ainsi que le temps qu'ils ont bien voulu m'accorder, Gilles Maller vice-président international et technologies de l'entreprise **CLEXTRAL** leader mondial dans la fourniture de lignes d'extrusion bivis basé à Firminy (France), mais aussi Michel Layes du service procédé d'extrusion alimentaire de cette entreprise, ainsi que Joseph Mounier Directeur juridique pour m'avoir mis en relation.

Je souhaite remercier spécialement pour les renseignements qu'ils ont pu me fournir et le temps qu'ils m'ont consacré Nicholas Drolet ainsi que Marc Daigle du centre d'innovation **CRIQ** basé à Québec, ainsi que pour leur prévenance et leur soutien.

Je remercie particulièrement pour leur aide précieuse, leur intérêt et leur amabilité, pour le temps qu'ils m'ont consacré ainsi que pour les renseignements pertinents qu'ils m'ont donnés Patrick Samson Directeur opérations de l'entreprise de transformation de crevette **Les Pêcheries Marinard Ltée** basée à Rivière-au-Renard en Gaspésie, mais aussi Danielle Simard Directrice du Contrôle Qualité de l'entreprise de transformation de crevette **Les Fruits de Mer de l'est du Québec (1998) Ltée** basée à Matane.

Je tiens à remercier ma famille qui m'a toujours soutenu, et, en particulier, mes parents pour leur générosité, leur discernement et leur soutien inconditionnel, ainsi que mon épouse Hélène pour sa patience, sa compréhension et ses conseils durant ces dernières années. Je leur dédie ce travail, mes réussites passées et à venir.

Enfin, je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche particulièrement à Thomas St-Cyr-Leroux pour son amitié, sa passion de la cuisine et son aide dans la création des croustilles de coproduits de crevette.

Qu'ils puissent trouver dans ce travail le témoignage de ma sincère gratitude et de mon profond respect.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	VII
TABLE DES MATIÈRES	11
INTRODUCTION GÉNÉRALE	19
CHAPITRE 1 LE CONTEXTE : ÉTAT DES LIEUX DE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DE LA CREVETTE NORDIQUE	22
1.1 LA CAPTURE.....	22
1.2 LA TRANSFORMATION	23
CHAPITRE 2 ENJEUX : LA VALORISATION DES COPRODUITS ISSUS DE LA TRANSFORMATION DE CREVETTE NORDIQUE EN GASPÉSIE	28
2.1 LES COPRODUITS ISSUS DE LA TRANSFORMATION	28
2.1.1 Définition : d'un déchet à un coproduit	28
2.1.2 État des lieux des volumes	29
2.1.3 Portrait de la composition biochimique des coproduits issus de la transformation des crevettes nordiques.....	35
2.2 LA VALORISATION DES COPRODUITS.....	42
2.2.1 Définition et rôle de la valorisation des coproduits.....	42
2.2.2 Gestion et applications potentielles du coproduit.	44
2.2.3 Tendances des marchés de valorisation du coproduit.	52

CHAPITRE 3 ETUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE DE LA FABRICATION INDUSTRIELLE D'UN PRODUIT DE GRIGNOTAGE À PARTIR DES COPRODUITS DE CREVETTES	62
3.1 REVUE DES INGREDIENTS ET METHODES PERMETTANT LA FAISABILITE TECHNIQUE DE LA PRODUCTION D'UNE CROUSTILLE A BASE DE COPRODUITS MARINS.....	66
3.1.1 La méthode ancestrale industrialisée de production des keropoks en Malaisie.	66
3.1.2 Méthodes de préparation de la croustille protéinée par extrusion.	76
3.2 ACCEPTABILITE ET PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES PRODUITS DE GRIGNOTAGE A BASE DE PRODUITS MARINS	91
 CHAPITRE 4 HYPOTHÈSES DE BASE	99
4.1 LES ETAPES DU SCENARIO DE PRODUCTION EVALUE	99
4.2 BILAN MASSIQUE.....	104
4.3 HYPOTHESES GENERALES	105
4.4 DONNEES DE MARCHE ET HYPOTHESES SUR LE REVENU	107
4.1 HYPOTHESES SUR L'INVESTISSEMENT	108
4.3.1 Les investissements fixes	109
4.3.2 Estimation du fonds de roulement.....	115
4.2 HYPOTHESES SUR LES COUTS DE PRODUCTION.....	116
4.5.1 Coûts directs ou variables.....	116
4.5.2 Coûts fixes et d'administration.....	121
 CHAPITRE 5 PROJECTION FINANCIÈRE.....	125
5.1 L'ANALYSE DE RENTABILITE A LONG TERME DU PROJET.....	125
5.1.1 Prise en compte des hypothèses de base.....	125
5.1.2 Traitement des hypothèses concernant les amortissements.....	126
5.1.3 Établissement des flux monétaires et validation de la rentabilité du projet	127

5.2	COUTS DE FABRICATION ET CONTRIBUTION MARGINALE.....	128
5.3	ANALYSE DE SENSIBILITE	129
5.4	LA METHODE DES SCENARIOS.....	130
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		132
RÉFÉRENCES ET NOTICES BIBLIOGRAPHIQUES		135
ANNEXE 1		155
ANNEXE 2		156
ANNEXE 3		174

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Volumes de résidus reçus par le Lieu d'Enfouissement Technique (LET) de la ville de Gaspé en provenance des usines Les Pêcheries Marinard et La Crevette du Nord Atlantique inc. pour les années 2011, 2012 et 2013 ventilés par mois.(A. Dunn 2016)	32
Tableau 2 : Volumes de résidus reçus par le site de compostage de Chandler en provenance des Pêcheries Marinard ltée sur l'année 2015 ventilés par mois. (Blais 2016)	34
Tableau 3 : Volumes de résidus de crevettes reçus par le Lieu d'Enfouissement Technique de Gaspé sur l'année 2015 ventilés par mois dont 85 % des volumes seraient dus à l'usine Les Pêcheries Marinard ltée. et 15% à La Crevette du Nord Atlantique inc. (Dunn 2016)	34
Tableau 4 : Comparaison de la composition chimique des parties non utilisées de la crevette nordique (<i>Pandalus Boréalis</i>) selon les auteurs en pourcentage sur la base du poids sec.	38
Tableau 5 : Classement des principales options de gestion des résidus de transformation des crustacés, par la hiérarchie des méthodes de gestion des déchets dite des « 3R » (M. Archer et R. David 2008).....	45
Tableau 6 : Utilisation courante des résidus sans stabilisation en usine et coûts engendrés pour le producteur selon le pays (Québec ; Royaume-Uni) (G. Gélinas 2013 ; M. Archer et R. David 2008 ; D. Bouchard et M. Parent 2013 ; K. Berger et coll. 2013). 48	
Tableau 7 : Méthodes de stabilisation des coproduits de transformation de la crevette nordique en fonction des secteurs d'applications vers lesquels ils pourront être destinés. (C. Knockaert 1995 ; M. Archer et R. David 2008 ; CQVB 2011 ; S. Cartier 2013)	51
Tableau 8 : Revue des ingrédients et de leurs proportions utilisées pour la fabrication de croustilles protéinées selon les auteurs	631
Tableau 9 : Composition biochimique du keropok fait à base d'amidon de tapioca et de chair de poisson (ratio 1 :1) avant et après expansion par friture et aux micro-ondes, selon auteurs.....	764

Tableau 10 : Utilisation du procédé d’extrusion pour la fabrication de craquelins protéinés selon les auteurs.....	78
Tableau 11 : Revue des paramétrages et réglages de l’extrudeuse baxis co-rotative pour la production de croustilles de produits marins nutritifs selon les auteurs.....	87
Tableau 12 : Comparaison de l’acceptation sensorielle des croustilles de poisson/amidon selon auteurs, notes d’appréciation allant de 1 (vraiment pas aimé) à 9 (extrêmement aimé) selon auteurs	92
Tableau 13 : Comparaison des compositions biochimiques des croustilles de poisson fabriquées avec la méthode traditionnelle industrialisée après friture selon auteurs	96
Tableau 14 Détails de la proportion d’intrant et calcul du taux de rendement en matières	105
Tableau 15. Détails des coûts de distribution du produit.....	108
Tableau 16 Présentation des équipements nécessaires à la réalisation du projet.....	110
Tableau 17 Synthèse des hypothèses pour l’investissement requis.	115
Tableau 18. Synthèse des coûts concernant la main-d’œuvre directe et la maîtrise.....	118
Tableau 19 Illustration du prix de l’énergie fournie par Hydro-Québec	119
Tableau 20 Estimation de la consommation d’énergie électrique en kWh.....	119

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : procédé de transformation des crevettes nordiques en Gaspésie. (K. Berger et collab. 2013 ; J. Jobidon et collab. 2013 ; AMEC 2003 ; J. Persant 2016 ; Nadia Tchoukanova et collab. 2002).....	28
Schéma 2: Rendement d'une usine de transformation de crevette nordique en chair commerciale et coproduits (Gildberg et Stenberg 2001 ; Scidu 2009).....	31
Schéma 3: Bilan de matières pour une heure de production moyenne à l'usine de transformation La Crevette du Nord Atlantique inc. (Persant 2016 ; Drolet 2015)	33
Schéma 4: Composition de la crevette nordique avant transformation en usine en % exprimée en masse humide. (M-S Heu et collab. 2003)	37
Schéma 5 : Composition de la crevette nordique après transformation commerciale en usine et comparaison des compositions chimiques des coproduits selon pourcentage d'humidité. (M-E Carbonneau 2013 ; P. Bryl et N. Renaud 2012 ; M-S Heu et collab. 2003 ; A. Gildberg et E. Stenberg 2001)	41
Shéma 6 : Rôle de la valorisation des coproduits : atteindre le durable.....	44
Shéma 7 : Applications et marchés potentiels du coproduit de crevettes. (M. Archer et R. David 2008 ; S. Arason 2002)	44
Schéma 8 : Les marchés de valorisation des coproduits de crevettes en fonctions des ratios volume et valeur ajoutée. (IFREMER 2010)	53
Schéma 9. Étapes du procédé de fabrication des croustilles malaisiennes par la méthode traditionnelle industrialisée (Siaw C. L. et al 1985 ; Triet, L. M. 1976 ; Kyaw ZY et al 1999 ; Nor, M. Z. M., et coll. 2014 ; Yu, S. Y. et S. L. Low 1992 ; Neiva C.R.P et al 2011).	70
Schéma 10 : Étapes du procédé d'extrusion expansive (Lourenço, L. F., et coll. 2015 ; L Hayes M. 2016 ; Maller G. 2016 ; Gogoi, B. K., et coll. 1996, Jeyakumari, A., et coll. 2016)	808
Schéma 11 : Étapes du procédé d'extrusion avec post expansion du pellet (Suknark, K., et coll. 1999 ; Yu S.Y et al 1981 ; Wianecki M. 2007 ; Maller G. 2016).....	81

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Taux de croissance en pourcentage, du PIB de l'industrie bioalimentaire au Québec entre 2013 et 2014 (Boudreau et collab. 2015)	56
Graphique 2: Comparaison des indices des prix à la consommation des aliments protéinés vendus dans le commerce en détail au Québec de 2002 à 2015 montrant la faible ascension du prix des produits marins (Statistique Canada 2016).....	55
Graphique 3. Ratio rendement- risque et taux de rendement espéré.....	106

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Cette recherche de maîtrise a pour ambition de s'attaquer à la problématique de la valorisation des pertes engendrées inéluctablement par le procédé de transformation de la crevette nordique en Gaspésie (Québec). Cette problématique, qui entraîne le besoin pour l'usine de transformation de disposer d'une matière à priori dénuée de valeurs, n'est cependant ni nouvelle ni propre aux usines gaspésiennes. En effet, cette mission de traitement des écarts de transformation, que les coûts d'élimination et les contraintes environnementales transforment en fardeaux, est un des défis majeurs du secteur de la transformation des produits marins, partout dans le monde. Mais il est motivant de constater la réussite de tant de projets de valorisation de ces résidus à travers le monde et de voir que nombre de pays arrivent à amener la quasi-totalité de leurs écarts de transformation vers de nouveaux marchés (FAO 2008). Les exemples de produits innovants développés à partir de coproduits marins sont nombreux. Certes, les plus gros volumes sont destinés à une valorisation dite de masse, comme pour l'agriculture ou pour la nourriture animale, mais de plus faibles volumes de coproduits arrivent souvent à recevoir une forte valeur ajoutée, dans les marchés de l'alimentation humaine, de la pharmaceutique, du nutraceutique ainsi que vers le marché des cosmétiques. Dans un univers de très forte compétitivité, où la ressource naturelle est limitée, valoriser au maximum son intrant est la clef de la pérenité pour toute l'industrie de la transformation des produits marins. Tirer la meilleure partie de sa matière première passe inéluctablement par apporter une valeur ajoutée à ses coproduits en amenant ses écarts de transformation vers de nouveaux marchés.

La question de la valorisation des résidus issus de la transformation des produits marins est donc présente pour chaque usine à travers le monde, avec des enjeux et des difficultés assez similaires. Cependant, force est de constater qu'il n'y a pas une solution

qui s'appliquerait à toutes les situations où cette problématique se pose. Chaque fois, les espèces sont différentes, les procédés de transformations le sont bien souvent aussi et les particularismes propres à chaque région ainsi que la diversité des exigences des marchés, font que ce qui est bon ailleurs ne l'est pas forcément ici.

La première tâche de la présente étude a été de faire le travail d'une petite abeille, qui consiste à aller butiner à l'extérieur des idées et des solutions, pour réussir à concevoir un projet de valorisation viable et efficace pour notre situation précise. C'est dans cet esprit, afin d'arriver à amener la conception d'un tel projet d'ajout de valeur aux résidus de crevette nordique en Gaspésie, qu'ont été réalisées les deux premières parties de ce travail. En effet, nous nous sommes attardés ici à décrire et mieux comprendre les environnements externes et internes d'un tel projet de valorisation, afin de percevoir les forces, les faiblesses ainsi que les besoins, les opportunités et les menaces provenant de ces environnements. Par ailleurs, ces deux premières parties ne furent pas uniquement issues d'une revue de la littérature universitaire *stricto sensu*. Elles ont été aussi le fruit de rencontres et d'échanges, qui eurent lieu tout au long de l'année 2015 et 2016, avec des intervenants du milieu, des gestionnaires d'usines de transformation de crevette ainsi que des chercheurs du centre collégial de transfert de technologie Mérinov de Gaspé. Le projet de valorisation agroalimentaire des coproduits de crevettes développé par la suite, découle de ces mois d'immersion dans l'univers de la transformation de la crevette nordique en Gaspésie et de la recherche d'une compréhension plus complète des défis spécifiques de la valorisation, que ces deux premières parties tentent de refléter. Enfin, la première partie de ce mémoire a aussi permis de considérer les grandes exigences et tendances prometteuses des marchés possibles pour valoriser les coproduits de crevettes nordiques.

Après cette première étape, la deuxième phase de cette recherche a donc consisté à présélectionner et définir le projet de valorisation des coproduits de crevettes, qui fit l'objet par la suite d'une étude de faisabilité technique et de viabilité financière. Le projet sur lequel s'est arrêté notre étude consiste à produire des croustilles qui contiendraient une forte proportion de coproduits de crevettes broyées, ce qui leur conférerait de bonnes

propriétés nutritives et organoleptiques. Afin de parvenir à valider la faisabilité technique de ce projet, notre étude a tout d'abord établi l'état antérieur concernant la production d'une telle croustille, tout en décrivant les différentes méthodes et intrants permettant d'atteindre un bon résultat. Par ailleurs, notre étude ne s'est pas arrêtée à une recherche de littératures scientifiques, puisque nous sommes arrivés à fabriquer un produit minimalement viable avec des coproduits de crevettes nordiques broyées. Lequel produit a par ailleurs été testé avec brio par un chef propriétaire d'un restaurant réputé de Rimouski, afin d'obtenir un avis sur ses qualités organoleptiques. Enfin, notre étude a caractérisé les propriétés physico-chimiques ainsi qu'organoleptiques du produit fini selon la littérature et les différentes méthodes utilisées pour le produire.

La troisième phase de ce projet est présentée dans la quatrième partie de ce mémoire. Elle a consisté à établir le meilleur procédé industriel pour la fabrication des croustilles de crevettes. Ainsi, nous retrouverons dans cette quatrième partie la définition des hypothèses de base du projet à l'étude, une définition qui trace le portrait du scénario retenu.

Enfin, la dernière étape de cette recherche a consisté à évaluer la viabilité économique du projet d'investissement. Ainsi, une projection financière du scénario retenu a été réalisée pour tenter de définir sa rentabilité à long terme. Cette analyse de rentabilité préliminaire a donné suite à une évaluation des risques via une étude de sensibilité du projet.

Nous espérons que l'ensemble de ce travail permettra d'identifier un projet d'exploitation pertinent dans notre contexte québécois spécifique. Mais aussi, nous souhaitons qu'il puisse aider à définir un plan d'affaires réaliste, en mettant en exergue les éléments clés qui le composent.

CHAPITRE 1

LE CONTEXTE : ÉTAT DES LIEUX DE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DE LA CREVETTE NORDIQUE

1.1 LA CAPTURE

L'estuaire et le golfe du Saint-Laurent sont des zones propices à la capture de la crevette nordique ou *Pandalus Boréalis*. En effet, ses fonds océaniques mous et vaseux, ainsi que ses eaux froides et profondes font de cette zone un écosystème propice au développement de cette espèce. La saison de pêche au Québec, va d'avril à décembre, mais c'est couramment fin octobre qu'elle se termine avec l'atteinte des quotas. (MAPAQ 2015)

La pêcherie de la crevette au chalut située dans le golfe du Saint-Laurent a été certifiée durable et bien gérée selon les critères du Marine Stewardship Council (MSC) pour la pêche sauvage en 2008. La pêcherie de crevette du Canada Atlantique est ainsi devenue le plus grand secteur de pêche à la crevette d'eau froide à être certifié MSC à travers le monde. (msc.org 2016).

Le contingent de crevette nordique dans le golfe du Saint-Laurent se situe actuellement autour de 30 mille tonnes/ an. Même si l'on constate une diminution du total autorisé de captures (Rattanakit, et al. 2002) depuis les volumes record des années 2010 (env. 37 000 t) (MAPAQ 2013) les débarquements de crevettes du golfe restent cependant stables sur les deux dernières années en s'établissant à 30 704 tonnes en 2015 soit une hausse de 0,3 % par rapport à 2014. (Gélinas 2016) Cependant de manière plus globale, les volumes mondiaux de capture de *Pandalus Boréalis* pêché principalement dans l'Atlantique Nord ainsi qu'en mer de Barents, ont chuté de 41 % entre 2004 et 2014. (pdm-seafoodmag.com 2016).

Dans le golfe du Saint-Laurent, cinq provinces participent à la capture des volumes de crevettes nordiques. Il s'agit du Québec, de Terre-Neuve-et-Labrador, du Nouveau-Brunswick, ainsi que de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard. Mais c'est le Québec qui reçoit la majorité des débarquements du Golfe, soit plus de 60% des volumes pêchés. (MAPAQ 2015) Ainsi en 2015, les débarquements totaux au Québec ont été de 18,3 mille tonnes métriques de crevettes (Gagné 2015).

Si la crevette nordique débarquée dans le golfe du Saint-Laurent est donc majoritairement québécoise, il est à noter que plus de 99% des volumes de crevettes nordiques débarqués au Québec depuis 2012 ont été enregistrés en Gaspésie. Le port de Rivière-au-Renard représente par ailleurs à lui seul 68% des volumes totaux de crevettes débarqués au Québec. Viennent ensuite les ports de Matane et de Saint Anne-des-Monts, qui représente à eux deux 28% des volumes débarqués au Québec. (MAPAQ 2015) Cette répartition des volumes de crevette débarqués est importante pour comprendre par la suite le choix de l'implantation géographique des usines. En effet, une implantation des usines de transformation de crevette nordique près des ports où est majoritairement débarquée cette ressource hautement périssable apparaît donc logique et naturelle.

En effet sur l'ensemble des crevettes nordiques débarquées au Québec, seul 2% de ce volume est destiné à être vendu entier. Ainsi les 98% restants sont cuits et décortiqués dans une usine de transformation de crevette en Gaspésie.

1.2 LA TRANSFORMATION

Le cadre réglementaire, qui régit les usines de transformation est de compétence provinciale à l'exception néanmoins de l'inspection des produits vendus à l'extérieur du Québec, qui lui est de compétence fédérale. Ainsi c'est la loi provinciale sur la transformation des produits marins (LRQ, c.T-11.01) avec la loi québécoise sur les produits alimentaires (LRQ, c P-29) qui servent de cadre à l'industrie de la transformation de crevette en Gaspésie.

La loi sur la transformation des produits marins LRQ.C.T-11.01 oblige les produits marins débarqués au Québec à subir une première transformation par une usine située dans une région maritime du Québec avant de pouvoir être expédiés. Aussi, dans le cas de la crevette nordique la loi exige qu'une transformation minimale telle que la cuisson ou la congélation soit faite par une entreprise détenant un permis spécifique délivré par le MAPAQ. Cette législation donne donc au MAPAQ la capacité de délivrer un permis de transformation de produits marins, dont l'obtention par les usines est nécessaire pour effectuer leurs activités.

Actuellement cinq usines sont autorisées à transformer la crevette après achat direct auprès des pêcheurs. (MAPAQ 2015) Sur ces cinq usines, quatre d'entre elles se situent en Gaspésie dont La Crevette du Nord Atlantique inc. à L'Anse-au-Griffon qui transforme chaque année environ 12 millions de livres de produits bruts; les Pêcheries Marinard ltée à Rivière-au-Renard qui a transformé 12,5 millions de livres de crevettes du golfe du Saint-Laurent en 2014 et 15 millions de livres en 2015; et Les Fruits de Mer de l'Est-du-Québec (1998) ltée à Matane qui transforme près de 13 millions de livres de crevettes durant la saison de pêche. Ainsi, ces trois usines précédemment citées, achètent et transforment à elles seules chaque année, environ 80% du volume de crevettes nordiques débarqué au Québec. Il est à noter aussi que certaines de ces usines importent des crevettes congelées provenant d'autres régions ainsi que d'autres espèces que celles du golfe du Saint-Laurent, afin de compléter leurs approvisionnements. (Gélinas 2015) Il est par conséquent certain que ces trois usines pèsent lourd dans la valeur totale des expéditions faites par les entreprises de transformation du Québec soit environ 70 millions de dollars en 2015. (MAPAQ 2015). La chair de crevette cuite, décortiquée et écaillée est le principal produit issu de ces usines de transformation. Ce produit est par ailleurs la plupart du temps congelé en sortie d'usine, mais un très faible volume est vendu frais. (MAPAQ 2015)

Malgré quelques différences, le processus de transformation des crevettes est assez similaire d'une usine à l'autre dans les trois principales usines de transformation gaspésiennes précédemment citées. En effet, après leur réception et pesage, les crevettes

entières sont traitées préparées et lavées avant d'être mises sur un convoyeur en direction du cuiseur central à vapeur.

La cuisson industrielle des crevettes est une étape complexe et sensible du procédé de transformation. En effet, une surcuisson aura pour effet un durcissement de la chair de la crevette, ainsi qu'une perte de poids et une mauvaise apparence due à une accumulation de pigment mélanose. Afin de pallier à ces effets indésirables, un traitement préalable des crevettes est effectué avec une solution de sodium tripolyphosphate. L'immersion des crevettes dans un bain contenant cette solution dissoute, provoque une rétention d'eau par les crevettes, qui diminue les pertes de masse dues à la cuisson. (Gonçalves et Duarte-Ribeiro 2008 et 2009 ; Ferruh et al. 2004) Aussi, afin de pallier à l'utilisation de polyphosphate et d'éviter sa présence dans le produit, il a été démontré qu'un hydrolysate de protéines à base de blanc d'œuf était un excellent substitut au phosphate, en ayant même un meilleur rendement. (Kaewmanee, et col. 2009)

Après la cuisson, les crevettes tombent dans une rigole d'eau courante qui a pour rôle de les refroidir par l'eau vive et de les diriger vers le procédé de décorticage. Ce procédé complètement automatisé commence par les décortiqueuses à rouleaux, chargées de séparer mécaniquement la chair du reste de la carapace. Les coproduits ainsi séparés sont libérés par jets d'eau, pour être collectés par une dalle d'eau courante et dirigés vers leurs lieux de traitement. (Jobidon, et col. 2013) Là, un filtreur vertical d'environ 500 microns a pour rôle de laisser passer l'eau ayant servi au transport des coproduits eux-mêmes. Après cette étape commune aux trois usines, les deux entreprises de la Côte de Gaspé à savoir Les Pêcheries Marinard Ltée et La Crevette du Nord Atlantique inc. sont actuellement équipées d'un système de production de farine à partir des carapaces. Ce procédé de traitement et de stabilisation des résidus comprend un système de presseur destiné à éliminer un maximum d'eau, un four ayant pour rôle de sécher les carapaces et enfin un moulin chargé de produire la farine. (Bouchard et Parent 2013)

Après les séparateurs à rouleaux, les crevettes passent ensuite dans un laveur à brosse puis sont amenées à un souffleur à l'aide d'un convoyeur. Le rôle du souffleur est d'utiliser

les flux d'air pour finaliser la séparation entre la chair et les résidus. Il est important de préciser ici que les résidus séparés à cette étape sont recueillis dans des bacs répartis sous le souffleur et ne sont pas traités au grade alimentaire comme les coproduits récupérés au niveau des décortiqueuses à rouleaux. (Berger et col. 2013) Ces coproduits sont pour certaines usines, mélangés au flux d'effluents liquides par le réseau de canalisation au sol. Ce procédé serait justifié par le fait que l'actuel traitement des résidus, mis en place par l'entreprise, n'autorise pas un si grand apport de matière à traiter. Quoiqu'il en soit, le constat est qu'à différents niveaux du processus de transformation, des résidus quittent volontairement ou non le grade alimentaire en se retrouvant au sol. Ayant ainsi quitté le grade alimentaire, ils seront alors dirigés vers les caniveaux drainant les effluents liquides. (Tchoukanova et col. 2002 ; Jobidon et col. 2003 ; AMEC 2003)

Après ces étapes de décorticages automatisés, les crevettes sont par la suite triées automatiquement, mais aussi inspectées manuellement. Les rebus de l'inspection manuelle ne représente qu'un très faible volume. Par la suite les crevettes seront calibrées, congelées individuellement et emballées en vue de leur expédition. (Persant 2016)



Photo 1 : Souffleur et bacs de récupération des résidus à l'usine La Crevette du Nord Atlantique inc. (J.Persant 2016)

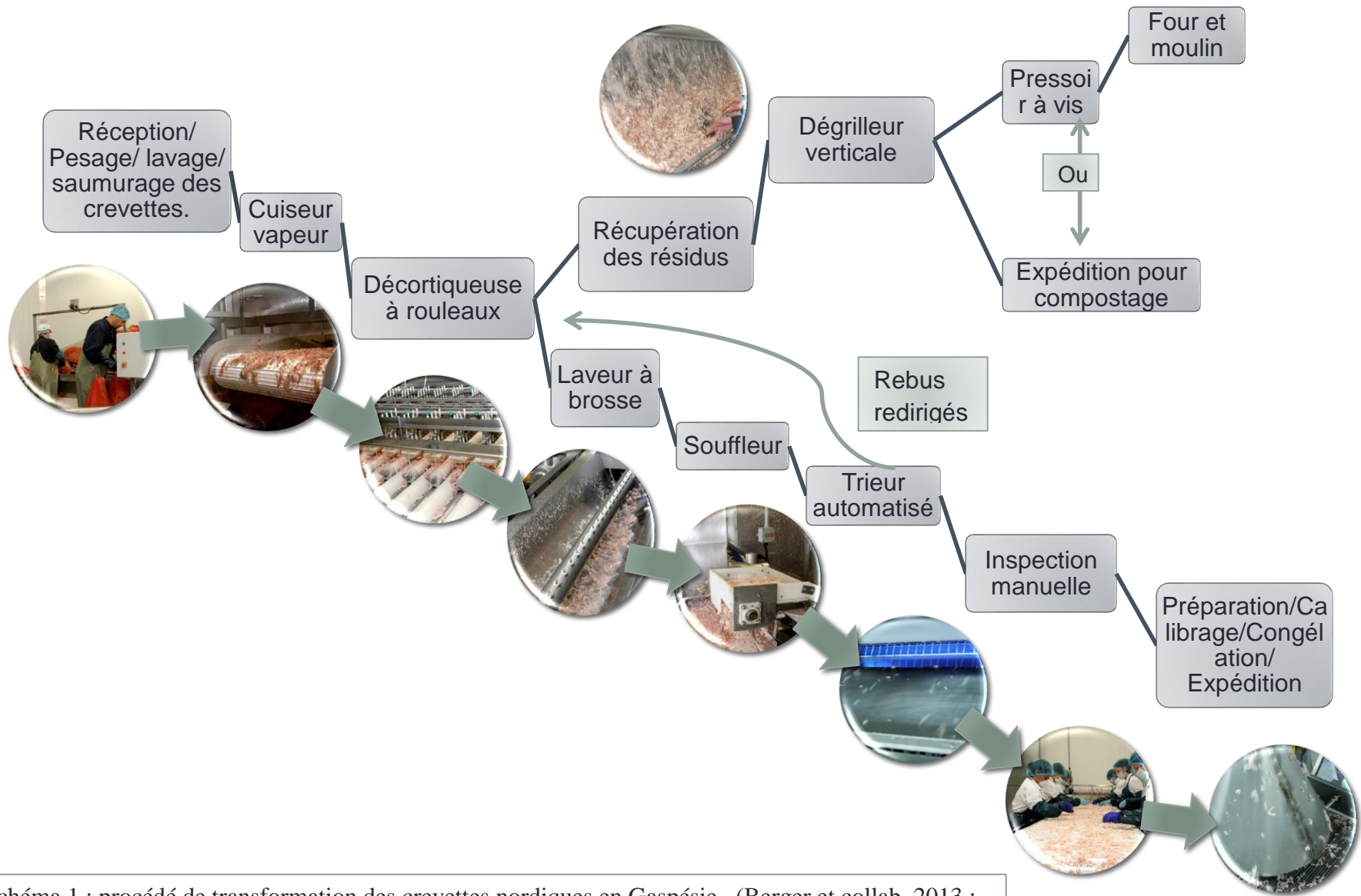


Schéma 1 : procédé de transformation des crevettes nordiques en Gaspésie. (Berger et collab. 2013 ; Jobidon et collab. 2013 ; AMEC 2003 ; Persant 2016 ; Tchoukanova et collab. 2002)

CHAPITRE 2

ENJEUX : LA VALORISATION DES COPRODUITS ISSUS DE LA TRANSFORMATION DE CREVETTE NORDIQUE EN GASPÉSIE

2.1 LES COPRODUITS ISSUS DE LA TRANSFORMATION

2.1.1 Définition : d'un déchet à un coproduit

Durant ces vingt dernières années, les entreprises de transformation de produits marins du monde entier ont pris conscience que les résidus générés par leurs activités, qui étaient alors synonymes de coûts, pouvaient être conservés au grade alimentaire pour devenir un coproduit, c'est-à-dire « la matière première d'une activité en aval ». (Le Floc'h 2011) les coproduits peuvent donc être définis comme les parties non utilisées, lors des opérations de transformation traditionnelle de produits marins, mais récupérables. (Nguyen 2009). En fonction des espèces et des opérations de transformation, les coproduits peuvent représenter 30 à 60% de l'animal. (Ifremer 2010)

La définition économique d'un coproduit serait là où les parties issues du procédé de transformation du produit marin, dont la valeur totale est inférieure à celle du produit principal. (Rutman et collab. 2002) Il est à noter que la différence entre un coproduit et un déchet est souvent relative à la volonté du producteur d'amener les écarts de transformation de son produit vers un autre marché. (ADEME 2000)

La gestion dévolue par le producteur aux résidus afin de les conserver au grade alimentaire notamment, apparaît donc essentielle pour que les coproduits ne deviennent pas des déchets. Cependant, il ne faut pas omettre de considérer que la faisabilité technique et économique du développement d'un nouveau marché pour le coproduit, est aussi une cause

restrictive majeure à la valorisation des écarts de transformation. (Penven 2014) Ainsi, il faut donc considérer l'enjeu important que représente la recherche scientifique, dans sa mission d'accroissement de l'intérêt commercial, par l'augmentation ou la preuve de l'intérêt utilitaire du coproduit qu'elle permet.

Ainsi, le statut de coproduit ou de déchet n'est pas définitif et ne dépend pas uniquement de la nature intrinsèque de la matière. En effet, ce statut résulte bien plus des contextes économiques, sociaux, scientifiques, culturels et environnementaux, qui font dépendre le traitement et la gestion de la matière (Penven 2014) ainsi que le choix d'un secteur d'application pour cette matière. (Viel 2013). Le statut du coproduit va aussi dépendre énormément de la vision du gestionnaire de l'usine de transformation. En effet, dans bien des cas l'écart de transformation n'est pas présent dans l'esprit du décideur. Il n'a souvent aucune importance et ne représente aucun intérêt pour le chef d'entreprise ou le gestionnaire de l'usine de transformation. Il est en effet bien difficile d'attirer l'attention de certains gestionnaires sur l'intérêt commercial du coproduit et sur l'avantage économique que représente son traitement en tant que matière première. (Rutman et collab. 2002)

En résumé, un déchet se transforme en coproduit s'il trouve acquéreur pour le valoriser. Le soin apporté à la collecte, à la méthode de stabilisation du coproduit, ainsi qu'au choix d'un marché d'application sont trois facteurs décisifs au passage du statut de déchets à celui de coproduit, pour l'usine de transformation de produits marins. (Penven 2014)

2.1.2 État des lieux des volumes

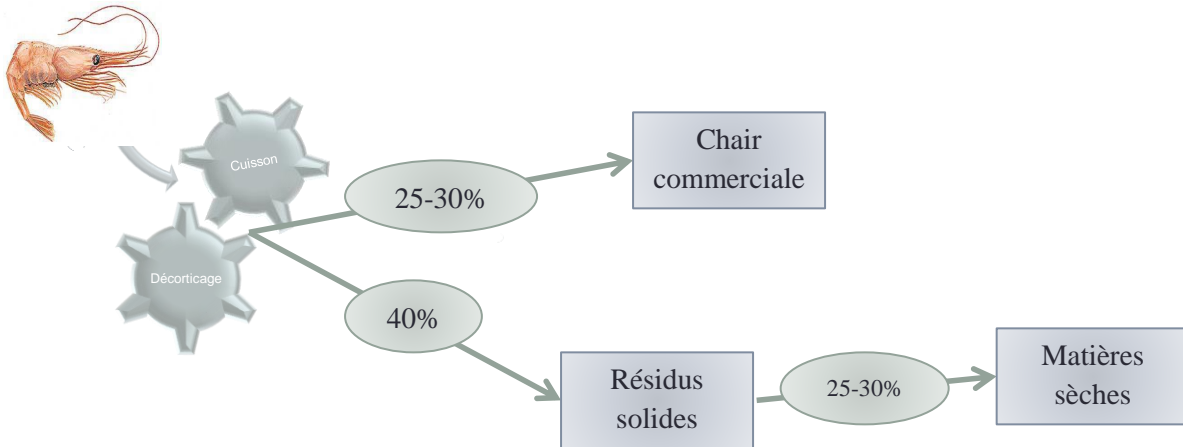
L'industrie de la transformation de la crevette nordique en Gaspésie générerait chaque année près de 11 500 tonnes de résidus par an. (Sdicu 2009 ; Bouchar, M. Parent 2013) Dont 6 000 à 8 000 tonnes seraient attribuables aux deux usines de La Côte-de-Gaspé, à savoir Les Pêcheries Marinard et La Crevette du Nord Atlantique (Mérimov-UQAR 2015 ; Lavignes et Giraut 2014). Ces résidus sont composés des carapaces, parties d'abdomen, œufs et céphalothorax (Carbonneau 2013 ; Berger 2013)

La chair décortiquée produite par les usines de transformation de crevettes nordiques gaspésiennes représente environ 30% des volumes entrants. (Scidu 2009) Le volume des résidus issus de la transformation de crevettes nordiques représenterait donc environ 70 % des volumes traités par les usines. Aussi, en considérant ce ratio, les volumes de résidus de crevette produits sur l'ensemble de la Gaspésie chaque année ont été estimés entre 13 000 tonnes (Lavigne et Girault 2014) et 14 000 tonnes (Carbonneau 2013).

Cependant, considérer que le volume de coproduits récupérables irait jusqu'à 70% des volumes entrants dans l'usine équivaldrait à oublier les résidus de crevette en suspension, qui se perdent avec les effluents liquides, ainsi que l'eau contenue dans la tête des crevettes. En effet, près de 320 tonnes matières résiduelles en suspension se perdent chaque année dans les effluents liquides des deux usines de transformation de crevette nordique de La Côte-de-Gaspé. Environ 260 tonnes pour La Crevette du Nord Atlantique et 60 tonnes pour Les Pêcheries Marinard. (Drolet 2015)

Aussi une étude réalisée pour les pêcheries de crevettes nordiques en Norvège (Gildberg et Stenberg 2001) relate, que si dans le procédé de transformation le rendement en chair commerciale se situe autour de 25 %, le déchet solide représente seulement 40% du volume total et n'est composé que de 25 à 30 % de matières sèches. Une étude qui confirmerait donc que le volume de résidus produit par les usines de transformation ne serait pas de l'ordre de 68 à 70 % des volumes entrant après les pertes en eaux des têtes et des matières en suspension dans l'effluent liquide. Selon l'espèce et le type de production, d'autres auteurs évaluent aussi, que le volume des déchets solides dans le traitement des crevettes est compris entre 45 et 60% des crevettes entières (Barratt et Montano, 1986), mais aussi 40-48% du poids corporel total des crevettes (Kandra, et collab. 2011) ou encore à environ 48% et 56% du poids des crevettes entières entrantes dans l'usine de transformation (Sachindra et collab. 2005).

Schéma 2: Rendement d'une usine de transformation de crevette nordique en chair commerciale et coproduits (Gildberg et Stenberg 2001 ; Scidu 2009)



Une connaissance précise du ratio de coproduits et de résidus produits par chaque usine de transformation de crevette gaspésienne, n'est pas actuellement accessible dans la littérature. Les quantités de crevettes qui rentrent sont connues, tout comme les volumes de chair que les entreprises produisent, ainsi que de poudre de carapaces pour certaines, mais il y a peu d'informations sur les résidus ou sur le rendement des coproduits en farine. Cependant, le fait que les trois principales usines de transformation gaspésienne aient il fut un temps envoyé, ou envoient encore la totalité de leurs résidus vers un site d'enfouissement ou de compostage permet une connaissance plus précise des volumes de résidus produits par usine. (Persant 2016) Ainsi en 2012 le Lieu d'Enfouissement Technique (LET) de la Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles de la Gaspésie a reçu plus de 1700 tonnes de résidus en provenance de deux usines de transformation de la Côte-de-Gaspé. Aussi, en 2013 La Crevette du Nord Atlantique inc. et Les Pêcheries Marinard ont envoyé plus de deux mille cent tonnes de résidus au LET. (Dunn 2016) Le tableau suivant détaille les volumes reçus mensuellement par le LET pour les années 2011, 2012 et 2013.

Tableau 1 : Volumes de résidus reçus par le Lieu d'Enfouissement Technique (LET) de la ville de Gaspé en provenance des usines Les Pêcheries Marinard et La Crevette du Nord Atlantique inc. pour les années 2011, 2012 et 2013 ventilés par mois.(A. Dunn 2016)

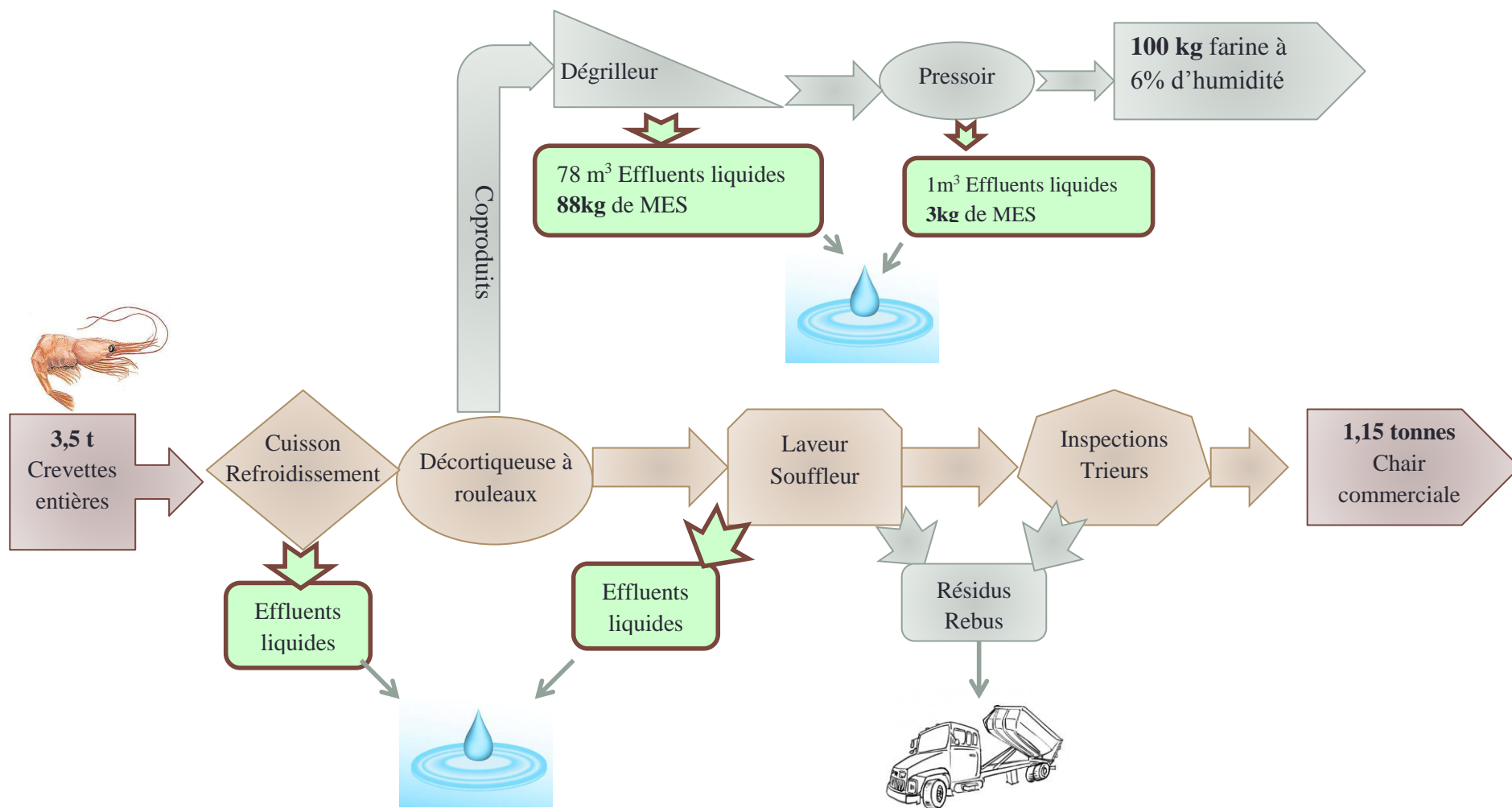
Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	TOTAL	Année
140,81	291,90	374,92	271,89	168,31	78,79	32,81	39,59	5,29	1 404.31	2011
407,96	282,92	278,13	353,99	220,05	66,20	32,70	29,67	7,98	1 679.6	2012
312,06	287,76	459,20	448,19	337,99	191,18	49,38	6,73	0,04	2 092.53	2013

L'entreprise de transformation de crevette nordique **Les Fruits de Mer de l'est du Québec (1998)** à Matane, envoie actuellement les résidus issus de sa transformation vers des sites de compostages situés à Rivières-du-Loup ou Lévis. En effet, cette usine produit environ 3,6 à 4,5 t de résidus de crevette par quart de travail ou quelques dix tonnes de résidus par jour soit environ 2 300 tonnes par an. (Simard 2016)

La Crevette du Nord Atlantique inc. à L'Anse-au-Griffon est l'une des deux entreprises de la Côte-de-Gaspé à avoir consenti à un investissement de près de 1,5 million de dollars en 2013 pour acquérir une technologie permettant la stabilisation des coproduits au grade alimentaire, sous la forme d'une farine de carapace. (Bouchard et Parent 2013) C'est en moyenne 3,5 t de crevettes entières que cette entreprise traite par heure, pour produire près de 1,15 t de chair commerciale. Quant à la farine de carapace, cette entreprise produit en moyenne 100kg de poudre par heure. Avec une production de 19h par jour, l'usine de transformation La Crevette du Nord Atlantique produit donc près de 2 tonnes de farine de carapace par jour soit environ 450 tonnes par an. (Persant 2016)

En plus de la poudre de carapace produite, l'usine de transformation La Crevette du Nord expédie aussi des résidus solides au Lieu d'Enfouissement Technique de la ville de Gaspé, ainsi qu'au Site de compostage de Chandler. En effet, plus de 55 tonnes de coproduits ont en effet été expédiées par l'usine au site de compostage au printemps 2015. (Blais 2016)

Schéma 3: Bilan de matières pour une heure de production moyenne à l'usine de transformation La Crevette du Nord Atlantique inc. (Persant 2016 ; Drolet 2015)



Quant à l'usine de transformation **Les Pêcheries Marinard Itée**, située à Rivière-au-Renard, elle a aussi investi en 2013 près de 1,5 million de dollars pour acquérir un procédé de valorisation de ses coproduits par le biais de la fabrication de poudre de carapace. (M. Parent 2013) Mais malgré la mise en place de ce procédé et la production d'environ 400 tonnes de poudres de carapace par an (Lavigne et Girault 2014), le site de compostage de la MRC du Rocher-Percé situé à Chandler continue néanmoins de recevoir des résidus en provenance de cette usine. (RIMRG 2016) En effet, sur l'année 2014 le site de compostage de Chandler a reçu des pêcheries Marinard plus de 560 tonnes de résidus. Ce volume représente 28 % des matières traitées par le site de compostage en 2014.

Durant l'année 2015 l'usine de transformation de crevette Les Pêcheries Marinard Itée, a expédié environ 760 tonnes de coproduits vers le site de compostage de Chandler. (Blais 2016) Le tableau ci-dessous illustre la ventilation de ce volume par mois de l'année 2015.

Tableau 2 : Volumes de résidus reçus par le site de compostage de Chandler en provenance des Pêcheries Marinard Itée sur l'année 2015 ventilés par mois. (Blais 2016)

Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Total
77,54 t	205,36 t	150,03 t	137,55 t	76,33 t	57,47 t	28,14 t	26,76 t	759,18 t

Tableau 3 : Volumes de résidus de crevettes reçus par le Lieu d'Enfouissement Technique de Gaspé sur l'année 2015 ventilés par mois dont 85 % des volumes seraient dus à l'usine Les Pêcheries Marinard Itée. et 15% à La Crevette du Nord Atlantique inc. (Dunn 2016)

Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total
65,21 t	144,08 t	179,73 t	119,64 t	32,35 t	13,87 t	0,11 t	0,07 t	555,06 t

Les volumes importants reçus par le site de compostage en 2015, s'expliquent par une défaillance technique du procédé de production de la farine de carapace de l'usine de transformation Les Pêcheries Marinard Ltée. En effet, un bris d'une pièce dans le moulin produisant la poudre a eu pour résultat l'envoi de la totalité des coproduits à l'extérieur de l'usine. (P. Samson 2015) Il faut aussi ajouter aux volumes expédiés par l'usine au compostage, ceux reçus par le Lieu d'Enfouissement Technique de Gaspé (LET) en provenance des Pêcheries Marinard, qui représente pour la saison 2015 environ 85% des 555 tonnes de résidus reçus par le LET, soit environ 470 tonnes. (Dunn 2016) Ainsi, durant l'année 2015 l'usine de transformation Les Pêcheries Marinard a expédié plus de 1.230 tonnes métriques de résidus à l'enfouissement comme au compostage, sur près de 6.800 t de crevettes transformées par l'usine soit environ 20% des volumes transformés.

2.1.3 Portrait de la composition biochimique des coproduits issus de la transformation des crevettes nordiques

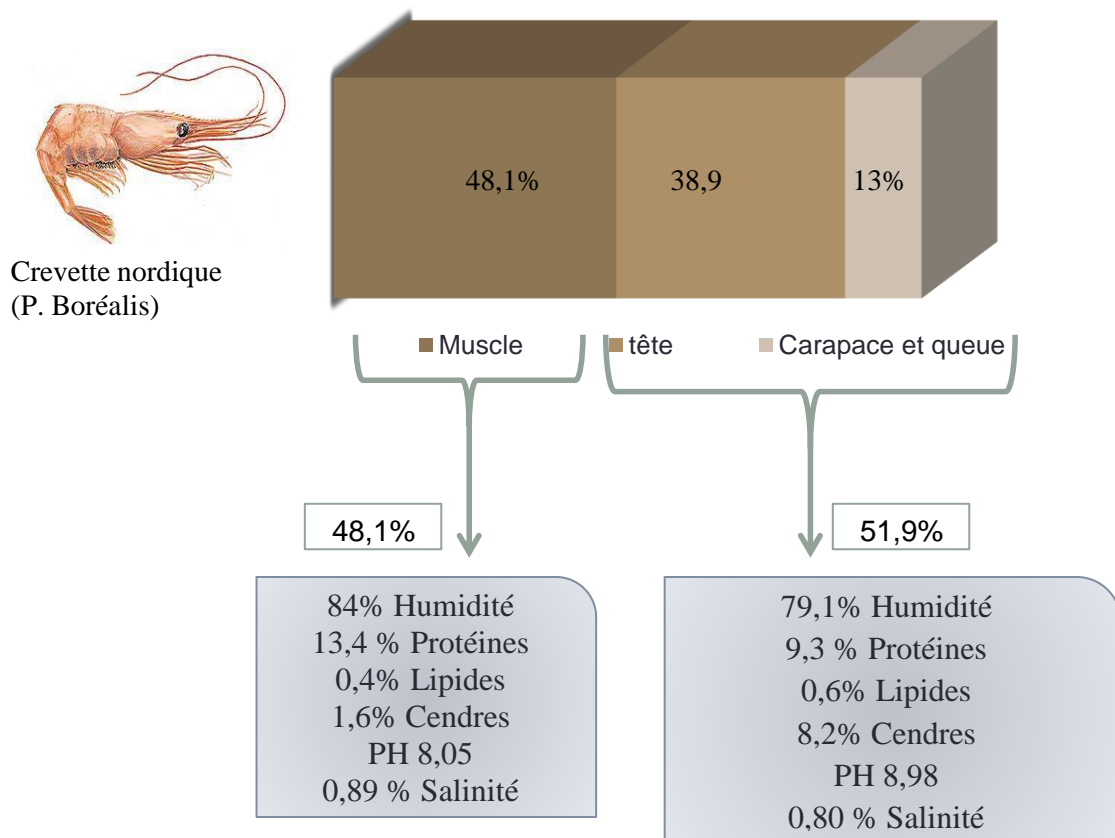
Tout d'abord, une précision demande à être apportée ici, sur ce qui constitue réellement les coproduits en sortie d'usine de transformation. Si les mots « carapace » ou « écaille » sont souvent utilisés dans l'industrie pour qualifier les résidus, il n'en demeure pas moins que ces écarts de transformation ne sont pas exclusivement composés des carapaces, antennes, queue ou de parties rigides des crevettes, mais aussi de chair. (Barratt et Montano, 1986)

La crevette nordique (*P. Boréal*) est composée à 48,1% du muscle, à 38,9% par la tête, à 10,7 % par sa carapace et à 2,3% par la queue (Heu et col. 2003). Cependant, le rendement en chair des usines de transformation de crevette nordique n'est que de 25% (Gildberg et Even 2001). Par ailleurs, si le rendement de certaines usines au Québec atteint les 30% des volumes entrants (Scidu 2009) il ne faut pas oublier de considérer l'usage du Triphosphate de sodium évoqué précédemment et qui a pour particularité d'augmenter le volume d'eau des chairs. (Bryl et Renaud 2012 ; Gonçalves et Duarte Ribeiro 2008 et 2009 ; Ferruh et col. 2004) Aussi, en considérant que la crevette nordique est composée à 48% par le muscle, mais que le rendement de la transformation n'est que de 25%, on peut

affirmer qu'environ 23% de la chair contenue dans la crevette nordique se retrouve dans les écarts de procédés, soit sous forme de matières en suspensions (Sing & Gomes Da Silva) dans les effluents liquides, soit sous forme de résidus solides. Aussi, d'après une récente étude réalisée en Espagne, le jus de cuisson de crevette contient une quantité non négligeable de matière. La fraction protéique est la composante majeure du jus de cuisson et représente plus de 26 grammes par litre de jus, ce qui représente 53% de la matière sèche. Le jus contient également 9,5 g / l de matière grasse, soit 19% de la matière sèche, ainsi que 10,8 g / l de cendres. (Pérez-Santín, E., et al. 2013)

Le schéma suivant décrit la composition de la crevette nordique entière, avant sa transformation en usine. On peut y voir les ratios entre muscle, carapace et tête, ainsi que la composition chimique de ces différents éléments.

Schéma 4: Compositions de la crevette nordique avant transformation en usine en % exprimées en masse humide. (M-S Heu et collab. 2003)



La comparaison entre ces deux compositions chimiques montre que si la proportion de protéines contenue dans le muscle (13,4%) est supérieure à celles des autres parties (9,3 %), en revanche la teneur en lipides de la tête et carapace (0,6 %) est légèrement supérieure à celle du muscle (0,4 %). (M-S Heu et collab. 2003) Les principaux composants des parties non utilisées de la crevette sont donc les protéines, qui représentent 35 à 50% du poids sec du résidu de crevette, mais aussi la chitine qui représente sur la base du poids sec, 15 à 25% du déchet solide, ainsi que les minéraux (10-15%) et les caroténoïdes. (Sachindra

et collab. 2005) Cependant, ces ratios varient selon les auteurs, ainsi que selon le traitement apporté aux parties décortiquées. Le tableau suivant illustre ce propos.

Tableau 4 : Comparaison de la composition chimique des parties non utilisées de la crevette nordique (*Pandalus Boréal*) selon les auteurs en pourcentage sur la base du poids sec.

Code	P. Durand et Y. Lagoin (1983)	F. Shahidi et J. Synowiecki (1991)	Synowiecki et collab. (2000)	A. Gildberg et S. Even (2001)	R.H. Rødde et collab. (2008)
Protéines (%)	44,1	41,7 - 42,1	40	30	33 - 40
Lipides (%)	---	9,82 - 10,64	---	0,4	0,3 - 0,5
Cendres (%)	27,3	---	---	---	32 - 36
Chitines (%)	12,5	16,75 - 17,25	14 - 30	---	17 - 20
Minéraux (%)	---	29 - 29,4	35	26	---

Des composés bioactifs peuvent être isolés des parties résiduelles de la crevette tels que des extraits protéiques, des pigments, ainsi que des acides gras (P. Kandra et collab. 2012). Mais aussi l'astaxanthine présente dans les résidus à hauteur de 14 à 39 mg par kg de résidus humides. (Rødde et collab. 2008). Les minéraux prédominants dans les résidus sont le calcium (3000 mg/ 100g) le phosphore (400 mg/ 100g), le magnésium (270 mg/ 100g) et le sodium (100 mg/ 100g) (Heu et collab. 2003) La chitine représente quant à elle environ 17 % de la matière sèche des résidus de crevettes nordiques. (Shahidi et Synowiecki 1991) Enfin, le niveau de concentration en métaux lourds dans les résidus de transformation de crevette nordique est bien en deçà des seuils de sécurité. Ceci signifie donc que tant qu'on ne les concentre pas dans une fraction notamment dans les lipides, une utilisation commerciale des coproduits peut être considérée comme sûre du point de vue de la contamination par les métaux lourds. (Heu et collab. 2003)

Aussi, il n'y a pas de différence significative entre la teneur en acides gras saturés du muscle de la crevette nordique et celle des autres parties. (Heu 2003) Si les muscles autant que les autres parties contiennent des quantités élevées d'acides gras à longue chaîne

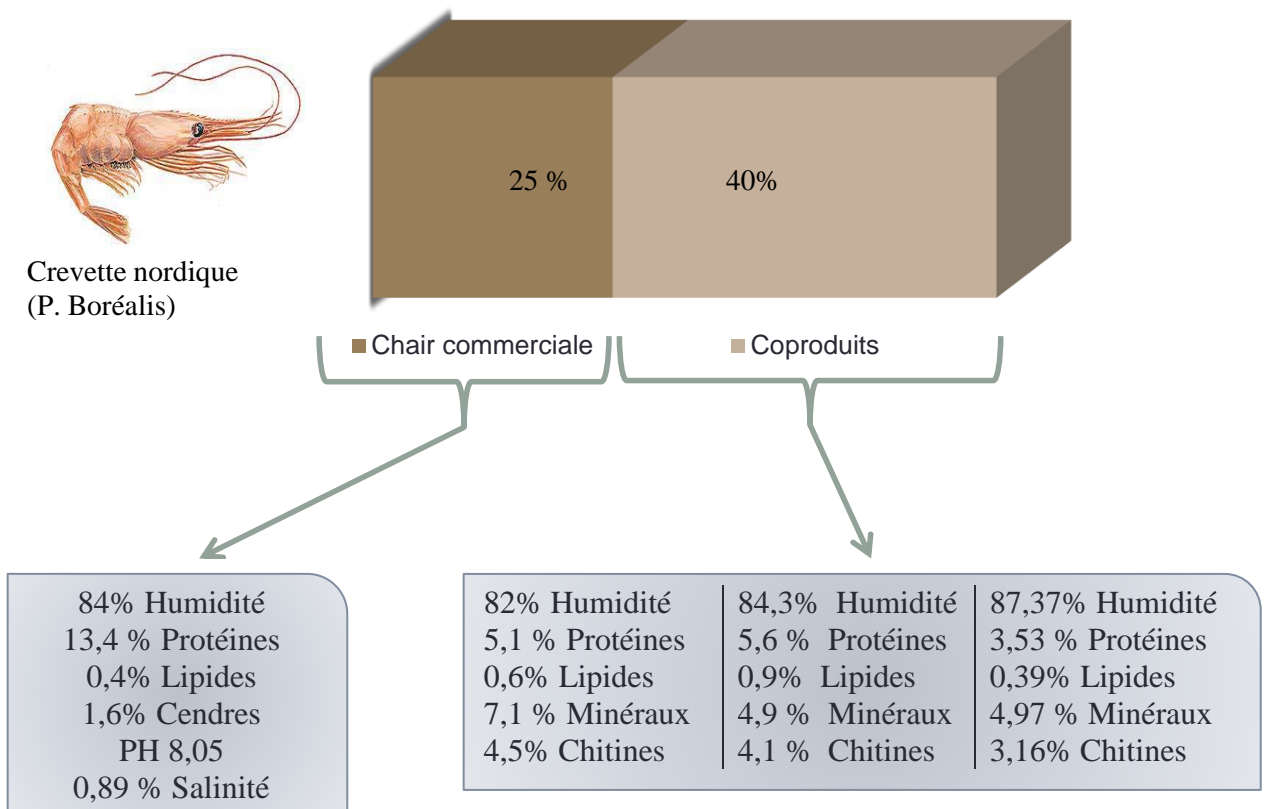
polyinsaturée tels que les EPA- DHA. Le pourcentage de lipides du poids de la crevette nordique varie entre 2,2 et 2,4 %. (R.G. Ackman et C.A. Eaton 1967) Cependant, ce contenu lipidique brut est trop faible pour être rentablement extrait et servir uniquement de source d'acides gras essentiels. (Heu et col. 2003) Il faut néanmoins remarquer que la concentration en EPA et en DHA de la crevette nordique est trois à cinq fois plus élevée que celle de la crevette d'Asie. (Viel 2013)

Par ailleurs, la question de la variabilité saisonnière de la composition biochimique des résidus de crevettes demande à être abordée ici. Une analyse saisonnière des résidus d'une usine de transformation de crevette (P. Boréalis) en Norvège (Rødde et collab. 2008) a montré que la teneur protéique des coproduits variait entre 33 % et 44 % du poids sec, que la teneur en chitine était comprise entre 17 et 20%. Cependant, aucun modèle de variation saisonnière n'a pu être établi pour ces deux composants. Il n'a en effet été constaté aucun modèle saisonnier pour les variations constatées d'un échantillon à l'autre. La teneur en cendres était elle constante d'un échantillon à l'autre et se situait aux alentours de 34 %. Aussi la teneur en matières sèches des résidus (22%) ne connaissait aucune variation saisonnière. À contrario, le taux de lipides montre des fluctuations au cours de l'année. (C-C-E Hopkins et collab. 1993) En effet, l'extrusion des œufs des femelles commence à la fin de l'été et dure jusqu'au printemps, ce phénomène augmente le taux de lipides des crevettes de façon saisonnière (R.G. Ackman et C.A. Eaton 1967) aussi, la fluctuation du taux de lipides des crevettes nordiques au cours de l'année, pourrait être due à la variation saisonnière de l'alimentation de leurs proies à savoir les copépodes qui sont herbivores. (C-C-E Hopkins et collab. 1993)

Le schéma suivant décrit la composition chimique et les ratios, des produits de crevettes en sortie d'usine de transformation. Le traitement apporté aux coproduits fait dépendre la quantité d'eau contenue dans ceux-ci. Ce pourcentage d'humidité du résidu fait par conséquent dépendre le rendement en matière sèche, qui affecte lui-même les ratios de composition chimique du coproduit. La comparaison entre les rendements en sortie d'usine, décrite dans le schéma suivant et ceux de la crevette avant une transformation industrielle

exposée précédemment, fait ressortir plusieurs constats. Le premier et le plus marquant étant la différence entre les rendements de chair commerciale des usines de transformation comprise entre 25 et 30 % selon les auteurs et le ratio de muscles de la crevette elle-même qui est aux alentours de 48 %.(D. Scidu 2009 et A. Gildberg et S. Even 2001). Enfin, les résidus de crevettes issus du processus de transformation commercial sont plus chargés en eaux, avec environ 84 % d'humidité, que les parties autres que le muscle, étudiées précédemment (environ 79% d'humidité). Pourtant le processus commercial extrait l'eau contenue dans la tête des crevettes, qui a de l'autre côté été considérée dans les ratios de parties autres que le muscle comprenant queue, carapace et tête. Le constat est donc que les procédés actuels de manutention des coproduits entraînent une réhydratation des coproduits et une perte de protéines.

Schéma 5 : Composition de la crevette nordique après transformation commerciale en usine et comparaison des compositions chimiques des coproduits selon pourcentage d'humidité.
 (M-E Carbonneau 2013 ; P. Bryl et N. Renaud 2012 ; M-S Heu et collab. 2003 ; A. Gildberg et E. Stenberg 2001)



La périssabilité du coproduit de crevette doit aussi être soulignée. En effet, la nature alcaline (pH 7,5-8) des résidus solides de crevette amène une putréfaction rapide. (P. Kandra et collab. 2012) Même si les valeurs en azote basique volatil total (ABVT) du coproduit (5,6 à 9,8 mg / 100 g) sont plus faibles que celles des parties comestibles (11,9 à 12,6 mg / 100 g), elles restent cependant importantes. (M-S Heu et collab. 2003) L'ABVT étant principalement composé d'ammoniac (NH₃) de diméthylamine (DMA), de

triméthylamine (Max Rutman, Luciano Diaz, & Hinrichsen) et d'autres amines fortement basiques, ainsi que de faible poids moléculaire, par conséquent volatil et responsable des fortes odeurs ammoniacées. (Ifremer 2008) L'ABVT est donc utilisé comme critère pour évaluer l'altération des produits marins et la dégradation des protéines. Ainsi la nature hautement périssable du coproduit rend nécessaire un traitement rapide, ainsi qu'une méthode de stabilisation pour un stockage ultérieur. (P. Kandra et collab. 2012) Cependant, certaines méthodes de stabilisation des coproduits telles que les techniques de séchage des résidus très utilisées en Asie engendrent une réduction importante des composants récupérables. (P. Kandra et collab. 2012 ; D. Ramyadevi et collab. 2012)

2.2 LA VALORISATION DES COPRODUITS

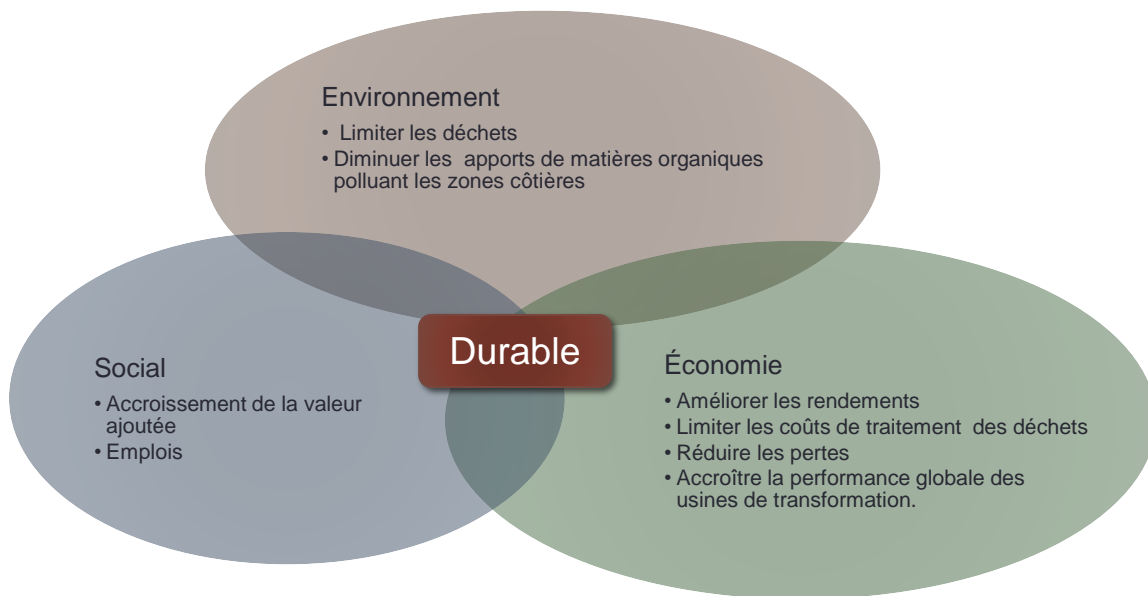
2.2.1 Définition et rôle de la valorisation des coproduits

Passer d'un déchet engendré inéluctablement par le procédé de transformation d'un produit marin, à un coproduit qui se définit comme une matière première dont la valeur totale serait certes inférieure à celle du produit principal, mais dont la commercialisation pourrait améliorer la compétitivité de l'entreprise, voilà ce qu'est la valorisation. (M. Rutman et collab. 2002) Par valorisation des coproduits, nous entendons donc passer d'une élimination des résidus hors du site en tant que déchets, à la mise en place d'un système de gestion visant à rendre disponible le coproduit pour un usage dans d'autres produits. (M. Archer et R. David 2008) Une étude sur l'application et la mise en oeuvre de projets de valorisation des coproduits de poisson (A. Penven 2014) définit aussi la valorisation comme « cette réintégration de matières a priori dénuées de valeur dans une nouvelle unité de production ». Mais la production d'ingrédients de qualité à base des coproduits ne peut être obtenue que par la sélection et le traitement ainsi que la conservation des matières au grade alimentaire. C'est là qu'est d'ailleurs tout l'enjeu de la valorisation. (A. Sigurjon et collab. 2010) Ainsi la valorisation débute par une manipulation des coproduits dans des conditions contrôlées, sûres et respectueuses des règles d'hygiène. (FAO 2014)

La règle dite des « 3R » élaborée dès 1959, propose une stratégie hiérarchisée pour la gestion des déchets : tout d'abord, réduire, puis réutiliser et recycler avant d'envisager une élimination de ceux-ci (Veissier et collab. 1999). Nous avons vu précédemment comment la valorisation permettait d'atteindre la réutilisation, ou le recyclage de l'écart de transformation de produits marins, en facilitant un réusage commercial du résidu. Mais la mise en place d'une véritable politique de valorisation commence réellement par la maximisation du rendement de production de l'usine de transformation, en réduisant la quantité globale de déchets produits et en maximisant l'utilisation de la matière première entrante. (M. Archer 2002) L'industrie de la transformation de produits marins compte de nombreux exemples de projets de valorisation par la maximisation de la commercialisation des matières entrantes, telles que l'utilisation des œufs, langues, joues ou peaux de poissons. (P. Le Floch et collab. 2011 ; C. Knockaert 1995 ; T-M-H. Nguyen 2009)

Pour l'usine de transformation, l'amélioration de la compétitivité qu'engendre la mise en place d'une réelle politique de valorisation, n'est pas uniquement due à la commercialisation d'une nouvelle partie du produit transformé. L'amélioration de la compétitivité sera aussi due à la diminution des quantités de matières usuellement traitées comme déchets, qui engendre une réduction des coûts d'élimination. (M. Archer et R. David 2008) Un autre avantage pour l'usine, à mettre en place une politique de valorisation de ses résidus serait de réduire l'impact sur l'environnement de l'industrie et de diminuer ainsi les coûts engendrés par la pollution, que les États font reposer sur les entreprises par la mise en place de taxes dissuasives à polluer. La pollution engendrée par l'industrie peut aussi être vue comme un signe d'inefficacité, par le gaspillage de matières premières ou d'énergie qu'elle engendre. (AMEC 2003) Les effluents des usines de transformation de produits marins sont aussi la source principale d'apport en matière organique de la zone côtière canadienne et par conséquent la principale source de pollution due à la perte en oxygène dissous dans le milieu. (M-H Thériault et collab. 2007)

Shéma 6 : Rôle de la valorisation des coproduits : atteindre le durable.



2.2.2 Gestion et applications potentielles du coproduit.

La règle dite des « 3R », à savoir Réduire, Réutiliser et Recycler avant l'élimination (Veissier et collab. 1999) que nous avons abordée précédemment peut nous permettre un classement pertinent des principales options de gestion des résidus de crevette. Le tableau suivant tiré d'une étude sur la gestion des résidus issus de la transformation des crustacés en Angleterre (M. Archer et R. David 2008) classe les principales options de gestion des résidus de crustacés, en fonction de la hiérarchie : réduire, réutiliser, recycler et éliminer. La différence principale, entre la réduction du volume de résidu et sa réutilisation ou recyclage est la prise en charge complète par l'entreprise d'une solution de valorisation. Ainsi la fabrication de soupe, de sauce ou de bouillon avec les résidus par l'entreprise de transformation, sera considérée comme Réduire et non Réutiliser et donc supérieur dans la hiérarchie de gestion des déchets. Voir le tableau suivant.

Tableau 5 : Classement des principales options de gestion des résidus de transformation des crustacés, par la hiérarchie des méthodes de gestion des déchets dite des « 3R » (M. Archer et R. David 2008)

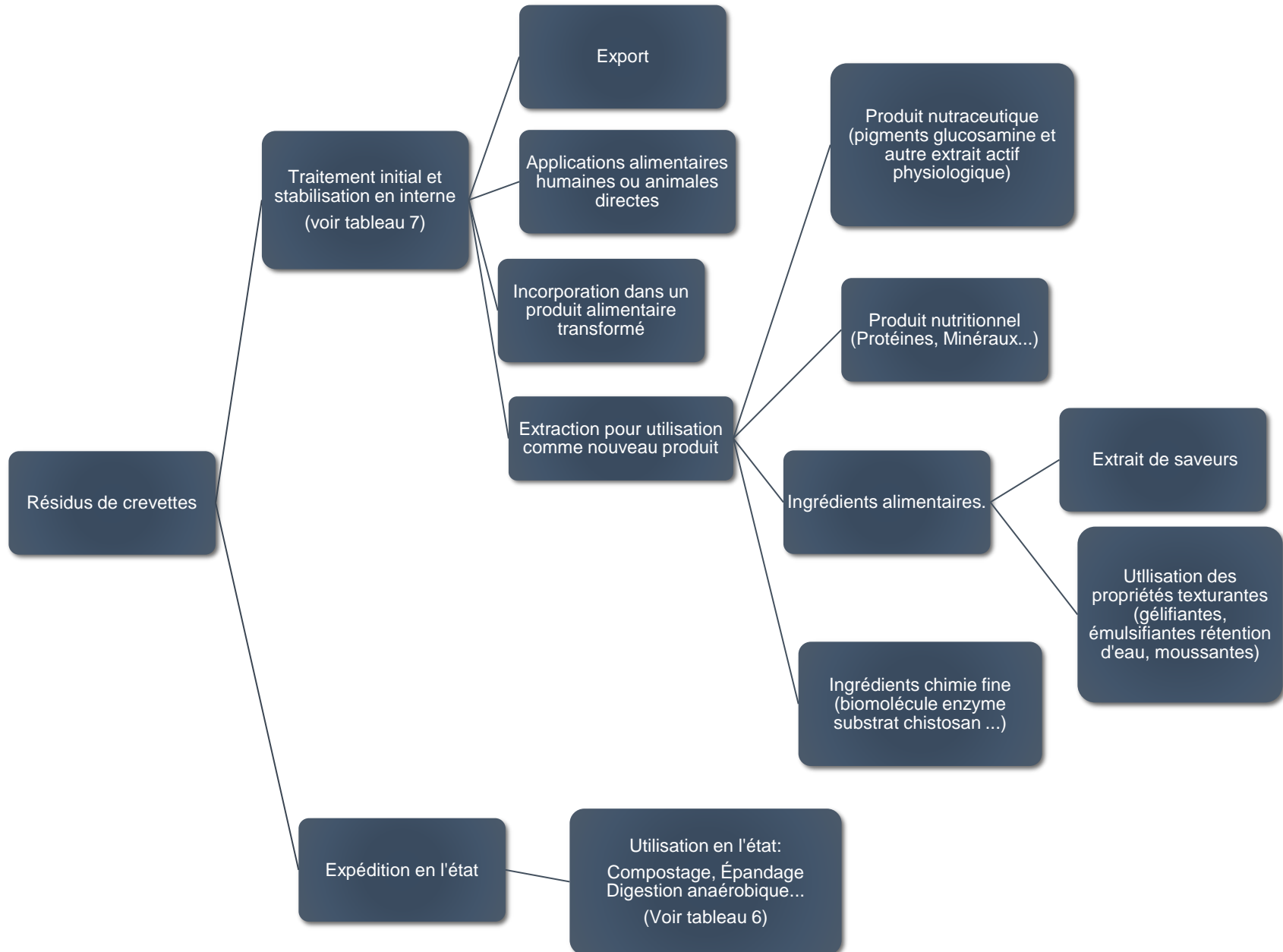
Hiérarchie de gestion des déchets	Principales options de gestion des résidus de crustacés
Réduire	Production de soupes Fabrication de sauces Maximisation de l'utilisation commerciale de la chair Utilisation des carapaces dans le produit commercial.
Réutiliser et Recycler	Digestion aérobie Digestion anaérobie Autoclavage Hydrolyse alcaline Fabrication de biocarburants Utilisation de la chitine, du chitosan et des pigments Compostage Carapace de crabe comme collecteur de naissains Alimentation animale Utilisation comme appâts Ensilage Engrais et conditionneurs de sol Incinération avec récupération d'énergie Épandage Produits à base de coquille de mollusque Pharmacie, cosmétique et chimie fine Alimentation aquaculture
Éliminer	Immersion en mer Incinération sans récupération de chaleur Enfouissement en décharge

En perdant la valeur qu'une maximisation de l'utilisation commerciale de la chair aurait permis d'obtenir ; en ne réutilisant pas les résidus dans des produits à valeur ajoutée tels que la chitine et d'autres substances bioactives ; en omettant tout recyclage et réutilisation appropriée des résidus, les industries de la transformation des produits marins perdent non seulement par l'altération de l'environnement, mais aussi par l'abandon de la valeur économique d'une matière, accrue grâce à la valorisation de celle-ci vers la dérivation d'une gamme de produits économiquement viables. (P. V. Suresh 2012)

La nature hautement périssable du résidu de crevettes (P. Kandra et collab 2012) a pour conséquence que plus le transformateur considère cette matière comme un déchet, plus les coûts de traitement et d'élimination de celle-ci seront élevés. En effet, la nature facilement altérable du résidu de crevettes a pour résultat de confronter le gestionnaire d'une usine de transformation à deux options. Soit celui-ci prendra le parti d'expédier ses résidus de crevette en l'état hors de l'usine, en payant une entreprise ou un tiers pour disposer de cette matière et pourvoir à une utilisation ou une élimination ultérieure et donc dégradée. Soit, l'usine de transformation choisira alors de stabiliser le coproduit pour le destiner vers une large gamme de produits et de marchés. (M. Archer et R. David 2008) Si dans la première option, le transformateur se situe comme producteur de déchets et ne tire donc aucun avantage financier à cela, en revanche dans le choix du transformateur à stabiliser les coproduits, les nouveaux marchés que permet d'atteindre cette option peuvent apporter une plus-value réelle à l'usine. (S. Arason 2002)

L'implication du transformateur pour la stabilisation et le traitement des résidus de crevettes comme matières premières d'une activité en aval, plutôt que comme déchets à éliminer est la seule voie possible pour amener le coproduit vers un nouveau marché. (Le Floc'h et collab. 2011) Ainsi donc, la possibilité donnée aux résidus d'atteindre de nouveaux marchés est due aux soins apportés par le transformateur pour préserver et conserver ces résidus, au grade alimentaire notamment. À contrario, si le transformateur traite les résidus comme une matière à éliminer et cherche à s'en débarrasser sans tenter de les préserver, il sera alors impossible de les amener vers un nouveau marché. En effet, même la production du compost bio pour le marché de l'horticulture, qui est non seulement un marché limité en volume, est aussi soumise à des contraintes strictes de la part de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (J. Duval et G. Ménard 2014) Le schéma 7 détaille les deux options auxquelles sont confrontées les usines de transformation de crevette et leurs débouchés possibles.

Schéma 7 : Applications et marchés potentiels du coproduit de crevettes. (M. Archer et R. David 2008 ; S. Arason 2002)



Pour le transformateur, expédier ses résidus de crevette en l'état, sans stabilisation ni maintien au grade alimentaire, est donc généralement synonyme de coût. Cependant, le choix du traitement apporté aux résidus après expédition ainsi que celui du marché vers lequel ils seront destinés est très important, car les coûts pour le transformateur varieront beaucoup d'une option à l'autre. En effet, au Québec les coûts pour traiter les résidus varient généralement entre 50 à 100 dollars la tonne, hors coûts de transport. (D. Bouchard et M. Parent 2013) Les coûts pour l'épandage de cette matière sur des terres agricoles varieraient entre 20 et 40 dollars la tonne. (G. Gélinas 2013) Quant à l'enfouissement, la réglementation sur la prévention des pollutions des usines de transformation a été renforcée en 2006. Ainsi les coûts d'enfouissement s'élèvent actuellement à plus de 120 \$ par tonne de résidus et seront même interdits à l'horizon de 2020. (K. Berger et collab. 2013) Si l'envoi des résidus vers les centres de compostage peut représenter une solution temporaire ou permanente pour les entreprises de transformation de crevette gaspésienne, il faut néanmoins noter que la mise en marché du compost de crevette est très difficile depuis la récente crise économique, engendrant même l'arrêt de production de certains centres de compostage (D. Bouchard et M. Parent 2013) Voir tableau 6.

Tableau 6 : Utilisation courante des résidus sans stabilisation en usine et coûts engendrés pour le producteur selon le pays (Québec ; Royaume-Uni) (G. Gélinas 2013 ; M. Archer et R. David 2008 ; D. Bouchard et M. Parent 2013 ; K. Berger et coll. 2013)

Usage du résidu de transformation de crevette nordique après expédition en l'état	Coûts par tonne pour le producteur (hormis coûts de transport)
Épandage	Entre 20 \$ et 40\$ (Canada) Entre 40£ et 60£ (UK)
Compostage	Entre 50\$ et 55\$ (Canada) Entre 40£ et 60£ (UK)
Enfouissement	Entre 120\$ et 125\$ (Canada) Entre 10£ et 200£ (UK)
Digestion anaérobique	Entre 40£ et 80£ (UK)
Ensilage	Environ 25 £ (UK)
Appâts et amorces pour la pêche	De gratuit à 40 £ (UK)

Un traitement initial du résidu au sein de l'usine de transformation de crevette, avant expédition, aura pour but la conservation et la préservation du coproduit, lui permettant donc de maximiser son potentiel de valorisation. La stabilisation du résidu en usine de transformation devra permettre d'éviter une détérioration de la qualité du coproduit avant sa valorisation ou son acheminement vers son nouvel acquéreur. Les procédés de conservation et de préservation utilisés devront permettre d'éviter quatre principales réactions qui conduisent à la dégradation du coproduit. La première réaction à éviter est celle de l'altération de la qualité du coproduit par un changement physique, notamment par un trop grand apport en eau qui dilue le coproduit ou change sa forme. La deuxième dégradation qu'un processus de stabilisation devra permettre d'éviter est un changement de la composition chimique du résidu, tel que l'action des sucres sur les protéines (action de Maillard) ou encore l'oxydation. Le procédé de conservation mis en place dans l'usine devra aussi permettre d'éviter un troisième type de réaction altérant le résidu, à savoir les activités enzymatiques et le phénomène de rassissement qu'elles produisent. Enfin la quatrième altération que le procédé de préservation mis en place devra contrer est due aux activités microbiennes. En effet, la croissance d'organismes détériorant le coproduit, ou d'organismes toxiques est à craindre, tel que le pathogène d'origine alimentaire *Listeria monocytogenes*. Ceux-ci altéreront la saveur ou la texture du coproduit et pourraient être aussi la cause d'intoxications alimentaires. (Lund, et Baird-Parker 2000)

Il est à noter que les résidus même séchés avec une teneur en eau de 10% et plus se conservent très difficilement. En effet, avec des coproduits ainsi chargés en eau, une forte odeur ammoniacale due à la décomposition des matières protéiques se propage en quelques jours. (Berger et collab. 2013) Rappelons par ailleurs que le taux d'humidité des coproduits de la transformation de crevette est d'environ 85%. (M-E Carbonneau 2013) Ainsi donc, le transport au grade alimentaire des coproduits de l'usine de transformation vers une usine de valorisation est difficilement maîtrisable (D. Bouchard 2013)

La durée de conservation des crevettes crues réfrigérées est très courte et ne dépasse pas les 5 à 6 jours, car leur pH élevé (pH 7,5-8) permet à de nombreux micro-organismes

de se développer rapidement dans des conditions de stockage en aérobie. Mais à la cuisson, la concentration des micro-organismes dans les crevettes se réduit nettement. Malheureusement, pendant le refroidissement et le procédé de pelage des carapaces de crevette, le produit peut être recontaminé par une microflore principalement à Gram positif telle que des bactéries pathogènes et psychrotolérants comme la *Listeria monocytogenes* qui se développe dès 0 °C. Aussi, la cuisson des crevettes n'est pas suffisante pour inactiver les spores de la bactérie *Clostridium botulinum* de type E qui est indigène dans les eaux froides d'où proviennent les crevettes. (O. Mejlholm, N. Bøknæs et P. Dalgaard 2005). En plus de cela, *Clostridium* est anaérobie, ce qui interdit l'utilisation du sous-vide ou des gaz neutres pour contrôler les bactéries aérobies comme *Listeria*. (L. Girault, 2016) Par conséquent, et en vue d'un usage alimentaire des coproduits, il est primordial de pourvoir à une méthode de conservation et de préservation des coproduits au grade alimentaire, qui tienne compte de ces risques de contamination.

Un procédé de stabilisation par réfrigération qui refroidit et maintient le coproduit à 4°C n'apporterait pas une bonne préservation au coproduit de crevette nordique. En effet, les micro-organismes associés à ceux-ci de même que les enzymes endogènes présentes dans ces résidus de crevette possèdent toujours une excellente activité métabolique à 4 °C. Ainsi un tel procédé de conservation serait très limité dans le temps et serait donc peu recommandable pour les coproduits de crevette. (CQVB 2011)

De nombreuses technologies de stabilisation des coproduits de crevettes existent et sont disponibles au Québec. Cependant, il n'y a pas de méthode de stabilisation qui permettrait d'atteindre tout type de marché et qui serait adaptée à toutes les entreprises de transformation, ou qui serait rentable avec n'importe quel volume de résidus de crevettes. En fait, c'est véritablement le choix du marché des coproduits qui déterminera la méthode de stabilisation à mettre en place au sein de l'usine de transformation. Le tableau 7 détaille différents procédés de stabilisation des coproduits et secteurs d'applications vers lesquels ils pourront être destinés.

Tableau 7 : Méthodes de stabilisation des coproduits de transformation de crevette nordique en fonction des secteurs d'applications vers lesquels ils pourront être destinés. (C. Knockaert 1995 ; M. Archer et R. David 2008 ; CQVB 2011 ; S. Cartier 2013)

Procédés de stabilisation	Descriptions et commentaires	Secteurs d'application
Ensilage et conservation avec acides	<p>Technique visant à empêcher la détérioration par les microorganismes du coproduit en abaissant le pH du produit (< 4,5) par l'ajout d'une quantité variable d'acides inorganiques et organiques, notamment l'acide formique ou propanoïque et lactique (si ensilage).</p> <p>Faible coût technologique ; flexibilité pour les volumes ; longue durée de conservation, et coûts variables relativement faibles.</p>	<p align="center">Ingrédients pour l'industrie alimentaire animale (aquaculture) à faible valeur ajoutée.</p>
<p>Déshydratation et séchage :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Atomisation et pulvérisation, -Lit fluidisé, -Tambour et cylindres rotatifs, -Four à vide, -Lyophilisation -Zéodratation 	<p>Conservation du coproduit en abaissant la teneur en humidité de la matière, afin d'obtenir un ingrédient microbiologiquement stable. Les différentes techniques présentées obtiennent une poudre séchée et stable de coproduits soit par chauffage des résidus à plus de 90°C (atomisation et pulvérisation, lit fluidisé, tambour et cylindres rotatifs, Four à vide). Soit par déshydratation à basse température par sublimation (lyophilisation, zéodratation)</p> <p>Ces procédés sont onéreux, technologiquement assez complexes , avec coûts de mise en œuvre et de fonctionnement relativement élevés. Pertes de matières, soit directement dans le procédé de séchage et déshydratation, soit par les procédés antérieurs de pressage et de compactage qui ont pour but de réduire les volumes à traiter en diminuant la teneur en eau.</p>	<p align="center">Pour extraction et utilisation dans de nouveaux produits :</p> <p align="center">Produits nutraceutiques Produits nutritionnels Ingrédients alimentaires pour saveurs ou textures. Ingrédients chimie fine</p>

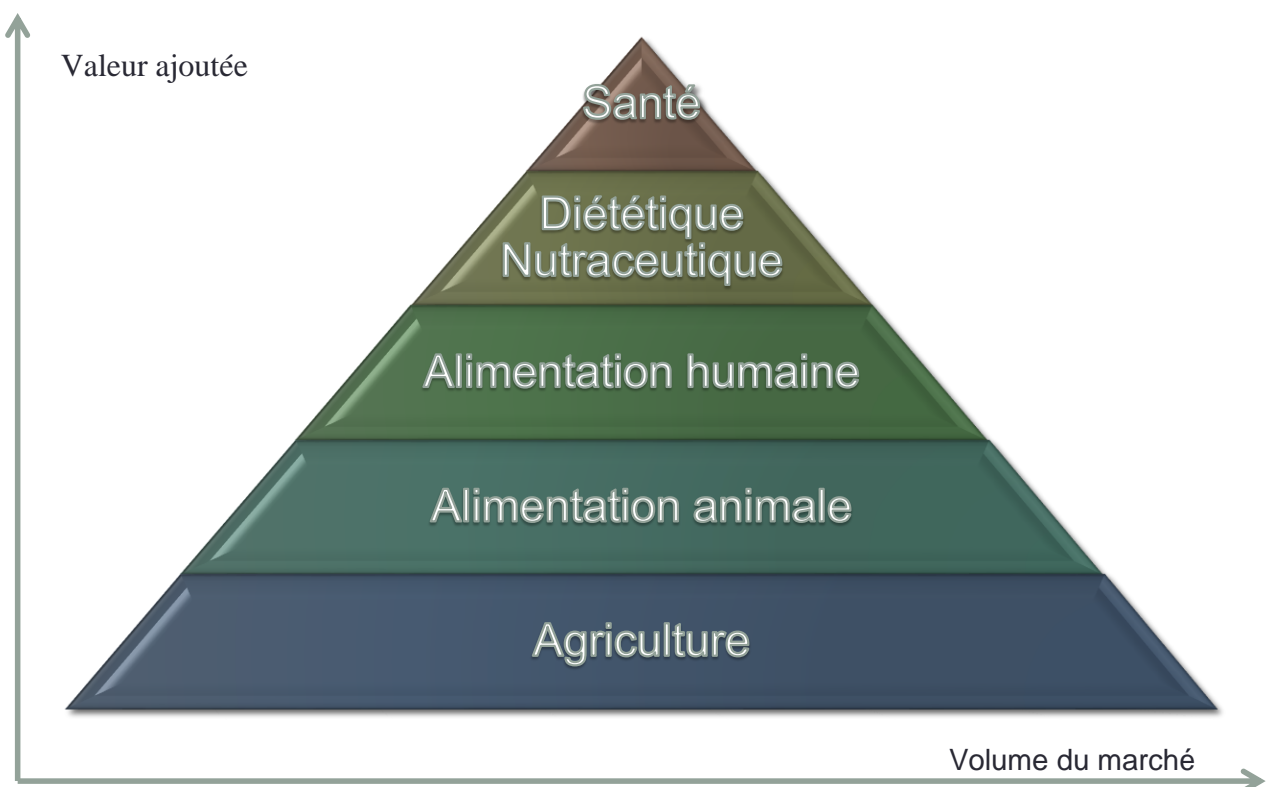
Procédés de stabilisation	Descriptions et commentaires	Secteurs d'application
Emballage sous vide ou sous atmosphère contrôlée et réfrigérée	Stockage des déchets dans un environnement exempt d'oxygène pour ralentir temporairement le développement des micro-organismes aérobies. Utilisé en parallèle avec une réfrigération, cela permet une stabilisation du coproduit pour quelques jours. Les coûts d'acquisition et de fonctionnement de ce procédé de stabilisation sont moyens à élevés.	Cette stabilisation requiert un marché de valorisation rapide, proche de l'usine et à fortes valeurs ajoutées pour être viable
Lavage	Séparation entre les parties de chair dégradable et la carapace pour conservation des parties chitineuses. Perte des parties dégradables du coproduit si aucune récupération ni stabilisation n'est apportée.	Marché de la fabrication de chitine/ chitosan (et export en Asie ou Afrique)
Congélation et surgélation	Réduction de la température du coproduit au-dessous de la zone de sécurité de - 18°C soit dans une chambre froide (congélation) soit plus rapidement (surgélation) par circulation d'air froid ou, par contact avec une plaque réfrigérée ou encore par bain d'azote liquide. Processus assez onéreux, mais une bonne stabilisation.	Alimentation humaine.

2.2.3 Tendances des marchés de valorisation du coproduit.

Le rapport inéluctable entre le secteur d'application des coproduits et leur méthode de stabilisation oblige le gestionnaire d'une usine de transformation à sélectionner le procédé de conservation des résidus à mettre en place dans son usine, en fonction du choix d'un marché porteur. En effet, le choix d'un marché pour valoriser le coproduit est primordial, car il assurera ou non, le succès de la valorisation du coproduit.(G. Viel 2013), Mais aussi, cibler judicieusement un marché porteur sécurisera l'investissement de l'usine dans une technologie spécifique et souvent onéreuse de stabilisation du coproduit.

Les marchés potentiels auxquels peuvent être destinés les coproduits de la transformation de crevette ont des valeurs ajoutées et des volumes de production très différents. Cela va d'une valorisation vers les marchés de l'agriculture à faibles valeurs ajoutées, mais à gros volume, au marché de la médecine, de la pharmacie ou des biotechnologies à très forte valeur ajoutée, mais à faible volume. (IFREMER 2010) Il est à noter aussi que le rendement en matière est souvent inférieur à 10 % sur les marchés à haute valeur ajoutée, ce qui implique donc de traiter beaucoup de coproduits pour peu de produits. (C. Breton 2016) Le schéma 8 illustre cette hiérarchie des marchés de valorisation du coproduit en fonction de la valeur ajoutée et des volumes.

Schéma 8 : Les marchés de valorisation des coproduits de crevettes en fonction des ratios volume et valeur ajoutée. (IFREMER 2010)



L'agriculture offre donc un marché de très faible valeur ajoutée, pour une valorisation de masse des coproduits. En effet, l'application de résidus marins peut avoir des effets

positifs sur les rendements des cultures. (K. Berger 2013) Cependant, le compostage des résidus ou l'épandage à même le champ représente toujours un coût pour l'usine de transformation, même s'il se révèle être moins élevé que l'enfouissement. (M. Archer et R. David 2008 ; D. Bouchard et M. Parent 2013 ; G. Gélinas 2013)

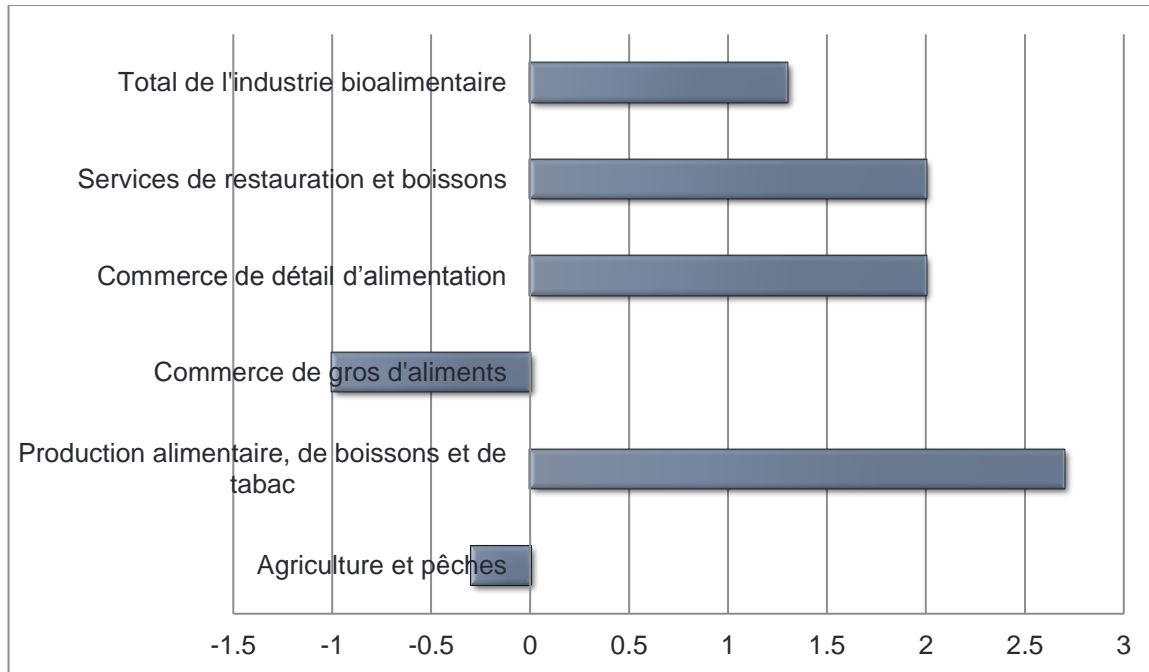
Quant à l'alimentation animale, environ 35% de la production mondiale de farine de poisson destinée à l'alimentation pour l'élevage et l'aquaculture a été fabriquée à partir de résidus de transformation de poisson. (FAO 2014) Si ces farines et huiles animales peuvent être produites à partir de tout type de coproduits marins, néanmoins, les crustacés ne sont généralement pas utilisés pour ce marché, car leur rendement est jugé trop faible et les taux de contaminants souvent trop élevés. Les taux de dioxine entrent parfois en conflit avec les réglementations. (IFREMER 2010) En revanche, un marché des antimicrobiens d'origine marine pourrait être développé à partir d'extrait de coproduits de crevettes, comme traitement alternatif aux infections microbiennes, qui font partie des maladies les plus destructrices en aquaculture. Notamment par le fait de l'absence de vaccin et d'agents thérapeutiques spécifiques. (Desriac, F. et collab. 2010 ; Fleury, Y. et collab. 2008) Toujours pour l'aquaculture, l'astaxanthine qui peut être extraite des coproduits de crevettes est très recherchée pour l'aquaculture des salmonidés. (G. Viel 2013) Enfin, le secteur des appâts et amorces pour la pêche pourrait s'avérer être un marché aux débouchés prometteurs pour les coproduits de crustacés. (J. Laurent 2013),

Pour l'usine de transformation, valoriser ses coproduits de crevettes dans l'alimentation humaine revient à relever le défi de leur stabilisation au grade alimentaire. Mais prendre ce risque, permet aux transformateurs d'atteindre des marchés porteurs et à forte valeur ajoutée. (A Penven 2014) Le marché de l'alimentation humaine est tout d'abord atteignable pour les coproduits de crevettes, via leur incorporation directe dans une préparation alimentaire. (J. Gagnon 2013) Ce type de valorisation existe déjà notamment au Nouveau-Brunswick où l'Association coopérative des pêcheurs de l'île Ltée à Lamèque (N.B) produit de la chair émincée au grade alimentaire, à partir des résidus de crevettes ; ainsi que de l'émietté de coproduits de crevettes au grade alimentaire. Ces produits sont

exportés aux USA, en Asie ou encore en Europe pour servir d'ingrédients à l'industrie de la deuxième ou troisième transformation. (Gagnon et collab. 2013) Par ailleurs, on trouve aussi au Nouveau-Brunswick, des exemples de valorisation des carapaces de crustacés, tels que le crabe ou le homard par la production de base culinaire émulsifiée et pasteurisée comme la Lobsterine™ et la Crabterine™ de la marque Sogelco. (www.sogelco.com 2016), mais aussi des concentrés à base de coproduits de crevette destinés aux marchés de l'ingrédient alimentaire ou de soupes, comme les produits de l'entreprise North Taste Flavourings Inc.(J. Gagnon et collab. 2013)

Le secteur bioalimentaire est de moins en moins une industrie québécoise, spécialement pour le commerce de détail alimentaire. Ce secteur accuse néanmoins une croissance solide et constante ces dernières années, qui fait de lui d'ailleurs un acteur d'équilibre, ayant un rôle de stabilisateur de l'économie québécoise. Le secteur des achats alimentaires étant peu tributaire des aléas économiques. (M-P Petit et collab. 2014) Comme l'illustre le graphique 1, la croissance du secteur bioalimentaire québécois est en bonne partie due au commerce de détail ainsi qu'à l'industrie de la production alimentaire.

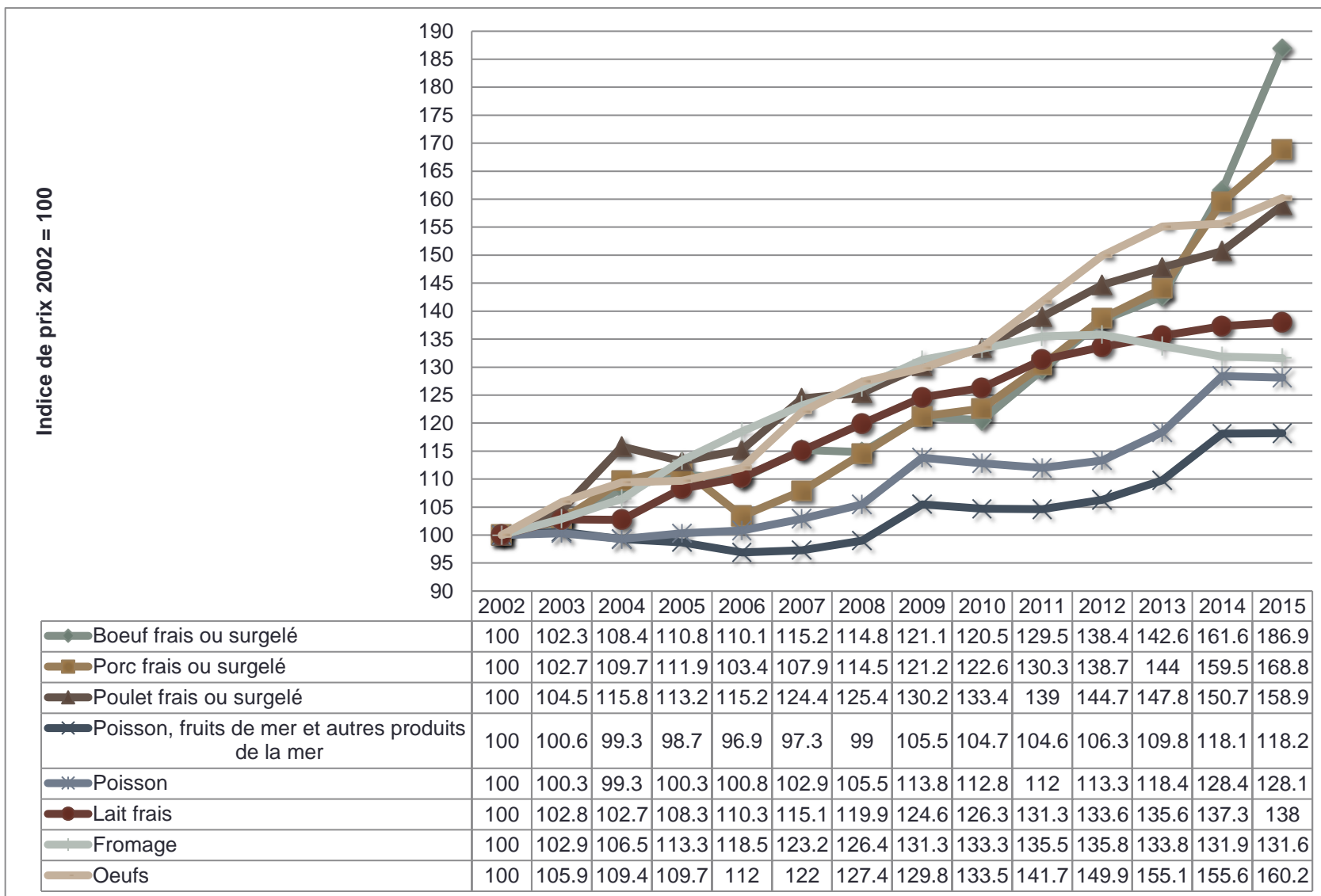
Graphique 1 : Taux de croissance en pourcentage, du PIB de l'industrie bioalimentaire au Québec entre 2013 et 2014 (Boudreau et collab. 2015)



Quant aux récentes évolutions de la consommation humaine de poissons et de fruits de mer au Québec ; en 2011, la part du poisson et des fruits de mer dans les dépenses des Québécois était de 2,8 %, dont 1,3 % de cette part était due au poisson frais et congelé, 0,3% pour le poisson en conserve et 1,2% pour les fruits de mer et autres produits. (MAPAQ 2013 bis) En 2013, la part du poisson et des fruits de mer avait augmenté pour passer à 3,1% des dépenses des Québécois. Cette part était composée pour 1,6 % par les dépenses pour le poisson frais et surgelé, à 0,6 % pour les conserves de poissons et 0,9 % pour les fruits de mer. (Grand et collab. 2015) L'augmentation de la consommation de poissons frais surgelés et en conserve entre 2011 et 2013 ainsi que la baisse de la part des fruits de mer dans les dépenses des Québécois en 2013 s'expliquent notamment par le fait de la récente crise économique en 2013 et du fait que les fruits de mer sont considérés comme une consommation de luxe. Contrairement au poisson, souvent considéré par le consommateur québécois comme une source bon marché mais moins appréciée de

protéines. En effet, si l'indice du prix à la consommation de poissons et produits marins achetés en magasin au Québec a même connu une diminution de 2,7 points entre 2002 et 2007. (MAPAQ 2013 bis) le prix à la consommation de poissons et produits marins entre 2007 et 2014 a néanmoins augmenté de 19% et notamment de 7,6 % uniquement sur l'année 2014. (Grand et collab. 2015). Aussi il est à noter que la consommation moyenne de produits marins au Québec est assez constante sur les 10 dernières années et stagne à environ 8 kg par personne et par an. (MAPAQ 2013 bis) Le graphique 2 suivant détaille l'indice des prix à la consommation pour les aliments protéinés de 2002 à 2014 et montre la faible ascension du prix des produits marins en comparaison avec les autres aliments vendus en magasin au Québec. Néanmoins, les ventes de poissons et de fruits de mer dans les grands magasins du Québec ont dépassé les 570 millions de dollars en 2014, ce qui représente d'ailleurs une augmentation de 2,4% par rapport à 2013 (Grand et collab. 2015)

Graphique 2: Comparaison des indices des prix à la consommation des aliments protéinés vendus dans le commerce en détail au Québec de 2002 à 2015 montrant la faible ascension du prix des produits marins (Statistique Canada 2016)



Analysons maintenant les grandes tendances de consommation alimentaire, qui influencent le paysage commercial américain et européen. En effet, prévoir les comportements des consommateurs, c'est se donner une chance d'atteindre des marchés porteurs et garantir ici un meilleur choix de produits pour valoriser les écarts de transformation des crevettes nordiques.

La place des préoccupations sociales et environnementales des consommateurs dans leurs choix est de plus en plus avérée. En outre, les consommateurs font des efforts pour acheter des produits locaux et consentent même à payer davantage pour des produits nationaux. Une étude réalisée par l'équipe de recherche et d'analyse économique du service du Marketing et des Affaires publiques de la Banque de développement du Canada (BDC 2013) montre que les deux tiers des Canadiens disent avoir récemment fait un effort pour acheter des produits locaux. Cette même étude a aussi mis en exergue les préoccupations environnementales des consommateurs dans leurs décisions d'achat ainsi que leur volonté d'en connaître davantage sur les impacts environnementaux de la fabrication des produits. (BDC 2013)

Autre constat, les consommateurs sont de plus en plus éduqués et critiques dans leurs décisions d'achats. (Conway 2015) Les consommateurs lisent en effet davantage les étiquettes des produits qu'ils achètent afin de s'assurer qu'ils acquièrent les produits les plus sains. (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2011) En effet, la catégorie des produits « sans », à savoir « sans sucre », « sans sel », « sans agents conservateurs », « sans produits chimiques », etc. a le vent en poupe et est bien perçue par les consommateurs. (Conway 2015) Les consommateurs sont donc attentifs aux produits plus sains, à forte teneur en antioxydants, en fibre ou en calcium ainsi qu'à faible teneur en sodium, en gras ou en sucre. (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2011)

De fait, une partie grandissante des consommateurs recherche des produits qui reflètent un mode de vie sain et notamment des aliments naturels et biologiques. (Petit et collab 2014) L'obésité est une préoccupation majeure au Canada comme aux USA, le nombre de personnes cliniquement obèses a atteint des taux records jamais égalés. Aussi la

gestion du poids est un marché porteur au Canada. (BDC 2013) Les personnes âgées de plus de 65 ans sont une autre cible de choix pour ce marché du « manger plus sain » et du concept de « l'alicament ». (Conway 2015) Cibler ces consommateurs est loin d'être un marché de niche, en effet, avec un certain pouvoir d'achat, ils représentent aujourd'hui plus de 15% de la population canadienne et devraient représenter 25 % et plus de 9 millions de personnes en 2031. (BDC 2013) Les mères consciencieuses de la santé de leurs enfants sont aussi en demande pour ces produits alimentaires plus sains. (Conway 2015) Les parents sont en effet de plus en plus à la recherche d'aliments meilleurs pour la santé, naturellement sains, biologiques, enrichis ou fonctionnels afin d'aider leurs enfants à maintenir un mode de vie sain. Le secteur des aliments fonctionnels et des produits de santé naturels (AFPSN) est à l'échelle du Canada comme sur le plan mondial, le secteur agroalimentaire accusant la plus forte croissance (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2011). Mais le vrai défi est d'arriver à convaincre le consommateur que les aliments meilleurs pour la santé en plus d'avoir une valeur nutritionnelle... ont bon goût. Les produits de type croustilles étant très populaires notamment auprès des jeunes et des enfants (Izci et Bilgin 2015) une croustille nutritive et saine aurait donc des chances de relever ce défi. C'est ce que montre aussi la volonté des consommateurs en recherche des produits plus sains et plus naturels en matière de collations. Une tendance mise en exergue par le MAPAQ en 2014 dans sa Monographie de l'industrie de la pomme de terre au Québec. (MAPAQ 2014)

La recherche du consommateur pour des produits sains amène la tendance du « whole-food », à être de plus en plus présente et attrayante pour le consommateur. (Conway 2015) Nous parlons ici de cette tendance à commercialiser le produit dans leur totalité, ou la stratégie marketing qui consiste à avertir le consommateur que le produit ou sa composition biochimique est intégralement présent dans le produit transformé proposé. Cette promesse faite par un nombre croissant de marques rejoint à la fois la recherche du consommateur pour des produits à meilleure valeur nutritionnelle et nutritive, mais aussi sa quête d'aliments de sources naturelles avec un minimum d'ajouts chimiques et de transformation. (BDC 2013) Ainsi, un paquet de grignotines de crevettes par exemple qui contiendrait réellement un pourcentage élevé de crevettes et qui aurait des propriétés

nutritives permettant de dire qu'un paquet de chips contient tant de crevettes, aurait le vent en poupe du fait de cette tendance du « whole-food ».

Enfin, le mode de vie toujours pressé et « à la course » d'un très grand nombre de consommateurs, ainsi que le temps passé en voiture, qui se rallonge avec les distances croissantes entre le lieu de résidence des consommateurs et leurs différents lieux d'activités a pour résultat une demande en constante augmentation de produits « prêts à manger ». (M.P Petit et collab 2014) Rien qu'au Québec, le grignotage représentait un marché dépassant les 1,53 milliard de dollars sur l'année 2014 en croissance de trois pour cent par rapport à 2013 (S. Keable et collab 2015). Ce marché de 1,25 milliard de dollars en 2013 était déjà en croissance de plus de deux pour cent par rapport à 2012 (MAPAQ 2013). Aussi, la demande mondiale pour les produits prêts-à-manger augmente chaque année (Izci, L. and S. Bilgin 2015). Le grignotage gagne en popularité tant au Canada qu'au niveau mondial, et bien particulièrement le grignotage santé, qui enregistre une croissance considérable. Les consommateurs recherchent en effet un produit facile à manger, avec de bonnes propriétés nutritives et nutritionnelles. En effet, formuler une alimentation saine et équilibrée est devenue une problématique de société très importante (Izci, L. and S. Bilgin 2015). Un produit au caractère pratique et sans préparation, plus sain et plus naturel, qui ne contienne aucun agent de conservation, ni pesticide ou autres produits chimiques (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2011), un produit qui serait en phase avec les deux grandes tendances actuelles des produits alimentaires que sont la commodité et la santé aurait donc une bonne réceptivité de la part des consommateurs.

CHAPITRE 3

ETUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE DE LA FABRICATION INDUSTRIELLE D'UN PRODUIT DE GRIGNOTAGE À PARTIR DES COPRODUITS DE CREVETTE

L'idée de la fabrication d'un produit de grignotage ayant pour ingrédient principal le coproduit de crevettes, découle de la recherche d'une valorisation agroalimentaire de cette matière ainsi que de la volonté de trouver un produit facile à manger, dont les qualités nutritives seraient appréciées du consommateur et qui ne serait peu ou prou affecté par les propriétés organoleptiques du coproduit de crevettes ni par les parties solides contenues dans le coproduit. La chair émincée obtenue à partir du coproduit lors d'expérimentation antérieure du centre de recherche Mérimov de Gaspé posait en effet le problème de la présence de nombreux morceaux de carapaces et de bouts d'antennes, pour l'incorporation dans des produits alimentaires intermédiaires comme les « shrimp-cakes ». (L. Leclerc et al 2014) Néanmoins, il est à noter que l'odeur délivrée par l'émincé de crevette obtenu par le centre Mérimov de Gaspé était tout à fait caractéristique de la crevette fraîche sans aucune odeur ammoniacale. (L. Leclerc et coll. 2014) Ce qui fait présager un réel intérêt de son usage dans un produit alimentaire.

Aussi, une étude réalisée par Gibert, O. et S. Kumar Rakshit en 2005 avait prôné la valorisation des coproduits de la transformation de crevette par la création d'un snack fonctionnel avec selon lui un marché très important. Ces auteurs imaginaient en effet un produit avec une base d'amidon de tapioca qui aurait l'avantage commercial d'avoir le goût de la crevette en plus d'avoir aussi les capacités d'absorption des lipides in vivo du chitosan. Altan A. et Maskan M. en 2011 ont eux aussi relaté la viabilité de la production d'une croustille expansée pour valoriser des coproduits protéinés issus de l'industrie de la transformation, notamment à l'aide d'un procédé d'extrusion.

Les produits de grignotage contiennent généralement beaucoup de glucides et de lipides, mais pourraient être fabriqués avec une haute valeur nutritive ainsi qu'une teneur en

protéines animales accrue. (Suknark, et al. 1999). Le marché du « snacking sain » est d'ailleurs en pleine croissance tant sur le marché nord-américain que sur le vieux continent. En effet, plus de 25 % des Français aimeraient disposer d'une offre plus large de snacking sain. (Ermenier 2016) Aussi, d'après la même étude, près de 40% d'entre eux désireraient perdre du poids. De nombreuses sociétés agroalimentaires ont déjà cerné ces tendances et profitent aujourd'hui de ce marché porteur. Dans le secteur des produits marins citons pour exemple les produits snack santé de la société Lithuanienne Vichiunai et ses boules de surimi frites nommées humoristiquement « fri'de mer » riches en protéines et faibles en gras qui se mangent chaudes après une minute au micro-ondes ou froides. Ainsi que les nachos de saumon, sortes d'apéritifs croustillants faisant une alternative à la chips avec du saumon fumé séché. (McNickle 2015) L'idée porteuse de succès est donc de répondre à la demande du consommateur moderne voulant de plus en plus des produits ayant bon goût, faciles à manger, sains et nutritifs. (Nor, M. Z. M., et coll. 2014) Le tableau 8 suivant montre aussi de nombreux exemples de snacks sains techniquement réalisables.

Tableau 8 : Revue des ingrédients et de leurs proportions utilisées pour la fabrication de croustilles protéinées selon les auteurs

Auteurs	Produit fabriqué	Ingrédients
Triet L.M. 1976	Chips de crevettes	Eau froide : 52,88% Farine de manioc : 26,44% Chair de crevette hachée : 13,22% Œufs : 2,12% Levure : 0,05% Sucre 2% Sel 1% MSG 0,05%
R. Kott 1979	Snack protéiné fait à partir de viande maigre	Viande maigre Farine de produits céréaliers ou d'origine végétale comme soya 30% Lait 1-2% Triphosphosphate 0,1 – 0,2 % Acide ascorbique 0,01-0,02% Épices.
S. Crocker 2003	Chips de Pepperoni	Pepperoni dégraissé puis séché

Auteurs	Produit fabriqué	Ingrédients
Rendek Robert B, et collab. 1970	Croustilles de viande émulsifiée et séchée	Viande (ex jambon sans peau ni gras) 100lbs Glace 20 lbs Sel 2 lbs 8 oz Nitrite de sodium 0,25 oz Charsol (n ° 6) 8 oz Arôme artificiel de jambon GL-72. 10 oz
Bunke P.R. et collab. 2012	Chips nutritives à base de matières végétales	Matières végétales (brocoli, chou-fleur, céleri, poivron, tomate, citrouille, courge) 15-60% Amidon de Tapioca (à environ 40% pré-gélatinisé) 40-65% Ingrédients facultatifs (arômes naturels/artificiels, fruits, flocons, noix, exhausteurs de goût, graisses, huiles, édulcorants, émulsifiants...) 1- 20%

Le produit de grignotage sensoriellement acceptable, nutritionnellement élevé et qui aurait pour ingrédient principal le coproduit de crevettes, dont nous voulons étudier la faisabilité dans cette présente étude s'inspire des craquelins populaires en Malaisie et nommés « keropok » ou « kerupuk ». Ils sont par ailleurs aussi appréciés et fabriqués dans nombre de pays d'Asie du Sud Est. Les ingrédients traditionnels principaux pour la préparation des keropoks sont la chair de poisson, la farine végétale, l'eau, le sel, le sucre et le monosodium glutamate (MSG). (Siaw C.L et al 1985) En effet, les keropoks sont traditionnellement produits en mélangeant de la farine généralement de manioc ou de sagou avec du poisson broyé ainsi que de l'eau du sel, du sucre. La pâte formée par ce mélange est cuite à la vapeur, tranchée, séchée puis frite pour devenir une grignotine fortement expansée et croustillante. (Yu S.Y. et al 1981) Les proportions de poissons et d'amidon varient généralement de 30/70 à 70/30. Tout comme les proportions, les ingrédients utilisés et les méthodes de production varient beaucoup d'une région à l'autre, d'une usine de

production à l'autre. (Cheow C.S et Yu S.Y. 1997) Dans les années 1980, des recherches se sont penchées sur la modernisation et la mécanisation des méthodes ancestrales de production des keropoks (Siaw C.L et al 1985 ; Cheow, C. S. et S. Y. Yu 1997 ; Yu, S. Y., et coll. 1981 ; Wu, M. C., et coll. 1985 ; Mohamed, S., et coll. 1989 ; Kołakowski, E., et coll. 1979 ; Triet, L. M. 1976), Mais aussi sur la faisabilité de l'utilisation de la technologie de l'extrusion alimentaire pour la production d'un keropok de « troisième génération ». (Suknark. K 1998 ; Suknark, K., et coll. 1999 ; Yu, S. Y. et S. L. Low 1992 ; Gautam, A. 1998 ; Wianecki, M. 2007 ; Singh, R., et coll. 2014 ; Nor, M. Z. M., et coll. 2014 ; Cheow, C. S., et coll. 2004 ; Gogoi, B. K., et coll. 1996 ; Camire, M. and J. Kong 2008 ; Neiva, C. R. P., et coll. 2011 ; Bunke, P. R., et coll. 2012 ; Jeyakumari, A., et coll. 2016). La présente revue cherche à définir et à documenter les meilleures techniques disponibles de production de craquelin expansé fait à base de produits marins, avec ou sans l'utilisation de l'extrusion. Cette étude cherchera donc à documenter les techniques de production inhérentes à la méthode traditionnelle industrialisée de production des keropoks, ainsi qu'à étudier l'utilisation d'un procédé d'extrusion dans ce cadre. Cependant, d'autres techniques industrielles de production d'une croustille nutritive existent, qui ne seront pas développées dans cette présente étude. Il faut cependant noter la faisabilité de l'utilisation de contre-cylindre rotatif pour fabriquer une feuille séchée d'une épaisseur comprise entre 0,06 et 0,15 cm, qui sera par la suite découpée par presse selon la forme voulue et enfin expansée. (Bunke P.R et al 2012)

3.1 REVUE DES INGREDIENTS ET METHODES PERMETTANT LA FAISABILITE TECHNIQUE DE LA PRODUCTION D'UNE CROUSTILLE A BASE DE COPRODUITS MARINS.

3.1.1 La méthode ancestrale industrialisée de production des keropoks en Malaisie.

❖ Les ingrédients

- L'intrant protéiné.

Tout d'abord, l'intrant protéiné le plus courant dans la préparation des keropoks malaisiens est la chair de poisson désarêtée puis broyée puis incorporée comme telle dans la recette. (Neiva C.R.P et al 2011) Cette chair est par ailleurs fréquemment extraite mécaniquement à l'aide d'une désosseuse dont le diamètre des trous du tamis se situe aux alentours de 4 mm. (Kyaw ZY et al 1999) La proportion de chair de poisson dans la recette varie généralement de 30% (Cheow C.S et Yu S.Y. 1997) à 70% (Izci, L. and S. Bilgin 2015) mais se situe généralement autour de 50% (Kyaw ZY et al 1999)

Aussi, de la farine de poisson est parfois utilisée dans la préparation des craquelins traditionnels malaisiens, avec un ratio de 50/50 et un ajout en eau de 20%. (Nurul, H., et al. 2009) Un brevet déposé par Shengrong et coll. en 2013 propose par ailleurs la fabrication d'une croustille protéinée avec l'incorporation de poudre de crevettes entières lyophilisée représentant un ratio de 87% en poids des intrants de la recette. Gibert, O. et S. Kumar Rakshit en 2005 ont aussi prouvé la faisabilité de l'incorporation de 28.5 g de chitosan et de 46 g de concentré protéique de coproduits de crevettes avec 500 g de fécule de manioc et 155 g d'eau, pour la préparation des craquelins.

Si le type de poisson utilisé n'a que peu d'influence sur les propriétés d'expansion de la croustille (Siaw C.L. et collab. 1985). En revanche, les proportions d'intrants protéinés utilisés dans la recette ont un impact très important. La quantité d'intrants protéinés est limitée si l'on veut conserver les qualités organoleptiques du craquelin telles que la

croustillance. En effet, une augmentation des proportions de poisson dans le mélange fait changer les températures de gélatinisation de l'amidon et influe donc beaucoup sur les propriétés gustatives du keropok. (Cheow CS et Yu SY 1997)

- L'intrant amidonné.

Le rôle de l'amidon dans le procédé de fabrication est dû à sa forte capacité de rétention de l'eau, bien plus importante que celle de la chair (Netto, J. et al en 2014). Cette propriété a pour résultat que plus grande sera la proportion d'amidon plus forte sera la teneur en humidité et par conséquent l'expansion. En effet, les molécules d'eau emprisonnées dans l'amidon par le phénomène de gélification, se libéreront précipitamment sous l'effet de la chaleur en engendrant l'expansion du craquelin. (Saritha, K. et J. Patterson 2012) La gélification de l'amidon pendant l'extrusion est donc un procédé fondamental qui permet l'expansion du produit fini, et qui nécessite l'application de chaleur et l'ajout d'eau. (Menkov N. et Dushkova M. 2010)

La meilleure expansion a été trouvée avec la farine de tapioca. (Siaw C. L. et al 1985) L'amidon de tapioca est en effet couramment utilisé dans la production des croustilles de poisson « keropok » en raison de ses caractéristiques hautement extensibles attribuables à sa forte teneur en amylopectine ainsi que son faible ratio amylose / amylopectine (17/83), qui le font bien réagir et se dilater à la friture (Nor, M. Z. M., et coll. 2014). Même si l'amidon de blé a été utilisé avec succès dans la production de craquelin de poisson, par Kyaw et al (Kyaw ZY et al 2001) Il n'empêche que le ratio amylose/ amylopectine de l'amidon de blé (27/73) (Nor, M. Z. M., et coll. 2014) ainsi que celui du sagou traditionnellement utilisé (Siaw C. L. et al 1985) qui est de 25 pour 75, rendent ces deux autres sources d'amidon beaucoup moins extensibles (Nor, M. Z. M., et coll. 2014). Les principaux ingrédients amidonnés utilisés pour la préparation des croustilles et leur proportion d'amylose sont l'amidon de tapioca avec 177 g/kg , l'amidon de maïs avec 245 g/kg d'amylose, la farine de riz qui en contient 194 g/kg , ainsi que la farine de blé avec 220 g/kg d'amylose. (Gibert, O. and S. Kumar Rakshit 2005). Ainsi, traditionnellement, les sources d'amidon utilisées dans les craquelins malaisiens proviennent du tapioca et du

sagou. (Kyaw ZY et al 1999) Des mélanges avec ces deux sources d'amidon peuvent être utilisés notamment avec des proportions 50/50. Cheow C.S et Yu S.Y relatent en effet l'usage d'un mélange de 12,8 % d'amidon de tapioca et de 12,7 % d'amidon de sagou dans la recette de la préparation de croustille de poisson.

Il est à noter aussi la faisabilité de l'utilisation d'un amidon pré-gélatinisé pour la fabrication d'un produit de grignotage au poisson, avec un rapport eau/amidon de 70/30 et une température de pré-gélatinisation de 133,5° C. (Yu, S. Y. et S. L. Low 1992) Le fait de pré-gélatiniser l'amidon permet en effet de réduire les coûts attribuables au procédé de cuisson à la vapeur de la pâte d'amidon, mais aussi de réduire la température et le temps de cuisson des protéines.

La température de gélatinisation de l'amidon de tapioca sans aucun ajout protéique est de 73°C ainsi que de 65°C pour l'amidon de pomme de terre. (Wu, M. C., et coll. 1985)

- L'eau

La teneur en humidité du mélange dans l'étape intermédiaire de fabrication des keropoks est comprise entre 52 et 68%. Indépendamment de la source d'amidon ou du taux d'humidité des produits marins incorporés dans la préparation, la teneur globale d'humidité devrait être de 61% d'eau pour 39% d'amidon. (Cheow C.S. et Yu S.Y 1997) Mais une proportion de 20% à 30% d'eau dans le mélange est aussi possible. Ce pourcentage est basé sur le poids total humide du poisson et de l'amidon. (Kyaw ZY et al 1999 ; Neiva C.R.P et al 2011)

- Le sel

L'ajout de sel réduit fortement les parties non gélatinisées du mélange poisson-amidon notamment par le fait que le sel aide à la dispersion des protéines de poisson durant la préparation. Le sel favorise donc l'expansion du pellet à la friture en limitant les parties non gélatinisées du craquelin semi-fini. (Cheow CS et Yu SY 1997) Généralement les

proportions de sel vont de 1,5% à 2% du mélange. Pourcentage basé sur le poids total humide du poisson et de l'amidon. (Kyaw ZY et al 1999 ; Neiva C.R.P et al 2011)

- Le sucre

La proportion de sucre ajoutée dans la recette de préparation des croustilles va de 1% (Kyaw ZY et al 1999 ; Neiva C.R.P et al 2011 ; Nurul, H., et coll. 2009) à 4 ou 5% selon Shengrong S. et al 2013. Pourcentage basé sur le poids total humide du poisson et de l'amidon.

- Le MSG

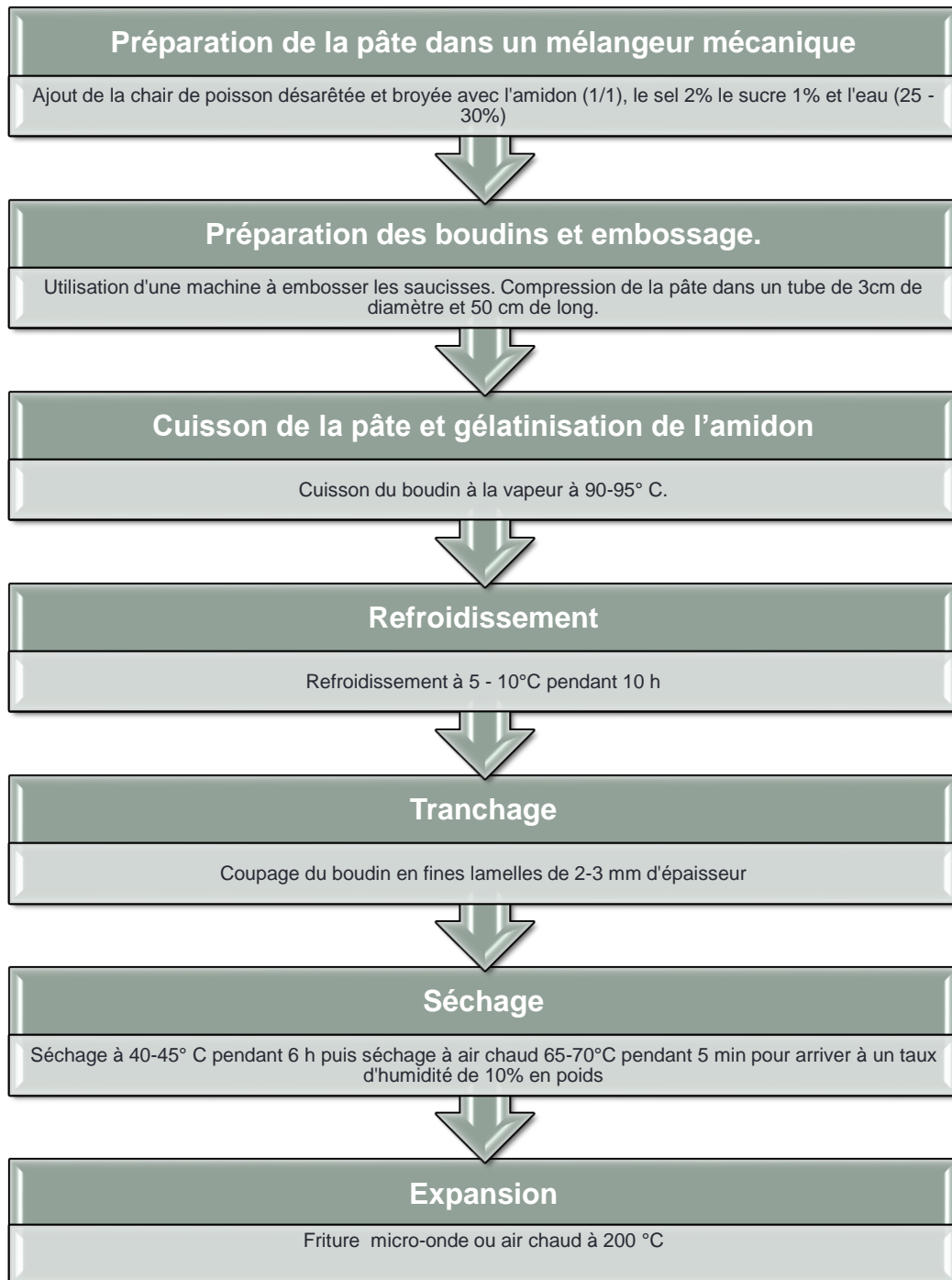
La proportion de monosodium glutamate dans la préparation va quant à elle de 0,1% (Kyaw ZY et al 1999) à 1,5 % du poids humide du mélange poisson/amidon (Neiva C.R.P et al 2011)

- Le procédé de fabrication des croustilles

Le procédé de fabrication des croustilles de poissons et produits marins a été décrit par Siaw C. L. et al en 1985 et Triet, L. M. en 1976 , puis amélioré par nombre d'auteurs. Cette méthode comprend sept étapes clés, reprises dans le schéma 9 et détaillées par la suite. Cette méthode est en fait une amélioration de la technique de production ancestrale des keropoks en Malaisie adaptée aussi avec la technologie industrielle moderne, notamment la technologie de production des saucisses. Les keropoks produits par cette méthode ont été jugés supérieurs au goût par un ensemble de panélistes par rapport à ceux produits avec une méthode non industrielle. (Siaw C. L. et al 1985)

Le principal avantage de cette méthode sur l'extrusion réside dans le fait que le coût en capital est relativement modeste, mais aussi qu'il n'y a aucun besoin technologique qui rendrait le procédé onéreux à l'entretien ou compliqué à l'usage. (Siaw C.L. et collab. 1985)

Schéma 9. Étapes du procédé de fabrication des croustilles malaisiennes par la méthode traditionnelle industrialisée (Siaw C. L. et al 1985 ; Triet, L. M. 1976 ; Kyaw ZY et al 1999 ; Nor, M. Z. M., et coll. 2014 ; Yu, S. Y. et S. L. Low 1992 ; Neiva C.R.P et al 2011).



- Préparation de la pâte

Le poisson partiellement décongelé est broyé à l'aide d'un broyeur à couteaux silencieux pendant 3 minutes puis on ajoute le sel, le sucre ainsi que le MSG, puis l'eau sous forme de glace. Enfin, l'amidon est ajouté au mélange. Le temps total de cette étape est estimé à 20 min. (Kyaw ZY et al 1999)

Pour le broyage des crevettes congelées, une étude réalisée en 1991 au Québec par la Coopérative agro-alimentaire Purdel en collaboration avec l'université Laval, montre qu'un temps de broyage de 4 min des crevettes semble suffisant car la taille des particules atteint rapidement un minimum autour de 0,15mm. (Purdel, C. and U. Laval 1991)

Mélanger l'amidon avec le poisson est une étape très importante. Car, plus le mélange obtenu sera homogène, meilleures seront ses propriétés expansives. En effet, seule une pâte bien mélangée se gélifiera complètement et permettra d'obtenir un produit croustillant. Une texture lisse et facilement malléable doit donc être obtenue pour réaliser le procédé de gélification postérieur. (Siaw C. L. et al 1985)

- Préparation du boudin de mélange amidonné

Le mélange préparé précédemment peut être comprimé dans un boyau en cellulose de 4 à 6 cm de diamètre pour 40 cm de long avec l'aide d'une machine à saucisse. (Kyaw ZY et al 1999 ; Nurul, H., et coll. 2009). Une méthode pour la mise en boyau du mélange peut en effet être adaptée de la technologie de production de la saucisse à l'aide d'une embosseuse. (Siaw C. L. et al 1985)

- Cuisson de la pâte et gélification de l'amidon

La cuisson de l'amidon avec un ajout d'eau provoque la gélification du mélange amidonné. (Cheow C.S. et Yu S.Y 1997) Cette étape de gélification de l'amidon par la chaleur est l'étape la plus importante du procédé. En effet, le degré de gélification du boyau est l'un des facteurs qui influencent le plus l'expansion du produit. Ceci s'explique en effet par le fonctionnement même de la gélification thermique des protéines d'amidon. En effet,

avec la chaleur l'eau est emprisonnée entre les granules d'amidon gonflées. C'est cette même eau qui contribuera à l'expansion de la croustille lorsqu'elle sera libérée précipitamment lors de l'exposition à une forte température comme celle de l'huile de friture. La compréhension de ce phénomène amène deux conclusions, la quantité d'eau admissible à être piégée dans le réseau de gel de l'amidon est limitée et un chauffage prolongé du gel n'améliore pas sa capacité à se gélifier. Au contraire, selon l'étude de Kyaw ZY et al, un chauffage prolongé au-delà de 30 minutes diminuera la capacité de l'amidon à retenir l'eau. (Kyaw ZY et al 1999). La limitation du temps de cuisson à la vapeur à 20 ou 30 minutes est très importante au regard des coûts engendrés à cette étape. Il a été démontré qu'indépendamment de la provenance de l'amidon, la quantité d'eau nécessaire à sa gélification est de 14 molécules par unité d'amidon. Soit un mélange à 61 % d'eau pour 39 % d'amidon (Cheow C.S. et Yu S.Y 1997).

La température de gélification de la pâte des keropoks contenant 50% de produits marins et 2% de sel est de 70 à 85 °C (Cheow C.S. et Yu S.Y 1997). Une cuisson de 20 à 30 min à 100 °C et à pression atmosphérique ont été trouvées suffisantes pour gélifier le boudin. En effet, au bout de 20 minutes, une température de 92 °C a été trouvée au centre du boyau. Aussi, un temps de cuisson à la vapeur excessif entraîne une perte de qualité ainsi qu'un surcoût. (Kyaw ZY et al 1999) Au moins 65% des coûts de production des craquelins étant attribuables au procédé de cuisson à la vapeur, il importe donc de limiter au minimum le temps de cette étape pour diminuer les coûts de procédé. (Yu, S. Y. and S. L. Low 1992 ; Kyaw ZY et al 1999) Enfin, une cuisson à la vapeur à 100 °C durant 15 min a aussi été jugée suffisante par une étude réalisée par Neiva C.R.P et coll. en 2011.

L'effet du sel sur la gélification de l'amidon est assez important, puisqu'avec 2% de sel dans le mélange cela accroît de 4 à 5 °C le seuil de température de gélification du mélange. (Cheow C.S. et Yu S.Y 1997) Les proportions de poisson et d'amidon du mélange influent aussi beaucoup la température de gélification de l'amidon. Il est aussi à noter que l'origine de l'amidon fait influencer sa température de gélification. En effet si pour l'amidon de tapioca non mélangé, la température de gélification est comprise entre 52 et 64 °C,

(Kyaw ZY et al 1999) pour l'amidon de blé, une cuisson sous pression entre 108 et 121 °C a été nécessaire pour sa gélification. (Kyaw ZY et al 2001)

- Refroidissement

Après cuisson les boyaux sont immergés dans une eau glacée afin de faciliter la séparation avec le boyau en cellulose puis réfrigérés durant 18h à plus ou moins 5 °C (Kyaw ZY et al 1999) ou encore 12h à 4°C pour Neiva C.R.P et al en 2011. D'autres auteurs ont utilisé avec succès un procédé de congélation du boudin à -18 °C durant plusieurs jours. (Nurul, H., et coll. 2009).

- Tranchage

Cette étape de tranchage en lamelles ou pastilles du boudin gélifié précédemment, nécessite l'utilisation d'une trancheuse mécanique pour obtenir des tranches très fines d'une épaisseur située entre 2mm (Neiva C.R.P et al 2011) et 3mm (Siaw C. L. et al 1985 ; Kyaw ZY et al 1999 ; Nurul, H., et coll. 2009) Dans une étude réalisée en 1993 et intitulée « Effect of slice thickness on the acceptability of fish crackers ('keropok') », Yu S.Y. démontre que l'épaisseur donnée aux keropoks par le tranchage n'affecte pas ou peu l'expansion linéaire du produit, mais que les panélistes préfèrent en grande majorité les keropoks qui furent tranchés à environ 3 mm. (Yu S.Y 1993)

- Séchage

Le séchage des pellets tranchés est une étape inéluctable pour obtenir l'expansion du craquelin. En effet, afin d'obtenir le meilleur résultat possible à l'expansion, il est recommandé d'atteindre un taux d'humidité de la croustille semi-finie avant expansion compris entre 8 et 25%. Afin d'atteindre ce taux d'humidité, un séchage au four pendant 2 heures à une température comprise entre 40 et 45 °C, puis pendant 4 heures à 65 °C est nécessaire. (Kyaw ZY et al 1999) Un séchage au four à 50°C durant 12h a lui aussi permis d'obtenir une bonne expansion du pellet. (Neiva C.R.P et al 2011 ; Nurul, H., et coll. 2009) Un taux d'humidité de 21% a été trouvé idéal pour réaliser une bonne expansion d'un

craquelin de crevette au micro-ondes, dans une étude réalisé par Nguyen, T. T., et al. en 2013. (Nguyen, T. T., et al. 2013)

- Friture et expansion.

La friture a pour but d'obtenir un produit à basse densité avec une forte croustillance, celle-ci étant le critère le plus important de qualité des croustilles, reconnu par les consommateurs. L'expansion linéaire qui reflète cette croustillance est donc considérée comme le plus important des attributs sensoriels. (Kyaw ZY et al 1999) D'ailleurs jusqu'au début des années 2000, la très grande majorité des croustilles commercialisées aux USA était frite. (Sing. R ET Gomes Da Silva M. 1998) La température de friture est comprise entre 175°C (Wianecki M. 2007) 180 °C (Neiva C.R.P et al 2011) et 200 °C (Siaw C. L. et al 1985 ; Yu S.Y et al 1981 ; Kyaw ZY et al 1999) enfin, le temps de friture est vraiment court et se situe aux alentours de 30 secondes (Neiva C.R.P et al 2011) à 1 minute (Nurul, H., et coll. 2009).

Une recherche a montré que le type d'huile de friture utilisé n'a que peu d'influence sur la saveur des craquelins de crevette. Aussi, aucune différence significative dans la saveur ou l'acceptabilité globale des croustilles n'a été démontrée par l'évaluation sensorielle du fait du type d'huile utilisé. (Melton S.L 1996) Dans cette même étude, l'auteur recommande par ailleurs de choisir l'huile en fonction de son prix plus qu'autre chose.

Lors de la friture de l'amidon gélatinisé, l'humidité s'évapore très rapidement ce qui conduit au gonflement de la croustille. Pendant cette période, l'huile adhère à la matière jusqu'à augmentation de la température de la croustille. (Sing. R ET Gomes Da Silva M. 1998) L'absorption de l'huile de friture par l'amidon entraîne une augmentation flagrante de la valeur calorique de la croustille expansée (Sing. R et Gomes Da Silva M. 1998) ainsi qu'une diminution de la teneur protéique. (Yu, S. Y. et S. L. Low 1992)

Dans la quête d'obtention d'un craquelin de produits marins sensoriellement acceptable et nutritionnellement élevé, d'autres techniques permettant l'expansion de la

croustille semi-finie ou pellet ont été recherchées. Il existe en effet d'autres solutions d'expansion du pellet telles que l'air chaud. De même que la friture, cette technique permet de chauffer très fortement le pellet pour obtenir l'évaporation instantanée de l'eau contenue dans l'amidon et par conséquent son expansion. Bien que plus onéreuse que la friture cette technologie n'a pas de conséquence néfaste sur les propriétés nutritionnelles du craquelin. (Lay M. 2016) Certains auteurs comme Shengrong et al en 2013 et Izci, L. et S. Bilgin en 2015, prônent même une cuisson au four à respectivement 120°C pendant 35-45 min et à 150°C pendant 75 min.

Une autre méthode d'expansion de la croustille, consiste à mettre le pellet au micro-ondes avec le mode pop-corn durant 60 secondes pour le faire « poper ». Des études comme celles réalisées par Neiva C.R.P et coll. en 2011 ou Nguyen, T. T., et al. en 2013, ont en effet montré la faisabilité de l'expansion au micro-ondes d'un craquelin semi-fini de poissons/amidon, produit avec la méthode traditionnelle industrialisée. La composition chimique de la croustille après expansion au micro-ondes, comparée avec celle du même craquelin frit donnée par l'étude de Neiva C.R.P et al en 2011, montre que l'expansion au micro-ondes en plus de mieux préserver le ratio protéique du produit ne rajoute aucun gras. Ces données sont retranscrites dans le tableau 9. Il est à noter aussi que les croustilles expansées au micro-ondes, en plus de contenir une teneur très faible en lipides, contiennent une quantité non négligeable d'acide gras à longue chaîne Oméga-3. (Nguyen, T. T., et al. 2013) Un emballage type « Pop-corn micro-ondables » pourrait être utilisé pour commercialiser les craquelins semi-finis avant expansion. (Neiva C.R.P et al 2011 ; Nguyen, T. T., et al. 2013)

Le changement de la composition biochimique du keropok avant et après son expansion dans la friteuse a été documenté par Yu, S. Y. et S. L. Low en 1992. Le tableau suivant illustre non seulement les changements opérés lors de cette transition, mais aussi la différence entre la composition biochimique de la croustille après expansion par friture et celle opérée par un passage d'une minute au micro-ondes au mode « Pop-Corn » donné par Neiva C.R.P et al dans une étude réalisée en 2011

Tableau 9 : Composition biochimique du keropok fait à base d'amidon de tapioca et de chair de poisson (ratio 1 :1) avant et après expansion par friture et au micro-ondes, selon auteurs.

Auteurs	Forme de la croustille	Humidité	Protéines brutes	Lipides	Glucides	Cendres
Yu, S. Y. et S. L. Low 1992	Avant friture	9,5 %	13,4 %	0,4 %		3,2 %
Yu, S. Y. et S. L. Low 1992	Après friture	4,3 %	12,4 %	32,9 %		2,9 %
Neiva C.R.P et al 2011	Après friture	0,5 %	10,9 %	26,1%	59,9 %	2,6 %
Neiva C.R.P et al 2011	Après micro-ondes	3.12 %	14,7 %	0,42 %	78,2 %	3,5%

3.1.2 Méthodes de préparation de la croustille protéinée par extrusion.

Les recherches sur l'extrusion d'une source d'amidon mélangée à de la chair de poisson désarêté ont commencé dans les années 1980 (Gogoi, B. K., et coll. 1996) Depuis lors, les extrudeuses sont considérées comme des bioréacteurs dans lesquels l'action enzymatique est couplée avec une réaction thermique et mécanique, qui permet ainsi la texturation et la stabilisation de l'extrudat par un processus continu de pressage et de mise en forme (Akdogan, H. 1999). Il s'agit en effet, d'un processus dans lequel l'action mécanique est combinée avec la chaleur pour mélanger en continu et par la suite gélifier l'amidon, ainsi qu'inactiver les enzymes, tout en formant une nouvelle structure. (Lourenço, L. F., et coll. 2015) L'extrusion de résidus de la transformation a par ailleurs déjà été étudiée au Québec en 1991, avec pour conclusion que le traitement par extrusion

stabilise l'activité enzymatique et bactériologique et inactive les pathogènes qui auraient pu se trouver dans la matière première instable que sont les coproduits marins. (MPO, et Aliments. B. J. G. Inc 1991)

Les extrudeurs sont en effet aussi utilisés depuis longtemps par l'industrie bioalimentaire, notamment pour la préparation de produits de grignotage, de céréales de petit-déjeuner, de confiserie, etc.(Akdogan, H. 1996) Aussi les résultats d'études réalisées par Gogoi, B. K., et coll. 1996 ou encore Choudhury Gour, S. P., et coll. en 1998, montrent qu'un émincé de poisson peut être ajouté avec succès pour augmenter la teneur protéique d'un aliment à grignoter via un processus d'extrusion, sans pour autant diminuer les qualités souhaitées du produit.

L'extrusion d'amidon mélangé avec des protéines musculaires animales pose un certain nombre de difficultés telles que l'instabilité thermique du mélange ainsi que la différence fondamentale entre les propriétés thermodynamiques de l'amidon et celles des protéines. (Wianecki M. 2007) Cependant, Wianecki dans cette même étude conclut que la plupart des protéines animales testées ont été prouvées utilisables dans un procédé de fabrication d'un produit de grignotage expansé via leur extrusion avec un amidon. Une étude a réalisé l'extrusion d'un émincé de krill avec un amidon pour la fabrication d'un produit alimentaire. (Kořakowski, E., et coll. 1979). Si les protéines de produits marins améliorent indéniablement la valeur nutritive de l'aliment extrudé, en revanche l'addition de protéines musculaires réduit l'expansion de l'extrudat. (Wianecki M. 2007) Cependant, malgré que cette addition des protéines de muscles à l'extrudat ait réduit l'expansion du produit, l'étude réalisée par Kořakowski, E., et coll. en 1979 a tout de même conclu à la faisabilité de l'extrusion du krill avec un amidon pour la fabrication d'un produit alimentaire. (Kořakowski, E., et coll. 1979).

Une extrudeuse comporte une ou deux vis à filet tournant dans un barillet fixe et hermétique, fonctionnant comme un échangeur de chaleur à surface raclée (Choudhury et Gogoi, 1995) Les extrudeuses à double vis co-rotatives sont les plus largement utilisées dans l'industrie alimentaire. (Gautam, A. 1998) L'avantage de l'extrusion baxis sur

l'extrusion à vis simple est avant tout qu'elle permet une plus grande flexibilité d'opération, permettant de réaliser le processus avec une bien meilleure précision notamment en atteignant beaucoup plus efficacement les durées et les températures précises d'extrusion. (Gogoi, B. K., et al. 1996); Bérubé, G., et al. 1990) Les extrudeuses bivis sont plus complexes et plus onéreuses que les extrudeuses simples, mais possèdent l'avantage de permettre un meilleur transport de la matière dans le procédé d'extrusion. Ceci permet notamment de minimiser les fuites de pression du flux dans le procédé ainsi que d'améliorer le malaxage et l'échange de chaleur de la matière pendant l'extrusion, favorisant ainsi la texturation. (Akdogan, H. 1996 ; Bérubé, G., et al. 1990). Aussi l'extrusion de produit humide requiert l'utilisation d'extrudeuses bivis en raison de leur capacité à transporter efficacement la matière.(Akdogan, H. 1999)

Tableau 10 : Utilisation du procédé d'extrusion pour la fabrication de craquelins protéinés selon les auteurs.

Auteurs	Type et nom de l'extrudeuse	Type de produit protéiné incorporé	Source d'amidon ajoutée	Type d'extrusion
Gogoi, B. K., et coll. 1996	Extrudeur bivis Clextal BC-21	Chair de saumon avec un taux d'humidité de 76%	Farine de riz	Extrusion expansive
Choudhury Gour, S. P., et coll. (1998)	Extrudeur bivis Clextal BC-21	Émincé de coproduits issus du filetage du saumon rose.	Farine de riz	Extrusion expansive
Siaw C. L. et al 1985	Extrudeur à vis unique Brabender DN 20	Émincé de poisson sans arêtes	Farine de sagou et farine de tapioca	Friture du pellet à 200°C après séchage
Menkov N. et Dushkova M. 2010	Extrudeur à vis unique Brabender DN 20	Concentré protéique lactosérum en poudre	Semoule de maïs mouillée	Extrusion expansive
Yu S.Y et al 1981	Extrudeur à vis unique Brabender DN 20	Émincé de poisson sans arêtes	Farine de tapioca	Friture du pellet à 200°C après séchage

Auteurs	Type et nom de l'extrudeuse	Type de produit protéiné incorporé	Source d'amidon ajoutée	Type d'extrusion
Wianecki M. 2007	Extrudeur à vis unique Brabender DN 20	Chair de poisson maigre	Amidons obtenus à partir de céréales et de pommes de terre	Friture du pellet à 175°C après séchage
Lourenço, L. F., et coll. 2015	Extrudeuse à vis unique Labor PQ30, INBRAMAQ,	Farine de crevette avec carapaces	Gruau et grain de riz broyé	Extrusion expansive
Suknark, K., et coll. 1999	Extrudeuse bavis MPF 1700-30, APV Baker Ltd	Émincé de poisson	Amidon de tapioca	Friture du pellet à 200°C après séchage
Singh, R., et coll. (2014).	Extrusion bavis modèle BTPL-1 Basic technologie India	Farine de poisson	Farine de riz et de maïs 1 :1	Extrusion expansive
Gautam, A. (1998)	Extrusion bavis modèle 21, Clextral	Chair de poisson	Farine de riz	Extrusion expansive
Jeyakumari, A., et coll. 2016.	Basic Technology Pvt. Ltd.	Hydrolysate protéique de coproduits de crevettes	Farine de riz et de maïs	Extrusion expansive
Gibert, O. and S. Kumar Rakshit 2005	Brabender 20 DN	Concentré protéique de coproduits de crevettes et chitosan	Amidon de tapioca	Extrusion expansive
Obatolu. V et al 2005	Krupp Werner et Pfleiderer ZSK-25 extrudeuse bavis corotative	Émincé de coproduits de crabes	Semoule de maïs	Extrusion expansive
Murphy et al 2003	Model ZSK 30, Werner & Pfleiderer extrudeuse bavis co-rotative	Émincé de coproduits de crabes	Fécule de pomme de terre et Semoule de maïs	Extrusion expansive

Schéma 10 : Étapes du procédé d'extrusion expansive (Lourenço, L. F., et coll. 2015 ; Layes M. 2016 ; Maller G. 2016 ; Gogoi, B. K., et coll. 1996, Jeyakumari, A., et coll. 2016)

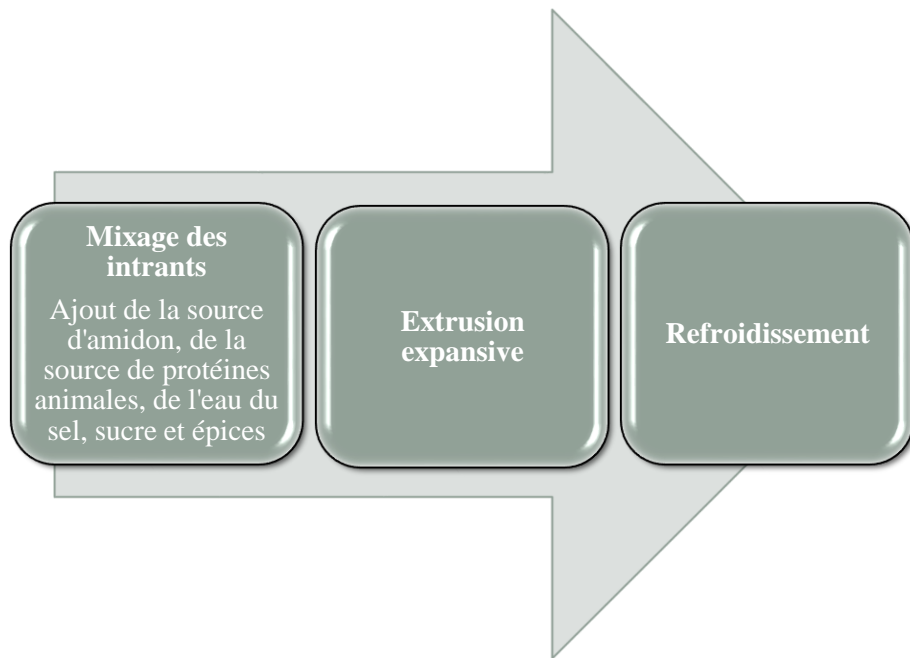
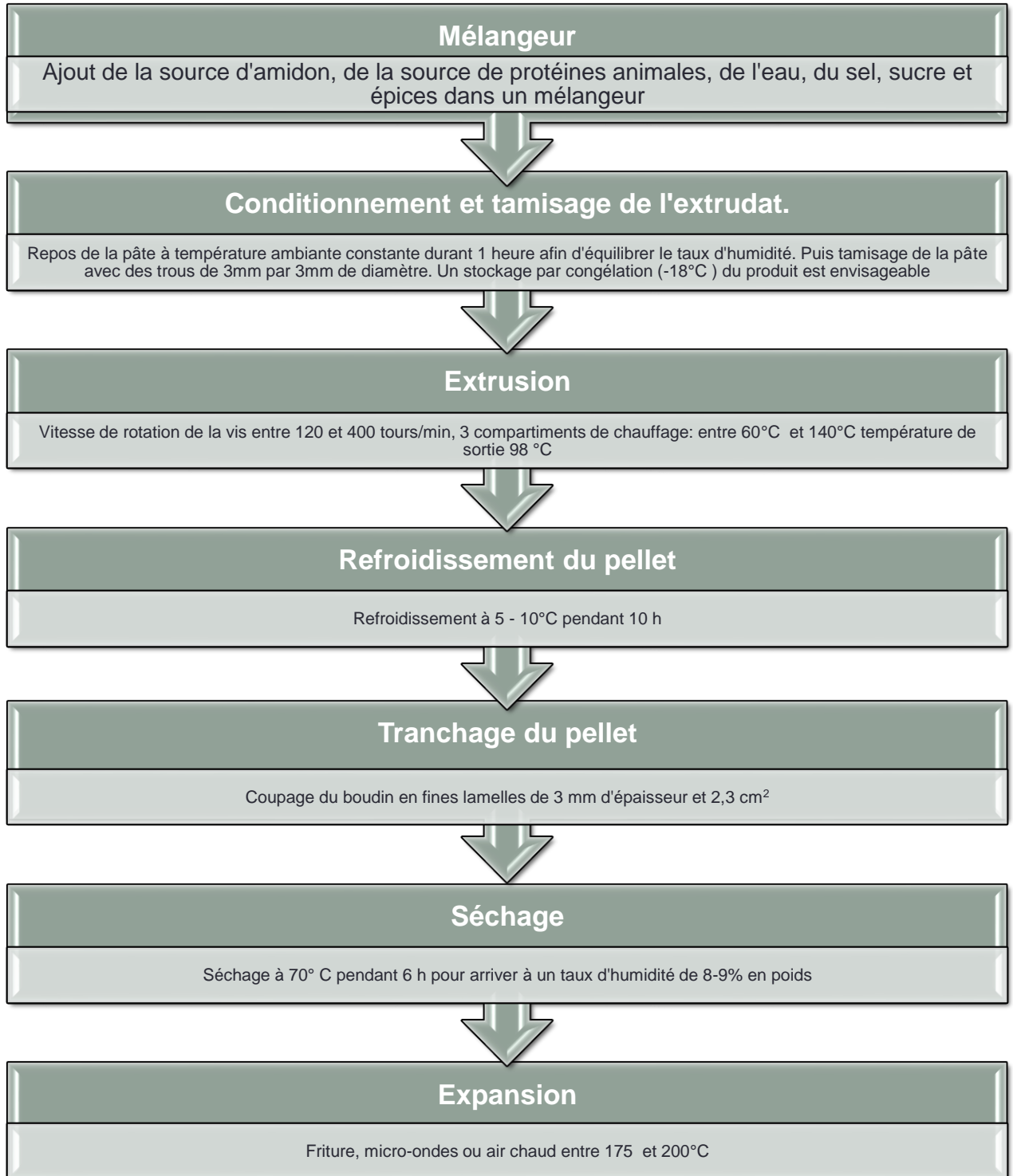


Schéma 11 : Étapes du procédé d'extrusion avec post expansion du pellet (Suknark, K., et coll. 1999 ; Yu S.Y et al 1981 ; Wianecki M. 2007 ; Maller G. 2016)



❖ Les ingrédients entrants :

- L'amidon

L'usage de l'amidon mélangé avec un produit marin est ancestral dans beaucoup de pays d'Asie. Au Japon, l'amidon est souvent ajouté au poisson pour augmenter ses propriétés texturantes, pour augmenter la résistance du gel ou diminuer le coût du produit par l'ajout d'eau qu'il permet d'obtenir tout en maintenant une bonne consistance du produit (Wu, M. C., et coll. 1985)

L'intrant amidonné le plus couramment utilisé pour la préparation des craquelins de poisson extrudé est la farine de tapioca finement broyée (Yu S.Y et al 1981) Mais d'autres auteurs comme Suknark, K., et coll. en 1999, utilisent aussi directement l'amidon de tapioca pur, notamment avec un émincé de poisson pour la fabrication d'une croustille protéinée via un procédé d'extrusion. Aussi, Netto, J. et al en 2014 relate l'utilisation d'un mélange d'amidon de tapioca avec un amidon de maïs dans des proportions 60/40 pour la préparation de craquelin expansé à base de coproduits de la transformation de tilapia.

Ainsi, l'amidon de tapioca ou de sagou n'est pas la seule source d'amidon qui a été trouvée utilisable dans la préparation de produits de grignotage à base de protéines marines. En effet Lourenço, L. F., et coll. en 2015 ont expérimenté avec succès la production d'un snack expansé de crevette avec comme source d'amidon de la farine de riz. Une quantité non négligeable de protéines étant présente dans la farine de riz (7,6%) ainsi que dans la farine de maïs (6,9%) (Jeyakumari, A., et coll. 2016)

- Les sources de protéines extrudables

L'utilisation d'un émincé de poisson sans arêtes avec un ratio de chair de poisson par rapport à la farine végétale allant de 20/80 à 60/40 à été réalisée avec succès. (Yu S.Y et al 1981 ; Suknark, K., et coll. 1999). Cependant, l'augmentation de la proportion en chair de poisson sur la farine végétale dans le mélange, diminue l'énergie spécifique mécanique à l'extrusion et par conséquent le taux d'expansion. (Gogoi, B. K., et al. 1996 ; Choudhury

Gour, S. P., et coll. 1998) Yu S.Y et al note aussi que l'expansion de la croustille décroît avec l'accroissement de la proportion de poisson dans la recette. (Yu S.Y et al 1981)

Quant aux différences selon le type de poisson utilisé dans la recette, il a été établi que la chair de poisson maigre possède de meilleures propriétés d'extrusion que celle du poisson gras, mais aussi que le poisson frais génère de bien meilleurs résultats que le poisson congelé. (Wianecki M. 2007) Les caractéristiques physico-chimiques de la chair de poisson (saumon) extrudé par Gogoi, B. K., et coll. (1996) étaient : un taux d'humidité de 76,21%, un ratio de protéines de 19,22%, un taux de graisse de 3,43 % et de 1,14 % de cendres.

Le taux d'humidité des intrants protéinés limite le degré d'enrichissement en protéines du produit. En effet, plus la matière protéinée sera sèche, plus le degré d'enrichissement en protéines de l'extrudat pourra être élevé. L'augmentation du taux d'humidité engendrée par l'ajout des protéines dans l'extrudeuse réduira ainsi l'énergie mécanique spécifique (EMS) et par conséquent le taux d'expansion de l'extrudé. Cependant l'extrusion bivis à haute humidité et la déshydratation de l'intrant protéiné peuvent être des possibilités à envisager pour optimiser l'ajout de matière protéinée à l'extrudat. (Layes M. 2016 ; Menkov N. et Dushkova M. 2010)

L'incorporation d'un hydrolysate protéique provenant de coproduits de crevette dans une extrudeuse bivis pour la production d'un craquelin protéiné a déjà été réalisée avec succès par Jeyakumari, A., et ses collaborateurs en 2016. Cette étude a en effet montré que de la farine de chair de crevette, ainsi qu'un hydrolysate protéique de coproduits de crevettes, pouvaient être incorporés dans des proportions de 6% pour l'hydrolysate ajouté à 7,7 % de farine de crevette. (Jeyakumari, A., et coll. 2016) Les proportions idéales de farine de crevette entière à incorporer dans la préparation d'un produit de grignotage protéiné afin de maximiser tant l'indice d'expansion du produit que son acceptation sensorielle par le consommateur ont été défini par Lourenço et collab. dans une recherche visant à développer un produit de grignotage à base de farine de crevette entière et de riz.

(Lourenço, L. F., et coll. 2015) La meilleure formulation a été obtenue avec 80 g de poudre de crevette par kg d'ingrédients.

- Taux d'humidité de l'extrudat.

Le taux d'humidité initial de l'extrudat est le facteur influençant le plus l'expansion de la croustille lors de l'extrusion (Lourenço, L. F., et coll. 2015). En effet, le taux d'humidité influence énormément les caractéristiques élastiques des matériaux. (Menkov N. et Dushkova M. 2010) Une perte de l'élasticité de la pâte engendrera indubitablement une baisse de l'énergie spécifique mécanique (ESM) de l'extrusion et donc une diminution de la capacité gélifiante du procédé. (Bouroche, A. et M. Le Bars 1996).

Les différentes catégories d'extrusion des produits marins peuvent être classées en fonction de la teneur en humidité de l'extrudat. En effet plusieurs auteurs distinguent trois différents types d'extrusion, classés en fonction du taux d'humidité des ingrédients. (Gautam A. 1998 ; Choudhury Gour, S. P., et coll. 1998 ; Gogoi, B. K., et coll. 1996 ; Gour, S. C. P. et K. G. P. Binoy 1996)

Tout d'abord, la première catégorie est l'extrusion à forte teneur en humidité supérieure à 50%. Ce type d'extrusion a été considéré par plusieurs auteurs comme Akdogan, H. (1996) ; Camire, M. and J. Kong (2008) ; Akdogan, H. (1999) et Gour, S. C. P. et K. G. P. Binoy 1996 notamment par le biais de l'amélioration de la technologie de l'extrusion bivis. Cette catégorie d'extrusion a principalement pour but de permettre la fabrication de viande reformée à base de protéines végétales mélangées à des protéines animales. (Akdogan, H. 1999) Le procédé induit par l'extrusion humide, en plus de la stabilisation par inactivation des enzymes protéolytiques (Choudhury Gour, S. P., et coll. 1995) est la texturisation. Il s'agit en effet de reproduire la texture, le goût et l'apparence de la chair de produits marins par exemple. (Akdogan, H. 1999) À l'heure actuelle, il existe une réelle expertise dans la production de ce qu'il est courant d'appeler « viande analogue » notamment à partir de la protéine de soja. (Layes 2016) Une étude réalisée par Kong et collab. en 2008 a démontré la faisabilité d'une valorisation de coproduits issus de la

transformation de saumon par la production d'un snack de type Jerkey à l'aide d'un procédé humide d'extrusion bivis et d'un mélange d'huile amidonné.

La deuxième gamme d'extrusion couramment considérée comporte une teneur en humidité intermédiaire, comprise entre 35-50%. Il s'agit de l'extrusion d'un mélange de poisson haché avec des ingrédients farineux. (Gautam A. 1998) L'utilisation d'un procédé d'extrusion à fort taux d'humidité pour valoriser des sous-produits de la transformation d'origine animale, en les mélangeant à des substances d'origine végétale a été aussi prônée par Ba-Jaber et collab. en 1992. D'autres études ont prouvé par la suite la faisabilité de l'incorporation de résidus de filets issus de la transformation de poisson dans un produit expansé. C'est le cas notamment de l'étude menée par Choudhury Gour, et collab. ou Suknark, K., et coll. en 1998 qui utilisent avec succès un hachis de poisson provenant d'écartés du filetage, pour produire des aliments à grignoter expansés via l'utilisation d'une extrudeuse bivis. Les études de Murphy, et collab. (2003), ainsi que d'Obatolu et collab. en 2005, qui ont par ailleurs produit avec succès un produit de grignotage de type apéritif, en extrudant des coproduits de crabes avec de la farine de maïs et de pomme de terre. Un processus qui a notamment permis de réduire les enzymes et les micro-organismes indésirables, tout en développant une texture fibreuse. (Choudhury Gour, S. P., et coll. 1998)

Enfin la troisième catégorie est celle de l'extrusion de matière à faible teneur en humidité, soit inférieure à 35%. Il s'agit ici d'incorporation de farine de poisson avec une source d'amidon dans un procédé d'extrusion bivis, comme le montre par exemple l'étude menée par Singh et collab. en 2014. Un autre exemple peut être l'extrusion monovis de farine de crevette (carapaces incluses) mélangée avec de la farine de riz comme Lourenço, et coll. En 2015 qui en ont démontré la faisabilité dans cette étude réalisée. Cette étude visait en effet la fabrication d'un craquelin expansé fait à base de crevettes, et obtenu avec 13% d'eau ajoutée à la farine de crevette et de riz. (Lourenço, L. F., et coll. 2015). D'autres études montrent aussi la faisabilité de l'ajout d'un concentré protéique, tel qu'un hydrolysate protéique de coproduits de crevettes à hauteur de 6% du mélange (Jeyakumari,

A., et coll. 2016) ou d'un concentré protéique de lactosérum (Menkov N. et Dushkova M. 2010) avec une source d'amidon, dans la production d'un produit de grignotage extrudé.

- ❖ Réglages paramètres de fonctionnement de l'extrusion d'un mélange amidonné et protéiné.

Les principaux paramètres de fonctionnement de l'extrudeuse sont les températures des chambres, la vitesse de la vis, (Suknark, K., et coll. 1999) ainsi que la pression, le diamètre de la matrice, la forme des vis et le temps de rétention. (Lourenço, L. F., et coll. 2015) Mais il y a aussi le taux d'alimentation de l'extrudeuse. (Suknark, K., et coll. 1999)

Des recherches comme celles de Gogoi, B. K., et coll. (1996), Singh, R., et coll. (2014) Choudhury Gour, S. P., et coll. (1998), ou encore Gautam, A. (1998), ont notés les effets de la configuration et du positionnement des vis sur les caractéristiques organoleptiques d'un produit de grignotage protéiné résultant de l'extrusion de la chair de poisson désarêté mélangée avec une farine végétale. Le premier constat est que la hauteur aussi bien que la longueur et l'espacement des éléments à vis, jouent un rôle très important au cours de l'extrusion. Ces facteurs engendrent en effet beaucoup de changements physico-chimiques impactant les qualités sensorielles du produit fini. (Menkov N. et Dushkova M. 2010)

Aussi, une étude réalisée par Gogoi, B. K., et coll. montre que la teneur en protéines des aliments à grignoter peut être réellement augmentée sans compromettre pour autant les caractéristiques organoleptiques souhaitées du produit, grâce à la manipulation de la configuration des vis. (Gogoi, B. K., et al. 1996) En effet, lors de l'extrusion, c'est l'énergie spécifique mécanique (EMS) qui est responsable de la transformation du produit. (Bouroche, A. et M. Le Bars 1996) La composition de la matière et le débit d'alimentation sont des éléments qui font fortement varier l'EMS. En fait, l'EMS diminue lorsque le taux d'humidité augmente notamment par le fait que les forces de frottement diminuent dans l'extrudeuse avec une augmentation de la teneur en eau du produit. (Menkov N. et Dushkova M. 2010) Cependant les conditions opératoires telles que la configuration des vis

rentrent aussi en jeu. L'EMS est en fait proportionnelle à la vitesse de rotation des vis. (Bouroche, A. et M. Le Bars 1996) Ainsi même en faisant varier la composition de l'intrant, les caractéristiques de l'extrudeuse peuvent être maintenues en régulant la vitesse de rotation de la vis. Ainsi, l'énergie mécanique spécifique peut être régulée et la masse volumique de l'extrudé peut ne pas être affectée. (Menkov N. et Dushkova M. 2010)

Outre le fait de permettre l'accroissement de la quantité de protéines dans le produit extrudé, un autre avantage de la régulation de la vitesse de la vis est de limiter l'effet de la température sur les protéines en limitant leur temps d'exposition. La perte de la teneur protéique de l'extrudat peut donc être compensée par la vitesse de rotation de la vis qui aura aussi pour avantage d'augmenter l'EMS ainsi que la masse volumique du produit, afin de ne pas affecter l'expansion du produit extrudé.

Le tableau 11 passe en revue les paramétrages des extrudeuses bivis co-rotative selon les auteurs, lors de la recherche de fabrication d'une croustille expansée de produits marins avec une bonne valeur nutritive. Pour exemple, Suknark, K., et coll. en 1998 ont montré la préférence des consommateurs pour les craquelins de poisson / tapioca à un ratio de 40/60 extrudé à l'aide d'un extrudeur bivis, avec un réglage de vis de 285 tours/min et 250 tours/min. (Suknark, K., et al. 1998)

Tableau 11 : Revue des paramétrages et réglages de l'extrudeuse bivis co-rotative pour la production de croustilles de produits marins nutritifs selon les auteurs.

Auteurs	Type d'ingrédient protéiné et proportion	Rapport Longueur/ Diamètre	Température	Vitesse de rotation de la vis	Humidité	Débit entrant
Singh, R., et coll.	Farine de poisson 15-	350 mm L 29.7 mm	100-110°C	360-480 tours	14-18%	10 kg/h

Auteurs	Type d'ingrédient protéiné et proportion	Rapport Longueur/ Diamètre	Température	Vitesse de rotation de la vis	Humidité	Débit entrant
(2014).	20 %	Diamètre		/min		
Gogoi, B. K., et coll. 1996	Chair de saumon 30 à 60%	24:1 L/D	Extrudeuse à 6 compartiments : 0, 70, 100, 150, 150 et 150 °C	400 tours /min	Mélange chair de saumon à 76.21 % d'humidité Farine de riz à 9.95%	12 kg/h
Lourenço, L. F., et coll. 2015	Farine de crevette à 8%	Diamètre de la matrice 3.85 mm	Zone 1 = 40°C; Zone 2 = 60°C Zone 3 = 85 °C	175 tours /min	13%	290 g/min
Gautam, A. (1998)	Chair de poisson	32/1 L/D 5 mm diamètre de la matrice	Extrudeuse à 8 compartiments : 0°C 30 °C 30 °C 30°C 70°C 100°C 150°C 150°C	400 tours /min	15%	12 kg/h
Suknark, K., et coll. 1998	Chair de poisson 40 %	25:1 Longueur: 750mm Diamètre: 30 mm	94-100°C	220-400 tours /min	40%	27 g/min

Auteurs	Type d'ingrédient protéiné et proportion	Rapport Longueur/ Diamètre	Température	Vitesse de rotation de la vis	Humidité	Débit entrant
Jeyakumari, A., et coll. 2016	Hydrolysats protéiques de coproduits de crevettes	Ratio L/D 14,4/1	3 zones cylindres extrusion: 70°C ; 90°C ; 120°C	350 tours/min	11–12%	
Gibert, O. and S. Kumar Rakshit 2005	Concentré protéique de coproduits de crevettes et chitosan	20:1 (L/D).	150–170 °C	220 rotations/min	150 g/kg	
Obatolu. V et al 2005	Émincé de coproduits de crabes	Diamètre du baril d'extrusion: 30.9mm, Diamètre de la vis: 30.7 mm, Longueur totale de la vis: 955mm Diamètre d'ouverture final 3.0mm	Zone 1 :75°C Zone 2 :100°C Zone 3 :125 °C Zone 4 :150 °C	200, 250, 300 rotations/min	25% à 30%	36.7 g/min
Murphy et al 2003	Émincé de coproduits de crabes	Taille de la vis : 963mm Diamètre vis : 30mm	Températures dans les 6 zones 60, 90, 97, 115, 135 et 157 °C	150 ou 250 rpm	210–230 g kg ⁻¹	13.5 kg h ⁻¹

- ❖ Températures des compartiments lors de l'extrusion d'un mélange amidonné et protéiné.

Une extrudeuse est composée de plusieurs chambres, ayant des températures différentes et séparées par des contrefilets. Ceux-ci sont des éléments de vis à pas inverse, qui empêchent la vapeur d'eau de remonter vers la trémie. Ce qui permet ainsi une mise en pression de l'extrudat et son traitement thermomécanique. (Bouroche, A. et M. Le Bars 1996)

Pour les produits directs expansés, l'extrusion doit être réalisée à des températures supérieures à 100 °C pour permettre l'évaporation de l'eau en vapeur entraînant l'expansion de l'amidon pendant la sortie de la filière. À contrario, pour un produit semi-fini de type pellet, la pâte doit être cuite dans l'extrudeuse à une température inférieure à 100 °C pour éviter l'effet bouffant. L'extrusion à haute température entraîne une diminution de la viscosité et de la pression de la pâte dans la filière. Une température élevée affecte également les propriétés des extrudés en fournissant un produit très élargi avec de grandes structures cellulaires internes qui sont faciles à briser (Suknark, K., et coll. 1998)

Les fortes températures ayant pour effets une dénaturation élevée des protéines, afin de maximiser l'enrichissement protéique du craquelin, l'extrusion doit être effectuée à des températures assez basses. (Menkov N. et Dushkova M. 2010) En effet, après avoir constaté que la température d'extrusion avait un fort impact sur la valeur nutritive de l'extrudat, Ba-Jaber et collab. prônaient aussi une température d'extrusion ne dépassant pas 95 °C. (Ba-Jaber, A., et coll. 1992). Suknark, et collab. en 1998 ont montré la préférence des consommateurs pour les croustilles de poissons extrudés à l'aide d'une extrudeuse bivis, entre 97 °C et 100°C dans la chambre d'extrusion. (Suknark, K., et al. 1998) Aussi pour Wianecki M. en 2007, cette forte capacité de dénaturation des protéines avec la perte de nombre de propriétés fonctionnelles à la chaleur, demande l'utilisation d'une extrusion tempérée entre 70 et 130°C. Lourenço et collab. ont quant à eux montré la faisabilité d'une

extrusion expansive de poudre de crevette à une température de 85°C dans les chambres d'extrusion (Lourenço, L. F., et coll. 2015)

3.2 ACCEPTABILITE ET PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES PRODUITS DE GRIGNOTAGE A BASE DE PRODUITS MARINS

2.2.1 Acceptabilité du consommateur

❖ Pour la méthode de production ancestrale mécanisée.

Une étude réalisée par Subba D. en 2002 montre que l'acceptabilité des panellistes pour des croustilles contenant des coproduits de viande et produites avec la méthode traditionnelle industrialisée est supérieure à la moyenne.

Lors de l'évaluation d'un craquelin de poisson/amidon par des panellistes, la croustillance et la saveur ont été les deux critères les plus appréciés. (Izci, L. and S. Bilgin 2015) En effet, la croustillance du produit est la plupart du temps le principal facteur d'acceptation du produit par le consommateur. (Siaw C. L. et al 1985) aussi, une étude réalisée au Brésil par Netto, et collab. en 2014 montre que sur une échelle d'appréciation allant de 1 (extrêmement pas aimé) à 9 (extrêmement aimé) les panellistes jugent la texture d'une croustille faite avec des coproduits tilapia par des notes comprises entre 7,3 et 5,3. Dans une autre étude évaluant similairement un craquelin contenant des coproduits de viande, les panélistes ont apprécié à 96% la texture volumineuse et croustillante du produit. (Subba. D. 2002) Le problème vient souvent d'une augmentation trop importante de la proportion de chair émincée dans le mélange, qui entraîne une augmentation de la dureté de la croustille responsable par conséquent d'une baisse de l'acceptation du produit par les panellistes. (Netto, J. et al 2014)

Une étude réalisée par Huda, N., et coll. en 2010, pour un grand nombre de producteurs de Keropok en Malaisie, a révélé que la dilatation linéaire de ceux-ci variait de 37,5 à 145,9, inversement proportionnelle à la teneur protéique, mais linéairement corrélée

avec la teneur en glucide. En règle générale l'expansion linéaire des keropoks sera aux alentours de 95 (Siaw C. L. et al 1985)

Le tableau suivant détaille les notes d'acceptation des panellistes de craquelins de poisson / amidon selon auteurs.

Tableau 12 : Comparaison de l'acceptation sensorielle des croustilles de poisson/amidon selon auteurs, notes d'appréciation allant de 1 (vraiment pas aimé) à 9 (extrêmement aimé).

Auteurs	Type de produit	Saveur	Croustillance	Couleur	Aspect	Odeur	Globale
Izci, L. and S. Bilgin 2015	Poisson/amidon 70/30	8,18	8,18	7,64	7,64	7,82	8,09
Netto, J. et al 2014	Tilapia/amidon 20/80	7,35	7,7	7			7,34
Netto, J. et al 2014	Tilapia/amidon 30/70	6,62	6,81	7,35			6,72
Netto, J. et al 2014	Tilapia/amidon 40/60	5,9	5,93	6,38			6,12

Quant à la valeur calorique des craquelins expansés de produits marins, une récente étude montre que les croustilles faites à base de chair de poisson et d'amidon avec des formulations de 20/80, 30/70 et 40/60 ont été de 446,60 ; 474,60 et 449,53 kcal 100 g-1 respectivement. (Netto, J. et al 2014) Une valeur calorique élevée qui s'explique par le fait que la croustille est fabriquée principalement avec de l'amidon qui absorbe quelque peu l'huile pendant la friture. (Sing. R et Gomes Da Silva M. 1998) L'expansion du craquelin au micro-ondes telle que démontrée par Neiva C.R.P et al en 2011 permet de baisser la valeur énergétique d'une croustille faite à base de chair de poisson et d'amidon avec un ratio de 50/50 de 518,1 kcal.100 g-1 si frite à 375,3 kcal.100 g-1 si expansion par micro-ondes. (Neiva C.R.P et al 2011) Cette même étude a par ailleurs donné lieu à une analyse sensorielle des craquelins par des panellistes. Cette étude a révélé un fort niveau d'acceptabilité de la croustille expansée au micro-ondes (90%), bien qu'inférieur au craquelin frit, qui fut quant à lui apprécié par 97% des panellistes. L'écart d'appréciation des deux types d'expansion de la croustille était en majeur parti dû à la différence de

couleur ainsi que de croustillance. La saveur du craquelin frit comme celle de l'expansé au micro-ondes ayant été apprécié quasiment de la même manière par les panellistes. (Neiva C.R.P et al 2011)

Une étude sur l'acceptation des croustilles de poisson protéiné par les consommateurs américains a révélé que le goût prononcé de poisson en bouche était un facteur de non-acceptation du produit. Contrairement aux consommateurs asiatiques qui eux ont apprécié un goût de poisson prononcé. (Suknark, K., et al. 1998) En effet, en Malaisie le consommateur adopte un autre comportement face au craquelin de poisson, car c'est le goût des keropoks plus que la croustillance qui est la raison de son achat, pour plus de 70% des consommateurs. (Omar, M., et coll. 2011).

L'acceptabilité globale des panellistes pour des croustilles de crevettes frites, fabriquées avec la méthode ancestrale malaisienne, semi-industrialisée était située entre aime modérément et aime légèrement. (Melton S.L 1996)

❖ Pour l'extrusion.

Les qualités organoleptiques des craquelins de poisson faits avec la méthode d'extrusion et de post expansion du pellet par friture, ont été jugées comparables à celles de la méthode traditionnelle industrialisée (Yu S.Y et al 1981)

2.2.2 Conservation et stockage de la croustille

Une étude sur les qualités microbiologiques des croustilles de poisson au cours de leurs traitements montre que les différentes étapes des traitements thermiques (chauffage, refroidissement) ont un rôle très important pour améliorer la qualité microbiologique du produit. (Nor-Khaizura, M. A., et coll. 2009).

Un emballage sous vide a maintenu les propriétés microbiologiques et physicochimiques d'une croustille semi-finie de poisson/amidon d'un ratio 50/50, durant une période de 180 jours à température ambiante. (Neiva C.R.P et al 2011)

Une étude de durée de vie d'un produit de snacking extrudé fait à base de coproduits issus de la transformation du saumon, a montré que l'ajout au produit d'un antioxydant comme l'Ascorbyl palmitate permettait de préserver les EPA-DHA de l'oxydation (Kong J. et al 2008)

Une étude a montré que le stockage des craquelins de crevettes, à la lumière durant quatre semaines et à température ambiante (25° C) avait fait chuter le taux d'acceptation de 5,8/8 à 4,9/8. À contrario, le stockage des mêmes craquelins de crevette, durant le même temps dans l'obscurité, n'a pas affecté le goût ni le score d'acceptabilité des croustilles par les panellistes. (Melton S.L 1996)

Une étude réalisée par Murphy et collab. en 2003 a montré la forte capacité de conservation d'un craquelin de crabe extrudé qui après 3 mois de stockage à température ambiante avait une flore microbienne négligeable.

2.2.3 Oméga 3, fibres alimentaires et amidon résistant.

Une récente étude menée par Izci, L et S. Bilgin en 2015 a évalué l'acceptabilité par les consommateurs, ainsi que la teneur en acides gras contenue dans des craquelins de poisson et d'amidon de blé avec un ratio de 70/30 cuits à 150°C. Les résultats de cette étude ont prouvé que le craquelin étudié s'est montré être une source précieuse d'acides polyinsaturés gras tels que les EPA et DHA, mais aussi qu'il fut fortement apprécié par les panellistes. Les chiffres révélés par cette étude concernant la proportion d'EPA/DHA dans le craquelin ont en effet été probants, avec un ratio annoncé d'EPA/DHA dans le craquelin dépassant les 1,8%. Un chiffre remarquable surtout si on le compare avec le ratio d'EPA/DHA contenus dans la chair de poisson utilisée pour produire les croustilles et qui était de 1,5%. (Izci, L. and S. Bilgin 2015)

La chitine contenue dans un craquelin de crevette produit lors d'une étude réalisée par Gilbert O et Kumar Raksit en 2005, s'est comporté en agent allégeant, grâce à sa capacité à absorber in vivo, les lipides contenus dans la croustille.

Une étude montre que l'extrusion-cuisson n'a pas nui au contenu en EPA-DHA du saumon. (Kong J. et al 2008)

Une récente étude réalisée par Lourenço, et collab. en 2015, a montré qu'un craquelin de crevette expansé par extrusion fait à base de farine de crevette entière (à hauteur de 80g/kg) et de riz pouvait se prévaloir de l'allégation santé « riche en fibres », car il atteignait une teneur en fibres alimentaires de 72,4 g/kg (Lourenço, L. F., et coll. 2015) alors qu'il faut uniquement 60g/kg pour que l'aliment puisse indiquer l'allégation riche en fibres. (ACIA 2013 ; ACIA 2016) Cette forte teneur en fibres alimentaires est en grande partie due, selon l'auteur à l'incorporation de la carapace de crevettes dans le produit. (Lourenço, L. F., et coll. 2015)

Une étude réalisée par Nor, M. Z. M., et coll. en 2014 a montré que si la teneur en amidon résistant des croustilles de poisson se situait entre 0,3 et 3 % ce qui est comparable à des chips de pomme de terre, cette teneur pouvait être accrue par un cycle de quatre cuissons / refroidissements de la pâte d'amidon gélifié. L'amidon résistant est une forme d'amidon non digéré par l'intestin grêle qui a les mêmes avantages que les fibres alimentaires pour le corps humain, à savoir une influence positive sur le transit digestif, la flore microbienne ainsi que le taux de cholestérol sanguin et l'index glycémique. (Nor, M. Z. M., et coll. 2014)

2.2.4 **Composition chimique.**

❖ Pour la méthode de production traditionnelle industrialisée

Assez logiquement, plus la proportion de l'intrant protéiné (la crevette ou le poisson) ajouté au mélange amidonné est grande, plus grande sera aussi la teneur en protéines ainsi que la teneur en eau dans le produit de grignotage réalisé. Ainsi, Netto et collab. dans une étude réalisée en 2014 ont montré que l'ajout d'un émincé de poisson (contenant 74% d'humidité et 13% de teneur protéique) à hauteur de 40% à l'amidon, donnait un mélange contenant un peu moins de 54% d'humidité et un peu plus de 4% de protéines. Dans une étude réalisée en 2009 par Nurul, H., et collab. , il a été démontré que si l'accroissement de

la proportion de l'intrant amidonné dans le mélange faisait augmenter la quantité de protéines du produit, une augmentation de ce ratio faisait aussi décroître l'expansion linéaire du craquelin et par conséquent diminuer aussi son taux d'absorption en huile ainsi qu'augmenter sa dureté. Malgré cela, plusieurs auteurs notent le fort potentiel alimentaire sain et équilibré du produit de grignotage (Izci, L. and S. Bilgin 2015)

Une étude réalisée en 2010 par Huda, N., et coll. sur la composition chimique d'un grand nombre de keropoks produits dans différentes régions de Malaisie, note que la teneur en eau des craquelins se situe entre 9,37 % et 13,83 % ; que la teneur brute en protéines varie entre 5,53 % et 15,80% ; la teneur en glucides entre 53,62 et 80,43% ; la teneur en graisse varie de 0,85 à 3,38 ; celle de sodium entre 1183 et 1888mg/100g et enfin la teneur en calcium varie entre 9,75 et 381,5 mg/ 100g. Le tableau 13 suivant décrit selon les auteurs la composition biochimique des craquelins de poisson produits avec le procédé traditionnel mécanisé malaisien.

Tableau 13 : Comparaison des compositions biochimiques des croustilles de poisson fabriquées avec la méthode traditionnelle industrialisée après friture selon auteurs

Auteurs	Proportion de poisson/amidon	Humidité	Prot. Brut	Lipides	Glucides	Cendres
Siaw C. L. et al 1985	Chair de poisson/ amidon de tapioca 50/50	9,5%	21,6%	1,6%	N.D	2,8%
Netto, J. et al 2014	Émincé de poisson/ amidon de 20/80 à 40/60	De 3,07 à 4.52%,	N.D	16,53 ± 3,33%	Entre 66,74% et 75,87%	De 2.47% à 3.28%
Nurul H. et al 2010	Keropoks provenant de différentes régions de Malaisie	Entre 9,37 et 13,83%	De 5,5% à 15,8%	De 0,85 à 3, 38%	De 53,6 à 80,4 %	De 3,4 à 5,9 %
Yu, S. Y. et S. L. Low 1992	Chair de poisson/ amidon 50/50	4,3 %	12,4 %	32,9 %		2.9 5

Auteurs	Proportion de poisson/amidon	Humidité	Prot. Brut	Lipides	Glucides	Cendres
Neiva C.R.P et al 2011	Chair de poisson/ amidon 50/50	0,5 %	10,9 %	26,1%	59,9 %	2,6 %
Nurul, H. et coll. (2009)	Farine de poisson/ amidon 50/50	9.9%	10,1%	0,9%	73,4%	5,9%

❖ Pour l'extrusion

- Avec friture du pellet :

Le ratio protéique du craquelin après extrusion et friture du pellet varie beaucoup selon le ratio poisson / amidon utilisé dans la préparation. Ainsi avec 20% de poisson entrant dans la fabrication, la proportion de protéines dans la croustille était de 5,3 % ; avec 30 % de poisson le ratio protéique était de 7 %, à 40 % de poisson la proportion de protéines contenue dans le craquelin était passé à 10,8 %, à 50 % la proportion de protéines était de 15,3% et enfin avec une recette comprenant 60 % de poisson la proportion de protéines contenue dans le produit fini était de 22,1 %. (Yu, S. Y., et coll. 1981)

- Expansive :

Une étude a montré (Lourenço, L. F., et coll. 2015) la faisabilité de l'incorporation d'une poudre de crevette entière contenant 610 g/kg de protéines, 260 g/kg de cendres et 32 g/kg de lipides, dans la fabrication d'un produit de grignotage expansé par extrusion. Les qualités chimiques du produit final ont été: 65,9 g/kg d'humidité, 89,4 g/kg de protéines, 24 g/kg de lipides 34,2 g/kg de cendres, 72,4 g/kg de fibres et enfin 714,3 g/kg de glucides.

Par ailleurs, une récente étude réalisée par Jeyakumari et collab. en 2016 concernant la faisabilité de la production d'un craquelin nutritif avec un intrant protéique composé de 6% d'hydrolysate protéique de coproduits de crevettes et de 7,7% de farine de chair de crevette, a eu pour résultat une croustille dont les propriétés chimiques étaient les suivantes: un taux d'humidité compris entre 4,2 et 4,72 % ; une teneur en protéines comprise entre

8,12 et 15,75 % ; un taux de gras variant de 0,45 % à 1,59% ; un ratio de cendres compris entre 1,66% et 3,06% et enfin un taux de glucides allant de 75,6% à 85,5%.

❖ Conclusion

Après avoir recherché le plus exhaustivement possible les ingrédients et méthodes permettant la faisabilité technique de la production d'une croustille à base de coproduits marins et avoir décrit les propriétés physico-chimiques des différents produits finis. Il doit maintenant être établi la meilleure technique disponible dans le cadre de l'analyse technico-financière du projet à l'étude. Le rôle du chapitre 4 suivant sera donc de choisir ces paramètres techniques compris comme hypothèses de base du projet analysé.

CHAPITRE 4

HYPOTHÈSES DE BASE

4.1 LES ETAPES DU SCENARIO DE PRODUCTION EVALUE

Le choix des deux intrants principaux pour produire notre produit de grignotage a été établi comme étant le coproduit de crevettes broyées ainsi que la fécule de tapioca. Cependant, il est à noter que la croustille de coproduit de crevettes envisagée pourrait tout aussi bien être produite presque à l'identique, avec les mêmes équipements en utilisant comme matière première la farine de résidus actuellement produite par les deux usines de transformation de crevette de la Côte-de-Gaspé à savoir Crevette du Nord Atlantique inc. et Les Pêcheries Marinard Ltée.

Le choix de travailler avec le coproduit de crevettes humide et broyé repose sur la volonté de maximiser la récupération des coproduits au sein de l'usine de transformation de crevette et de minimiser les pertes et le gaspillage dans l'effluent liquide de celle-ci.

Comme décrit dans la précédente section 1.2, les usines de transformation de crevette nordique en Gaspésie génèrent une quantité non négligeable d'écarts de transformation, qui ne sont pas pris en charge par le processus de stabilisation des coproduits en poudre sèche. En effet, les résidus séparés notamment à l'étape du soufflage sont récupérés dans des bacs avant d'être mélangés aux effluents liquides par le réseau de canalisation au sol. (Nadia Tchoukanova et col. 2002 ;J. Jobidon et col. 2003 ; AMEC 2003) La raison évoquée par l'industrie à la perte du grade alimentaire de ces coproduits, ainsi qu'à leur non-valorisation est la saturation du moulin en charge de la production de la farine. Cette perte non négligeable de coproduits valorisables, ainsi que la surcharge de matières en suspension dans l'effluent liquide seraient dues à l'actuel traitement des résidus, qui serait limité dans la quantité de matières à traiter. (Persant J. 2016) La présente étude propose donc la

valorisation des volumes de coproduits des bacs de récupération avant qu'ils ne soient déchus et perdent leur grade alimentaire dans les effluents liquides.

Le schéma 12 suivant décrit les étapes envisagées du procédé de fabrication des croustilles de coproduits de crevettes. Les photos illustrant le schéma de ce procédé proviennent de la fabrication d'un produit viable minimale (MVP) réalisée en parallèle de cette étude. Les avantages de la réalisation d'un tel MVP ont été prônés par de nombreux auteurs tels que Moogk, D. R. en 2012 (Moogk, 2012). Ce produit minimal viable a permis de valider la faisabilité de la production d'un craquelin de coproduits de crevettes avec de bonnes propriétés organoleptiques, et qui n'étaient pas affectées par les parties solides contenues dans le coproduit de crevettes. Les différentes étapes qui composent cette production seront détaillées par la suite.

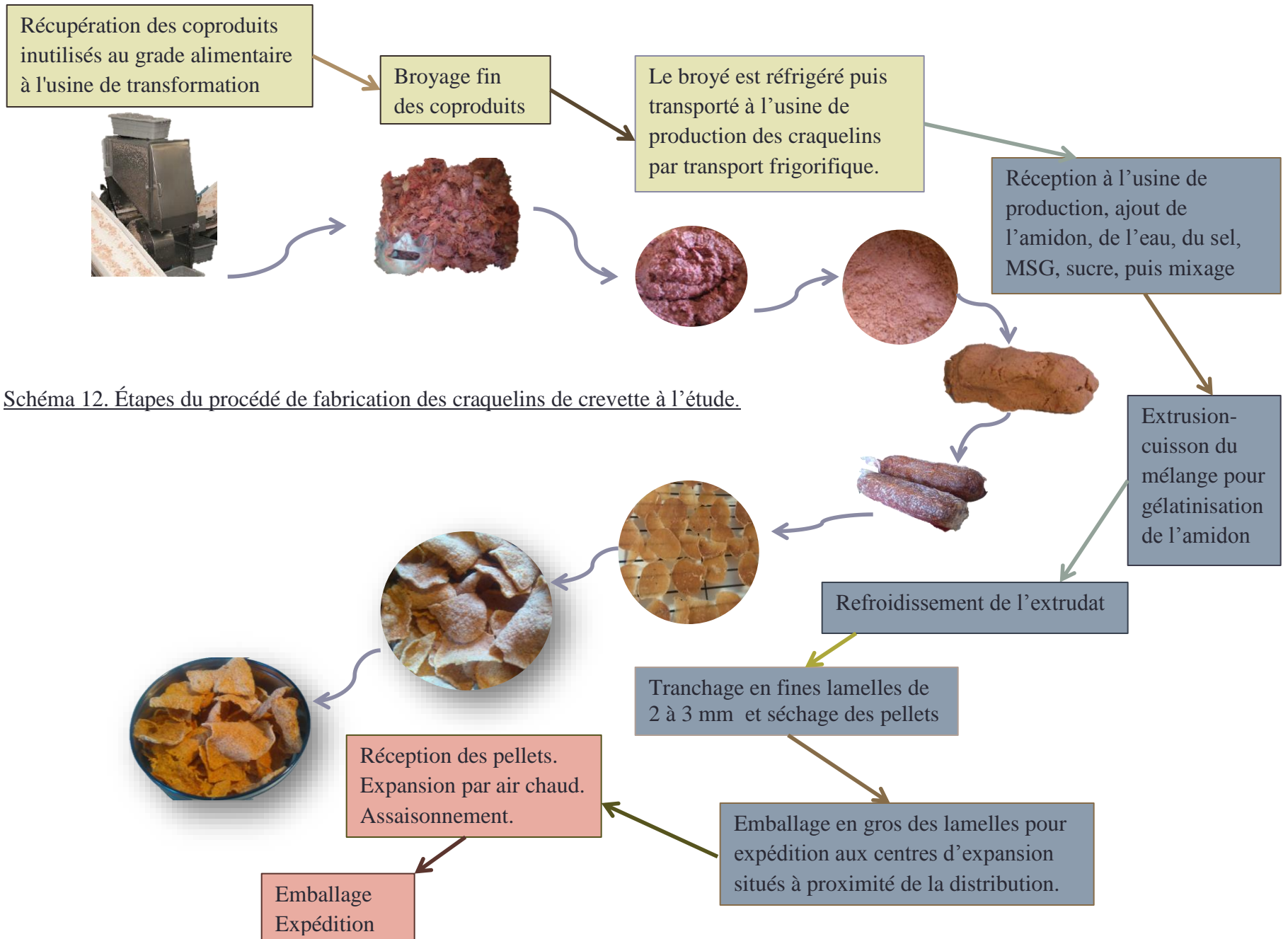


Schéma 12. Étapes du procédé de fabrication des craquelins de crevette à l'étude.

Le procédé de production des craquelins à l'étude est composé de 10 étapes qui seront réparties dans 3 différents lieux de production. Ainsi, la première partie de ce procédé a pour but la stabilisation du coproduit au grade alimentaire au sein de l'usine de transformation de crevette. Une fois stabilisé, le coproduit sera expédié vers une usine chargée de la production d'une croustille semi-finie avant expansion. Cette usine sera située proche du lieu de transformation des crevettes et aura donc pour rôle de produire un pellet, c'est-à-dire un produit semi-fini, sec, stable, avec un fort ratio masse/ volume et donc facile à transporter. Enfin, pour finir, l'expansion du pellet sera réalisée à proximité des grands centres de distributions par une unité d'expansion, d'assaisonnement et d'emballage, calibrée en fonction de la demande de la région. Si une seule unité d'expansion est considérée dans notre scénario, en revanche un développement ultérieur de l'usine pourra entraîner l'ouverture d'autres unités d'expansion situées près d'autres nouveaux marchés.

- Stabilisation au grade alimentaire au sein de l'usine de transformation

La première étape du processus aura lieu dans l'usine de transformation de crevette avec la récupération des coproduits au grade alimentaire situés au niveau des souffleurs ainsi qu'à différents autres endroits de la ligne de transformation. Au lieu d'être vidés au sol, les bacs de récupération des coproduits seront versés dans un broyeur à disques monté sur roulette, qui sera amené près de la ligne de production pour les besoins de cette récupération. Par la suite, le broyé obtenu sera congelé en vue de son transport ultérieur vers l'usine de production du craquelin. Afin de maintenir les qualités microbiologiques et organoleptiques du coproduit broyé, un transport réfrigéré devra être effectué vers une usine de production des croustilles située à proximité.

- Préparation de la pâte

Une fois rendu sur le site de production, le broyé sera mélangé à l'amidon à l'aide d'un mélangeur mécanique industriel. On ajoutera aussi le sel, le sucre ainsi que le MSG, ainsi que de l'eau froide. Le temps total de cette étape est estimé à 20 min. Seule une pâte bien mélangée se gélifiera complètement, aussi plus le mélange obtenu sera homogène,

meilleures seront les propriétés expansives du craquelin. Une texture lisse et facilement malléable doit donc être obtenue pour réaliser le procédé de gélatinisation via l'extrusion.

- Extrusion-cuisson

Un procédé d'extrusion-cuisson avec post-expansion du pellet sera utilisé à cette étape. En effet, cette méthode a été retenue, car elle s'avère être bien moins dispendieuse à l'achat et plus économique à l'utilisation que l'extrusion expansive, malgré la grande efficacité de ce dernier procédé (Bérubé, G., et al. 1990). La méthode ancestrale mécanisée de production de la croustille n'a pas été retenue dans ce scénario, par le fait que ce procédé nécessite un important besoin de main-d'œuvre et beaucoup de manipulations du produit.

- Refroidissement

Après extrusion, le boyau sera tranché en sections de deux mètres de longueur, puis stocké durant 8 h dans un endroit sec et aéré en vue de son refroidissement.

- Tranchage

Cette étape requiert l'utilisation d'une trancheuse mécanique pour obtenir des tranches très fines d'une épaisseur située entre 2 et 3 mm. Après tranchage, le taux d'humidité des pellets est compris entre 30 et 40%.

- Séchage

Le but de cette étape est d'obtenir un produit semi-fini avec un taux d'humidité avoisinant les 20%. Puis les pellets seront emballés en gros et expédiés vers l'usine d'expansion.

- Expansion par air-chaud, assaisonnement et emballage.

Cette étape qui a pour but de donner le volume et la croustillance au produit, se fera à 250-300 degrés à l'aide d'une technologie utilisant l'air chaud. Cette technique d'expansion sans huile a l'avantage de mieux préserver le ratio protéique du produit sans aucun ajout de gras et ainsi d'obtenir une teneur très faible en lipides. Les croustilles expansées de crevettes produites à l'étape précédente seront par la suite assaisonnées puis emballées.

4.2 BILAN MASSIQUE

Cette partie a pour rôle d'évaluer les capacités théoriques des procédés, mais aussi les rendements en matière ainsi que les ratios d'intrants nécessaires à la production.

La diminution du taux d'humidité des coproduits broyés lors des procédés de séchage a aussi un impact sur les taux de rendement en matière de la production. Nous avons vu dans la partie 3 de cette recherche que la croustille de crevette expansée avait un taux d'humidité avoisinant 12%. Nous avons aussi considéré précédemment dans la partie 2 cette fois que le taux d'humidité du broyé de coproduits de crevettes avoisinait les 80%. Les recettes pour la fabrication des croustilles de crevette ont été aussi détaillées dans la partie 3 de ce travail. Nous choisirons ici un ratio d'intrants comprenant 40 % de broyé de crevettes, 50 % d'amidon de tapioca, 2% de sel, 4% de sucre, 0,1 % de MSG et 1% pour le mélange d'épices servant à l'assaisonnement. Par ailleurs, pas loin de 3% d'eau douce sera ajoutée à l'intrant pour améliorer la viscosité du mélange et la gélatinisation de l'amidon à l'extrusion.

Ainsi, si le broyé de crevettes représente 40% des intrants, que son taux d'humidité est de 80%, que les autres intrants de la préparation ont un taux d'humidité d'environ 5% alors nous pouvons admettre que le taux d'humidité du total des ingrédients est de 37,76%.

Suite au changement massique engendré par le séchage puis l'expansion du pellet, nous obtenons un produit fini ayant un taux d'humidité de 12%. Ce qui représente une perte volumique de 37,8 %. Ainsi, nous considérons un taux de rendement en matière de 74,25 %.

Nous considérons aussi une perte de 1% tout au long du procédé de fabrication, due au nettoyage des machines. Ce pourcentage dû au nettoyage se soustraira aussi au taux de rendement en matières pour donner un taux de rendement de 73,25 %.

Tableau 14 Détails des proportions d'intrants et calcul du taux de rendement en matières.

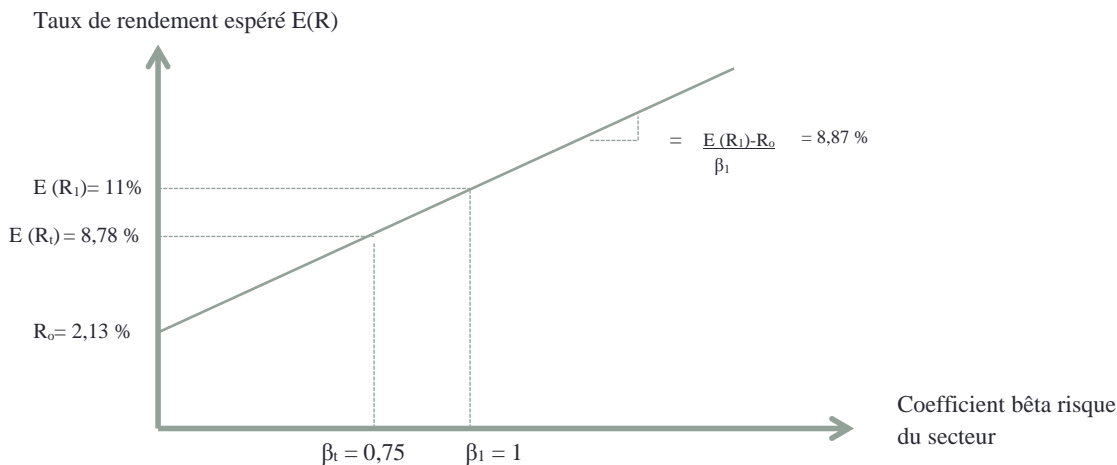
Matières premières	Ratio d'intrant	Taux humidité de la matière première	Taux humidité Total Intrant
Broyé de crevettes	40,00%	80,00%	
Amidon	50,00%	5,00%	
Sel	2,00%	5,00%	
Sucre	4,00%	5,00%	
MSG	0,10%	5,00%	
Assaisonnements	1,00%	5,00%	
Eau douce	2,90%	100,00%	
Intrant total	100,00%		37,76%
Perte due au nettoyage	1,00%		
Taux d'humidité du produit fini	12,00%		
Taux de rendement en matière	73,25%		

4.3 HYPOTHESES GENERALES

Nous choisirons tout d'abord d'utiliser pour cette étude un taux d'actualisation de 12%. Pour établir ce rendement espéré, la méthode choisie consiste à établir celui d'un titre sûr, puis, de rajouter une prime de risque proportionnelle à son coefficient bêta. Le coefficient bêta mesure la volatilité de l'indice boursier des entreprises d'un secteur d'activité précis, ici pour notre cas, il est basé sur la volatilité des titres de 90 industries oeuvrant dans le secteur de la transformation alimentaire. Ainsi, pour notre secteur d'activité, le bêta du risque est estimé à 0,74 (www.stern.nyu.edu). Par ailleurs, le taux sans risque est celui du rendement moyen des obligations du gouvernement canadien de plus de 10 ans soit 2,13%. Le taux de rendement requis est égal au taux de rendement espéré du marché (ici 11%) auquel on soustrait le rendement des bons du Trésor (soit 2,13%) le tout multiplié par le bêta (ici 0,75) puis on ajoutera ce résultat au rendement d'un titre sûr, soit le taux des obligations du Trésor (2,13%). Ce calcul donne comme valeur un taux de 8,78%. À ce taux nous ajouterons une prime de risque spécifique de 3,31% pour obtenir un

taux d'actualisation de 12%. Le graphique 3 suivant décrit le calcul du ratio risque-rendement.

Graphique 3. Ratio rendement- risque et taux de rendement espéré.



Par ailleurs, les données sont établies en dollars canadiens constants de 2016. Le taux de conversion considéré entre le dollar US et le dollar canadien sera le taux moyen annuel de 2015, où 1 dollar US est égal à 1,2787 dollar canadien.

Le taux marginal d'imposition combiné fédéral-provincial est évalué à 18,5% pour les PME de notre acabit au Canada.

Enfin, l'appui financier gouvernemental combiné (fédéral, provincial et municipal) pris en compte dans cette projection s'élève à 35% et ceci uniquement pour l'année zéro. Ce taux de 35% correspond à l'appui financier maximal accordé pour un projet en phase commerciale. Cependant si nous avons considéré une phase d'expérimentation ou d'essai pilote, nous aurions pu envisager une aide gouvernementale combinée maximale allant jusqu'à 90% pour l'expérimentation et 80% pour l'essai pilote.

4.4 DONNEES DE MARCHE ET HYPOTHESES SUR LE REVENU

Un traitement maximal de l'usine à 200 kg par heure de matières premières traitées a été pris comme référence dans le choix des équipements. Ce choix provient à la fois d'un rapprochement entre la capacité minimale des principaux équipements disponibles sur le marché, corrélé à la recherche de ne pas inclure dans le montage un ou plusieurs équipements qui seraient surdimensionnés. Nous avons aussi considéré la faisabilité d'atteindre en quatre ans une part de marché qui représenterait 1 % des volumes de vente au détail de croustilles à base de pomme de terre (produit substitut) au Québec. En effet, le volume de grignotines à base de pomme de terre vendu chaque année au Québec est d'environ 20 mille tonnes (MAPAQ 2014) et nous souhaitons vendre environ 220 tonnes de croustilles de crevette par an. Par ailleurs au Canada en 2013, le total des revenus de la vente d'aliments à grignoter était d'environ 2 600 millions de dollars (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2015). De notre côté, le revenu espéré de nos ventes serait de 3,1 millions de dollars par an, soit 0,1 % de ce marché en valeur.

Afin d'estimer les revenus du projet, nous avons considéré un produit fini, qui serait emballé par portion de 55g de façon innovante dans des boîtes cartonnées de type emballage de nourriture rapide asiatique prêt à emporter. Cet emballage cartonné positionnera notre produit dans la catégorie du grignotage, prêt et facile à consommer. Ce type d'emballage rappellera aussi discrètement les origines malaisienne du produit, la consommation de produits alimentaires asiatiques ayant une bonne popularité. Cet emballage cartonné, plié dans le style des origamis, permettra aussi au produit de se démarquer face aux paquets et sacs de chips. Un patron de l'emballage cartonné imaginé est présenté en Annexe 3. Nous pensons qu'un tel emballage qui permet de partager facilement le produit et qui serait aussi refermable à volonté pour espacer la consommation du produit se démarquera bien de ses concurrents.

Malgré le fait qu'un tel produit n'existe pas sur le marché, nous avons établi un prix de vente cohérent au consommateur, de la boîte de 55g de craquelins de crevette à 2,99 \$/

paquet. Le tableau suivant détaille l'estimation des marges réparties au sein de la chaîne de distribution pour un prix de vente à l'usine de 0,72 \$ par paquet.

Tableau 15. Détails des coûts de distribution du produit.

Nom des intermédiaires	Prix d'achat/vente	Marges en pourcentage	Marges en dollars
Vendeur du fabricant	\$0,72	20,00%	0,18 \$
Distributeur	\$0,90	40,00%	0,60 \$
Détaillant	\$1,50	50,00%	1,50 \$
Consommateur final	\$2,99		

Le temps de production de l'usine par an est estimé à 1 680 heures, soit 8 heures par jour durant 210 jours. La capacité maximum de production de l'usine est de 3 600 paquets de craquelins par heure. En utilisant 90% de sa capacité maximale de production, la quantité de croustilles que pourrait produire l'usine par an serait donc d'environ 4 millions de paquets de 55g. Avec un prix de vente au distributeur de 0,72 \$ par paquet, le chiffre d'affaire net par an de l'entreprise serait d'environ 3 millions de dollars.

4.1 HYPOTHESES SUR L'INVESTISSEMENT

Nous évaluerons et détaillerons ici les capitaux nécessaires pour la construction complète et la mise en place du projet de production des craquelins de crevette. Ces capitaux représentent pratiquement la valeur totale des actifs de l'entreprise envisagée. Nous y retrouverons ici les études d'avant-projet et coûts d'analyses ; les principaux équipements nécessaires ; les coûts de montage et d'installation de ces équipements ; les coûts des réseaux et conduites ; les frais liés aux instruments de contrôle qualité et mesurages ; les montants dus aux installations électriques ; les coûts reliés aux bâtiments ; les services auxiliaires ; les investissements dus aux terrains et aménagements, les frais de démarrage, les intérêts pendant la période de construction, les coûts d'ingénierie et de

direction ; les frais liés à la construction, les honoraires d'entrepreneurs ; mais aussi le coût des imprévus (Zugarramurdi, A., et al. 1999).





4.3.1 Les investissements fixes





- Les principaux équipements



Le détail et le coût des équipements requis pour la production du craquelin sont décrits dans le tableau 14 suivant. Le craquelin de crevette à l'étude étant inspiré de produits populaires en Asie du Sud-Est, il nous est apparu logique de chercher des équipements de production provenant d'Asie, là où il y avait une meilleure connaissance de ce type de croustille et des techniques pour le produire. La méthode utilisée pour déterminer et obtenir le coût de ces équipements fut par contact direct auprès de fournisseurs potentiels. La grande majorité des équipements sélectionnés devant être importée, les prix indiqués comprennent le coût d'achat, l'assurance transport et le fret (CAF) ainsi que la mise aux normes de la tension électrique de l'équipement.

Le matériel roulant nécessaire au transport des coproduits de l'usine de transformation de crevette à celle de production des croustilles sera effectué par une camionnette réfrigérée d'une valeur de 35 000 \$ CA. Par ailleurs, deux chariots élévateurs d'une valeur de 10 000 \$ CA chacun seront aussi nécessaires au sein des usines de production du craquelin, pour les opérations courantes de chargement et déchargement. Le transport vers les usines régionales d'extrusion ainsi que vers les lieux de distribution sera lui délégué à un transporteur externe.

Tableau 16 Présentation des équipements nécessaires à la réalisation du projet

Nom de l'équipement	Volume de matière traitée	Coûts estimés	Valeur estimée en fin de projet Année 10	Description	Photo de l'équipement
Broyeur pour les coproduits Jingdezhen Huiju Technologies Limited	150 kg/h	7 000 \$ CAF	700 \$	Finesse du produit après broyage: 100-200meshs, Puissance: 7.5kw. Poids: 175kg, Dimension: 700*430*980mm.	
Stockage chambre froide Modèle TT-CR22 de la marque Twothousand	25 m ³	25 000 \$ CAF	2 500 \$	Dimension (L * W * H): 3550 * 5240 *2300 mm compresseurs: marque CopelandWay Réfrigérant:R404a Panneau isolant PU éprouve du feu Épaisseur du panneau:100 mm centraux de refroidissement par air.	
Mixing machine Henan Gelgoog Machinery CO.,LTD	40kg/fois/10 min	5 000\$ CAF	500\$	Puissance : 4.0KW Taille : L750*W810*H950mm Poids : 105 kg	
Élévateur de matières Zhengzhou Pasen Machinery Co., Ltd	200 kg/h	4 500\$ CAF	400 \$	Puissance: 1.1kw Taille: L1850*W810*H2200mm Poids.:180kg	

Nom de l'équipement	Volume de matière traitée	Coûts estimés	Valeur estimée en fin de projet Année 10	Description	Photo de l'équipement
Extrudeuse et machine de moulage et de découpe en rouleaux Henan Gelgoog Machinery Co.,Ltd	200 kg/h	45 000\$ CAF	4 500 \$	Puissance : 18,5 kWh Cylinder Dia.: 126mm Capacité: 200kg/h Size: L2000*W1500*H2000mm	
Trancheur Henan Gelgoog Machinery Co.,Ltd	200 kg/h	7 000\$ CAF	700 \$	Puissance: 3.5KW Size: L1050*W610*H750mm Finesse de coupage de 1 à 3 mm.	
Sécheur pour les pellets Jinan Eagle food machinery Co., Ltd.	200kg/h	35 000 \$ CAF	3 500 \$	Avec un épandeur pour répandre uniformément les pellets sur la bande du sécheur Puissance du sécheur : 5,5 KW Taille 8000 * 1300 * 2350mm	
Expandeur à air chaud pour les pellets Jinan Eagle food machinery Co., Ltd.	200 kg/h	30 000\$ CAF	300 \$	Température 200 à 400°C Énergie de chauffage air : Gaz (7,5 KW) Énergie fonctionnement: électrique (1,5 KW) Dimension(L*W*H): 2600x1600x2300mm	

Nom de l'équipement	Volume de matière traitée	Coûts estimés	Valeur estimée en fin de projet Année 10	Description	Photo de l'équipement
Snack Flavoring Machine avec son convoyeur model 250 Zheng Zhou Hongle Machinery Equipment Co.	100 kg/ 30 min	20 000 \$ CAF	2 000 \$	Matériaux : Inox 304 Capacité : 600-1000 Kg/h 95% d'uniformité au mixage. 1.12kw/h	
Machine d'emballage automatique des croustilles expansées dans des boîtes cartonnées. Chirag Electronics	3 600 cartons de 55g par h.	100 000 \$ CAF	7 000 \$	Puissance 5 KW	

- Coûts de montage et d'installation des équipements

Cette composante est considérée séparément de l'achat de l'équipement dans cette étude. Même, si les équipements choisis ne sont pas technologiquement très pointus, il sera néanmoins recommandé de faire appel au personnel du fournisseur pour l'installation, le montage, le réglage et le démarrage de ces équipements, notamment pour des motifs de garanties. Dans le document « Ingénierie économique appliquée aux industries de la pêche » réalisé en 1999 pour la FAO par Zugarramurdi, A., et al., il est préconisé d'estimer le coût d'installation et de montage des équipements à 20% de leurs valeurs. (Zugarramurdi, A., et al. 1999)

Cependant le coût d'installation ne concerne pas tous les équipements requis pour le projet. Mais plus spécifiquement, ce coût concerne la chambre froide, avec un coût d'installation de 5 000\$; l'extrudeuse et son convoyeur avec un coût d'installation de 8 500 \$; le sécheur avec un coût associé de 7 000 \$; l'expandeur à air chaud avec un coût de 6 000 \$; l'assaisonneur 4 000\$, enfin la machine d'emballage automatisé avec un coût de 20 000\$. Soit un total de 50 500 dollars pour les coûts de montage et d'installation

- Frais pour les branchements et installations électriques

Nous incluons dans les coûts liés aux installations électriques, la main d'œuvre et le coût des matériaux, pour l'entrée, les branchements, ainsi que les équipements de contrôle de l'alimentation électrique de la production. Ce coût est estimé à 40 000 \$ pour l'installation électrique de l'ensemble de l'unité de production. Les frais de plomberie sont quant à eux estimés à 10 000\$.

- Coûts des instruments de contrôle qualité et de mesurage.

Nous voulons intégrer ici les coûts de prévention des défauts qui adviendraient durant les périodes de production, de stockage et de transport du produit. La démarche d'assurance qualité promue par une mise en œuvre des concepts HACCP engendre en effet des coûts

importants, avant même que la production ne commence. Ces coûts seront dus à l'achat et à l'installation d'instruments visant à contrôler différentes variables durant tout le processus de fabrication. (Zugarramurdi, A., et al. 1999) Cet investissement ayant un rôle très important par la suite dans la réduction des pertes et coûts finaux, il ne sera pas négligé non plus les coûts relatifs à l'élaboration en amont d'un système qualité dans l'entreprise. Les coûts estimés engendrés à cette étape seront d'environ 30 000 \$.

- Bâtiments, terrains, aménagements et frais liés à la construction.

Nous considèrerons ici les coûts destinés à la construction de tous les bâtiments nécessaires à la production. Ces coûts comprennent la main-d'œuvre, les matériaux et les fournitures nécessaires à la construction des bâtiments et infrastructures. Mais aussi, les coûts de plomberie, les coûts des équipements de traitement de l'air et des vapeurs d'eau au-dessus de l'extrudeuse, ainsi que les coûts du reste des équipements des bâtiments. Il sera aussi considéré dans cette rubrique l'investissement nécessaire à l'aménagement du terrain. Nous intégrerons par ailleurs à ces coûts, les dépenses liées à la conception, à l'ingénierie de procédé et au contrôle de la mise en place des installations. Nous voulons prendre aussi en compte ici les dépenses liées à la rémunération du personnel nécessaire à la coordination des travaux de mise en place du projet.

Ces coûts peuvent être estimés à 300 000 \$. La valeur de revente de la bâtisse en fin de projet est estimée à 100 000\$

- Fonds de terre

Le fonds de terre est évalué à 35 000 \$ pour l'usine de pellets située en Gaspésie et à 60 000 \$ pour le fonds de terre de l'unité d'expansion-emballage située à proximité de la distribution. Le prix de revente du fonds de terre en fin de projet à l'année 10 sera de 20 000 \$.

- Imprévus

Nous souhaitons ici prendre en compte les incidents et surcoûts durant la période de construction du projet, qui n'ont pas été considérés. La contingence sera ici estimée à hauteur de 10 % de l'investissement.

4.3.2 Estimation du fonds de roulement.

Le fonds de roulement est composé des stocks de matières premières et produits semi-finis ou en cours de fabrication, de la trésorerie, des crédits acheteurs et factures à recouvrer et du crédit fournisseur à déduire. Pour son estimation, nous considérerons que son montant s'élève à 10 % des investissements fixes, comme recommandé pour les industries de la transformation de produits marins. (Zugarramurdi, A., et al. 1999) Le fonds de roulement du projet est donc évalué à 89 000 \$

Le tableau 17 suivant récapitule les hypothèses de base et l'investissement requis pour réaliser le projet.

Tableau 17 Synthèse des hypothèses pour l'investissement requis.

Nature de l'investissement	Coûts estimés (\$)	En pourcentage
Fond de terre	118 250	11,34%
Bâtisse	385 000	36,92%
Matériels roulants	55 000	5,27%
Équipements	395 450	37,93%
Fonds de roulement	89 000	8,54%
TOTAL	1 042 700	100%

4.2 HYPOTHESES SUR LES COÛTS DE PRODUCTION

Les coûts de production sont divisés en deux grandes catégories, que sont les coûts directs ou variables qui évoluent en fonction des niveaux de production et les coûts fixes qui eux sont indépendants des ratios de production. Nous exprimerons les coûts variables en dollars canadiens par tonne de produits finis et les coûts fixes sur une base annuelle.

4.5.1 Coûts directs ou variables

- Matières premières

Notre scénario prévoit pour l'achat des coproduits de crevettes à l'usine de transformation, un coût de récupération et de stabilisation ainsi qu'une potentielle marge brute de 15 % au bénéfice de l'usine de première transformation. La stabilisation, la congélation et un stockage préliminaire des résidus broyés sont envisagés au sein de l'usine de transformation de crevette. Le prix facturé par l'usine de transformation pour la congélation d'une tonne serait d'environ 110\$ / t auquel on rajouterait un coût pour la manipulation d'environ 120 \$ / t. La quantité de broyés de crevettes utilisée dans la préparation d'une tonne de produits finis est environ de 400kg, ce qui représente donc un coût d'environ 108 \$ par tonne d'intrant final. Le volume annuel de coproduits de crevettes récupéré sera de l'ordre de 140 tonnes métriques.

Le deuxième intrant principal utilisé pour la fabrication des croustilles à l'étude est l'amidon. Nous utiliserons de l'amidon de tapioca au grade alimentaire à un prix d'achat de 900 \$ par tonne. La quantité d'amidon utilisée par tonne de produits finis est de 500 kg, ce qui représente un coût variable de 450 \$ par tonne d'intrant.

Enfin, il y a l'assaisonnement à savoir le sel qui représente 2% de l'intrant, le sucre (4%), le MSG (0,1%), ainsi que les différentes poudres d'épices d'aromatisation du craquelin fini qui représentent elles 1% du produit. Le prix d'achat de la tonne de sel est de

500\$, le prix de la tonne de sucre est estimé à 1500\$, quant aux épices le prix de la tonne est estimé à 20 000\$ et 10 000\$/t pour le MSG.

- Main-d'œuvre directe

Nous incluons ici les salaires des employés dont le travail est en lien direct avec la production. Le procédé de production prévoit 6 employés :

1 employé chargé du broyage et de la récupération de la chair au sein de l'usine de transformation de crevette ainsi que du transport frigorifique des coproduits vers l'entreprise.

1 employé chargé de la réception et du stockage des intrants, mais aussi de l'entretien.

1 employé chargé des étapes d'incorporation, d'extrusion et de stockage des extrudats.

1 employé chargé du tranchage et séchage et emballage des craquelins semi-finis

2 employés pour l'usine d'expansion des croustilles, qui seront en charge de la réception du pellet, de leur expansion et de l'emballage.

Le salaire horaire des employés est de 13 \$ de l'heure en moyenne avec des avantages sociaux de 20 % soit 15,6 \$/ h. Le nombre d'heures travaillées par jour étant en moyenne de 8 h et le nombre de jours travaillés par an étant d'environ 210 jours.

- Maîtrise

Le coût de la maîtrise correspond au salaire des employés en charge de la supervision des opérations ainsi que du contrôle qualité et du laboratoire. Il y aura deux contremaîtres, un à l'usine de fabrication du pellet et un autre à l'usine d'expansion. Le salaire horaire de ce poste sera de 17\$ / heure avec 20 % d'avantages sociaux soit 20,4 \$/ h. Le nombre d'heures travaillées par jour étant en moyenne de 8 h et le nombre de jours travaillés par an étant d'environ 210 jours.

Tableau 18. Synthèse des coûts concernant la main-d'œuvre directe et la maîtrise.

	Par jour	Par année
Besoin en main d' œuvre	6 ouvriers 2 superviseurs	
Jours de production par an	210 jours	
Heures de production	8	1 680
Taux horaire ouvrier	13 \$/ h	
Taux horaire maîtrise	17 \$/ h	
Avantages sociaux	20%	
Taux horaire ouvrier avec avantages sociaux	15,60 \$/ h	
Taux horaire maîtrise avec avantages sociaux	20,40 \$/ h	
Salaire ensemble main-d'œuvre directe	748,8 \$	157 248 \$
Salaire ensemble maîtrise	326,4 \$	68 544 \$
Total Salaires	1 075,2 \$	225 792 \$

- Énergie

Pour l'électricité, l'entreprise sera assujettie au tarif M général pour la clientèle de moyenne puissance. La structure de ce tarif M comporte deux niveaux. Tout d'abord une tarification pour la puissance à facturer de 14,37 \$/kW, ainsi qu'une tarification pour l'énergie consommée de 4,93 ¢/kWh les premiers 210 000 kWh consommés et de 3,66¢/kWh pour le reste.

La tarification pour la puissance maximale appelée correspond ici à 90% de la puissance apparente. Nous considérerons donc que cette puissance maximale est égale à la somme de la puissance des machines en opération pour la production, additionnée aux besoins en électricité pour la réfrigération, l'éclairage et le chauffage. La puissance apparente moyenne devrait être d'environ 540 kW au tarif de 14,37 \$/kW. Le tableau suivant illustre ces coûts.

Tableau 19 Illustration du prix de l'énergie fournie par Hydro-Québec

STRUCTURE DU TARIF M	
Prix de la puissance à facturer	14,37 \$/kW
Tarif de base pour notre projet	1 384,55 \$/mois
Prix de l'énergie :	
Pour les 210 000 premiers kilowattheures (kWh)	0,0493 \$/kWh
Pour le reste de l'énergie consommée	0,0366 \$/kWh

Les besoins en kilowattheures de notre projet sont illustrés dans le tableau suivant. On y retrouve la consommation en kilowatt par heure des équipements utilisés pour la production des croustilles. Mais aussi la consommation annuelle pour la chambre froide et le chauffage, ainsi que l'éclairage, les appareils électroniques tels que les ordinateurs, capteurs et autres.

Tableau 20 Estimation de la consommation d'énergie électrique en kWh

Par Heure	
Broyeur pour les coproduits	7,5 kWh
Mixing machine	4 kWh
Élévateur de matière	1,1 kWh
Extrudeur et machine de moulage et de découpe en rouleaux	18,5 kWh
Trancheur	3,5 kWh
Sécheur pour les pellets	5,5 kWh
Expandeur à air chaud pour les pellets	1,5 kWh
Snack Flavoring Machine avec son convoyeur	1,12 kWh
Machine d'emballage automatique	5 kWh
Par An	
Stockage chambre froide	40000 kWh
Éclairage, appareils électroniques et autres	2000 kWh
Chauffage	100000 kWh

Le besoin en gaz de l'expandeur des pellets à air chaud est d'environ 0,5 m³ de gaz naturel par heure soit d'environ 2,5 m³ par tonne produite. La consommation moyenne en gaz d'un chariot élévateur est d'une bombonne de 13kg par 8 h de fonctionnement. Ce qui représente un coût d'environ 20\$ par 8h de production et par chariot élévateur.

- Maintenance

Nous incorporerons ici les coûts liés à l'entretien et à la réparation des équipements de production, à savoir les coûts de matériel, ainsi que de main-d'œuvre utilisée pour les révisions occasionnelles et de routine des équipements. Pour pallier l'absence de données précises, il est recommandé pour ce genre d'équipements d'évaluer les coûts de maintenance à 5% des investissements fixes pour leur durée de vie utile de 10 ans. (Zugarramurdi, A., et al. 1999 ; MPO,. and Aliments. B. J. G. Inc 1991)

- Frais de transport

Les frais de transport se décomposent en plusieurs catégories :

Tout d'abord, les frais pour le transport réfrigéré des résidus broyés entre l'usine de transformation et l'unité de production des pellets située à proximité sont estimés à 50 \$ la tonne métrique. L'achat d'un camion réfrigéré a été inclus dans les prévisions d'investissement fixe, ce coût estimé ici comprend le carburant et le temps du chauffeur pour les trajets assez courts entre l'usine de transformation des crevettes et l'usine de production des craquelins semi-finis. Le coût de transport de cet intrant est estimé à environ 25 \$ par tonne de matière traitée.

Le transport des autres matières premières telles que l'amidon et les épices d'assaisonnement a été inclus dans le prix d'achat de ces matières.

Le transport pour le produit semi-fini à savoir le pellet vers l'usine d'expansion et d'emballage est estimé à 30 \$ par tonne métrique de matière traitée.

Le transport du produit fini sera quant à lui à la charge du distributeur.

- Fournitures

Ce poste comprend toutes les matières utilisées dans la production telles que les produits de nettoyage, les consommables de laboratoire, etc. Ces coûts sont couramment estimés pour ce type de projet à 6% des coûts de main-d'œuvre (Zugarramurdi, A., et al. 1999). Plus particulièrement pour notre projet, les coûts des consommables de laboratoire seront estimés à 10 000\$ par an et les frais des produits de nettoyage à 7 500\$ par année.

- Emballages

Plutôt que de considérer ce poste avec le coût des matières premières, nous avons préféré considérer les dépenses liées aux emballages séparément, notamment par le fait qu'elles représentent une part très importante des coûts de production.

Le premier coût considéré est celui de l'emballage nécessaire au transport des coproduits broyés depuis l'usine de première transformation. Les frais d'emballage de cet intrant sont estimés à 50\$ par tonne de matière traitée.

Par ailleurs, l'emballage utilisé pour le transport des pellets vers l'usine d'expansion représente un coût d'environ 210 \$ par tonne de produits finis.

Enfin, le coût de l'emballage du produit fini est estimé à 0,10 \$ par boîte de 55g et le coût de mise sur palette de ce produit final est de 5\$ par palette de 300 paquets de croustilles.

4.5.2 Coûts fixes et d'administration

- Coûts de direction et d'administration.

Les coûts de direction et de gestion comprennent les coûts reliés indirectement à la production tels que les salaires et charges sociales de l'administration et de la direction, les

frais de communication et de fournitures, ainsi que les frais de conseil et les déplacements professionnels.

Les salaires et charges sociales des trois salariés responsables de la direction et de l'administration de l'entreprise à savoir le directeur général, un secrétaire-comptable, un directeur qualité ont un montant annuel de 100 000\$.

Pour les frais de communication et de papeterie, un montant arbitraire de 5 000\$ par an a été alloué.

Pour les frais de conseils techniques, juridiques ou marketing, ainsi que pour les honoraires des professionnels engagés pour des vérifications ainsi que pour certains frais légaux un budget de 30 000\$ a été alloué par an pour ces postes.

Pour les déplacements visant la rencontre des partenaires économiques, un budget de 10 000\$ est prévu par an.

- Entretien et réparation des bâtiments

Il est courant d'estimer les coûts annuels d'entretien et de réparations des bâtiments à 2 % de leurs valeurs, soit 10 000\$ par an.

- Assurances et responsabilité civile

Compte tenu de la valeur des immobilisations, nous estimons ce poste à environ 15 000 \$ par an.

- Taxes, impôts fonciers et permis.

Les impôts sur le bénéfice ne sont pas pris ici en considération.

Les entreprises implantées en zone urbaine payent plus d'impôts fonciers que celles en zone plus rurale. Notre modèle économique prévoit l'implantation d'une petite unité d'expansion-emballage en zone urbaine proche du marché, avec pour avantage de diminuer les coûts de transport et d'augmenter la capacité de réaction dans la production, en plus de

l'usine centrale de production située en Gaspésie à proximité de l'usine de transformation. Cependant, malgré la différence entre les deux taxes foncières de ces deux locaux de production et par le fait que nous ne disposons pas du chiffre exact des taxes foncières locales, nous considérerons comme base un montant égal à 1 % de l'investissement fixe. Soit environ 15 000 \$ par an.

Pour les permis et cotisations, nous estimerons arbitrairement un montant de 2 000 \$ par an pour ce poste.

- Frais bancaire

Les frais bancaires sont estimés à 500 \$ par an.

- Coûts commerciaux et de distribution

La distribution du produit est assurée par un intermédiaire ayant une marge de 20 % du prix accordée au distributeur (cf tableau 16) ainsi pour chaque paquet notre vendeur recevra 0,18 \$. La marge de profit du vendeur sera donc déduite de notre prix de vente dans le cadre de cette projection financière.

Par ailleurs, en plus de ces coûts de distribution, un budget annuel égal à 7% du chiffre d'affaires brut sera alloué à la publicité et à la promotion des ventes. Ainsi pour l'année 1, le budget publicitaire sera donc d'environ 135 000 \$ pour la première année.

- Études de marché et de vérification technique d'avant-projet.

Afin d'arriver à la décision d'investissement, ainsi qu'à l'optimisation du modèle d'affaires et au soutien de la mise en œuvre de ce projet ; des études d'avant-projet, de marché ainsi que des tests en laboratoire devront être réalisés. (Zugarramurdi, A., et al. 1999)

Nombre d'instituts proposent des études de marché et d'avant-projet standardisées. Le coût de telles études peut varier entre 4 000 et 10 000 \$, chez des agences-conseils en

marketing et développement des affaires à Montréal. (Gagnon-Paradis, I. 2010 ; Caumont, D. 2010)

Des analyses en laboratoire de conformité sont aussi exigées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) avec pour objectif d'évaluer les valeurs nutritionnelles, ainsi que les qualités alimentaires du produit, notamment dans le cadre de la vérification de la conformité avec les règlements sur les aliments (Thompson, J. W. and G. Jarvis 1990). Par ailleurs, la réglementation pour les produits alimentaires non stables à température ambiante impose que des analyses soient réalisées pour définir la date limite de conservation (DLC) prévue du produit. Par ailleurs, des coûts d'évaluation et d'inspection de conformité aux spécifications de qualité comprendront aussi des coûts d'inspection sur toute la chaîne de production, d'échantillonnages et d'analyses en laboratoire. Ainsi, ces vérifications de bons respects de la qualité auront un coût, que nous estimerons à 20 000 \$.

- Divers imprévus

Pour ce poste chargé de prévoir l'imprévisible, nous considèrerons un budget arbitraire de 5% des coûts fixes d'administration.

CHAPITRE 5

PROJECTION FINANCIÈRE

Cette partie traitera de l'analyse de faisabilité financière du projet à l'étude. Les tableaux décrivant le modèle financier élaboré se trouvent en annexe 2. L'information financière essentielle à l'analyse de ce projet ainsi que des faits saillants illustrant l'analyse de rentabilité à long terme et de risques du projet seront détaillés dans cette partie.

5.1 L'ANALYSE DE RENTABILITE A LONG TERME DU PROJET

5.1.1 Prise en compte des hypothèses de base.

L'analyse de rentabilité à long terme, c'est-à-dire sur 10 ans, du projet est présentée dans l'annexe 2. Le tableau A, est composé de trois parties. Tout d'abord, ce tableau compile les hypothèses de base décrites dans le précédent chapitre 4. Ainsi, le tableau A énumère les investissements fixes nécessaires à l'année zéro pour la réalisation du projet, puis résume l'ensemble de ces investissements. Par ailleurs, dans ce modèle, un taux de 2% par année sur 10 ans a été utilisé pour simuler l'inflation.

Après énumération des investissements fixes, la deuxième partie de ce tableau A est composée des données relatives aux entrées et sorties de fonds du projet. Ainsi on retrouve ici les entrées de fonds du projet, à savoir les données de production et celles fournies par le marché. Viennent ensuite les coûts variables de production et les frais fixes.

La troisième partie du tableau A illustre les variables économiques impactant le projet et résume les investissements fixes que nécessite la réalisation de cette entreprise.

Les données de marché concernant le prix de vente de la tonne de produits finis sont détaillées dans le tableau D présent aussi en annexe 2. Ce tableau décrit en effet le prix de

vente du produit fini en considérant les marges et profits de la distribution comme détaillée auparavant dans le chapitre 4.

Les paramètres de production de ce projet, prennent en compte la capacité maximale de traitement de produits de l'usine soit 336 tonnes/an de matière première. Un taux de production annuelle en fonction de cette capacité maximum a été ici établi. On notera que cette capacité maximum de production ne sera pas atteinte dans ce projet et plafonnera à 90% de celle-ci dès l'année 4. Enfin, on considèrera le taux de rendement en matières de 73%, qui fut établi dans le chapitre 4, pour tenir compte du séchage de la matière première et notamment l'intrant protéiné qu'est la crevette.

5.1.2 Traitement des hypothèses concernant les amortissements

Les hypothèses sur les coûts d'amortissements sont détaillées dans le tableau C dans l'annexe 2. Elles ont été calculées à partir des hypothèses d'investissement résumées au chapitre précédent dans le tableau 15. Par ailleurs, le tableau D dans l'annexe 2 résume l'allocation du coût en capital, et l'amortissement selon les catégories fiscales.

Ainsi, le taux d'allocation du coût en capital pour la catégorie 8 qui correspond aux investissements engendrés par l'achat et l'installation des équipements de production est de 20%.

Le taux d'amortissement pour les coûts en immobilisation pour la construction et l'aménagement des bâtiments correspond à la catégorie 3 avec un taux de 5%.

Enfin, les coûts engendrés par l'achat du matériel roulant sont liés à la catégorie 10 et amortis avec un taux dégressif de 30%.

5.1.3 Établissement des flux monétaires et validation de la rentabilité du projet

Afin d'établir si oui ou non le présent scénario à l'étude est rentable, une solution consiste à calculer les flux monétaires nets d'opération pour la durée du projet en incluant bien sûr l'investissement initial réalisé à l'année zéro, puis d'actualiser tous ces flux monétaires et enfin de calculer la valeur actuelle nette (VAN) c'est-à-dire la somme de tous ces flux actualisés. Une valeur actuelle nette positive signifie que les flux monétaires d'opération réalisés de l'année 1 à l'année 10 ramenés à la valeur d'aujourd'hui sont supérieurs à l'investissement requis pour réaliser le projet et donc que le projet est viable. Une valeur actuelle nette supérieure à zéro signifie aussi que le scénario proposé est rentable, la valeur de l'entreprise augmentant du montant de la VAN (Morissette, 2003). Le taux servant à actualiser les flux monétaires représente le rendement requis du projet d'investissement. Le taux d'actualisation doit être proportionnel à l'inflation ainsi qu'au risque que représente l'investissement. Il sert en effet à prendre en compte le rendement nécessaire à la réalisation du projet, notamment par le fait du besoin engendré par les coûts en capitaux d'investissement (Morissette, 2003). Avec un taux d'actualisation qui ne prendrait pas en compte le risque du projet et qui serait basé sur le taux des obligations du Trésor (2,13%), la VAN de notre projet serait égale à 9 567 727 \$.

Nous avons évalué dans le précédent chapitre 4, un taux d'actualisation pour ce projet tenant compte du risque, égal à 12%. Un autre critère d'évaluation de la viabilité du projet d'investissement consiste à rechercher quel est le taux d'actualisation qui rendrait la VAN du projet nulle. Le Taux de Rendement Interne (TRI) est la valeur du taux d'actualisation qui rend la VAN égale à zéro. La VAN et le TRI sont donc deux critères très importants pour la décision d'acceptation ou de refus du projet (Morissette, 2003). Pour notre scénario, on constate dans le tableau E présent en annexe 2, que la VAN calculée avec un taux d'actualisation de 12 %, tenant compte du risque, est égale à 5 326 115 \$ et que le TRI est de 90,63 %.

Cependant, nous savons que la méthode du TRI souffre d'une lacune importante. C'est-à-dire, qu'elle suppose que, contrairement à la méthode de la VAN qui conjecture que les flux monétaires du projet sont réinvestis au taux d'actualisation utilisé, dans le calcul du TRI, les flux monétaires du projet ne sont pas réinvestis au même taux (Morissette 2011). Afin de pallier à cette lacune, nous avons calculé un taux interne de rendement corrigé (TRI*). Ainsi, le TRI corrigé est égal à 29 %.

5.2 COÛTS DE FABRICATION ET CONTRIBUTION MARGINALE

Dans l'analyse micro-économique des coûts de fabrication, on utilise couramment la contribution marginale comme outil. Celle-ci correspond à l'excédent des revenus sur les frais variables. L'utilisation ici de la méthode de la marge sur coûts variables ou de la contribution marginale a pour but d'éclairer la décision d'investissement. Une contribution marginale positive indiquant en effet qu'il y aurait un intérêt à poursuivre l'investissement. (Varian, 2014)

Afin d'obtenir ce ratio de rentabilité, on additionnera les coûts de la matière première, de l'emballage, les coûts de main-d'œuvre, ainsi que les autres frais de production. Le total de ces coûts par kg sera soustrait au prix de vente du kg de produit fini, pour obtenir la marge sur coûts variables. La contribution marginale pourra aussi être obtenue en pourcentage, en divisant la marge sur coûts variables précédemment calculée par le prix de vente du produit et en mettant le résultat sur 100. La contribution marginale représente en fait ce que rapporte le dernier kg vendu moins le coût variable de cette unité.

Ainsi, le tableau H en annexe 2 faisant état du coût de fabrication détaillé du présent projet montre qu'en période de croisière (à l'année 4), la contribution marginale unitaire par kg de produit fini est de 7,95\$, ce qui représente aussi une contribution marginale en pourcentage d'environ 61%.

5.3 ANALYSE DE SENSIBILITE

Le but de l'analyse de sensibilité est d'identifier les variables à risques d'un projet c'est-à-dire les principales variables critiques influençant le plus la rentabilité du projet (Morissette, 2003). La méthode de sensibilité utilisée ici, pour évaluer l'influence qu'exercent certains paramètres importants sur la rentabilité du projet à l'étude, consiste à évaluer la variation en pourcentage que ces variables doivent subir pour rendre la VAN du projet nulle. Ainsi, plus le pourcentage de variation sera faible, plus grande sera la sensibilité de ces variables (Morissette, 2003).

Les variables clés évaluées par cette deuxième méthode d'analyse de sensibilité sont les suivantes :

- Marge du vendeur du fabricant en %
- Marge du distributeur en %
- Marge du détaillant en %
- Prix de vente au consommateur final
- Quantité de matières traitée par heure
- Nombre de jours travaillés par an
- Coût de l'énergie (des premiers 210 mille kWh)
- Publicités, promotion des ventes (en pourcentage des ventes)
- Marge brute de l'usine de première transformation (en %)

Ainsi les deux variables jugées les plus sensibles par cette méthode sont le prix de vente au consommateur final ainsi que la marge du détaillant. En effet, une variation de 20% de ces postes rend la VAN du projet égale à zéro. Pour le prix au consommateur, cette variation de 20% correspond à une baisse du prix de vente à 1,66 \$ (il était auparavant établi à 2,99 \$). Pour la marge du détaillant, cette variation correspond à une augmentation de celle-ci de 50% à 72,3 %. La marge brute de l'usine de première transformation sur le prix de vente du broyé de coproduits de crevettes est quant à elle la variable la moins sensible.

Le tableau rapportant les analyses de sensibilité effectuées selon la méthode décrite est présenté en annexe 2 dans les tableaux K et repris plus bas.

Tableau 21 Synthèse analyse de sensibilité variation des variables pour rendre la VAN nulle.

Variables étudiées	Valeur initiale	Valeur VAN=0	Sensibilité	Importance relative des variables en terme de sensibilité	Commentaires
Marge du vendeur du fabricant en %	20,00%	55,61%	178%	5	
Marge du distributeur en %	40,00%	66,71%	67%	3	
Marge du détaillant en %	50,00%	72,26%	45%	1	La marge du détaillant est une variable sensible. Avant de prendre la décision d'investissement, il serait plus prudent de mener des études complémentaires visant à consolider cette valeur.
Prix de vente au consommateur final	2,99	1,66	45%		Le prix de vente au consommateur est une variable sensible. Avant de prendre la décision d'investissement, il serait plus prudent de mener des études complémentaires visant à consolider cette valeur.
Quantité de matière traitée par heure	200	75,17	62%	2	
Nombre de jours travaillés par an	210	58,21	72%	4	
Coût de l'énergie (premier 210 mille kWh)	0,0493	5,201406069	10451%	7	
Publicité promotion des ventes (en pourcentage des ventes)	7,00%	46,28%	561%	6	
Marge brute de l'usine de première transformation (en %)	15%	97,73%	552%	8	

5.4 LA METHODE DES SCENARIOS

Cette méthode a pour but de constater la variation de la rentabilité selon trois scénarios dans lesquels on aura attribué aux variables sensibles choisies des valeurs pessimistes, réalistes et optimistes (Morissette, 2003). Les différences entre ces nouvelles VAN réévaluées pour chacun de ces trois scénarios montrent l'étendue de la sensibilité des variables que l'on a choisies d'impacter et par conséquent le risque du projet.

Les variables que nous avons choisies d'impacter dans ces scénarios sont les suivantes :

- Le prix au consommateur final
- La marge du vendeur du fabricant
- Les pertes en matières dû au nettoyage

- La quantité de matières premières traitée par heure
- Le poids du paquet de croustilles

Lors du scénario pessimiste, nous avons altéré de 20% la valeur des variables énoncées auparavant. À contrario, pour le scénario optimiste nous avons amélioré de 20% ces variables. Pour le scénario réaliste, il s'agit des valeurs du scénario à l'étude. La VAN résultante du scénario pessimiste est d'environ 368 358 \$ soit une baisse de 93% par rapport au scénario réaliste. Cependant, le fait que la VAN du projet reste positive malgré le scénario pessimiste montre que probabilité de non-rentabilité du projet est minime. Quant à la valeur actuelle nette du scénario optimiste, elle est de 14 819 161\$ ce qui représente une augmentation d'environ 177 % par rapport au scénario de référence.

Le tableau synthétisant la méthode des scénarios réalisés est présenté dans le tableau J de l'annexe 2.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce mémoire avait pour but d'évaluer la faisabilité technique et économique d'un projet de valorisation alimentaire des coproduits issus de la transformation de la crevette nordique en Gaspésie. Dans ce rôle, cette étude a rempli totalement son mandat. Plus encore même, puisque cette recherche a mis à jour une véritable opportunité, en cela que les probabilités de réussite d'un tel projet d'entreprise sont énormes si on les compare à ce qu'elles pouvaient être avant la réalisation de cette étude. Par ailleurs, un autre apport de cette recherche est qu'elle a détaillé plusieurs procédés de fabrication d'un produit de grignotage incorporant le coproduit issu de la transformation de la crevette nordique en Gaspésie, dans son entièreté.

Cependant, les moyens dont nous disposions pour la réalisation de ce mémoire ne nous ont pas permis de réaliser une étude détaillée de marché pour notre croustille de crevette. Cela fait d'ailleurs partie des carences que notre recherche gagnerait à pallier. Une telle étude de marché permettrait de mieux cerner le positionnement du produit ainsi que la tarification, la conception d'images de la marque, mais aussi les canaux de distribution, la publicité, les promotions et le packaging. Même si le volume de grignotines de crevette que produirait le projet en une année ne représente que 1% des volumes de croustilles de pomme de terre vendues au Québec par an, il n'empêche que la quantité importante de paquets de croustilles de crevette que ce projet nécessite d'écouler, rend d'autant plus nécessaire la réalisation d'une étude de marché poussée.

Malgré tout, le produit qui a été développé par cette recherche vogue sur de grandes tendances de consommation qui font présager un avenir prometteur pour la commercialisation de notre craquelin de crevette. Tout d'abord, notre grignotine à la crevette est rapide et pratique à consommer, ce qui est en adéquation avec les grandes tendances actuelles de consommation. (MAPAQ 2014) Aussi, la recherche avérée des consommateurs en matière de collations pour un choix plus naturel et plus sain est favorable à la prise de part de marché de notre produit. Par ailleurs, la curiosité des

consommateurs en quête de divertissement, passe par la découverte de nouveaux goûts et de nouvelles saveurs notamment ethniques et exotiques et de spécialités de niche. Cette tendance est donc aussi une opportunité pour notre produit à grignoter d'inspiration malaisienne. Enfin, la demande croissante pour des produits alimentaires locaux et du terroir, gage de durabilité et de qualité selon le consommateur, est aussi une vague porteuse sur laquelle surfe notre produit. (MAPAQ 2014)

Pour l'usine de première transformation de crevette, un tel projet couvrirait non seulement les frais de traitement et de gestion d'une part non négligeable de ses résidus, mais serait aussi source de profit. En effet, en plus d'inclure les coûts de manipulation et de traitement des coproduits, nous avons considéré une marge brute de l'usine de première transformation de 15% sur la vente de ses coproduits. Cette marge n'a d'ailleurs pas été considérée comme sensible pour la rentabilité du projet. C'est-à-dire qu'elle pourrait être augmentée considérablement, sans pour autant compromettre la rentabilité financière du scénario évalué.

L'étude financière de ce projet réalisée ici a obtenu des résultats très prometteurs dans son évaluation des critères de décision d'investissement tels que la valeur actuelle nette (VAN) du projet ou son taux de rentabilité interne (TRI). Par ailleurs, les analyses de risque et de sensibilité réalisées dans ce mémoire ont permis de mieux cerner les variables clés du projet qu'il faudra maintenant consolider.

Enfin, au vu des résultats de cette étude concernant l'importance de la problématique de la valorisation des écarts de transformation pour le secteur, mais aussi au sujet de la faisabilité technique de la production industrielle de la croustille de crevette à l'étude, ainsi que pour ce qui est de la rentabilité économique de sa production, nous sommes convaincus de l'intérêt que représente un tel projet d'affaires. Aussi, nous recommandons que soient consolidées les variables clés de ce projet, notamment via une étude de marché plus poussée, afin que puisse voir peut-être le jour un projet d'expérimentation pilote.

RÉFÉRENCES ET NOTICES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACIA. (2013). Guide d'étiquetage et de publicité sur les aliments. Agence canadienne de l'inspection des aliments Santé Canada.
- ACIA. (2016). L'étiquetage des aliments pour l'industrie. Retrieved 2016-05-18, from <http://www.inspection.gc.ca/aliments/etiquetage/l-etiquetage-des-aliments-pour-l-industrie/fra/1383607266489/1383607344939>
- Ackman, R. G., & Eaton, C. A. (1967). Fatty Acid Composition of the Decapod Shrimp, *Pandalus borealis*, in Relation to that of the Euphausid, *Meganyctiphanes norvegica*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 24(2), 467-471. doi: 10.1139/f67-041
- ADEME. (2000). Coproduits d'origine végétale des industries agroalimentaires : leur valorisation en alimentation animale et leur place dans les circuits courts industries-éleveurs (les) (Vol. Connaître pour agir, pp. 74 p.): ADEME, INSTITUT DE L'ÉLEVAGE, COMITÉ NATIONAL DES COPRODUITS, INEL.
- Adjaoud, F., & Boubakri, N. (2008). Finance d'entreprise : Évaluation et gestion. Montréal: Chenelière-éducation.
- Agriculture-Canada. (2011). Tendances canadiennes et mondiales du marché des aliments de santé et de mieux-être. In M. d. l. A. e. A. Canada (Ed.), (pp. 32).
- Akdogan, H. (1996). Pressure, torque, and energy responses of a twin screw extruder at high moisture contents. *Food Research International*, 29(5), 423-429. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(96\)00036-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(96)00036-1)
- Akdogan, H. (1999). High moisture food extrusion. *International Journal of Food Science & Technology*, 34(3), 195-207. doi: 10.1046/j.1365-2621.1999.00256.x
- Altan, A., & Maskan, M. (2011). 6 Development of Extruded Foods by Utilizing Food Industry By-Products. *Advances in Food Extrusion Technology*, 121.
- AMEC. (2003). Gestion des déchets des usines de transformation des produits de la mer de l'Atlantique. . In A. E. a. E. Ltd. (Ed.), (pp. 135p.): AMEC Earth & Environmental Limited.
- Arason, S. (2002). Utilization of Fish Byproducts in Iceland. Paper presented at the Advances in Seafood Byproducts, Anchorage, Alaska, USA.

- Arason, S., Karlsdottir, M., Valsdottir, T., Slizyte, R., Rustad, T., Falch, E., . . . Jakobsen, G. (2010). Maximum resource utilisation-value added fish by-products.
- Ba-Jaber, A., Sofos, J., Schmidt, G., & Maga, J. (1992). Texturization of hand-and mechanically-deboned poultry meat combinations with a soy protein isolate by extrusion cooking. *Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie*, 25(2), 153-157.
- Barratt, A., & Montano, R. (1986). Shrimp heads—a new source of protein. *INFOFISH Markg. Dig*, 4(86), 21.
- Batista, I., & Mendes, R. (2010). Processing molluscs, shellfish and cephalopos. Paper presented at the Second International Congress on Seafood Technology on Sustainable, Innovative and Healthy Seafood.
- BDC, B. d. d. d. C. (2013). Planifier votre croissance: Cinq tendances de consommation qui changent la donne (pp. 42): Recherche et analyse économique du service du Marketing et des Affaires publiques de BDC.
- BERGER Karine, Stéphane, M., COULOMBE Noëlla, PARADIS Jean, OUELETTE Diane, CARBONNEAU Marie-Élise, . . . CÔTÉ Jonathan. (2013). Valorisation des matières résiduelles issues des usines de transformation de la crevette Volet 1 : résidus solides séchés. Rapport présenté à L'Association québécoise de l'industrie de la pêche: MERINOV AGRINOVA.
- Berk, J., De Marzo, P., Capelle-Blancard, G., & Couderc, N. (2008). Finance d'entreprise.
- Bérubé, G., Lévesque, C., Gawlicka, A. K., & Inc, M. (1990). Mise au point de nourriture pour animaux de ferme et d'Élevage aquicole ‡ partir de résidus de poisson : rapport final. Université du Québec à Rimouski Québec: Ministère des Pêches et des Océans, Région du Québec.
- Blais, R. (2016). Com. Perso.[Communication avec le directeur du site de compostage de la Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles de la Gaspésie (RIMRG), sur les volumes de résidus reçus par le site de compostage de Chandler en provenance des usines de transformation de crevettes de La Côte-de-Gaspé pour les années 2014 et 2015.].
- Boudreau, Y., et al. (2015). Activité bioalimentaire au Québec en 2014 – Bilan et perspectives (Vol. 15-0055, pp. 61): ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) sous-ministériat des politiques agroalimentaires Direction des études et des perspectives économiques

- Bouroche, A., & Le Bars, M. (1996). *Extrusion Cooking: A French-English-German Vocabulary*: Editions Quae.
- Bourseau, P., Massé, A., Cros, S., Vandanjon, L., & Jaouen, P. (2014). Recovery of aroma compounds from seafood cooking juices by membrane processes. *Journal of Food Engineering*, 128(0), 157-166. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.12.014>
- Bryl, P., & Renaud, N. (2012). Mise au point d'un procédé d'extraction de la chair émincée de crevettes. *Projet 500007*. Merinov.
- Bueno-Solano, C., López-Cervantes, J., Campas-Baypoli, O. N., Lauterio-García, R., Adan-Bante, N. P., & Sánchez-Machado, D. I. (2009). Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. *Food Chemistry*, 112(3), 671-675. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.029>
- Bunke, P. R., Ekanayake, A., Hammond, P. G., Prosis, R. L., Lin, P. Y. C., & Schnur, S. L. (2012).
- C. J. Morry, M. Chadwick, Courtenay, S., & Mallet, P. (2003). *EFFLUENTS DES USINES DE TRANSFORMATION DES PRODUITS MARINS :UN ATELIER SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE*. Direction des océans et des sciences Pêches et Océans Canada(Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques 271F).
- Camire, M., & Kong, J. (2008). *Development, characterization and stability study of value-added extruded salmon snacks*: ProQuest Dissertations Publishing.
- Carbonneau, M.-É. (2013). *Fiche Biomasses marines sous-valorisées- Coproduits de crevette nordique, coproduits bruts*: Merinov Centre de Gaspé.
- Cartier, S. (2013). *Exploiter le potentiel des coproduits marins au Québec*. Paper presented at the colloque sur la valorisation des coproduits marins, Gaspé.
- Caumont, D. (2010). *Les études de marché (Vol. 122)*: Dunod.
- Chang, K. L. B., & Tsai, G. (1997). Response Surface Optimization and Kinetics of Isolating Chitin from Pink Shrimp (*Solenocera melantho*) Shell Waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5), 1900-1904. doi: 10.1021/jf9606870
- Charoenphol, C., Boonyasirikool, P., & Suanpan, S. (1996). Product development and nutrition labeling of extruded snackfood from fish powder and full fat soy flour.

- Charreaux, G. (2001). L'approche économique-financière de l'investissement. Chapitre, 1, 13-60.
- Charreaux, G. (2006). Théorie financière et stratégie financière* Revue Française de Gestion (Vol. 32, pp. 109-137). Paris: Lavoisier.
- Cheow, C. S., Kyaw, Z. Y., Howell, N. K., & Dzulkifly, M. H. (2004). RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF STARCHES AND EXPANSION OF FISH CRACKER KEROPOK. *Journal of Food Quality*, 27(1), 1-12. doi: 10.1111/j.1745-4557.2004.tb00633.x
- Cheow, C. S., & Yu, S. Y. (1997). EFFECT OF FISH PROTEIN, SALT, SUGAR, AND MONOSODIUM GLUTAMATE ON THE GELATINIZATION OF STARCH IN FISH STARCH MIXTURES. *Journal of Food Processing and Preservation*, 21(2), 161-177. doi: 10.1111/j.1745-4549.1997.tb00774.x
- Cheow, C. S., Yu, S. Y., & Howell, N. K. (1999). EFFECT OF SALT, SUGAR AND MONOSODIUM GLUTAMATE ON THE VISCOELASTIC PROPERTIES OF FISH CRACKER ("KEROPOK") GEL. *Journal of Food Processing and Preservation*, 23(1), 21-37. doi: 10.1111/j.1745-4549.1999.tb00367.x
- Cheow, C. S., Yu, S. Y., Howell, N. K., Man, Y. C., & Muhammad, K. (1999). Effect of fish, starch and salt contents on the microstructure and expansion of fish crackers (keropok). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(6), 879-885. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(19990501)79:6<879::AID-JSFA295>3.0.CO2-P
- Choudhury Gour, S. P., Gogoi Binoy, K. P., & Oswalt Aaron, J. (1998). Twin-Screw Extrusion Pink Salmon Muscle and Rice Flour Blends. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(2), 69-91. doi: 10.1300/J030v07n02_06
- Conway, V. (2015). L'aliment dans sa totalité: une matrice indissociable. *L'actualité alimentaire*, v11n6, 3.
- Côté, G. t., & Hitayezu, F. I. (2013). Dépenses alimentaires des Québécois dans le commerce alimentaire de détail en 2013. In Nielsen (Ed.): MAPAQ Direction des études et des perspectives économiques sous ministériat aux politiques agroalimentaires.
- CQVB. (2011). Technologie et procédés de traitement des biomasses marines. *Biotendance*, 11(Centre québécois de valorisation des biotechnologies), 22.

- Cros, S., Lignot, B., Jaouen, P., & Bourseau, P. (2006). Technical and economical evaluation of an integrated membrane process capable both to produce an aroma concentrate and to reject clean water from shrimp cooking juices. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 697-707. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.077>
- Danielle, B., & Michelle, P. (2013). Une farine de grade alimentaire pour valoriser les résidus marins. *Pêche Impact*, 262 AVRIL - MAI 2013, 18.
- Darsa, J. (1997). *Gestion financière : les enjeux essentiels*. Paris: Hermés.
- Demeestère, R., & Mottis, N. (1997). *Stratégie et projets d'investissements: pour un pilotage par processus*: Association francophone de comptabilité.
- Desriac, F., Defer, D., Bourgougnon, N., Brillet, B., Le Chevalier, P., & Fleury, Y. (2010). Bacteriocin as Weapons in the Marine Animal-Associated Bacteria Warfare: Inventory and Potential Applications as an Aquaculture Probiotic. *Marine Drugs*, 8(4), 1153-1177. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/md8041153>
- Dixon, K., & Dixon, M. (2015, 12 aout 2015). Alaskan shrimp chips. Retrieved mai, 2016, from <http://www.saveur.com/homemade-shrimp-chips-recipe>
- Drolet, N. (2015). Com. Perso.[Projet CRIQ RTMarine].
- Dunn, A. (2016). [Entretiens avec le Contremaître à la planification et à la gestion des matières résiduelles du lieu d'enfouissement technique (LET) de la Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles de la Gaspésie (RITMRG)].
- Durand, P., & Lagouin, Y. (1983). Valorisation des sous-produits de la pêche Réalisation et perspectives. *Science et Pêche*, 330, 5-20.
- DUVAL, J., & MÉNARD, G. (2014). *Manuel des intrants biologiques 2014; productions végétales, animales et acéricoles*. (pp. 123 pages.). Victoriaville: CETAB+.
- Erdogdu, F., Balaban, M. O., Otwell, W. S., & Garrido, L. (2004). Cook-related yield loss for pacific white (*Penaeus vannamei*) shrimp previously treated with phosphates: effects of shrimp size and internal temperature distribution. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 297-300. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.10.012>

- Ermenier, K. (2016). Les cinq voies d'innovation les plus « bankables ». Retrieved 7 juin 2016 from <http://www.processalimentaire.com/A-la-une/Les-cinq-voies-d-innovation-les-plus-bankables-28858>
- FAO. (2008). Les rejets des pêcheries maritimes mondiales Une mise à jour. (pp. 175). Rome: FAO.
- FAO. (2014). FAO Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture Possibilités et défis. In D. p. d. p. c. e. d. l. a. d. l. FAO (Ed.), (pp. 275): Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture Rome.
- Fillmore, D. T. (2014). High protein snack chips and methods for preparing the same: Google Patents.
- Fleury, Y., Defer, D., & Bourgougnon, N. (2008). Antimicrobial peptides and antiviral activities from marine fished or farmed animals. Transworld Research Network, Kerala-India, 163-196.
- Gagné, G. (2015). Une saison exceptionnelle pour les crevettiers québécois. *Pêche Impact Le Journal de Pêches*, 6.
- Gagnon, J. (2013, 26 février 2013). Exemples d'initiatives de valorisation de coproduits marins: Au Nouveau-Brunswick. Paper presented at the colloque sur la valorisation des coproduits marins, Gaspé.
- Gagnon, J., Tchoukanova, N., & Plante, S. (2013). Exemples d'initiatives de valorisation de coproduits marins au Nouveau-Brunswick. Paper presented at the Colloque Valorisation des coproduits marins, Gaspé.
- Gagnon-Paradis, I. (2010). L'étude de marché: à ne pas prendre à la légère., 2016, from <http://affaires.lapresse.ca/pme/guide-de-demarrage/201010/06/01-4330059-letude-de-marche-a-ne-pas-prendre-a-la-legere.php>
- Gautam, A. (1998). Screw configuration effects during twin-screw extrusion of starchy and proteinaceous materials (pp. 211 p.): ProQuest Dissertations Publishing.
- Gélinas, G. (2013). Résidus marins : une mine d'or rose à mieux exploiter. *Pêche Impact*, "le journal officiel de l'industrie québécoise des pêche et de l'aquaculture", 262 AVRIL - MAI 2013, 6-7.
- Gélinas, G. (2015). De la crevette de l'Oregon transformée chez Pêcheries Marinard. *Pêche Impact Le Journal des Pêches*, 6.

- Gélinas, G. (2016). Crevette nordique: Une autre excellente saison en vue. *Pêche Impact Le Journal des Pêches*, 29e année numéro 1 Février-Mars 2016 1.
- Gibert, O., & Kumar Rakshit, S. (2005). Cassava starch snack formulation using functional shell fish by-products: mechanical, sorption and geometric properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1938-1946. doi: 10.1002/jsfa.2200
- Gildberg, A., & Stenberg, E. (2001). A new process for advanced utilisation of shrimp waste. *Process Biochemistry*, 36(8-9), 809-812. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592\(00\)00278-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592(00)00278-8)
- Gogoi, B. K., Choudhury, G. S., & Oswalt, A. J. (1996). Effects of location and spacing of reverse screw and kneading element combination during twin-screw extrusion of starchy and proteinaceous blends. *Food Research International*, 29(5), 505-512. doi: 10.1016/S0963-9969(96)00051-8
- Gonçalves, A. A., & Ribeiro, J. L. D. (2008). Optimization of the freezing process of red shrimp (*Pleoticus muelleri*) previously treated with phosphates. *International Journal of Refrigeration*, 31(7), 1134-1144. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.03.005>
- Gonçalves, A. A., & Ribeiro, J. L. D. (2009). Effects of phosphate treatment on quality of red shrimp (*Pleoticus muelleri*) processed with cryomechanical freezing. *LWT - Food Science and Technology*, 42(8), 1435-1438. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.016>
- Gour, S. C. P., & Binoy, K. G. P. (1996). Extrusion Processing of Fish Muscle. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 4(4), 37-67. doi: 10.1300/J030v04n04_05
- Grysole, J., & Bazinet, B. (2009). Recherche marketing en soutien au développement de produits de charcuterie de poissons et de fruits de mer (pp. vi, 14 p.). Gaspé (Québec): Direction de l'innovation et des technologies, ministère de l'Agriculture, des piqueries et de l'alimentation
- Direction générale des pêches et de l'aquaculture commerciales Direction de l'innovation et des technologies.
- Guérard, F., & Cartier, S. (2013). Exemples d'initiatives de valorisation de coproduits marins: En France. Paper presented at the colloque sur la valorisation des coproduits marins, Gaspé.

- Guérard, F., Decourcelle, N., Sabourin, C., Floch-Laizet, C., Le Grel, L., Le Floc'H, P., . . . Bourseau, P. (2010). Recent developments of marine ingredients for food and nutraceutical applications: a review. *Journal des sciences halieutique et aquatique*, 2, 21-27.
- Haj-Isa, N. M. A., & Carvalho, E. S. (2011). Development of biscuits enriched with merluza. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(2), 313-318.
- Hansen, C. L., & Muralidharan, S. (1999). Studies on the utilization of deboned trout (*Oncorhynchus mykiss*) frames in fish snack: ProQuest Dissertations Publishing.
- Hausler, R., Glaus, M., & Camacho, P. (2012). Développement d'une approche multifiliere d'aide a la décision en gestion des matières résiduelles: ProQuest Dissertations Publishing.
- Hébert, M. (2008). Guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes critères de référence et normes règlementaires. (978-2-550-54514-9). Québec: Développement durable, environnement et parcs Québec Retrieved from <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1967550>.
- Heu, M.-S., Kim, J.-S., & Shahidi, F. (2003). Components and nutritional quality of shrimp processing by-products. *Food Chemistry*, 82(2), 235-242. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00519-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00519-8)
- Hong, L. s. W. S. (2009). Prawn Crackers. 2016, from <http://lilyng2000.blogspot.ca/2009/01/prawn-crackers.html>
- Hopkins, C., Sargent, J., & Nilssen, E. (1993). Total lipid content, and lipid and fatty acid composition of the deep-water prawn *Pandalus borealis* from Balsfjord, northern Norway: growth and feeding relationships. *MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES*, 96, 217-217.
- <https://cookingwithalison.com>. (2012). How to Make Shrimp Chips From Scratch. Retrieved 23 février 2016, from <https://cookingwithalison.com/2012/01/11/shrimp-chips/>
- Huda, N., Leng, A., Yee, C., & Herpandi, H. (2010). Chemical Composition, Color and Linear Expansion Properties of Malaysian commercial fish cracker ('keropok'). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(05), 473-482.
- Hui, S. L. (2016). How To Make Prawn Crackers. Retrieved March 11, 2016, 2016, from <https://delishably.com/appetizers-snacks/How-To-Make-Prawn-Crackers>

- IFREMER. (2008). Fiche synthèse ABVT (Vol. V1). <http://www.Bibliomer.com:Ifremer>.
- Ifremer. (2010). La valorisation des coproduits. Fiche réalisée pour Bibliomer <http://www.bibliomer.com/>.
- Islam, M. S., Khan, S., & Tanaka, M. (2004). Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. *Marine Pollution Bulletin*, 49(1–2), 103-110. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.018>
- Ismond, A. (2002). The Impact of Food Safety and Competitive Markets on Byproduct Recovery Strategies. *Advances in Seafood Byproducts*, 483.
- Izci, L., & Bilgin, S. (2015). Sensory acceptability and fatty acid profile of fish crackers made from *Carassius gibelio*. *Food Science And Technology*, 35(4), 643-646. doi: 10.1590/1678-457X.6723
- Jamieson, B. L. L., Gonçalves, A. A. A., & Gagnon, G. A. G. A. (2010). Evaluation of treatment options for Atlantic Canadian seafood processing plant effluentA paper submitted to the *Journal of Environmental Engineering and Science*. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(1), 167-178. doi: doi:10.1139/L09-127
- Jeyakumari, A., Rahul Das, M. S., Bindu, J., Joshy, C. G., & Zynudheen, A. A. (2016). Optimisation and comparative study on the addition of shrimp protein hydrolysate and shrimp powder on physicochemical properties of extruded snack. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(7), 1578-1585. doi: 10.1111/ijfs.13127
- Jobidon, J., Bernier, C., Chouinard, S., Cloutier, S., Dion, M., Guay, I., . . . Turgeon, M. (2013). Lignes directrices – Usines de transformation de produits marins (volet eaux usées) ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.
- Kaewmanee, T., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2009). Protein Hydrolysate of Salted Duck Egg White as a Substitute of Phosphate and Its Effect on Quality of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*). *Journal of food science*, 74(8), S351-S361. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01305.x
- Kamisah, Y., Shamil, S., Nabillah, M. J., Kong, S. Y., Hamizah, N. A. S., Qodriyah, H. M. S., . . . Jaarin, K. (2012). Deep-fried keropok lekors Increase Oxidative Instability in Cooking Oils. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 19(4), 57-62.

- Kandra, P., Challa, M. M., & Jyothi, H. K. P. (2012). Efficient use of shrimp waste: present and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93(1), 17-29.
- Keable, S. p., Kesri, K., & Hitayezu, F. I. (2014). Vente au détail de produits alimentaires dans les grands magasins au Québec. (S.-m. r. a. p. a. D. d. e. t. e. d. p. économiques, Trans.): Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)
- Kelleher, K. (2008). Les Rejets Des Pecheries Maritimes Mondiales: Une Mise a Jour: Food & Agriculture Org.
- Kesri, J.-J. G. F. I. H. K., & Robitaille, J. e. (2015). Bottin statistique de l'alimentation – Édition 2015. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca>: Sous-ministériat des politiques agroalimentaires Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ).
- Knapp, G. (2010). Basic economics of value adding for fish products. Paper presented at the Second International Congress on Seafood Technology on Sustainable, Innovative and Healthy Seafood.
- Knockaert, C. (1995). La filière Française des produits de la mer: aspects technologiques Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER. Laboratoire de Génie Alimentaire DRV 95/13NPINantes.
- Kołakowski, E., Gajowiecki, L., & Lachowicz, K. (1979). Wstępne badania nad przydatnością metody gorącego wyłaczania („extrusion cooking”) do produkcji ywności teksturowanej z kryli [Studies on extrusion cooking utility for production of textured food from krill]. *Kryl antarktyczny: przetwórstwo i wykorzystanie*, 243-258.
- Kong, J., Dougherty, M., Perkins, L., & Camire, M. (2008). Composition and Consumer Acceptability of a Novel Extrusion- Cooked Salmon Snack. *Journal of food science*, 73(3), S118-S123.
- Kristensen, K., Gray, P., & Holm, F. (1984). Extruded protein-rich animal by-products with improved texture. *Thermal processing and quality of foods*, 113-121.
- Kyaw, Z. Y., Cheow, C. S., Yu, S. Y., & Dzulkifly, M. H. (2001). THE EFFECT OF PRESSURE COOKING ON THE MICROSTRUCTURE AND EXPANSION OF FISH CRACKER KEROPOK *Journal of Food Quality*, 24(3), 181-194. doi: 10.1111/j.1745-4557.2001.tb00601.x

- Kyaw, Z. Y., Yu, S. Y., Cheow, C. S., & Dzulki-fly, M. H. (1999). Effect of steaming time on the linear expansion of fish crackers (keropok). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(11), 1340-1344. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199908)79:11<1340::AID-JSFA352>3.0.CO2-C
- Kyaw, Z. Y., Yu, S. Y., Cheow, C. S., Dzulki-fly, M. H., & Howell, N. K. (2001). Effect of fish to starch ratio on viscoelastic properties and microstructure of fish cracker (keropok) dough. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7), 741-747. doi: 10.1111/j.1365-2621.2001.00481.x
- L'Her, J.-F., Suret, J.-M., & Jobin, M.-H. (1998). *Analyse financière et valeur ajoutée*. Montréal: Montréal : Guérin.
- Laurent, J., & Cartier, S. (2013). Exemples d'initiatives de valorisation de coproduits marins: Au Québec. Paper presented at the colloque sur la valorisation des coproduits marins, Gaspé.
- Lavigne, C., & Girault, L. (2014). Coproduits des usines de transformation des produits marins au Québec: Volumes et voies de valorisation.
- Layes, M. (2016, 30 mai 2016). Com. Perso.[Entrevue avec la direction développement des technologies procédés agroalimentaires de CLEXTRAL France.].
- Le Floch, P., Bourseau, P., Daurès, F., Guérard, F., Le Grel, L., Meunier, M., & Tuncel, M. (2011). Valorisation des coproduits de la mer et territoire: enjeux territoriaux. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*(1), 213-225.
- Le Floch, P., Bourseau, P., & Le Grel, L. (2014). Valorisation des coproduits marins dans les régions françaises du Grand Ouest. *Cahiers Agricultures*, 23(2), 120-128.
- Leclerc, L., Desbiens, M., Thibault, S., Carbonneau, M.-É., Blais, A., Coulombe, N., . . . Savage, S. (2014). Chair émincée de crevette et applications alimentaires rapport projet no14-15 (pp. 28): Merinov Centre de Gaspé.
- Lourenço, L. F., Tavares, T. S., Araujo, E. A., Pena, R. S., Peixoto Joele, M. R. S., & Carvalho, A. V. (2015). Optimization of extrusion process to obtain shrimp snacks with rice grits and polished rice grains. *CyTA-Journal of Food*, 1-9.
- Lund, B., & Baird-Parker, T. C. (2000). *Microbiological safety and quality of food* (Vol. 1): Springer Science & Business Media.

- Maller, G. (2016, 04/01/2016). Com. Perso. [Entrevue avec le vice-président international & technologies de CLEXTRAL et visite du site Clextral-France ZI de Chazeau.].
- MAPAQ. (2013). Pêches et aquaculture commerciales au Québec en un coup d'oeil. In d. P. e. d. I. A. d. Q. ministère de l'Agriculture (Ed.): Direction des analyses et des politiques des pêches et de l'aquaculture.
- MAPAQ. (2013 bis). Bottin statistique de l'alimentation – Édition 2013. In d. P. e. d. I. A. d. Q. ministère de l'Agriculture (Ed.). <http://www.mapaq.gouv.qc.ca>: Direction générale des politiques agroalimentaires du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- MAPAQ (2014). Monographie de l'industrie de la pomme de terre au Québec. Retrieved from : <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographiepommedeterre.pdf>
- MAPAQ. (2015). Monographie de l'industrie de la crevette nordique au Québec. Retrieved from : <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/MonographieCrevettenordique.pdf>.
- Marquis-Duval, F.-O. (2008). Isolation et valorisation des constituants de la carapace de la crevette nordique. Université Laval.
- Max Rutman, Luciano Diaz, & Hinrichsen, J. P. (2002). Byproducts from Chile and the Antarctic. Paper presented at the Advances in Seafood Byproducts, Anchorage, Alaska, USA.
- McNickle, M. (2015). Vichiunai Europe NV selected as Prix d'Élite finalist for 14th year. Retrieved mai 2016, 2016, from <http://www.seafoodsource.com/news/foodservice-retail/vichiunai-europe-nv-selected-as-prix-d-elite-finalist-for-14th-year>
- Melton, S. L. (1996). Soybean and palm olein oils: Frying performance and characteristics of fried prawn crackers: ProQuest Dissertations Publishing.
- Ménard, M. (2010). Analyse économique et commerciale de la crevette du Golfe: Direction régionale des politiques et de l'économie MPO – région du Québec.
- Menkov, N., & Dushkova, M. (2010). Extrusion de la semoule de maïs mouillée avec un concentré protéique de lactosérum obtenu par diafiltration caractéristique du produit et du processus.

- Mercier, G., & Théoret, R. (1997). *Traité de gestion financière: une perspective canadienne et québécoise*: Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Merinov-UQAR (mars 2015). [Valorisation de la poudre de crevette].
- Michaela, A. (2002). Seafood Byproduct Production in the United Kingdom. *Advances in Seafood Byproducts*, 75.
- Michaela, A., & Russell, D. (2008). Crustacea processing waste management Research & Development SR593: Sea Fish Industry Authority (Seafish).
- Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28-41. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051>
- Mizani, M., Aminlari, M., & Khodabandeh, M. (2005). An Effective Method for Producing a Nutritive Protein Extract Powder from Shrimp-head Waste. *Food Science and Technology International*, 11(1), 49-54. doi: 10.1177/1082013205051271
- Mohamaddan, S., Mohtar, A. M. A. A. M., Junaidi, N., Mohtadzar, N. A. A., & Suffian, M. S. Z. M. (2016). Development of Keropok Keping Drying Machine for Small & Medium Enterprises (SMEs). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114(1), 012037.
- Mohamed, S., Abdullah, N., & Muthu, M. K. (1989). Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of the starch flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 49(3), 369-377. doi: 10.1002/jsfa.2740490312
- Moogk, D. R. (2012). Minimum viable product and the importance of experimentation in technology startups. *Technology Innovation Management Review*, 2(3), 23.
- Morissette, D. (2003). *Gestion financière*. Trois-Rivières, Québec: Éditions SMG.
- Morry, C. J., A. Brideau, E. M. P, C., D. Giddens, G, L., P, M., & Woyewoda, A. (2006). Practical best management practices for reduction of effluent from seafood processing in Atlantic Canada: results of research to develop BMP methods designed to control effluents and to conserve water, raw material and energy in the seafood processing industry. *Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 277: ix + 90 p.

- MPO, & Inc, A. B. J. G. (1991). *Projet résidus : rapport final* (C. S. d. e. collab, P. d. e. e. d. e. h. e. aquicoles, P. d. d. d. r. d. Québec, C. R. d. Québec, & B. J. G. I. Aliments Eds.). Québec: Ministère des pêches et des océans, Région du Québec.
- Murphy, M. G., Skonberg, D. I., Camire, M. E., Dougherty, M. P., Bayer, R. C., & Briggs, J. L. (2003). Chemical composition and physical properties of extruded snacks containing crab?processing by?product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(11), 1163-1167. doi: 10.1002/jsfa.1520
- Neiva, C. R. P., Thais Moron, M., Rubia Yuri, T., ...rika Fabiane, F., Marildes Josefina Lemos, N., & Deborah Helena Markowicz, B. (2011). Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(4), 973-979. doi: 10.1590/S0101-20612011000400024
- Netto, J., de Oliveira, P. R. C., Lapa-Guimaraes, J., & Viegas, E. (2014). Physicochemical and sensory characteristics of snack made with minced Nile tilapia. *Food Science And Technology*, 34(3), 591-596. doi: 10.1590/1678-457X.6395
- Nguyen, T.-M.-H. (2009). *Valorisation de matières premières marines de faible valeur ajoutée: Application aux coproduits de thon*. Université de Nantes.
- Nguyen, T. T., Le, T. Q., & Songsermpong, S. (2013). Shrimp cassava cracker puffed by microwave technique: effect of moisture and oil content on some physical characteristics. *KasetsartJ*, 47, 434-446.
- Nor, M. Z. M., Talib, R. A., Noranizan, M. A., Chin, N. L., & Hashim, K. (2014). Increasing Resistant Starch Content in Fish Crackers Through Repetitive Cooking-Chilling Cycles. *International Journal of Food Properties*, 17(5), 966-977. doi: 10.1080/10942912.2012.685681
- Nor-Khaizura, M. A., H, Z., Bakar, J., Ali, R., & Rusul, G. (2009). Microbiological quality of keropok lekor during processing. *International Food Research Journal*, 16(2), 215-223.
- Nurul, H., Boni, I., & Noryati, I. (2009). The effect of different ratios of Dory fish to tapioca flour on the linear expansion, oil absorption, colour and hardness of fish crackers. *International Food Research Journal*, 16, 159-165.
- O. Mejlholm, Bøknæs, N., & Dalgaard1, P. (2005). Shelf life and safety aspects of chilled cooked and peeled shrimps (*Pandalus borealis*) in modified atmosphere packaging

- . *Journal of Applied Microbiology* 2005, 99, 66–76. doi: 10.1111/j.1365-2672.2005.02582.x
- Obatolu, V., Skonberg, D., Camire, M., & Dougherty, M. (2005). Effect of moisture content and screw speed on the physical chemical properties of an extruded crab-based snack. *Food Science and Technology International*, 11(2), 121-127.
- Oehlenschläger, J., & Schreiber, W. (1981). A functional protein concentrate (FKPC) from antarctic krill (*Euphausia superba*, Dana 1850). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 172(5), 393-398. doi: 10.1007/bf01127671
- Omar, M., Mohd Adzahan, N., Mohd Ghazali, H., Karim, R., Abdul Halim, N., Karim, A., & Shahrin, M. (2011). Sustaining traditional food: consumers' perceptions on physical characteristics of Keropok Lekor or fish snack. *International Food Research Journal*, 18(1), 117-124.
- pdm-seafoodmag.com. (2016). Deux fois moins de crevettes nordiques en 13 ans. Retrieved 03/02/2016, 2016, from <http://pdm-seafoodmag.com/lactualite/detail/items/deux-fois-moins-de-crevettes-nordiques-en-13-ans.html>
- Penven, A. (2014). La gestion des ressources et des territoires: Application à la mise en oeuvre de projets de valorisation de sous-produits de poisson. Université de Nantes.
- Pérez-Santín, E., Calvo, M. M., López-Caballero, M. E., Montero, P., & Gómez-Guillén, M. C. (2013). Compositional properties and bioactive potential of waste material from shrimp cooking juice. *LWT - Food Science and Technology*, 54(1), 87-94. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.038>
- Persant, J. (2016). Com. Perso.[Courriels d'information sur les volumes de résidus produits par l'usine de transformation La Crevette du Nord Atlantique inc.].
- PETIT, M.-P., MORISSETTE, L., & BOURHIS, A. (2014). Portrait du secteur des magasins d'alimentation au Québec. *Revue Internationale de Cas en Gestion (RICG)*, 12, 16.
- Phillips, R., & Suknark, K. (1998). Development of extrusion processes for novel snack food production and the physicochemical and nutritional properties of resulting products (pp. 249 p.): ProQuest Dissertations Publishing.

- Purdel, C., & Laval, U. (1991). Étude sur la restructuration de la chair de crevette : phase III : expérimentation à l'échelle semi-industrielle : rapport final. Québec: Ministère des pêches et des océans, Région du Québec Programme d'essai et d'expérimentation halieutiques et aquicoles Plan de développement des régions du Québec Canada Ministère des pêches et des océans Région du Québec.
- Racicot, F.-É. (2007). MÉTHODES D'ÉVALUATION FINANCIÈRE DE PROJETS. Modèles Contemporains en Gestion: Un Nouveau Paradigme, la Performance, 129.
- Ramaswamy, H. S., & Yu, L. (2011). Extrusion processing of protein rich food formulations: ProQuest Dissertations Publishing.
- Ramyadevi, D., Subathira, A., & Saravanan, S. (2012). Potential recovery of protein from shrimp waste in aqueous two phase system. Research Journal of Chemical Sciences ISSN, 2231, 606X.
- Randriamahatody, Z. (2011). Valorisation biotechnologique des coproduits de crevette: utilisation de la protéolyse enzymatique pour des applications avicoles à Madagascar. Université d'Antananarivo.
- Rattanakit, N., Plikomol, A., Yano, S., Wakayama, M., & Tachiki, T. (2002). Utilization of shrimp shellfish waste as a substrate for solid-state cultivation of *Aspergillus* sp. S1-13: Evaluation of a culture based on chitinase formation which is necessary for chitin-assimilation. Journal of Bioscience and Bioengineering, 93(6), 550-556. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1389-1723\(02\)80236-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1389-1723(02)80236-5)
- Rekik, L. (2010). {Analyse} des investissements: Télé-Université, Université du Québec à Montréal.
- Ries, E. (2009). Minimum viable product: a guide. Startup Lessons Learned.
- RIMRG. (2016). Introduction aux matières résiduelles. Régie Intermunicipale de Traitement des Matières Résiduelles de la Gaspésie Retrieved from <http://www.ritmrg.ca/index.php/accueil/introduction-aux-matieres-residuelles>.
- Rødde, R. H., Einbu, A., & Vårum, K. M. (2008). A seasonal study of the chemical composition and chitin quality of shrimp shells obtained from northern shrimp (*Pandalus borealis*). Carbohydrate Polymers, 71(3), 388-393. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.06.006>
- Rustad, T. (2003). Utilisation of marine by-products. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 2(4), 458-463.

- Sachindra, N. M., & Bhaskar, N. (2008). In vitro antioxidant activity of liquor from fermented shrimp biowaste. *Bioresource Technology*, 99(18), 9013-9016. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.04.036>
- Sachindra, N. M., Bhaskar, N., & Mahendrakar, N. S. (2005). Carotenoids in different body components of Indian shrimps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(1), 167-172. doi: 10.1002/jsfa.1977
- Sachindra, N. M., & Mahendrakar, N. S. (2005). Process optimization for extraction of carotenoids from shrimp waste with vegetable oils. *Bioresource Technology*, 96(10), 1195-1200. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2004.09.018>
- Samson, P. (2015). Com. Perso. [Entretiens avec le directeur des opérations de l'entreprise de transformation de crevette nordique « Les Pêcheries Marinard Itée» et visite de l'usine.].
- Saritha, K., & Patterson, J. (2012). Processing of innovative ready to fry crackers from *Penaeus japonicas*. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 7(1), 66-73.
- Sdicu, D. (2009). Portrait des coproduits de la transformation des produits marins de la Gaspésie et de la Baie-des-Chaleurs. Journée d'information, UPA Gaspésie - Les Îles-de-la-Madeleine: MAPAQ-UQAR.
- Sène, D., & Naim, F. (2009). Évaluation de la durée de conservation de produits marins CAP. Grande-Rivière (Québec): Halieutec, transformation des produits marins.
- Shahidi, F. (1997). Shellfish discard utilization. *Seafood safety, processing, and biotechnology*. Technomic Publishing Company, Lancaster, USA, 131-138.
- Shahidi, F. (2006). Maximising the value of marine by-products: Woodhead Publishing.
- Shahidi, F., Arachchi, J. K. V., & Jeon, Y.-J. (1999). Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2), 37-51. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00017-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00017-5)
- Shahidi, F., & Synowiecki, J. (1991). Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(8), 1527-1532. doi: 10.1021/jf00008a032
- Siaw, C. L., Idrus, A. Z., & Yu, S. Y. (1985). Intermediate technology for fish cracker ('keropok') production. *International Journal of Food Science & Technology*, 20(1), 17-21. doi: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb01898.x

- Simard, D. (2016). Com. Perso. [Courriel d'information sur les volumes de résidus produits par l'usine de transformation Les Fruits de Mer de l'est du Québec (1998)].
- Sing, R., & Gomes Da Silva, M. (1998). Modeling oil penetration in foods during frying (pp. 180 p.): ProQuest Dissertations Publishing.
- Singh, R., Majumdar, R., & Venkateshwarlu, G. (2014). Optimum extrusion-cooking conditions for improving physical properties of fish-cereal based snacks by response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1827-1836. doi: 10.1007/s13197-012-0725-9
- St-Pierre, J., & Beaudoin, R. (2003). Les décisions d'investissement dans les PME : comment évaluer la rentabilité financière. Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Statistique Canada. (2016). Tableau 326-0021 Indice des prix à la consommation, annuel. In C. 326-0021 (Ed.).
- Subba, D. (2002). Acceptability and nutritive value of keropok-like snack containing meat offal. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(6), 681-685. doi: 10.1046/j.1365-2621.2002.00600.x
- Suknark, K. (1998). Development of extrusion processes for novel snack food production and the physicochemical and nutritional properties of resulting products.
- Suknark, K., McWatters, K. H., & Phillips, R. D. (1998). Acceptance by American and Asian Consumers of Extruded Fish and Peanut Snack Products. *Journal of food science*, 63(4), 721-725. doi: 10.1111/j.1365-2621.1998.tb15822.x
- Suknark, K., Phillips, R. D., & Huang, Y. W. (1999). Tapioca-fish and tapioca-peanut snacks by twin-screw extrusion and deep-fat frying. *Journal of food science*, 64(2), 303-308.
- Suresh, P. V. (2012). Biodegradation of shrimp processing bio-waste and concomitant production of chitinase enzyme and N-acetyl-D-glucosamine by marine bacteria: production and process optimization. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(10), 2945-2962. doi: 10.1007/s11274-012-1106-2

- Synowiecki, J., & Al-Khateeb, N. A. A. Q. (2000). The recovery of protein hydrolysate during enzymatic isolation of chitin from shrimp *Crangon crangon* processing discards. *Food Chemistry*, 68(2), 147-152. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00165-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00165-X)
- Tchoukanova, N., Gonzalez, M., & Poirier, S. (2002). *BONNES PRATIQUES DE GESTION: TRANSFORMATION DES PRODUITS MARINS*: Institut de recherche zones côtières.
- Thériault, M.-H., Courtenay, S. C., Munkittrick, K. R., & Chiasson, A. G. (2007). The effect of seafood processing plant effluent on sentinel fish species in coastal waters of the Southern Gulf of St. Lawrence, New Brunswick. *Water Quality Research Journal of Canada*, 42(3), 172-183.
- Thompson, J. W., & G. Jarvis. (1990). *Evaluation in Nutrition Labelling: Information for Producers and Manufacturers (Évaluation de la conformité en matière d'étiquetage nutritionnel : information destinée aux producteurs et aux fabricants)*. Canada Retrieved from <http://www.inspection.gc.ca/aliments/etiquetage/l-etiquetage-des-aliments-pour-l-industrie/etiquetage-nutritionnel/renseignements-additionnels/test-de-conformite/fra/1409949165321/1409949250097?chap=3>.
- Tongdang, T., Meenun, M., & Chainui, J. (2008). Effect of Sago Starch Addition and Steaming Time on Making Cassava Cracker (Keropok). *Starch-Starke*, 60(10), 568-576. doi: 10.1002/star.200800213.
- Varian H., (2014) *Introduction à la micronomie*. 7^e édition traduction de la 8^e édition américaine par Bernard Thiry.
- Van Der Sman, R. G. M., & Broeze, J. (2014). Effects of salt on the expansion of starchy snacks: a multiscale analysis. *Food & Function*, 5(12), 3076-3082. doi: 10.1039/c4fo00513a
- VEISSIER, I., Sarignac, C., & Capdeville, J. (1999). Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage. *INRA Prod. Anim*, 12(2), 113-121.
- Vidanarachchi, J., Ranadheera, C. S., Wijerathne, T. D., Udayangani, R. M. C., Himali, S. M. C., & Pickova, J. (2014). Applications of Seafood By-products in the Food Industry and Human Nutrition. In S.-K. Kim (Ed.), *Seafood Processing By-Products* (pp. 463-528): Springer New York.
- Viel, G. (2013). Tendances des marchés – extraits marins. Paper presented at the colloque sur la valorisation des coproduits marins, Gaspé.

- Wianecki, M. (2007). Evaluation of fish and squid meat applicability for snack food manufacture by indirect extrusion cooking. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*, 6(4), 29-44.
- Wu, M. C., Lanier, T. C., & Hamann, D. D. (1985). Thermal Transitions of Admixed Starch/Fish Protein Systems During Heating. *Journal of food science*, 50(1), 20-25. doi: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb13268.x
- <http://www.sogelco.com>. (2016). Lobsterine™ et Crabterine™. Retrieved 3 Février 2016, 2016, from <http://www.sogelco.com/portfolio/bisque-de-homard-et-bisque-de-crabe/?lang=fr>
- Yingqiang, W., Min, Z., & Mujumdar, A. S. (2011). Trends in Processing Technologies for Dried Aquatic Products. *Drying Technology*, 29(4), 382-394. doi: 10.1080/07373937.2011.551624
- Yu, S. Y. (1993). Effect of slice thickness on the acceptability of fish crackers ('keropok'). *Tropical Science*, 33, 182-184.
- Yu, S. Y., & Low, S. L. (1992). Utilization of pre-gelatinized tapioca starch in the manufacture of a snackfood, fish cracker ('keropok'). *International Journal of Food Science & Technology*, 27(5), 593-596. doi: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb01227.x
- Yu, S. Y., Mitchell, J. R., & Abdullah, A. (1981). Production and acceptability testing of fish crackers ('keropok') prepared by the extrusion method. *International Journal of Food Science & Technology*, 16(1), 51-58. doi: 10.1111/j.1365-2621.1981.tb00995.x
- Yusuf, M. (2013). Innovations Under the concept of 'turning garbage into gold' in Fisheries waste management. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*(4), 101-122.
- Zugarramurdi, A., Parín, M. A., & Lupin, H. M. (1999). *Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera* (Vol. 351): Food & Agriculture Org.

ANNEXE 1

Rimouski, le 18 juillet 2016

Bistro La Réserve
150 av. de la Cathédrale, Rimouski

Objet : LETTRE D'ENGAGEMENT AU PROJET DE DEVELOPPEMENT D'UNE CROUSTILLE DE COPRODUITS DE CREVETTES

Madame, Monsieur,

Par la présente, nous désirons vous confirmer que **La Réserve Bistro Inc** s'engage à participer au projet cité en objet.

Notre participation à ce projet nous permettra de contribuer au développement du produit en fournissant une interaction avec le marché de la restauration. Plus particulièrement, ce projet représente une action concrète pour répondre aux enjeux de développement des marchés qui sont cruciaux pour le domaine bioalimentaire.

En ce sens, nous nous engageons à participer aux discussions touchant l'optimisation du produit et d'investir minimalement les ressources humaines pour assurer un suivi avec le promoteur. Cette contribution en nature est estimée à 300\$

Finalement, nous souhaitons appuyer les démarches de Merinov pour l'obtention d'un financement du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) pour la réalisation de ce projet d'envergure.

Espérant le tout conforme à vos attentes, veuillez recevoir nos salutations les plus cordiales.

Julien Bartoluci



Chef copropriétaire
La Réserve Bistro
150 av de la Cathédrale
Rimouski, Qc
G5L 5H8
Tel : (418)

ANNEXE 2

L'analyse financière du projet d'investissement à l'étude qui est retranscrite ici dans cette annexe 2 a été réalisée avec le logiciel Excel. Cette analyse est composée de plusieurs tableaux, dont le rôle spécifique dans le processus de modélisation financière est détaillé plus bas.

Tableau A : Hypothèses de travail

Ce tableau fait état des différentes variables financières nécessaires à l'évaluation du projet, il comprend tout d'abord les données relatives à l'investissement classées selon les catégories fiscales (fonds de terre, bâtisse équipements, matériel roulant), ainsi que le besoin en fonds de roulement. On retrouvera aussi dans ce tableau A, les données relatives aux entrées et sorties de fonds générées par le projet sur une période de 10 ans avec notamment les données de marché, les paramètres et frais variables de production ainsi que les frais fixes. Ce tableau fait aussi état des variables économiques et résume pour finir le projet en terme d'investissement.

Tableau B : Paramètres établissant les Données de Marché et le taux de rendement.

Le tableau B établit les données de marché ainsi que le taux de rendement de la production. Ce tableau est composé de quatre différentes parties et sous-tableaux, la première établit le prix de vente au producteur en partant du prix de vente au consommateur final et en tenant compte des marges faites par le détaillant, le distributeur ainsi que le vendeur du fabricant. La deuxième partie de ce tableau B expose les données définies relatives au volume et au prix du paquet de croustilles. Enfin, les troisième et quatrième parties de ce tableau définissent le taux de rendement en matières, ainsi qu'établissent la capacité maximale de production de l'usine par an.

Tableau C : Taux d'allocation du coût en capital

Ce tableau énumère les différents taux d'amortissement correspondant aux différentes catégories fiscales en lien avec le tableau A et le tableau D.

Tableau D : Amortissement du coût en capital

Cette table a pour rôle de définir l'amortissement du coût en capital pour chaque catégorie fiscale en tenant compte du taux d'allocation établi au tableau C et du type d'amortissement prescrit.

Tableau E : Calcul des flux monétaires

Le tableau E établit le calcul de la rentabilité à long terme sur un horizon de 10 ans du projet à l'étude, afin d'évaluer la viabilité financière de son acceptation. Ainsi après avoir établi les flux monétaires pour chacune des dix prochaines années, on procède à leur actualisation. Le résultat de cette actualisation étant par la suite soustrait à l'investissement initial du projet afin d'obtenir la Valeur Actuelle Nette (VAN) qui est une des mesures de rentabilité les plus utilisées du milieu financier. Le critère d'acceptation du projet devant être que le résultat de la VAN soit positif. Un autre critère de rentabilité très utilisé et que l'on retrouve dans ce tableau est le Taux de Rentabilité Interne (TRI), il s'agit du taux d'actualisation qui annule la VAN. Le projet pourra être retenu uniquement si ce TRI est suffisamment supérieur au taux de rendement exigé du marché.

Tableau F : Analyse de sensibilité

Le tableau F a pour le rôle d'établir l'analyse de sensibilité du projet, les résultats de cette analyse seront repris et synthétisés dans le tableau L suivant.

Tableau G : Calcul du taux d'actualisation relation Risque / Rendement

Cette table permet d'établir le taux d'actualisation utilisé précédemment dans le calcul de la VAN.

Tableau H : État du coût de fabrication détaillé en période de croisière (4^e année)

L'objectif est ici de détailler les coûts de fabrication directs du produit afin d'établir la contribution marginale c'est-à-dire la contribution de chaque unité vendue au remboursement des autres frais ainsi qu'aux éventuels bénéfices du projet. Soit le prix de vente d'un kilogramme de produit auquel on soustrait le coût unitaire du kg de produit.

Tableau I : Estimation des coûts en énergie.

Le tableau I résume le coût de l'énergie nécessaire au fonctionnement du projet. On y retrouvera tout d'abord les besoins en énergie des différents équipements, mais aussi pour l'éclairage le chauffage ainsi que le fonctionnement global de l'unité de production. Le calcul de ces coûts est basé sur le tarif M qu'Hydro-Québec accorde au client de cette catégorie.

Tableau J : Méthode des Scénarios : Altération et progression de 20 % de variables clés.

Trois scénarios ont ici été établis (réaliste, pessimiste, optimiste) par une altération ou une amélioration de 20 % de variables clés du projet. L'impact de ces variations sur la rentabilité du projet permet d'évaluer la solidité du modèle évalué.

Tableau K : Synthèse de l'analyse de sensibilité.

Le but de cette étape est d'identifier les variables susceptibles de représenter le plus de risque pour la rentabilité du projet. Ainsi, le tableau K mesurera la variation subie par la VAN suite à une variation de plus et de moins 10 % de certaines variables clés du projet.

TABLEAU A

Production de croustilles de coproduit de crevette											
HYPOTHÈSES DE TRAVAIL											
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
FONDS DE TERRE											
Fonds de terre	95000,00										-20000,00
Terrassement et chemin d'accès	10000,00										
Arpentage	1500,00										
Frais juridiques	1000,00										
* Imprévus	10750,00										
Prix d'achat (valeur de revente)	118250,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-20000,00
Subvention		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût net en capital à l'année (fiscal)	118250,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-20000,00
Classe fiscale	0,00										
Taux d'amortissement	0,00										
Fermeture de la classe (0=oui 1=non)	0,00										
BÂTISSÉ											
Prix d'achat (valeur de revente)	300000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-100000,00
Electricité	40000,00										
Plomberie	10000,00										
* Imprévus	35000,00										
Prix d'achat (valeur de revente)	385000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-100000,00
Subvention		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût net en capital à l'année (fiscal)	385000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-100000,00
Classe fiscale	3,00										
Taux d'amortissement	0,05										
Fermeture de la classe (0=oui 1=non)	0,00										
ÉQUIPEMENTS											
ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION											
Broyeur pour les coproduits	7000,00										-700,00
Stockage chambre froide	25000,00										-2500,00
Mixing machine	5000,00										-500,00
Élévateur de matière	4500,00										-450,00
Extrudeur et machine de moulage et de découpe en rouleaux	45000,00										-4500,00
Trancheur	7000,00										-700,00
Sécheur pour les pellets	35000,00										-3500,00
Expanseur à air chaud pour les pellets	30000,00										-3000,00
Snack Flavoring Machine avec son convoyeur	20000,00										-2000,00
Machine d'emballage automatique	100000,00										-7000,00
FRAIS DE MONTAGE ET D'INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS											
Installation de la chambre froide	5000,00										
Installation extrudeur	9000,00										
Installation sécheur	7000,00										
Installation expanseur air-chaud	6000,00										
Installation assaisonneur	4000,00										
Installation machine emballage	20000,00										
Matériel de laboratoire et de contrôle qualité	30000,00										
* Imprévus	35950,00										
Prix d'achat total (valeur de revente)	395450,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-24850,00
Subvention	138407,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût net en capital à l'année (fiscal)	257042,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-24850,00
Classe fiscale	8,00										
Taux d'amortissement	0,20										
Fermeture de la classe (0=oui 1=non)	0,00										
MATÉRIEL ROULANT											
Camion	35000,00										
Chariots élévateurs (2)	20000,00										
Prix d'achat total (valeur de revente)	55000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subvention		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût net en capital à l'année (fiscal)	55000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Classe fiscale	10,00										
Taux d'amortissement	0,30										
Fermeture de la classe (0=oui 1=non)	0,00										
FONDS DE ROULEMENT											
Fonds de roulement avant subvention	89000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Subvention au fonds de roulement		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fonds de roulement	89000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-89000,00
RÉSUMÉ DES INVESTISSEMENTS											
Investissements totaux	1072700,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Subvention	138407,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Coût net des investissements	904292,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-233850,00

DONNÉES DE MARCHÉ

Prix de vente de la tonne de produit fini	Croissance prix de vente 0,02	13047,27	13308,22	13574,38	13845,87	14122,79	14405,24	14693,35	14987,22	15286,96	15592,70
---	-------------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

PARAMÈTRES DE PRODUCTION

Capacité maximum de traitement de matières par an (tonnes métriques)	336,00										
Taux de production annuel par rapport à la capacité maximale.		0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Taux de rendement en matière		201,60	235,20	268,80	302,40	302,40	302,40	302,40	302,40	302,40	302,40
Quantités de produits finis en tonnes	0,73	147,66	172,27	196,88	221,49	221,49	221,49	221,49	221,49	221,49	221,49

FRAIS VARIABLES DE PRODUCTION

Matières premières

	Taux										
Coûts de congélation du broyé de coproduit de crevette par tonne	d'augmentation										
Coût de la manipulation du broyé congelé											
Marge brute de l'usine de première transformation (en %)		15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Prix de transfert du broyé (tonne métrique)		270,59	276,00	281,52	287,15	292,89	298,75	304,73	310,82	317,04	323,38
Proportion de crevettes par tonne d'intrant final (en %)		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Coûts du broyé de crevette par tonne d'intrant final.		108,24	110,40	112,61	114,86	117,16	119,50	121,89	124,33	126,81	129,35
Prix d'achat de latonne d'amidon	0,02	900,00	918,00	936,36	955,09	974,19	993,67	1013,55	1033,82	1054,49	1075,58
Proportion d'amidon par tonne d'intrant (en%)		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Coûts de l'amidon par tonne d'intrant final		450,00	459,00	468,18	477,54	487,09	496,84	506,77	516,91	527,25	537,79
Prix d'achat de la tonne d'épices.	0,02	20000,00	20400,00	20800,00	21224,16	21648,64	22081,62	22523,25	22973,71	23433,19	23901,85
Quantité d'épices par tonne d'intrant de production		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coût de l'aromatisation par tonne d'intrant total		200,00	204,00	208,08	212,24	216,49	220,82	225,23	229,74	234,33	239,02
Prix d'achat de la tonne de sel de mer	0,02	500,00	510,00	520,20	530,60	541,22	552,04	563,08	574,34	585,83	597,55
Quantité de sel par tonne d'intrant de production		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coût de l'assaisonnement en sel par tonne d'intrant total		10,00	10,20	10,40	10,61	10,82	11,04	11,26	11,49	11,72	11,95
Prix d'achat de la tonne de sucre	0,02	1500,00	1530,00	1560,60	1591,81	1623,65	1656,12	1689,24	1723,03	1757,49	1792,64
Quantité de sucre par tonne d'intrant de production		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Coût de l'assaisonnement en sucre par tonne d'intrant total		60,00	61,20	62,42	63,67	64,95	66,24	67,57	68,92	70,30	71,71
Prix d'achat de la tonne de MSG	0,02	10000,00	10200,00	10404,00	10612,08	10824,32	11040,81	11261,62	11486,86	11716,59	11950,93
Quantité d'assaisonnement en MSG par tonne d'intrant		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût de l'assaisonnement en MSG par tonne d'intrant total		10,00	10,20	10,40	10,61	10,82	11,04	11,26	11,49	11,72	11,95
Coût total des assaisonnements par tonne d'intrant final		280,00	285,60	291,31	297,14	303,08	309,14	315,33	321,63	328,06	334,63
Coût de la tonne d'intrant par tonne de matières traitées		838,24	855,00	872,10	889,54	907,33	925,48	943,99	962,87	982,13	1001,77
Frais de transport											
Frais de transport réfrigéré des coproduits par tonne d'intrant final (essence+chauffe	0,02	25,00	25,50	26,01	26,53	27,06	27,60	28,15	28,72	29,29	29,88
Frais de transport des pellets par tonne.	0,02	30,00	30,60	31,21	31,84	32,47	33,12	33,78	34,46	35,15	35,85
Coût total des frais de transport par tonne de matières traitées.		55,00	56,10	57,22	58,37	59,53	60,72	61,94	63,18	64,44	65,73
Energie											
Consommation horaire d'énergie (KW)		47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72	47,72
Nombre d'heures annuelles de fonctionnement		1008,00	1176,00	1344,00	1512,00	1512,00	1512,00	1512,00	1512,00	1512,00	1512,00
Consommation annuelle (en KW)		190101,76	198118,72	206135,68	214152,64	214152,64	214152,64	214152,64	214152,64	214152,64	214152,64
Coût de l'énergie les 210000 premier kWh	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Coût de l'énergie des kilowattheures suivants	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Consommation énergie par an		9824,72	10116,51	10624,11	11147,98	11370,94	11598,35	11830,32	12068,33	12308,27	12554,43
Tarif M de base par année		16614,62	16614,62	16614,62	16614,62	16614,62	16614,62	16614,62	16614,62	16614,62	16614,62
Coût total de l'énergie électrique		26238,34	26731,13	27238,73	27762,59	27985,55	28212,97	28444,94	28681,55	28922,88	29169,05
Coût du propane pour chariot et cuisson par an	0,02	9876,62	10074,15	10275,63	10481,15	10690,77	10904,59	11122,68	11345,13	11572,03	11803,47
Entretien et réparation des équipements (par année)	0,02	19772,50	20167,95	20571,31	20982,74	21402,39	21830,44	22267,05	22712,39	23166,64	23629,97
Coûts des fournitures et consommables de laboratoire par an	0,02	10000,00	10200,00	10404,00	10612,08	10824,32	11040,81	11261,62	11486,86	11716,59	11950,93
Coût des produits de nettoyage par année	0,02	7500,00	7650,00	7803,00	7959,06	8118,24	8280,61	8446,22	8615,14	8787,45	8961,19
Coût total des fournitures		17500,00	17850,00	18207,00	18571,14	18942,56	19321,41	19707,84	20102,00	20504,04	20914,12
Emballages											
Coût d'emballage de la matière première (par tonne de produit traité)	0,02	50,00	51,00	52,02	53,06	54,12	55,20	56,31	57,43	58,58	59,75
Coût d'emballage des pellets par tonne de matières traitées	0,02	210,00	214,20	218,48	222,85	227,31	231,86	236,49	241,22	246,05	250,97
Coût mise sur palette, filmage, cerclage, étiquette palette de 500 paquets	0,02	6,00	6,12	6,24	6,37	6,49	6,62	6,76	6,89	7,03	7,17
Coût d'un emballage par paquet de produit fini	0,02	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
Quantité de paquets produits par an		2684762,18	3132222,55	3579682,91	4027143,27	4027143,27	4027143,27	4027143,27	4027143,27	4027143,27	4027143,27

FRAIS FIXES	Inflation										
	Bén. marginaux	Cap. Max.									
Salaires main-d'œuvre directe											
Taux horaire manœuvre sans avantages sociaux	0,02	13,00	13,26	13,53	13,80	14,07	14,35	14,64	14,93	15,23	15,54
Taux horaire manœuvre avec avantages sociaux	0,20	15,60	15,91	16,23	16,55	16,89	17,22	17,57	17,92	18,28	18,64
Besoin annuel en heures de travail du poste de manœuvre	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00
Coût annuel pour 6 manœuvres.		157248,00	160392,96	163600,82	166872,84	170210,29	173614,50	177086,79	180628,52	184241,09	187925,92
Taux horaire chefs d'équipe sans avantages sociaux	0,02	17,00	17,34	17,69	18,04	18,40	18,77	19,14	19,53	19,92	20,32
Taux horaire chefs d'équipe avec avantages sociaux	0,20	20,40	20,81	21,22	21,65	22,08	22,52	22,97	23,43	23,90	24,38
Besoin annuel en heures de travail pour le poste de chefs d'équipe.	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00	1680,00
Coût annuel pour 2 chefs d'équipe.		68544,00	69914,88	71313,18	72739,44	74194,23	75678,11	77191,68	78735,51	80310,22	81916,43
Autres frais de fabrication											
Entretien et réparation bâtiments	0,02	10000,00	10200,00	10404,00	10612,08	10824,32	11040,81	11261,62	11486,86	11716,59	11950,93
Assurance et responsabilité civile	0,02	15000,00	15300,00	15606,00	15918,12	16236,48	16561,21	16892,44	17230,29	17574,89	17926,39
Taxes et impôts fonciers	0,02	15000,00	15300,00	15606,00	15918,12	16236,48	16561,21	16892,44	17230,29	17574,89	17926,39
Permis et cotisation	0,02	2000,00	2040,00	2080,80	2122,42	2164,86	2208,16	2252,32	2297,37	2343,32	2390,19
Commission au vendeur (en pourcentage du prix de vente)		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Publicité promotion des ventes (en pourcentage des ventes)		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Imprévus en pourcentage des frais de vente		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Frais administratifs											
Salaires et charges sociales de l'administration par an	0,02	100000,00	102000,00	104040,00	106120,80	108243,22	110408,08	112616,24	114868,57	117165,94	119509,26
Communications et fournitures	0,02	5000,00	5100,00	5202,00	5306,04	5412,16	5520,40	5630,81	5743,43	5858,30	5975,46
Honoraires professionnels	0,02	30000,00	30600,00	31212,00	31836,24	32472,96	33122,42	33784,87	34460,57	35149,78	35852,78
Déplacements	0,02	10000,00	10200,00	10404,00	10612,08	10824,32	11040,81	11261,62	11486,86	11716,59	11950,93
Frais bancaire	0,02	500,00	510,00	520,20	530,60	541,22	552,04	563,08	574,34	585,83	597,55
Imprévus en pourcentage des frais d'administration	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Études de démarrage (étude de marché et étude techniques)		30000,00									
VARIABLES ÉCONOMIQUES											
Taux marginal d'imposition		0,19									
Taux sans risque		0,02									
Taux de rendement exigé sur la dette (Kd)		0,10									
Taux de rendement exigé sur les actifs (Ki)		0,12									
Portion imposable du gain en capital		0,50									
Taux d'aide gouvernementale applicable (équipements seulement)		0,35									

LE PROJET EN RÉSUMÉ

INVESTISSEMENTS

	\$	%
FOND DE TERRE	118250,00	11,34%
BÂTISSE	385000,00	36,92%
MATÉRIEL ROULANT	55000,00	5,27%
EQUIPEMENTS	395450,00	37,93%
FONDS DE ROULEMENT	89000,00	8,54%
TOTAL	1042700,00	100,00%

TABLEAU B

Production de croustilles de coproduit de crevette
Paramètres établissant les Données de Marché et le taux de rendement.

Noms des intermédiaires	Prix de vente	Marges en pourcentage	Marges en dollars
Vendeur du fabricant	\$ 0,72	20,00%	\$ 0,18
Distributeur	\$ 0,90	40,00%	\$ 0,60
Détaillant	\$ 1,50	50,00%	\$ 1,50
Consommateur final	\$ 2,99		

Nombres de paquets par tonne de produit fini	18 182
Poids du paquet en kg	0,055
Prix du paquet de craquelin (sortie usine)	\$ 0,72
Nombre de paquets de produit fini par palette	500,00

Prix de vente par tonne	\$ 13 047,27	/ Tonne métrique
Croissance prix de vente	2,00%	
Capacité maximale de traitement de matière par an	336	/ Tonne métrique

Matière	Ratio de d'intrant	ux humidité de la matière premiè	Taux humidité Total Intrant
Broyé de crevette	40,00%	80,00%	
Amidon	50,00%	5,00%	
Sel	2,00%	5,00%	
Sucre	4,00%	5,00%	
MSG	0,10%	5,00%	
Assaisonnements	1,00%	5,00%	
Eau douce	2,90%	100,00%	
Intrant total	100,00%		37,76%

Pertes due aux opérations de nettoyage	1,00%
Taux d'humidité du produit fini	12,00%
Taux de rendement en matière	73,25%

Calcul de la capacité maximale annuelle de production

Nombre d'heures travaillées par jour	8
Nombre de jours travaillés par an	210
Nombre d'heures travaillées par an	1 680
Quantité maximale de matière traitée par heure en kg	200
Quantité de matière traitée par ans en kg	336 000

TABLEAU C

TABLE DES TAUX D'ALLOCATION DU COÛT EN CAPITAL

CLASSE	TAUX
1	4%
2	6%
3	5%
4	6%
5	10%
6	10%
7	15%
8	20%
9	25%
10	30%
11	35%
12	100%
16	40%
17	8%
18	60%
22	50%
23	100%
25	100%
26	5%
27	
28	30%

TABLEAU D

BATISSE										
Production de croustilles de coproduit de crevette										
ALLOCATION DU COÛT EN CAPITAL										
Classe fiscale:	3									
Taux d'amortissement:	5%									
Année:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solde de la classe à la fin:	385 000	375 375	356 606	338 776	321 837	305 745	290 458	275 935	262 138	249 031
Allocation de la période:	9 625	18 769	17 830	16 939	16 092	15 287	14 523	13 797	13 107	0
EQUIPEMENTS										
Classe fiscale:	8									
Taux d'amortissement:	20%									
Année:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solde de la classe à la fin:	257 043	231 338	185 071	148 056	118 445	94 756	75 805	60 644	48 515	38 812
Allocation de la période:	25 704	46 268	37 014	29 611	23 689	18 951	15 161	12 129	9 703	0
MATERIEL ROULANT										
Classe fiscale:	10									
Taux d'amortissement:	30%									
Année:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solde de la classe à la fin:	55 000	46 750	32 725	22 908	16 035	11 225	7 857	5 500	3 850	2 695
Allocation de la période:	8 250	14 025	9 818	6 872	4 811	3 367	2 357	1 650	1 155	0

TABLEAU E

CALCUL DES FLUX MONÉTAIRES											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVESTISSEMENTS											
FONDS DE TERRE	-118 250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 000
BÂTISSE	-385 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100 000
ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION	-257 043	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24 850
ÉQUIPEMENT ROULANT	-55 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FONDS DE ROULEMENT	-89 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89 000
TOTAL DES INVESTISSEMENTS	-904 293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233 850
ENTRÉES DE FONDS											
Prix de vente de la tonne de produit fini		\$13 047,27	\$13 308,22	\$13 574,38	\$13 845,87	\$14 122,79	\$14 405,24	\$14 693,35	\$14 987,22	\$15 286,96	\$15 592,70
Quantités de produits finis en tonnes		148	172	197	221	221	221	221	221	221	221
VENTES		1 926 585	2 292 637	2 672 559	3 066 762	3 128 097	3 190 659	3 254 472	3 319 561	3 385 953	3 453 672
TOTAL DES ENTRÉES DE FONDS		1 926 585	2 292 637	2 672 559	3 066 762	3 128 097	3 190 659	3 254 472	3 319 561	3 385 953	3 453 672
DEBOURSEMENTS VARIABLES DE PRODUCTION											
Coût du broyé de crevette	21 820 \$	25 966 \$	30 269 \$	34 734 \$	35 428 \$	36 137 \$	36 860 \$	37 597 \$	38 349 \$	39 116 \$	
Coût de l'amidon	90 720 \$	107 957 \$	125 847 \$	144 409 \$	147 297 \$	150 243 \$	153 248 \$	156 313 \$	159 439 \$	162 628 \$	
Coût total de l'assaisonnement	56 448 \$	67 173 \$	78 305 \$	89 855 \$	91 652 \$	93 485 \$	95 354 \$	97 262 \$	99 207 \$	101 191 \$	
Coût de l'énergie	26 239 \$	26 731 \$	27 239 \$	27 763 \$	27 986 \$	28 213 \$	28 445 \$	28 682 \$	28 923 \$	29 169 \$	
Gaz et propane	9 877 \$	10 074 \$	10 276 \$	10 481 \$	10 691 \$	10 905 \$	11 123 \$	11 345 \$	11 572 \$	11 803 \$	
Entretien et réparation des équipements	19 773 \$	20 168 \$	20 571 \$	20 983 \$	21 402 \$	21 830 \$	22 267 \$	22 712 \$	23 167 \$	23 630 \$	
Coût total des fournitures	17 500 \$	17 850 \$	18 207 \$	18 571 \$	18 943 \$	19 321 \$	19 708 \$	20 102 \$	20 504 \$	20 914 \$	
Coût d'emballage de la matière première	10 080 \$	11 995 \$	13 983 \$	16 045 \$	16 366 \$	16 694 \$	17 028 \$	17 368 \$	17 715 \$	18 070 \$	
Coût d'emballage des pellets par tonne de matières traitées	31 009 \$	36 901 \$	43 016 \$	49 361 \$	50 348 \$	51 355 \$	52 382 \$	53 429 \$	54 498 \$	55 588 \$	
Coût de mise sur palette du produit fini	32 217 \$	38 338 \$	44 692 \$	51 284 \$	52 309 \$	53 355 \$	54 423 \$	55 511 \$	56 621 \$	57 754 \$	
Coût d'emballage des produits finis	268 476 \$	319 487 \$	372 430 \$	427 364 \$	435 911 \$	444 629 \$	453 522 \$	462 592 \$	471 844 \$	481 281 \$	
TOTAL DES FRAIS VARIABLES DE FABRICATION	584 159 \$	682 640 \$	784 834 \$	890 848 \$	908 333 \$	926 167 \$	944 358 \$	962 913 \$	981 839 \$	1 001 144 \$	
FRAIS FIXES											
FABRICATION											
Coût annuel pour 6 manœuvres.	157 248 \$	160 393 \$	163 601 \$	166 873 \$	170 210 \$	173 614 \$	177 087 \$	180 629 \$	184 241 \$	187 926 \$	
Coût annuel pour 2 chefs d'équipe.	68 544 \$	69 915 \$	71 313 \$	72 739 \$	74 194 \$	75 678 \$	77 192 \$	78 736 \$	80 310 \$	81 916 \$	
Entretien et réparation bâtiments	10 000 \$	10 200 \$	10 404 \$	10 612 \$	10 824 \$	11 041 \$	11 262 \$	11 487 \$	11 717 \$	11 951 \$	
Assurance et responsabilité civile	15 000 \$	15 300 \$	15 606 \$	15 918 \$	16 236 \$	16 561 \$	16 892 \$	17 230 \$	17 575 \$	17 926 \$	
Taxes et impôts fonciers	15 000 \$	15 300 \$	15 606 \$	15 918 \$	16 236 \$	16 561 \$	16 892 \$	17 230 \$	17 575 \$	17 926 \$	
Permis et cotisation	2 000 \$	2 040 \$	2 081 \$	2 122 \$	2 165 \$	2 208 \$	2 252 \$	2 297 \$	2 343 \$	2 390 \$	
TOTAL DES FRAIS FIXES DE FABRICATION	267 792 \$	273 148 \$	278 611 \$	284 183 \$	289 867 \$	295 664 \$	301 577 \$	307 609 \$	313 761 \$	320 036 \$	
FRAIS DE VENTE											
Publicité et promotions des ventes	134 861 \$	160 485 \$	187 079 \$	214 673 \$	218 967 \$	223 346 \$	227 813 \$	232 369 \$	237 017 \$	241 757 \$	
Imprévus	6 743 \$	8 024 \$	9 354 \$	10 734 \$	10 948 \$	11 167 \$	11 391 \$	11 618 \$	11 851 \$	12 088 \$	
TOTAL DES FRAIS DE VENTE	141 604 \$	168 509 \$	196 433 \$	225 407 \$	229 915 \$	234 513 \$	239 204 \$	243 988 \$	248 868 \$	253 845 \$	
FRAIS D'ADMINISTRATION											
Salaires et charges sociales de l'administration par an	100 000 \$	102 000 \$	104 040 \$	106 121 \$	108 243 \$	110 408 \$	112 616 \$	114 869 \$	117 166 \$	119 509 \$	
Communications et fournitures	5 000 \$	5 100 \$	5 202 \$	5 306 \$	5 412 \$	5 520 \$	5 631 \$	5 743 \$	5 858 \$	5 975 \$	
Honoraires professionnels	30 000 \$	30 600 \$	31 212 \$	31 836 \$	32 473 \$	33 122 \$	33 785 \$	34 461 \$	35 150 \$	35 853 \$	
Déplacements administration	10 000 \$	10 200 \$	10 404 \$	10 612 \$	10 824 \$	11 041 \$	11 262 \$	11 487 \$	11 717 \$	11 951 \$	
Frais bancaire	500 \$	510 \$	520 \$	531 \$	541 \$	552 \$	563 \$	574 \$	586 \$	598 \$	
Imprévus en pourcentage des frais d'administration	7 275 \$	7 421 \$	7 569 \$	7 720 \$	7 875 \$	8 032 \$	8 193 \$	8 357 \$	8 524 \$	8 694 \$	
Études de marché et études technique de démarrage	30 000 \$										
TOTAL DES FRAIS D'ADMINISTRATION	182 775 \$	185 831 \$	188 947 \$	192 126 \$	195 369 \$	198 676 \$	202 049 \$	205 490 \$	209 000 \$	212 580 \$	
FLUX MONÉTAIRE D'OPERATION AVANT IMPOT											
	750 255	1 012 509	1 253 735	1 504 197	1 534 613	1 565 638	1 597 283	1 629 561	1 662 485	1 696 067	
ALLOCATION DU COÛT EN CAPITAL											
BÂTISSE	9 625 \$	18 769 \$	17 830 \$	16 939 \$	16 092 \$	15 287 \$	14 523 \$	13 797 \$	13 107 \$	0 \$	
ÉQUIPEMENTS	25 704 \$	46 268 \$	37 014 \$	29 611 \$	23 689 \$	18 951 \$	15 161 \$	12 129 \$	9 703 \$	0 \$	
MATÉRIEL ROULANT	8 250 \$	14 025 \$	9 818 \$	6 872 \$	4 811 \$	3 367 \$	2 357 \$	1 650 \$	1 155 \$	0 \$	
TOTAL	43 579 \$	79 061 \$	64 662 \$	53 422 \$	44 591 \$	37 606 \$	32 041 \$	27 576 \$	23 965 \$	0 \$	
ÉPARGNES D'IMPÔT DUES À L'ALLOCATION DU COÛT EN CAPITAL	8 062 \$	14 626 \$	11 962 \$	9 883 \$	8 249 \$	6 957 \$	5 928 \$	5 101 \$	4 434 \$	0 \$	
FLUX MONÉTAIRE D'OPERATION APRES IMPOT											

		619 520	839 821	1 033 756	1 235 804	1 258 959	1 282 952	1 307 713	1 333 194	1 359 358	1 382 294
TRAITEMENT FISCAL DE FIN DE PROJET											
IMPÔT (À PAYER SUR LE GAIN DE CAPITAL) OU											
IMPÔT ÉPARGNÉ SUR LA PERTE EN CAPITAL											
FOND DE TERRE											9 088
BÂTISSE											0
ÉQUIPEMENTS											0
MATÉRIEL ROULANT											0
IMPÔT (À PAYER SUR LA RÉCUPÉRATION D'AMORTISSEMENT) OU											
IMPÔT ÉPARGNÉ SUR LA PERTE TERMINALE											
FOND DE TERRE											0
BÂTISSE											27 571
ÉQUIPEMENTS											2 583
MATÉRIEL ROULANT											499
FLUX MONÉTAIRE DU TRAITEMENT FISCAL DE FIN DE PROJET											39 741
FLUX MONÉTAIRE NET D'OPÉRATION	-904 293	619 520	839 821	1 033 756	1 235 804	1 258 959	1 282 952	1 307 713	1 333 194	1 359 358	1 655 885
MESURES DE RENTABILITÉ EN CONTEXTE DE CERTITUDE											
VALEUR ACTUELLE NETTE (VAN)	9 597 727 \$										
TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI)	90,63%										
VALEUR ACTUELLE NETTE AJUSTÉE (VAN*)	9 597 727 \$										
TAUX DE RENDEMENT INTERNE AJUSTÉ (TRI*)	30,51%										
MESURES DE RENTABILITÉ AJUSTÉES POUR LE RISQUE											
VALEUR ACTUELLE NETTE (VAN)	5 356 115 \$										
TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI)	90,63%										
TAUX DE RENDEMENT INTERNE AJUSTÉ (TRI*)	29,43%										

TABLEAU F

Production de croustilles de coproduit de crevette

ANALYSE DE SENSIBILITE

VARIABLES	VARIATION	VALEURS	LONG TERME	
			VARIATION DE LA VAN	
			\$	%
Prix de vente d'un paquet sortie usine	-10%	0,65 \$	4 192 714 \$	-21,28%
	0%	0,72 \$	5 326 115 \$	0,00%
	10%	0,79 \$	6 539 994 \$	22,79%
Coût d'un emballage du produit fini	-10%	0,08 \$	5 507 079 \$	-3,40%
	0%	0,10	5 326 115 \$	0,00%
	10%	0,11 \$	5 145 151 \$	-3,40%
Poids du paquet de croustille	-10%	0,0495	6 437 748 \$	20,87%
	0%	0,055	5 326 115 \$	0,00%
	10%	0,0605	4 416 597 \$	-17,08%
Taux de rendement en matière	-10%	0,659205	4 347 278 \$	-18,38%
	0%	0,73245	5 326 115 \$	0,00%
	10%	0,805695	6 304 952 \$	18,38%
Marge brute de l'usine de première transformati	-10%	0,135	5 328 665 \$	0,05%
	0%	0,15	5 326 115 \$	0,00%
	10%	0,165	5 323 473 \$	-0,05%
Prix d'achat de la tonne d'amidon	-10%	810,00 \$	5 387 264 \$	1,15%
	0%	900,00 \$	5 326 115 \$	0,00%
	10%	990,00 \$	5 264 966 \$	-1,15%
Capacité maximum de traitement de matière par	-10%	302,4	4 467 977 \$	-16,11%
	0%	336	5 326 115 \$	0,00%
	10%	369,6	6 184 253 \$	16,11%

TABLEAU G

Production de croustilles de coproduit de crevette
Calcul du taux d'actualisation Relation Risque -Rendement

Béta	0	0,74
Taux de Rendement Requis	2,13%	8,69%

Taux de Rendement Espéré du marché	11%
Prime de risque	3,31%
Taux d'actualisation	12,00%

TABLEAU H

Production de croustilles de coproduit de crevette État du coût de fabrication détaillé En période de croisière (Quatrième année)						
Production	STADE DE PRODUCTION				\$ / Kg de produit vendu	%
	Production Broyé de Crevette	Fabrication du Pellet	ansion aromatisation et Embal	TOTAL		
Poids (en Kg) de broyé de crevetteproduit Poid (en Kg) de pellet non sec produit Poid en Kg de produit final	120 960	302 400	221 493			
Matière première	\$ 34 733,71	\$ 170 081,93	\$ 64 181,86	\$ 268 997,50	1,21 \$	23,85%
Main-d'œuvre directe						
Salaires	27 812	27 812	27 812			
Nombre d'employés utilisés pour cette tâche.	1,00	3,00	2,00			
Maîtrise						
Salaires		36369,72	36369,72			
Nombres d'employés utilisés pour cette tâche.		1	1			
Coût total de la main-d'oeuvre	\$ 27 812,14	\$ 119 806,14	\$ 91 994,00	\$ 239 612,28	1,08 \$	21,24%
Frais de production						
Transport	\$ 3 209,09	\$ 9 627,28		\$ 12 836,37	0,06 \$	1,14%
Energie	\$ 2 776,26	\$ 12 493,17	\$ 22 974,31	\$ 38 243,74	0,17 \$	3,39%
Emballage	\$ 6 048,00	\$ 63 504,00	\$ 405 714,33	\$ 475 266,33	2,15 \$	42,14%
Maintenance et fournitures	\$ 3 955,39	\$ 17 799,24	\$ 17 799,24	\$ 39 553,88	0,18 \$	3,51%
Base d'imputation	10,00%	45,00%	45,00%			
Amortissement	\$ 5 342,23	\$ 24 040,05	\$ 24 040,05	\$ 53 422,34	0,24 \$	4,74%
Base d'imputation	10%	45%	45%			
COÛT TOTAL DE FABRICATION	\$ 83 876,83	\$ 417 351,81	\$ 626 703,80	\$ 1 127 932,44	5,09 \$	5,09 \$
Par Kg de matière	0,69 \$	1,38 \$	2,83 \$	4,90		
Vente				3 066 762 \$	13,05 \$	
Contribution marginale par kg					7,95 \$	
Contribution marginale en pourcentage					60,97%	
Contribution marginale totale				1 938 829 \$		

TABLEAU I

Estimation des coûts en éneraie.

Par Heure

Broyeur pour les coproduits	7,5 kWh	
Mixing machine	4 kWh	
Élévateur de matière	1,1 kWh	
Extrudeur et machine de moulage et de découpe en rouleaux	18,5 kWh	
Trancheur	3,5 kWh	
Sécheur pour les pellets	5,5 kWh	
Expandeur à air chaud pour les pellets	1,5 kWh	
Snack Flavoring Machine avec son convoyeur	1,12 kWh	
Machine d'emballage automatique	5 kWh	47,72 kWh

Par An

Stockage chambre froide	40000,00 kWh/ an
Éclairage, appareils électroniques et autres	2000,00 kWh/ an
Chauffage	100000,00 kWh/ an

STRUCTURE DU TARIF M	
Prix de la puissance à facture	14,37 \$/kW
Prix de l'énergie	
210000 premiers kilowattheures	0,0493 \$/kWh
Reste de l'énergie consommée	0,0366 \$/kWh
Nombre heures de prod. avant d'atteindre	4400,670578 heures
Tarif de base	\$ 1 384,55 par mois

TABLEAU J

Méthode des Scénarios: Altération et progression de 20% de variables clés

Scénario Réaliste	Scénario pessimistes	Scénario optimiste
-------------------	----------------------	--------------------

Variables considérées:

Prix au consommateur final	\$ 2,99	\$ 2,39	\$ 3,59
Marge du vendeur du fabricant	20,00%	24,00%	16,00%
Pertes en matières procédés nettoyage	1,00%	1,20%	0,80%
Quantité de matière première traitée par heure	200	160	240
Poids du paquet de croustilles	0,055	0,066	0,044

Resultat sur la VAN:

VALEUR ACTUELLE NETTE (VAN)	\$5 356 114,92	\$ 368 357,90	\$ 14 819 161,60
		-93,12%	176,68%

Notes: Current Values column represents values of changing cells at time Scenario Summary Report was created. Changing cells for each scenario are highlighted in green and red.

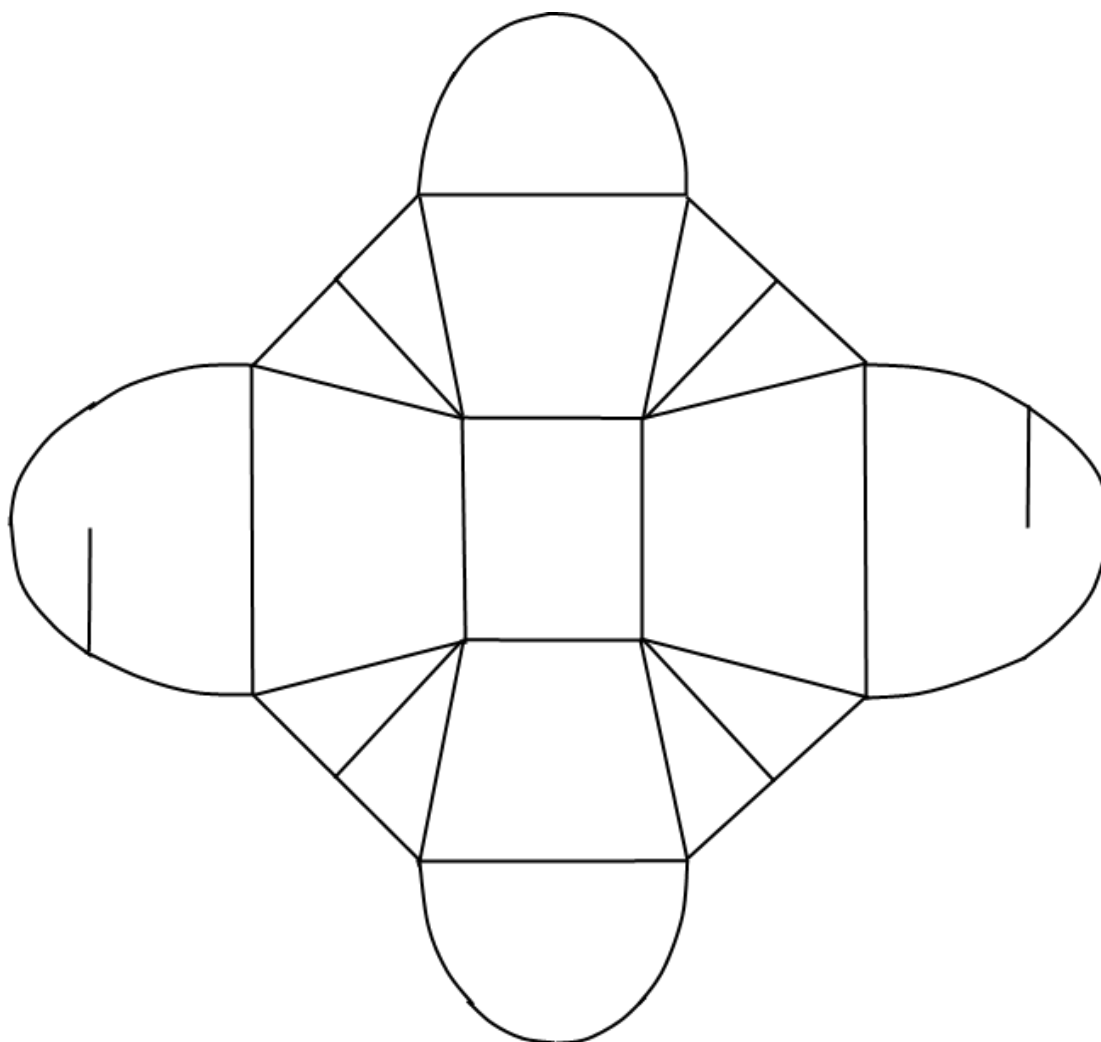
TABLEAU K

Synthèse de l'analyse de sensibilité

Variation des variables pour laquelle la valeur actuelle nette est égale à zéro

Variables étudiées	Valeur initiale	Valeur VAN=0	Sensibilité	Importance relative des variables en terme de sensibilité	Commentaires
Marge du vendeur du fabricant en %	20,00%	55,61%	178%	5	
Marge du distributeur en %	40,00%	66,71%	67%	3	
Marge du détaillant en %	50,00%	72,26%	45%	1	La marge du détaillant est une variable sensible. Avant de prendre la décision d'investissement, il serait plus prudent de mener des études complémentaires visant à consolider cette valeur.
Prix de vente au consommateur final	2,99	1,66	45%		Le prix de vente au consommateur est une variable sensible. Avant de prendre la décision d'investissement, il serait plus prudent de mener des études complémentaires visant à consolider cette valeur.
Quantité de matière traitée par heure	200	75,17	62%	2	
Nombre de jours travaillés par an	210	58,21	72%	4	
Coût de l'énergie (premier 210 mille kWh)	0,0493	5,201406069	10451%	7	
Publicité promotion des ventes (en pourcentage des ventes)	7,00%	46,28%	561%	6	
Marge brute de l'usine de première transformation (en %)	15%	97,73%	552%	8	

ANNEXE 3



Patron de l'emballage suggéré pour les croustilles de crevette à l'étude.

Paquet de 55 g de croustilles de crevettes expansées.

