



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

PRODUCTION DE CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON

Rapport et actes de la réunion d'un Groupe
d'experts ONU/DE FAO

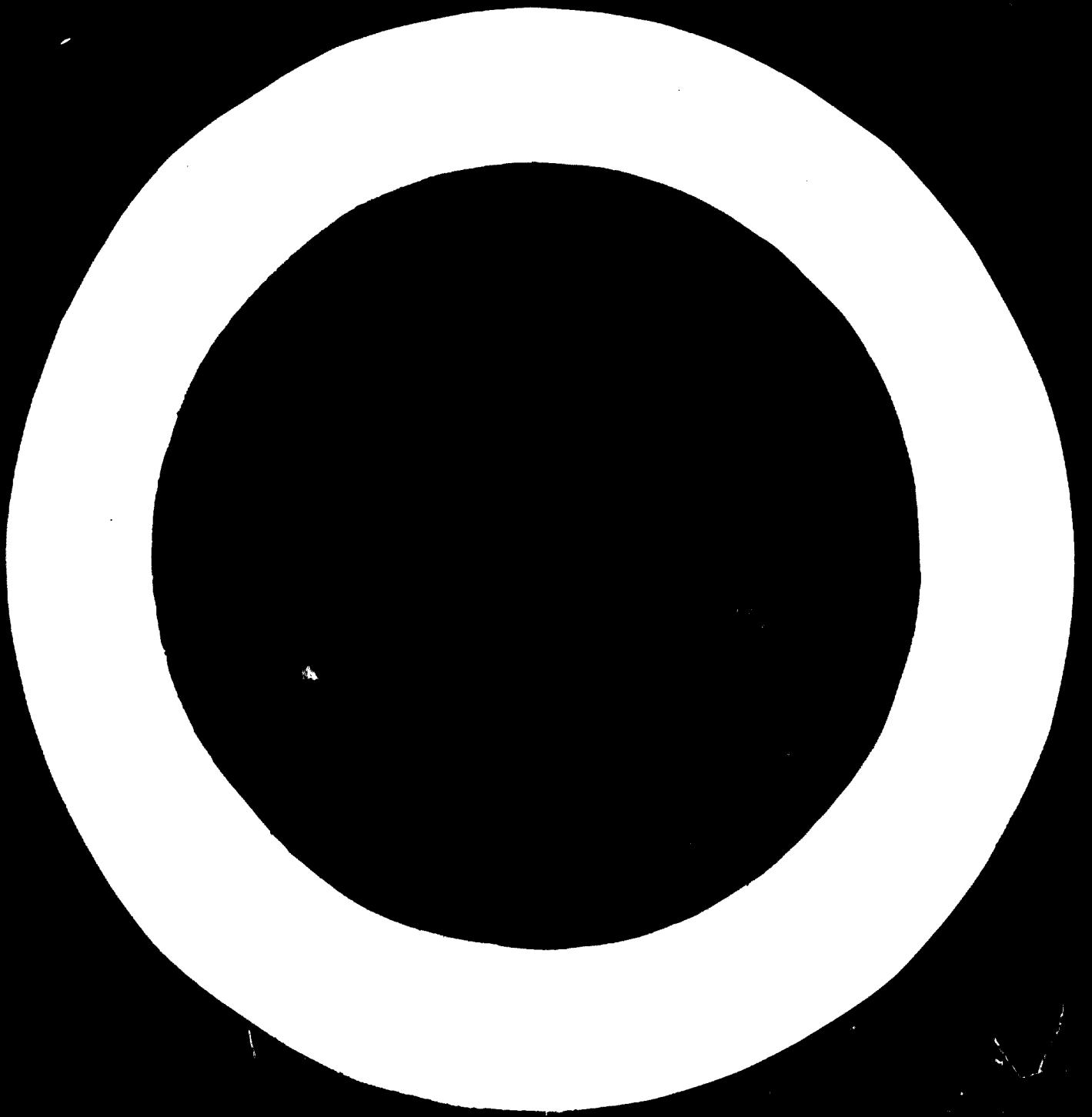
Rabat (Maroc) 5 - 12 décembre 1969

Deuxième partie: ACTES DE LA REUNION

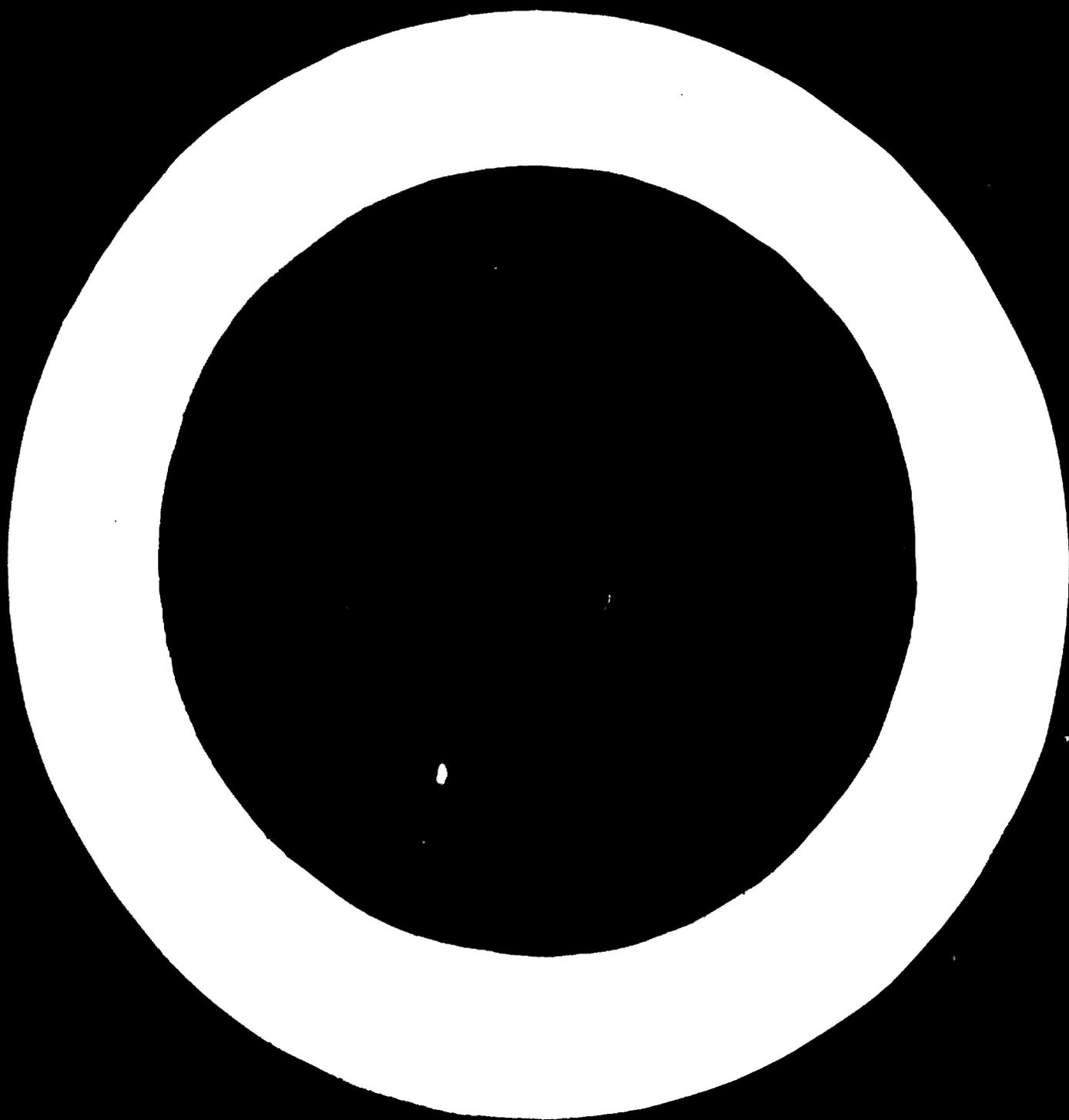


NATIONS UNIES

(197 p.)



PRODUCTION DE CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON



ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL
Vienne

PRODUCTION DE CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON

*Rapport et actes de la réunion d'un Groupe d'experts ONUDI/FAO
Rabat (Maroc), 8-12 décembre 1969*

Deuxième partie: ACTES DE LA REUNION



NATIONS UNIES

New York, 1973

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays ou territoire, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

La reproduction, en tout ou en partie, du texte de la présente publication est autorisée. L'Organisation souhaiterait qu'en pareil cas il soit fait mention de la source et que lui soit communiqué un exemplaire de l'ouvrage où sera reproduit l'extrait cité.

**ID/60 Vol. II
(ID/WG. 48/18)**

PUBLICATION DES NATIONS UNIES

Numéro de vente: F.72.II.B.1

Prix: 3 dollars des Etats-Unis

(ou l'équivalent en monnaie du pays)

Avant-propos

Le Groupe d'experts ONUDI/FAO pour la production de concentrés protéiques de poisson, réuni à Rabat (Maroc) du 8 au 12 décembre 1960, s'est occupé principalement de deux questions: a) la fabrication, à des fins commerciales, de produits à base de concentrés protéiques de poisson (CPP) et la distribution de ces produits aux populations qui souffrent de carences protéiques; b) les mesures à prendre, compte tenu des efforts déployés jusqu'ici, pour développer une entreprise commerciale de fabrication des CPP au Maroc.

Le rapport de la réunion, publié par l'ONUDI sous la cote ID/60, Vol. I, comprend des recommandations d'ordre général sur les CPP, des recommandations concernant l'usine de la SONAFAP au Maroc, un résumé des débats, ainsi que des exposés sur la situation au Maroc et sur les efforts entrepris dans d'autres pays en matière de production de CPP.

La présente publication (volume II) contient les actes de la réunion, et notamment les communications présentées. Les auteurs ont examiné divers aspects des recherches entreprises dans ce domaine, en insistant plus particulièrement sur les essais, les procédés de fabrication, la production et l'utilisation de CPP pour compléter efficacement l'alimentation humaine.

Dans son étude intitulée "Historique et tendances actuelles de la production de concentrés protéiques de poisson", Oswald A. Roels décrit les premières initiatives prises par des institutions des Nations Unies — entre autres la FAO et le FISE — et par certains pays pour produire un concentré propre à la consommation humaine; l'auteur décrit brièvement les méthodes d'extraction et les autres procédés mis au point pour fabriquer ces concentrés.

Les deux communications suivantes: "Utilisation et contrôle de la qualité des concentrés protéiques de poisson", par George D. Kapsiotis, et "Détermination de la valeur nutritive et de l'acceptabilité des concentrés protéiques de poisson", par C. O. Chichester, F. Monckeberg et E. Yáñez, exposent les résultats d'essais effectués sur des êtres humains et sur des animaux pour déterminer l'efficacité protéique, la valeur nutritive et l'acceptabilité des CPP en tant que compléments de la ration alimentaire.

Dans la communication intitulée "Ressources potentielles pour la production industrielle de CPP", Rudolf Kreuzer fournit des données

sur la production mondiale des pêches et énumère les diverses ressources marines susceptibles d'être exploitées industriellement pour la production de CPP.

Huit communications décrivent en détail les méthodes d'exploitation et de traitement adoptées par des usines produisant des CPP au Canada, au Maroc, en Norvège et aux Etats-Unis: "Production de concentrés protéiques de poisson à partir de sardines marocaines", par John Blake; "Description d'usines de CPP en service", par James S. Tolin; "Description de l'usine pilote du Bureau of Commercial Fisheries aux Etats-Unis", par George M. Knobl, Jr.; "Production, en Norvège, de farine de poisson à basse teneur en graisse", par Gerdt Løvold; "Le procédé Halifax à l'isopropanol pour la fabrication de CPP", par David R. Idler; "Elaboration de projets d'usines de CPP", par Arnold Carsten; "Expérience de fabrication au Chili de CPP par extraction à l'isobutanol", par P. Hevia, Fernando Acevedo Bonzi et S. Kaiser, et "Protéolysat de sardine", par B. de Gero et O. Skiredj.

Dans sa communication intitulée "Quelques observations sur le traitement du poisson", Noel R. Jones énumère les diverses opérations effectuées à bord des bateaux de pêche pour congeler le poisson, le stocker et le conserver en boîtes hermétiques. L'auteur décrit les autres procédés de conservation utilisés: fermentation, salage, séchage et fumage. Il indique également les caractéristiques, la qualité et la valeur nutritive des produits obtenus. Dans une communication intitulée "Production et utilisation du nuoc-mâm en Côte d'Ivoire", A. Faubeau décrit une autre méthode, utilisée depuis des siècles au Viet-Nam et récemment introduite en Côte d'Ivoire, pour conserver les principes nutritifs du poisson.

Dans une étude intitulée "Analyse, contrôle et utilisations des CPP", les auteurs (Virginia D. Sidwell, Bruce R. Stllings et George M. Knobl, Jr.) comparent la composition chimique, la valeur nutritive et l'évaluation sensorielle d'aliments tels que le pain, les pâtes, les biscuits, les gâteaux et les boissons enrichis dans des proportions variables de CPP extraits de différentes espèces de poissons.

Sous le titre "Programme de l'US/AID pour l'évaluation et la promotion du CPP", J. B. Cordaro donne les résultats d'études de faisabilité parrainées par l'AID en vue de choisir l'implantation d'une industrie des CPP. Il décrit également d'autres expériences effectuées au Chili, en République de Corée et au Maroc, afin de recueillir des données exactes sur les critères d'acceptabilité, de stabilité, de conditionnement des concentrés protéiques de poisson et des denrées alimentaires enrichies aux CPP, l'objectif ultime étant d'introduire ces concentrés dans l'alimentation des habitants des pays où le régime alimentaire traditionnel est faible en protéines.

Dans le dernier document, intitulé "Utilisation des CPP: analyse en vue d'aider à définir des politiques nationales en matière de nutrition",

Gerald D. Bernstein, Sidney M. Cantor et Solomon H. Chafkin analysent les aspects économiques des concentrés en tant qu'agents enrichissants (c'est-à-dire leur prix en comparaison de celui de la lysine, de la caséine et d'autres sources de protéines) afin d'aider les gouvernements à formuler leur politique de nutrition.

Les données contenues dans cette publication sont en général celles qui ont été présentées à la réunion de décembre 1969. Elles constituaient vraisemblablement, à cette époque, les informations les plus récentes dont les auteurs pouvaient disposer.

Les opinions exprimées dans les articles signés sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel.

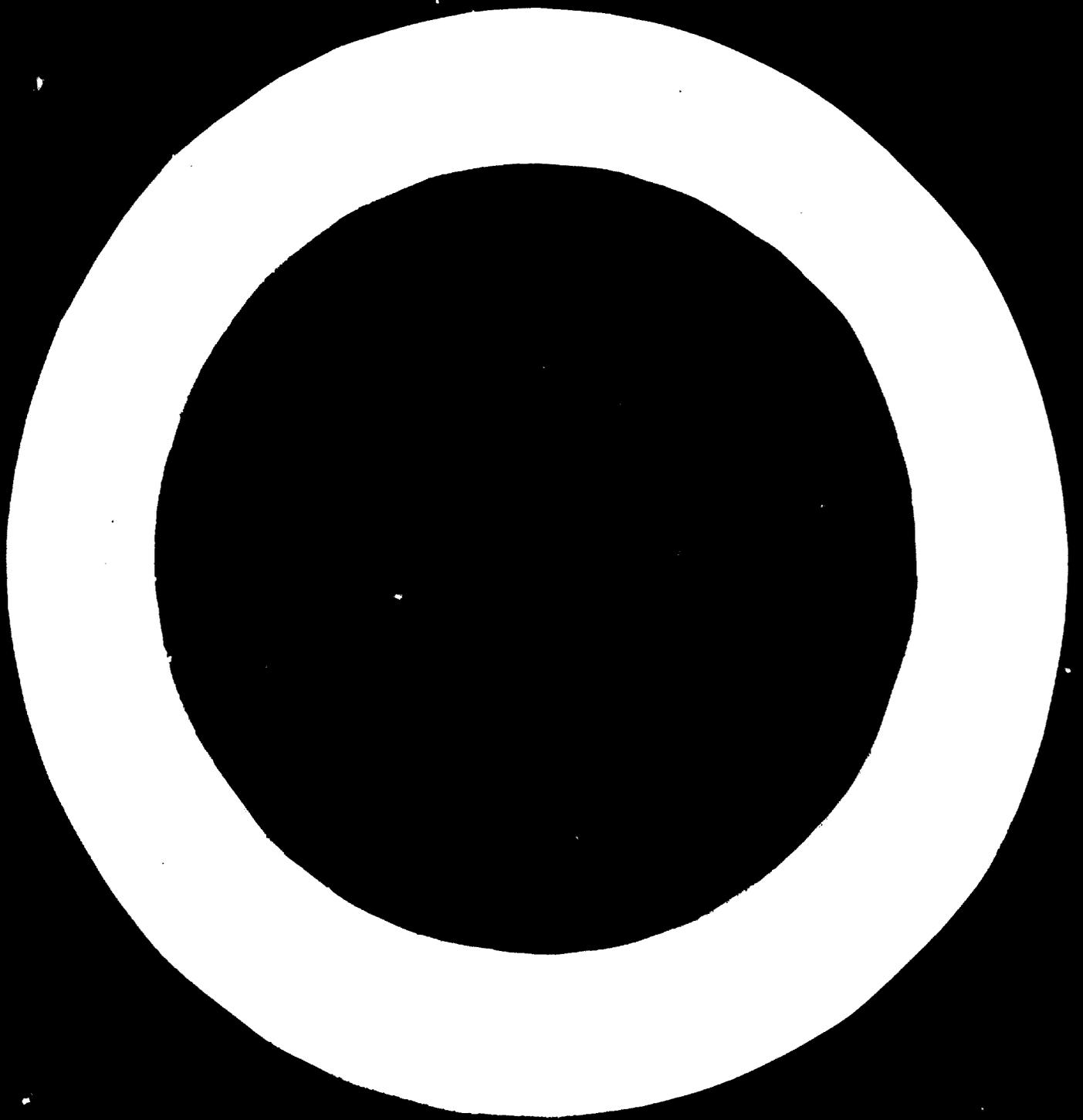


TABLE DES MATIERES

	<i>Page</i>
INTRODUCTION	xiii
1. CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON: HISTORIQUE ET TENDANCES (<i>O. A. Roels</i>)	1
2. DÉTERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE ET DE L'ACCEPTABILITÉ DES CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON (<i>C. O. Chichester, F. Monckeberg et E. Yáñez</i>)	21
3. UTILISATION ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON (<i>G. D. Kapsiotis</i>)	33
4. RESSOURCES POTENTIELLES POUR LA PRODUCTION INDUSTRIELLE DE CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON (<i>R. Kreuzer</i>)	45
5. PRODUCTION DE CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON À PARTIR DE SARDINES MAROCAINES (<i>J. H. Blake</i>)	61
6. OBSERVATIONS SUR LE TRAITEMENT DU POISSON (<i>N. R. Jones</i>) .	83
7. DESCRIPTION D'USINES DE CPP EN SERVICE (<i>J. S. Tolin</i>)	112
8. DESCRIPTION DE L'USINE PILOTE DU UNITED STATES BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES (<i>G. M. Knobl, Jr.</i>)	116
9. PRODUCTION, EN NORVÈGE, DE FARINE DE POISSON À BASSE TENEUR EN GRAISSE (<i>G. Løvold</i>)	117
10. LE PROCÉDÉ HALIFAX À L'ISOPROPANOL POUR LA FABRICATION DE CPP (<i>D. R. Idler</i>)	119
11. ELABORATION DE PROJETS D'USINES DE CPP (<i>A. Carsten</i>)	129
12. EXPÉRIENCE DE FABRICATION AU CHILI DE CPP PAR L'EXTRACTION À L'ISOBUTANOL (<i>P. Hevia, F. Acevedo Bonzi et S. Kaiser</i>) .	133
13. PROTÉOLYSAT DE SARDINE (<i>B. de Gero et O. Skiredj</i>)	137
14. ANALYSE, CONTRÔLE ET UTILISATION DES CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON (<i>V. D. Sidwell, B. R. Stillings et G. M. Knobl, Jr.</i>)	139

15. PRODUCTION ET UTILISATION DU NUOC-MÂM EN CÔTE D'IVOIRE (<i>A. Faubeau</i>)	164
16. PROGRAMME DE L'US/AID POUR L'ÉVALUATION ET LA PROMO- TION DE CPP (<i>J. B. Cordaro</i>)	167
17. UTILISATION DES CPP: ANALYSE EN VUE D'AIDER À DEFINIR DES POLITIQUES NATIONALES EN MATIÈRE DE NUTRITION (<i>G. D. Bernstein, S. M. Cantor et S. H. Chafkin</i>)	175

NOTES EXPLICATIVES

Le terme "dollar" s'entend du dollar des Etats-Unis. Un "cent" égale 0,01 dollar.

Le terme "tonne" s'entend de la tonne métrique.

Le terme "livre" s'entend de la livre anglaise (lb.) de 453 g.

Trois points (...) dans un tableau indiquent l'absence ou la présentation non différenciée des données.

Un tiret (—) dans un tableau correspond à une quantité négligeable.

La somme des montants détaillés ou des pourcentages ne correspond pas nécessairement au total indiqué, car les chiffres ont été arrondis.

Les chiffres entre crochets [] se rapportent aux références rassemblées à la fin de l'article.

Abréviations :

BHT	Butyle-hydroxytoluène
c.a.f.	Coût, assurance, fret
CEP	Coefficient d'efficacité protéique
CPP	Concentrés protéiques de poisson
DCE	Dichlorure d'éthylène
ISP	Alcool isopropylique
ppm	Parties par million
BU	Unité de Brabender
UPN	Utilisation protéique nette
VB	Valeur biologique
VNR	Valeur nutritive relative

Sigles :

Organisation des Nations Unies et institutions spécialisées

PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
FISE	Fonds des Nations Unies pour l'enfance
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
OMS	Organisation mondiale de la santé
PAG	Groupe consultatif des protéines FAO/OMS/FISE

Autres organismes

AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
BCF	Bureau of Commercial Fisheries, Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior

FDA	Food and Drug Administration, United States Department of Health, Education, and Welfare
CIEM	Conseil international pour l'exploration de la mer
SONAFAP	Société nationale de la farine de poisson
TNO	Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée, Zeist (Pays-Bas)
US/AID	Agency for International Development, United States Government

INTRODUCTION

Les documents présentés lors de la réunion mixte organisée par l'ONUDI et la FAO donnent une vue d'ensemble des nombreux aspects de la mise au point, de la préparation et de l'utilisation des concentrés protéiques de poisson (CPP).

Ils traitent surtout des concentrés obtenus par extraction aux solvants, à partir de poisson entier broyé. Comme le montrent notamment les diverses définitions, en général similaires mais légèrement différentes, que les auteurs donnent de l'expression "concentrés protéiques de poisson", ces documents reflètent les activités de recherche et les programmes de développement en cours à l'époque de la réunion.

Fondamentalement, l'expression s'applique à plusieurs produits fabriqués selon divers procédés, mais dont le trait commun est d'être préparés à partir de poisson et d'avoir une teneur en protéines plus élevée que la matière première. On a ainsi été amené à retenir comme base de discussion la définition proposée par un groupe de travail spécialement chargé d'étudier les perspectives offertes aux CPP dans les pays en voie de développement, lors d'une réunion organisée à Londres les 9 et 10 novembre 1970: le concentré de protéines de poisson est un produit stable, propre à la consommation humaine, obtenu suivant un procédé impliquant l'extraction de l'eau de poissons entiers ou en morceaux (document du PAG 2.8/30, 2 décembre 1970).

Quel que soit le mode de préparation, la valeur nutritive du produit n'est pas contestée. Pour C. O. Chichester, F. Monckeberg et E. Yáñez, les CPP en tant qu'éléments d'appoint dans des régimes alimentaires à base de blé, de maïs ou d'autres céréales fournissent une excellente protéine d'enrichissement. Lorsqu'ils peuvent être incorporés à des mélanges de céréales — préparations dans lesquelles ils ne jouent pas de rôle fonctionnel (pain, pâtes alimentaires, biscuits, etc.) — un appoint de CPP à concurrence d'environ 10% de la préparation totale est bien accepté par la majorité des consommateurs. De plus, il semble que le prix de la matière première soit inférieur à celui de la plupart des autres bonnes sources de protéines. Enfin, la stabilité de la protéine est excellente du fait qu'elle conserve ses qualités nutritives sans qu'il faille se préoccuper particulièrement des conditions de stockage.

Toutefois, en dernier ressort, les CPP ne seront utilisables que s'ils trouvent leur place dans l'alimentation humaine, non pas en tant qu'appoints occasionnels distribués à titre gratuit, mais comme des éléments

systématiques du régime, utilisés sur une base commerciale. Il ne faut pas oublier que, tout comme d'autres concentrés de protéines consommables, les CPP entrent dans la composition des aliments, mais ne constituent pas par eux-mêmes un produit alimentaire. Leur utilisation dépend donc de leur incorporation dans des aliments acceptables pour le consommateur et vendus à des prix abordables. C'est tout le problème de la commercialisation des denrées alimentaires qui se trouve ainsi posé. Sidwell, Knobl et Cordaro ont évoqué certains essais effectués en matière de commercialisation et ont récapitulé les résultats des études de marchés faites au Chili et en République de Corée.

Une étape beaucoup plus décisive a été franchie récemment avec la création d'un important marché, en expansion constante, pour les concentrés de protéines de poisson incorporés aux aliments du bétail et notamment aux provendes de sevrage destinées à remplacer le lait dans la première alimentation des veaux. Il faut, en l'occurrence, des concentrés de protéines animales de bonne qualité, dépourvus d'odeur et de saveur. Les CPP répondent précisément à ces besoins. L'importance du marché est telle que des usines peuvent être exploitées de façon rentable pour faire face à la demande. La mise au point de CPP utilisable dans les aliments destinés à la consommation humaine s'en trouvera du même coup accélérée, puisque le processus lent et progressif de pénétration sur le marché des produits d'alimentation humaine peut désormais être entamé sans que l'on ait à craindre un sous-emploi de la capacité de production, ni à rechercher — sous une forme ou une autre — des subventions à long terme en attendant que se créent des débouchés rentables.

1. CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON: HISTORIQUE ET TENDANCES*

PÉNURIE AIGUË DE PROTÉINES DE HAUTE QUALITÉ

Bien que la production alimentaire mondiale ait augmenté au cours des années 60, la production par habitant n'a cessé de décliner dans les pays en voie de développement [1], au point que la situation est devenue très inquiétante dans certaines régions. C'est moins la quantité insuffisante de nourriture, mesurée en calories, que la médiocrité de sa qualité et notamment son manque de protéines, qui constitue le facteur critique.

Dans un rapport soumis au Conseil économique et social de l'Organisation des Nations Unies en 1968, le Comité consultatif sur l'application de la science et de la technique au développement notait qu'un tiers de la population des pays en voie de développement souffrait d'un déséquilibre nutritionnel qui se traduisait par un excès de calories par rapport aux protéines. La disparité entre les besoins nutritionnels et la consommation effective de protéines est amplement démontrée, dans ces régions, par des exemples de nature et de gravité diverses, mais indiscutables et de plus en plus fréquents. Le rapport concluait dans les termes suivants :

"Si cette situation empire, le développement physique, économique, social et politique des populations intéressées pourrait en être complètement arrêté. La carence en protéines et en calories non seulement augmente la réceptivité aux infections aiguës et chroniques, mais provoque une réduction compensatoire de la capacité d'activité physique et engendre l'apathie. Ces effets directs sur les adultes nuisent à la productivité et au développement économique de pays qui ont désespérément besoin d'améliorer la condition de leurs habitants et de mieux tirer parti de leurs possibilités, sans parler de la souffrance qui en résulte.

L'aggravation des carences nutritionnelles a des conséquences encore plus graves pour les jeunes enfants des pays en voie de développement. Dans certains pays, un tiers parfois meurent avant d'atteindre l'âge scolaire, et la croissance physique et le développement

* Communication présentée par le professeur Oswald A. Roels, Division de la biologie marine, Lamont-Doherty Geological Observatory, Columbia University, Palisades, New York (Etats-Unis).

de la plupart des survivants sont entravés. En outre, il se confirme de plus en plus que le retard dans le développement des facultés mentales, la capacité d'apprendre et le comportement va de pair avec les carences nutritionnelles, surtout lorsque l'individu en a été victime en bas âge. Les carences nutritionnelles constatées dans un grand nombre de pays en voie de développement compromettent donc déjà l'avenir de millions de personnes."

Entre autres propositions visant à accroître les disponibilités de protéines, le rapport recommandait qu'en attendant les améliorations à apporter à l'agriculture de type classique dans les pays en voie de développement, le régime alimentaire soit complété par des produits protidi-ques provenant d'autres sources, tels que les farines d'oléagineux, les concentrés de protéines de poisson, les produits unicellulaires, ainsi que des acides aminés essentiels d'origine synthétique et des produits azotés divers. Il faut, pour cela, faire une plus large place à l'éducation nutritionnelle et s'intéresser davantage au traitement, à la commercialisation et à la promotion des produits alimentaires [2].

MEILLEURE UTILISATION DES PRODUITS DE LA PÊCHE

La pénurie de protéines d'origine animale pourrait être rapidement surmontée si la production actuelle des pêcheries était mieux utilisée. Les quantités de poisson pêchées annuellement dans le monde atteignent 50 millions de tonnes environ, soit approximativement 10 millions de tonnes de protéines animales. Ce poisson pourrait fournir jusqu'à 40 % de l'ensemble des protéines d'origine animale nécessaires à l'humanité, mais seul un faible pourcentage en est utilisé directement pour l'alimentation humaine. Les ressources halieutiques mondiales commercialement exploitées consistent essentiellement en poisson gras comme le hareng, le menhaden et les anchois. La majeure partie de ce poisson sert actuellement à la préparation d'aliments pour la volaille, les porcins et les bovins, mais une quantité appréciable est également destinée à la fabrication d'engrais. La protéine du poisson, ainsi utilisée, contribue finalement à accroître la quantité de protéines animales mises à la disposition de l'homme, mais seulement après une longue série de transformations dont le rendement est médiocre.

Le courant de Humboldt qui longe la côte septentrionale du Chili et du Pérou est à l'origine d'une de ces longues chaînes alimentaires. Il est le siège d'une activité biologique extraordinaire, qui contribue à entretenir la vie de millions de tonnes d'anchois. Pendant des siècles, ces poissons ont alimenté une énorme population d'oiseaux ichtyophages qui font leur nid sur les îles et les promontoires rocheux le long de cette côte. Les excréments de ces oiseaux constituent le guano, substance utilisée depuis longtemps comme engrais, qui est l'une des ressources naturelles les plus précieuses du Pérou et l'un de ses principaux produits d'exportation. Il

s'établit ainsi un cycle alimentaire de rendement médiocre en raison du nombre considérable et de la longue durée des phases qu'il comporte: les oiseaux se nourrissent des poissons et déposent leurs déjections dans des anfractuosités le long du rivage; la matière fécale — le guano — est recueillie et transportée par bateaux vers des pays lointains où elle est utilisée comme engrais. La terre ainsi fertilisée porte des récoltes qui, à leur tour, servent à nourrir des bovins ou des porcins destinés à être consommés par l'homme. Dans cette chaîne alimentaire, le rendement en protéines est de l'ordre de 10^{-6} . En d'autres termes, 500 tonnes de poisson consommées par les oiseaux produiront en définitive 500 g de protéines pour la consommation humaine. Le mauvais rendement de cette chaîne trophique a conduit à son abandon et on lui a préféré un système plus efficace et plus rémunérateur, qui consiste à "récolter" directement les anchois.

Au cours des dernières années, la pêche de l'anchois est devenue au Pérou une des activités halieutiques dont l'expansion a été la plus rapide dans le monde. Les prises sont passées de 89 000 tonnes en 1955 à 10 millions de tonnes en 1967—1968. Le poisson est maintenant transformé en farine destinée à l'alimentation animale. Ainsi, la chaîne alimentaire a été ramenée à trois stades et va du poisson à l'homme en passant par le porc. Cinq cents kilogrammes d'anchois fournissent actuellement 500 g environ de protéines pour l'alimentation humaine, ce qui multiplie par 1 000 le rendement protéique de la chaîne alimentaire privée d'un de ses maillons, le guano. Pourtant, même raccourcie cette chaîne n'a qu'un rendement médiocre en protéines, alors que celui-ci pourrait être au moins décuplé si le poisson était consommé directement par l'homme.

La conservation du poisson frais, et notamment du poisson gras, pose cependant un problème, surtout en climat tropical. Dans de nombreux pays en voie de développement où les carences en protéines sont les plus graves, le coût élevé de la réfrigération met le poisson frais hors de portée des consommateurs qui en auraient le plus besoin, et tend à décourager le développement de l'industrie de la pêche. C'est ainsi qu'au cours des années 50, dans l'ex-Congo belge, la production annuelle de poisson de mer s'est trouvée limitée à 6 000 tonnes en raison de la faible capacité de production de la fabrique de glace d'Ango-Ango [3], le seul port de pêche utilisable.

Bien que les méthodes de conservation par séchage, par salage et séchage ou par fumage soient peu coûteuses, elles présentent des inconvénients quant à la qualité du produit obtenu.

La préparation de farine de poisson pour la consommation humaine permettrait de mieux utiliser les ressources halieutiques, en transformant notamment les poissons gras en une protéine comestible d'un prix de revient peu élevé. Les coûts de fabrication de la protéine de poisson pourraient être réduits du fait de l'élimination des opérations de réfrigéra-

tion ou d'appertisation. Enfin, du point de vue hygiénique et diététique, la farine de poisson constitue une amélioration par rapport au poisson séché et fumé.

FARINE DE POISSON DESTINÉE À LA CONSOMMATION HUMAINE

Il y a près de 20 ans, des organismes des Nations Unies — notamment le FISE et la FAO — ont attiré l'attention du monde sur le rôle important que la farine de poisson pourrait jouer dans l'alimentation humaine en fournissant à peu de frais une protéine de valeur biologique très élevée. Dans sa communication au Troisième Congrès international de la nutrition, tenu à Amsterdam en septembre 1954, Autret mettait en évidence non seulement la richesse de ce produit en protéines, mais aussi sa forte teneur en calcium et en vitamine B₁₂. Pour l'alimentation de l'enfant et du nourrisson, une farine de poisson fabriquée à peu de frais présente des avantages sur le poisson en boîte, séché ou salé, à cause de son prix et de sa facilité de stockage. Autret appelait également l'attention des spécialistes sur les essais d'acceptabilité effectués dans certains pays en voie de développement, en soulignant que les préférences varient nettement de pays à pays selon qu'il s'agit d'une farine ayant gardé le goût du produit d'origine ou d'une farine insipide. Toutefois, les enfants ne semblent pas manifester de préférence pour l'une ou pour l'autre [4].

Des considérations économiques militent en faveur de la fabrication, pour la consommation humaine, de farines de poisson ayant conservé leur goût naturel. En 1969, le prix de gros de la farine de poisson destinée à l'alimentation animale était d'environ 0,9 cent la livre (453 g). Sa teneur en protéines étant de 65 %, le coût de la protéine s'établissait approximativement à 14 cents la livre. Si cette protéine pouvait être utilisée directement pour l'alimentation humaine, sans que le coût du produit en fût sensiblement affecté, la farine de poisson serait pratiquement sans rivale comme source protéique.

Dans les années 50, on a essayé à plusieurs reprises de fabriquer des farines de poisson à bas prix pour l'alimentation humaine. Ces farines ayant un goût de poisson prononcé, les consommateurs des pays africains, dont l'alimentation est à base de féculents fades, les ont adoptées pour en faire une sauce utilisée comme condiment.

Dans de nombreux pays en voie de développement, les groupes de population dont le régime exige un apport massif de protéines ont essentiellement une économie de subsistance. Ils consomment la nourriture qu'ils produisent et n'ont guère de moyens d'acheter des produits alimentaires. Néanmoins, dans les économies africaines de ce type, le sel est un produit d'achat courant. Aussi, la farine de poisson a-t-elle connu un vif succès commercial lorsqu'elle a été lancée comme nouveau type de condiment, même dans des régions comme le Rwanda et le Burundi, où la population est traditionnellement végétarienne.

Ghana

Au Ghana, le service des pêcheries a fait construire à Accra, en 1951, une usine pilote pour fabriquer de la farine de poisson destinée à l'alimentation humaine [5, 6]. Le poisson utilisé était la *Sardinella aurita*, que l'on pêche le long des côtes de juin à septembre. Après passage du poisson frais à l'autoclave, une partie de l'huile en était extraite par pression et le tourteau ainsi obtenu était soumis à une déshydratation. Le produit était vendu en 1955 au prix de 21 cents le kg, mais la production de cette petite usine pilote était insuffisante pour satisfaire la demande. On a alors envisagé la construction d'une fabrique de farine de poisson plus importante à Tema Harbor.

Le produit fabriqué à l'usine d'Accra contenait jusqu'à 8% de matières grasses. On pouvait s'attendre à ce que cette teneur élevée en lipides entraînant le rancissement et la peroxydation du produit. Toutefois, après neuf mois de stockage à la température ambiante, la teneur en peroxyde s'est révélée inférieure à 0,5% et aucun rancissement n'a été décelé. Par la suite, la recherche des tocophérols naturels a montré que le produit contenait l'équivalent de 18 mg d'acétate de tocophérol par kg, soit 224 mg par kg de lipides contenus dans la farine de poisson, quantité suffisante pour empêcher l'oxydation des matières grasses.

Ouganda

La Uganda Fish Marketing Corporation (TUFMAC) a construit, sur le littoral du lac George, une usine analogue à celle du Ghana [8]. (La description détaillée des techniques appliquées et des équipements utilisés a été publiée par cette société.)

En 1956, le produit de l'usine ougandaise contenait 72,8% de protéine, 3,2% d'huile, 15,4% de cendres et de l'eau. Le coût de fabrication du produit s'élevait alors à 2,5 cents par kg de poisson frais.

Congo/Rwanda-Burundi

Une usine pilote de farine de poisson destinée à l'alimentation humaine a été construite à Usumbura, en 1956, sur la rive nord du lac Tanganyika (Burundi) [9]. Deux espèces de poissons du lac, apparentées à la sardine (*Stolothrissa tanganyicae* et *Limnothrissa miodon*), ont été traitées par un procédé semblable à celui qui a été appliqué au Ghana. Le produit a été commercialisé sous deux formes: en paquets de 100 g pour la consommation familiale et en sacs de 5 kg pour les collectivités. Il contenait 68% de protéine, 8% d'eau, jusqu'à 11% d'huile et 12,5% de cendres. La teneur en huile du produit, qui varie suivant les cycles physiologiques du poisson et les variations saisonnières de leur biotope, présente un avantage pour cette région, où la carence en vitamine A est endémique, en partie à cause de la faible proportion de matières grasses que comporte le régime alimentaire de la population. Le produit de

l'usine d'Usumbura, dont la valeur biologique était excellente, a été très bien accepté au Rwanda et au Burundi. Tout comme celui de l'usine du Ghana, bien que riche en matières grasses, il contenait apparemment assez de produits antioxydants naturels pour ne présenter aucun signe de rancissement ni de peroxydation, même après une longue période de stockage en climat tropical. Il faut toutefois noter qu'il était protégé de l'humidité par un conditionnement en sacs de polyéthylène.

EXTRACTION DES CONCENTRÉS DE PROTÉINES DU POISSON OU DE LA FARINE DE POISSON AU MOYEN DE SOLVANTS

Plusieurs tentatives ont été faites pour préparer des produits contenant des protéines de poisson mais dépourvus d'arrière-goût et susceptibles d'être incorporés à des denrées de grande consommation telles que le pain. La méthode la plus simple consiste à extraire les lipides du poisson au moyen de solvants.

Afrique du Sud — Extraction à l'éthanol

Dans ce domaine, l'un des premiers essais a été entrepris en Afrique du Sud par le Fishing Industries Research Institute, en collaboration avec une entreprise privée, Marine Oil Refineries of Africa. L'opération a consisté à préparer un concentré de protéines de poisson désodorisé, par traitement à l'éthanol du poisson entier (*Trachurus trachurus*) [10, 11]. Cette farine de poisson dégraissée et désodorisée a été incorporée à concurrence de 8 % dans des pâtes de boulangerie à Johannesburg. En dépit de son intérêt hautement justifié, cette initiative parrainée par les pouvoirs publics a été abandonnée, car il est apparu que les groupes de la population qui avaient le plus besoin de supplément protéique n'achetaient pas de pain.

Chili — Extraction à l'hexane/éthanol

La mise au point du procédé sud-africain a conduit à la création d'une usine de concentrés de protéines de poisson avec l'assistance de l'Organisation des Nations Unies.

Dans son rapport présenté au Congrès de la nutrition qui s'est tenu à Amsterdam. Autret a énuméré les raisons qui l'ont amené à choisir plus spécialement le Chili pour y effectuer des essais permettant de déterminer l'acceptabilité de ces farines: importantes ressources halieutiques du pays, attitude positive des consommateurs à l'égard du poisson, possibilité de bénéficier d'une assistance de la FAO pour les questions techniques et les activités de promotion, carence en protéines animales du régime alimentaire chilien, accueil généralement favorable réservé au projet par les autorités locales [4].

Autret a montré comment, lors des essais préliminaires effectués au Chili, la farine de poisson a été incorporée à un certain nombre de produits alimentaires: potages, soupe de pommes de terre, tagliarini (pâtes), cochayuyo (algues comestibles), pommes de terre frites et laitue, pâté de feuilles de bettes, haricots, ragoût de bœuf, pommes de terre bouillies, biscuits salés pour cocktail, gâteaux et pain blanc. Ces préparations ont fait l'objet de tests préliminaires par un nombre limité de dégustateurs, qui les ont généralement trouvées acceptables, à l'exception des tagliarini, du cachayuyo et du ragoût de bœuf (dont la consistance leur a semblé anormale). Le pâté de feuilles de bettes, les biscuits salés (25 % de farine de poisson), les gâteaux (10 %) et le pain (10 %) ont unanimement été jugés propres à la consommation.

A ces tests préliminaires a succédé une enquête plus vaste pratiquée sur 140 écoliers de 5 à 14 ans. Tous les jours, pendant 6 semaines, chaque enfant a reçu à sa cantine scolaire, au repas de midi, un petit pain de 80 g provenant d'une boulangerie commerciale et contenant 10 % de farine de poisson, soit 6,1 g, quantité fournissant à l'enfant un complément quotidien de 4,4 g de protéines, de 335 mg de calcium, de 329 mg de phosphore et de 3 mg de fer; la pâte à pain comportait déjà d'elle-même 6,5 g de protéines. Seule une couleur légèrement plus foncée différenciait ce produit du pain ordinaire; l'odeur, la saveur, la forme et la consistance de la croûte et de la mie étaient normales.

Les enfants ont fort bien accepté ce pain. Il n'y eut ni refus ni plainte et aucun trouble digestif n'a été décelé.

Devant ces résultats, le Gouvernement chilien a demandé au FISE et à la FAO de l'aider à créer une usine de farine de poisson comestible à utiliser surtout dans les programmes de compléments diététiques.

A une date ultérieure, le FISE a aidé le Gouvernement chilien à fabriquer des concentrés de protéines de poisson en lui fournissant des services techniques d'encadrement et le matériel nécessaire, qui a été installé à l'usine de l'ISESA (Industria Pescera de Altamar) à Quintero. Layton E. Allen, ingénieur principal du FISE, a rédigé un rapport sur le fonctionnement de l'usine, la valeur biologique du produit et tous autres détails relatifs aux coûts de production [12].

L'usine est approvisionnée en merlu frais (merluzza), poisson comestible maigre, et utilise un mélange d'hexane et d'éthanol pour en extraire les matières grasses et désodoriser le produit. Elle comprend l'équipement suivant: un déshydrateur horizontal à râcloir pour le poisson cru, à gaine de vapeur et dispositif de ventilation forcée, avec un agitateur et un condenseur; un extracteur rotatif horizontal à gaine de vapeur, muni de filtres en toile intégrés dans l'appareil et d'un réseau de canalisations pour l'évacuation sous vide du solvant et de la vapeur; un dispositif de récupération et de stockage du solvant; un épurateur d'alcool; un broyeur à

mardeaux pour la farine brute déshydratée; un broyeur à mardeaux, un blutoir pour la farine raffinée et le matériel de conditionnement du produit désodorisé; les trémies, transporteurs, élévateurs à godets et ventilateurs type "cyclone" nécessaires au déplacement des matériaux entre les différentes opérations.

Le poisson cru est d'abord séché dans un déshydrateur horizontal à gaine de vapeur dont le brassage est assuré par une batterie d'agitateurs tubulaires également chauffés à la vapeur. La farine est extraite à l'éthanol ou à l'hexane/éthanol; la température de séchage se règle entre 70° et 100° C par la commande de débit de l'air. Dans ces conditions, le séchage nécessite environ 6 heures par lot de 2 tonnes de merlus frais entiers, y compris le temps nécessaire au chargement et au déchargement. Chaque lot de farine moulue est déshuilé et désodorisé dans un extracteur rotatif chemisé, au moyen de lavages successifs au solvant. La majeure partie du solvant est séparée du tourteau au cours de l'agitation et du chauffage sous vide. Le tourteau, partiellement séché, est ensuite débarrassé du résidu de solvant à l'aide de vapeur administrée à basse pression sous vide. La température maximale est de 80° C au cours de cette opération. Le concentré séché et désodorisé ainsi obtenu représente environ 16% du poids du poisson frais. Il contient en moyenne 3,5 à 10% d'eau, environ 80% de protéines ($N \times 6,25$) et 1,6 à 3% de matières grasses, le reste étant constitué de cendres. La teneur en fluorure s'échelonne entre 150 et 200 ppm et la teneur en lysine est proche de 9%. Le coût total du procédé à l'hexane/éthanol est évalué à 268 dollars la tonne de farine de poisson déshuilée et désodorisée, ce montant étant calculé sur la base des prix pratiqués à Quintero (Chili) en décembre 1961 et comprenant le coût du poisson cru, de l'huile de poisson récupérée, de l'électricité, de la vapeur, de l'eau, de la main-d'œuvre, des solvants et des emballages.

Une publication récente sur le concentré de Quintero [13] indique que le prix du produit s'établit entre 35 et 55 cents le kg, mais précise que le coût exact est difficile à calculer car l'usine, construite avec l'aide technique et financière du FISE, est une entreprise qui appartient à l'Etat mais est exploitée par une société privée.

Amérique du Nord

Le procédé VioBin — Extraction au dichloréthylène

A peu près à l'époque où le procédé de fabrication des concentrés de protéines de poisson de Quintero était mis au point au Chili, la société VioBin de Monticello (Illinois) procédait à des essais d'extraction au dichloréthylène, solvant qui extrait l'huile et sépare l'eau du poisson par distillation azéotrope. (La Société VioBin avait d'ailleurs utilisé ce

procédé, au titre de contrats de recherche conclus avec l'industrie pharmaceutique, pour extraire les lipides et l'eau du foie, du pancréas et d'autres organes de bovins et des porcins.) Cette première méthode d'extraction, appliquée au poisson, permet d'obtenir un produit contenant environ 70 à 75% de protéines, 15 à 18% de cendres, 1,5% de matières grasses, 0,5% de matière fibreuse brute, et 8% d'eau, lorsqu'il s'agit de poisson maigre. Le produit obtenu est actuellement utilisé comme succédané du lait dans l'alimentation des animaux et se vend environ 15 cents la livre (prix de mars 1969), par lots minimaux de 15 tonnes.

Ce type de protéines de poisson, partiellement déshuilées, présente l'avantage de pouvoir servir à la nourriture de la volaille et des porcins, par exemple, jusqu'à l'époque de l'abattage, sans altérer le goût de leur chair. La farine de poisson ordinaire ne peut être administrée aux animaux dans les quelques semaines qui précèdent l'abattage, car elle confère à la viande un goût de poisson.

La Société VioBin soumet ce produit à une deuxième extraction, effectuée à l'isopropanol, pour supprimer les dernières traces de matières grasses et l'arrière-goût de poisson.

Le procédé VioBin, exploité sous licence par plusieurs sociétés, est utilisé par la Alpine Marine Protein Industries, Inc., qui fabrique 1 000 tonnes de concentrés de protéines de poisson propres à la consommation humaine pour le compte de l'US/AID, au prix d'environ 42 cents la livre de concentrés, soit 60 cents la livre de protéines.

La Alpine Marine Protein Industries, Inc. exploite à New Bedford (Massachusetts), une usine capable de traiter plus de 100 tonnes de poisson frais par jour. Elle peut produire quotidiennement 20 tonnes de concentrés (non désodorisés) pour la consommation animale, ou 16 tonnes de concentrés pour la consommation humaine. La société a eu quelques difficultés à respecter le contrat conclu avec l'AID, le règlement de l'Administration américaine des produits alimentaires et pharmaceutiques (FDA) prévoyant que seul le merlu peut être utilisé pour les produits d'alimentation humaine. L'approvisionnement en merlus devient difficile et onéreux, en grande partie à cause de la demande de l'usine de New Bedford.

La Cape Flattery Company of Seattle à Washington a transformé une péniche de débarquement d'une soixantaine de mètres de long, provenant des surplus américains, en bateau-usine qui utilise la morue comme matière première avec le procédé VioBin (extraction au dichloréthylène). L'installation, entrée en service au début de septembre 1968, peut traiter 8 tonnes de poisson à l'heure, soit quelque 200 tonnes par jour. L'entreprise envisage de fabriquer une farine de poisson de qualité supérieure en utilisant le dichloréthylène comme unique solvant. Cette farine serait utilisée pour l'alimentation de la volaille, des porcins et d'autres animaux avant l'abattage.

Bureau of Commercial Fisheries — Extraction à l'isopropanol

Quel que soit le procédé utilisé, il est difficile de vendre des aliments et des additifs alimentaires tant qu'ils n'ont pas été approuvés et adoptés comme propres à la consommation humaine. Aux États-Unis, la FDA avait de tout temps banni l'utilisation de poisson entier à cette fin, en se fondant sur des considérations de pure présentation (le contenu des intestins restant dans le produit) encore qu'elle autorise cette pratique pour les sardines, les crustacés et autres fruits de mer.

Aux États-Unis, le Bureau des pêches commerciales a récemment montré, sous la direction du Dr Donald Snyder, que le poisson entier traité aux solvants — c'est-à-dire le concentré de protéines — est un aliment complet de valeur nutritive élevée, en particulier en tant qu'appoint protéique [14]. Il utilise un procédé d'extraction à l'isopropanol en plusieurs phases pour éliminer l'eau et l'huile du poisson, et obtient ainsi une poudre fine et souple. Une description détaillée du procédé d'extraction à l'isopropanol mis au point par le Bureau figure dans la brochure *Marine Protein Concentrate* [14].

Après avoir analysé à fond les aspects toxicologiques et biologiques du problème, la FDA a édicté un règlement en date du 2 février 1967, reconnaissant le produit comme propre à la consommation, mais restreignant la fabrication à des concentrés de protéines préparés exclusivement à partir de merlus ou de poissons analogues, par extraction des lipides et de l'eau au moyen d'isopropanol ou successivement au dichloréthylène et à l'isopropanol [15].

Les spécifications arrêtées par la FDA pour le concentré de protéines de poisson sont les suivantes: le concentré doit être fabriqué à partir de merlus ou de poissons analogues, contenir au minimum 75 % de protéines, et avoir une teneur maximale en eau de 10 %, en matières grasses de 0,5 %, en fluorure de 100 ppm, en isopropanol de 250 ppm et en dichloréthylène de 5 ppm; en outre, il doit être exempt d'organismes pathogènes.

L'Administration précise que le concentré est destiné à servir d'additif à n'utiliser dans la consommation familiale que comme appoint protéique. L'additif doit être offert aux consommateurs en paquets d'un poids maximum d'une livre. Cette précision signifie que le concentré ne peut être utilisé pour la fabrication industrielle d'aliments normalisés. Cependant, en dépit du caractère restrictif de la réglementation, la fabrication de concentrés de protéines à partir de poisson entier, acceptée par la FDA grâce aux efforts soutenus du Bureau des pêches commerciales, marque une étape extrêmement importante et, à l'heure actuelle, plusieurs sociétés envisagent sérieusement, aux États-Unis et ailleurs, de préparer par ce moyen des aliments de haute valeur protéique [16].

Le Bureau des pêches commerciales a reçu récemment 2 millions de dollars de la Southwest Engineering, Inc. pour construire une usine pilote

à Aberdeen, Washington. L'usine sera exploitée par la Star-Kist Foods, Inc. et appliquera le procédé d'extraction à l'isopropanol.

La Cardinal Proteins Company construit actuellement au Canada une usine qui utilisera le procédé du Bureau des pêches commerciales pour fabriquer 30 tonnes par jour de concentrés à partir de merlu écureuil. Cette entreprise envisage d'enlever les arêtes des poissons avec une machine japonaise spécialement conçue à cet effet, avant l'extraction à l'isopropanol. Le concentré ainsi obtenu aurait une teneur en protéine de près de 90%, et les inconvénients liés aux doses élevées de fluorure se trouveraient ainsi notablement réduits. L'usine, en construction à Canso (Nouvelle-Ecosse), bénéficie de subventions importantes du Gouvernement canadien. Le Département du commerce et de l'industrie au Canada encourage activement l'utilisation des concentrés dont la Cardinal Proteins confiera la fabrication à diverses entreprises canadiennes.

Le procédé Guttman-Vandenheuvel-Gunnarsson

Dès 1945, l'Office canadien de recherches sur les pêcheries avait entrepris dans ses laboratoires de Halifax (Nouvelle-Ecosse) une étude sur la préparation de concentrés de protéines de poisson. En 1954, le même groupe de chercheurs a étudié le procédé à l'isopropanol en vue de fabriquer un aliment protéique dépourvu d'arrière-goût et d'odeur. Des essais en usine pilote, visant à traiter le poisson entier à l'isopropanol, ont été effectués en 1957—1958. Le procédé d'Halifax a été appliqué dans une usine pilote à différentes matières premières: filets de morue, morue entière, morue vidée, déchets de morue et hareng entier. Le procédé, connu sous le nom de procédé Guttman-Vandenheuvel-Gunnarsson, est exposé en détail au point 10 des actes de la réunion de Rabat par le Dr. David R. Idler et dans le Canadian Fisheries Report, No. 10, 1968 par Idler et Power [17, 18].

Procédés mis au point par des sociétés privées

La Lever Brothers Company a mis au point et breveté un procédé utilisant du poisson frais moulu qui est séché dans un tambour rotatif, puis traité à l'éthanol.

La General Foods Corporation a inventé et breveté un procédé au cours duquel le poisson cru dilacéré dans de l'eau et le pH du mélange abaissé par addition d'acide. Un antioxydant est ajouté à la pâte ainsi obtenue. Après avoir été brassée pendant 15 minutes, la suspension est passée au filtre-presse. Le tourteau est ensuite traité à l'alcool butylique tertiaire ou par une autre substance analogue.

Pérou — Extraction par le procédé Verrando

Un procédé intéressant a été mis au point au Pérou — où il est généralement connu sous le nom de procédé Verrando — pour extraire des

concentrés de protéines du poisson au moyen de solvants. Il a été décrit de façon assez détaillée par le Groupe consultatif des protéines OMS/FAO/FISE [19]. La farine de poisson est extraite sous vide au moyen de vapeur d'hexane. Les chercheurs qui ont mis au point ce procédé estiment qu'il permet d'extraire très efficacement les lipides et de produire en une seule opération un concentré contenant moins de 1% de matières grasses, le poids de solvant utilisé n'étant qu'une fois et demie supérieur à celui de la matière première. Le produit est fabriqué à partir de merlus, d'anchois ou autres poissons.

L'usine applique le procédé à la fabrication de lots et utilise 1 700 litres de n-hexane pour traiter une tonne de matière première. Un vide de 28 pouces est réalisé dans l'extracteur et dans le reste du circuit. La matière est traitée pendant 90 minutes à la vapeur d'hexane; après l'évacuation du solvant, le produit est emballé dans des sacs de polyéthylène et de papier kraft et est offert sur le marché local au prix de 240 dollars la tonne c.a.f. Le document du Groupe consultatif des protéines donne également l'analyse complète des amino-acides et la composition brute du produit, ainsi que les résultats des tests de nutrition.

Le produit a été accepté par le Gouvernement péruvien en tant que supplément diététique propre à la consommation humaine et a été utilisé pour "enrichir" du pain dans la proportion de 4%. La société Industrialización de Productos Agrícolas S.A. utilise le concentré pour préparer un mélange contenant de la semoule de maïs, du jus de malt, des sels minéraux, des vitamines et des condiments. Ce mélange contient 50% de concentré de protéines de poisson. M. Verrando a également mis au point une soupe en poudre et un type spécial de macaronis enrichis et assaisonnés.

Suède

La société suédoise Astra Nutrition fabrique également à Bua, village de pêcheurs situé au sud de Göteborg, un concentré entièrement déshuilé. L'usine produit une tonne et demie de concentré de protéines à l'heure en utilisant comme matière première de la farine de hareng qu'elle dégraisse et désodorise au moyen d'isopropanol. Le produit déshuilé contient 80 à 85% de protéines, 10 à 15% de sels minéraux, 5 à 8% d'eau et moins de 1% de lipides. Le produit a une haute valeur biologique, comme l'ont montré des expériences approfondies de nutrition animale et humaine.

Allemagne

Au cours de la Seconde Guerre mondiale, l'Allemagne a mis au point un procédé dans lequel le poisson entier moulu est brassé dans une solution à 0,5% d'acide acétique. Cette pâte est passée au filtre-pressé et le tourteau traité à l'éthanol, puis hydrolysé à l'alcali et filtré. Il en résulte une solution de protéines qui est neutralisée au moyen d'acide acétique

et séchée par évaporation. Le produit obtenu est une poudre soluble dans l'eau, d'un blanc pur, qui a été utilisée comme succédané du blanc d'œuf en Allemagne où elle était fabriquée à l'échelle industrielle pendant la Seconde Guerre mondiale.

La société Vogel and Company, en Allemagne, utilise après le traitement à l'acide ou à l'alcali un autre procédé d'extraction au moyen d'éthanol. Le poisson est ensuite soumis à une deuxième extraction à l'acétone et séché sous vide.

Grande-Bretagne

La société Cavanagh et Inman fabrique un concentré de protéines en traitant le poisson avec des mélanges de solvants comprenant de l'acétone, de l'acétate d'éthyle et de l'éthanol.

AUTRES PROCÉDÉS DE PRODUCTION DES CPP

De nouvelles recherches ont été entreprises récemment au laboratoire de l'Observatoire géologique Lamont-Doherty de l'Université de Columbia et ailleurs pour essayer d'améliorer ces produits [16].

Protéines de poisson obtenues par hydrolyse

Hydrolyse chimique

Un procédé fondé sur l'hydrolyse chimique donne un produit contenant 90 à 99% de protéines de poisson et ayant une teneur en huile extrêmement faible (moins de 0,1%) et une valeur biologique élevée. Ce produit est soluble dans l'eau à concurrence de 20% du poids et du volume. Le procédé comprend plusieurs opérations très simples: après une hydrolyse chimique, la phase aqueuse est séparée au filtre-presse de la phase huileuse contenant la peau et les arêtes; elle est ensuite épurée et le liquide obtenu est séché par vaporisation.

Protéines obtenues par hydrolyse enzymatique

Divers types d'hydrolyse enzymatique sont également à l'étude. Le Bureau des pêches commerciales des États-Unis a entrepris, dans son laboratoire de College Park, Maryland, une étude de l'utilisation de divers enzymes protéolytiques du commerce en vue de préparer des hydrolysats de protéines de poisson, et l'Agri Consult Company a mis au point, en Suède, le procédé "Tilamin", assez semblable au précédent dans son principe. Ces procédés sont, eux aussi, relativement simples: le poisson entier, finement broyé par pilonnage, est digéré par addition d'un enzyme protéolytique du commerce. A la fin de la période de digestion, le mélange

est séparé par centrifugation en ses deux phases, huileuse et aqueuse. La phase aqueuse est ensuite séchée par divers moyens et l'on obtient un hydrolysate de protéine qui se compose essentiellement d'acides aminés de poisson et de petits peptides.

Les quantités de tryptophane présentes dans les hydrolysats de protéine de poisson sont généralement faibles.

La Rohm et Haas Company de Philadelphie, Pennsylvanie, a mis au point un enzyme protéolytique expérimental qui hydrolyse un concentré de protéines de poisson, obtenu par extraction aux solvants, complètement désodorisé et dégraissé. L'enzyme est appelé "enzyme expérimental 56". Son pH optimum est de 10,0. Rohm et Haas prétendent que l'on peut solubiliser jusqu'à 85% de l'azote protéique original en soumettant le CPP extrait aux solvants à une incubation avec cet enzyme. Ils préconisent une température de 60° C pour la digestion enzymatique. Le produit digéré qui en résulte est filtré et le filtrat, qui contient de petits peptides et des acides aminés libres, est séché par vaporisation. Le produit est incolore et presque insipide, et contient 87% de protéines.

Procédés de fermentation

Micro-organismes protéolytiques

Le Dr. Victor Bertullo de l'Université d'Uruguay a mis au point une méthode de préparation d'un hydrolysate de protéine de poisson pour lequel il utilise une levure protéolytique, *Hansenula monteideo*. Des mélasses sont ajoutées au poisson entier broyé; le mélange reçoit ensuite une inoculation de levure puis est mis à fermenter pendant 18 à 24 heures à 30—32° C dans un agitateur à mouvement lent. Un filtrage initial élimine les arêtes et les écailles et l'huile est enlevée par centrifugation. Le mélange est concentré par évaporation à basse température jusqu'à se composer de 50% de particules solides et est ensuite séché par vaporisation. Le produit obtenu contient de 70 à 72% de protéines, 5 à 6% d'humidité, 12 à 14% de cendres et environ 5% de matières grasses. Une usine pilote utilisant ce procédé fonctionne actuellement en Uruguay.

La Reliance Chemicals Corporation fabrique une farine protidique de poisson au moyen d'enzymes fongueux qui digèrent et liquéfient la matière première en éliminant son goût et son odeur. La chair de poisson est cuite pendant 5 à 15 minutes à 60—70° C et reçoit ensuite l'enzyme protéolytique fongueux, ainsi qu'un appoint de son de blé, de levure de bière et de sucre. La fermentation se poursuit pendant huit heures à 52—56° C. Le produit est ensuite chauffé à 70° C et séché.

L'Institut central de recherches sur la technologie alimentaire de Mysore, en Inde, a préparé des hydrolysats de protéine de poisson en utilisant la papaïne comme enzyme protéolytique.

En Israël, la société Prolux prépare un hydrolysate de protéine en faisant fermenter du poisson en présence de *Lactobacillus plantarum* dans un bouillon de culture contenant du son de seigle, de l'orge moulue, du son de blé, de l'herbe broyée et de la farine de carottes. *Lactobacillus plantarum* a une forte activité protéolytique avec un pH 4.

Micro-organismes lipolytiques

Un autre procédé actuellement à l'étude au laboratoire de l'Université de Columbia devrait permettre de produire des aliments propres à la consommation humaine, à partir de poissons gras abondants et peu coûteux dont la fermentation est assurée par des microorganismes lipolytiques capables de réduire de 50% environ la teneur en lipides de la matière première et laissant une saveur agréable qui rappelle celle de certains aliments généralement consommés dans les milieux occidentaux [20]. Ce procédé de fermentation devrait permettre d'atteindre plusieurs objectifs: utiliser une matière première abondante et peu onéreuse, produire un aliment d'arôme et de goût agréables, conserver ou accroître la teneur en protéines du produit sans nuire à sa valeur biologique, réduire la teneur en lipides de la matière première pour assurer la conservation du produit.

On a obtenu les meilleurs résultats en utilisant, pour faire fermenter le poisson, un champignon imparfait, *Geotrichum candidum*, dont l'activité lipolytique est considérable en présence de menhaden, poisson à forte teneur en matières grasses. Le produit de fermentation a un arôme sucré rappelant les esters; l'odeur de la matière première a complètement disparu, mais on en retrouve l'arrière-goût après un mois de stockage. On a enregistré un gain substantiel d'azote aminé et, parallèlement, une diminution de l'azote non protéique au cours de la fermentation.

La production et l'accroissement de lipase ont atteint leur taux maximum en l'espace de 36 heures, à l'air libre, avec brassage modéré d'une bouillie de poisson tamponnée à 0,15 M de phosphate, dont le pH était de 7,5.

Divers autres organismes lipolytiques se sont révélés utilisables et notamment la levure *Candida lipolytica*. Les travaux sont parrainés par le Bureau des pêches commerciales des Etats-Unis.

Fermentation destinée à empêcher la formation de peroxyde

En collaboration avec le professeur Paul György, l'auteur a mis au point un procédé de fermentation simultanée de soja et de poisson en présence de *Rhizopus oligosporus*. Ce procédé serait utilisable à l'échelle de l'industrie artisanale. Le goût du soja fermenté en présence de *Rhizopus oligosporus* convient déjà aux consommateurs d'Indonésie, où cette préparation est connue sous le nom de *tempeh*. On obtient un produit acceptable et de haute valeur biologique en faisant fermenter le *tempeh*

en présence de poisson à raison de trois parties de soja pour une de poisson. En outre, l'antioxydant naturel présent dans le *tempeh* protège le poisson contre le rancissement et l'oxydation [21].

Emploi de détersifs

Des recherches menées dans une autre direction utilisent les détersifs pour extraire l'huile de poisson d'une émulsion aqueuse [22]. L'Université du Chili, à Santiago, a récemment publié les résultats obtenus par l'emploi de lauryle-sulfate de sodium pour extraire l'huile et la farine de poisson de l'émulsion. La farine de poisson utilisée, préparée à partir de merlu (*Merluccius gayi*) vidé, a été extraite au moyen d'une solution aqueuse de lauryle-sulfate de sodium à 5%. Un procédé analogue a été signalé par J. J. Connell de la Station de recherche de Torry, Aberdeen (Ecosse) [23]. Connell avait déjà utilisé des détersifs pour extraire la protéine du poisson ; il avait obtenu des produits à teneur négligeable en lipides, mais il craignait les effets des détersifs subsistant dans le produit. Les détersifs ioniques forment des chaînes très résistantes avec la protéine de poisson et risquent d'être toxiques.

De son côté, le Bureau des pêches commerciales des Etats-Unis étudie activement l'utilisation des détersifs pour extraire les lipides du poisson dans la préparation de concentrés de protéines.

PRODUITS À BASE DE PROTÉINES DE POISSON

Trois principaux types de produits à base de protéines de poisson ont été examinés :

Produits protidiques à goût de poisson

Ces produits ont un goût de poisson et en contiennent certains lipides. Les produits obtenus au Ghana, en Ouganda et au Congo/Rwanda-Burundi entrent dans cette catégorie. La teneur résiduaire en huile de ces produits peut constituer un avantage dans les régions où le régime alimentaire est trop pauvre en matières grasses. Peuvent être rangés dans cette catégorie les produits obtenus par hydrolyse du poisson, comme le *nuoc-mâm* et le *nuoc-nhut*, originaires du Viet-Nam, d'autres pâtes et hydrolysats traditionnellement fabriqués en Extrême-Orient, ainsi que le *furikake* japonais. Le mélange de *empeh* et de poisson, actuellement à l'étude, pourrait aussi y trouver place.

Ces produits ont une saveur marquée qui relève le goût fade de certains aliments de base. Leur prix est bas et, pour peu que leur production soit correctement contrôlée, ils pourraient fort bien constituer la meilleure solution pour la population qui vit en économie de subsistance.

Concentrés de protéines de poisson extraits aux solvants

Ces produits sont fades, parfois un peu sableux à cause de leur teneur en arêtes et en peau, de sorte qu'il est difficile de les incorporer dans des denrées alimentaires. Des recherches récemment entreprises visent à éliminer la peau et les arêtes pour remédier à cet inconvénient. Les produits manquent de "propriétés fonctionnelles", par exemple, il est impossible de les dissoudre, de les fouetter, d'en faire des liaisons à l'eau ou aux matières grasses, toutes opérations très importantes dans la technologie et l'économie modernes de l'alimentation. On tente actuellement de leur conférer ces propriétés fonctionnelles. Le meilleur parti que l'on puisse en tirer consiste à les incorporer dans le pain, dans des pâtes alimentaires comme les macaronis et dans d'autres aliments du même genre. Ces produits sont d'un emploi commode pour apporter un complément de protéines aux repas des cantines scolaires ou des hôpitaux et des centres d'hygiène maternelle et infantile. Leur cherté constitue un inconvénient majeur. Les procédés d'extraction aux solvants nécessitent en général des installations complexes qu'il est souvent impossible d'adapter à un environnement primitif. Dans le proche avenir, on les utilisera surtout pour améliorer la nutrition protéique des citadins et, d'une manière générale, de la population qui vit en économie monétaire.

Ces concentrés de protéines peuvent être préparés à partir de farine de poisson ou de poisson frais. Plusieurs petites usines en produisent actuellement et d'autres sont à l'étude. L'expérience des quelques usines existantes montre que la fabrication devrait s'intégrer dans des activités de pêche et de production à grande échelle, comme c'est le cas dans les usines péruviennes d'extraction, où l'unité moyenne de production de farine de poisson a une capacité qui lui permet de traiter 2 000 tonnes de poisson frais par jour et possède sa propre flotte de pêche. Des problèmes graves risquent de surgir si la pêche et la fabrication de CPP sont indépendantes l'une de l'autre.

Nouveaux produits en cours de mise au point

Il est encore trop tôt pour dire quel sera l'avenir économique des hydrolysats de protéines de poisson ou ce que seront les produits obtenus par fermentation. Le principal objectif des chercheurs qui se préoccupent de mettre au point ces procédés est de réduire les coûts de fabrication des concentrés.

POSSIBILITÉS DE DÉVELOPPEMENT DES PÊCHES MONDIALES

On est sans doute en droit de dire que les ressources halieutiques sont mal connues et risquent de s'épuiser si la demande de concentrés de protéines de poisson augmente trop vite. Au demeurant, les techniques

actuelles de pêche sont périnées. Mais, de même que l'humanité est passée par une phase de chasse et de cueillette avant de pouvoir compter sur l'agriculture et la domestication des animaux pour assurer sa production alimentaire, il se peut qu'elle s'oriente sérieusement, d'ici peu, vers la planification rationnelle des récoltes marines.

R. D. Gerard et J. L. Worzel [24] ont récemment préparé un projet qui ouvre des possibilités nouvelles à l'aquiculture. Ils envisagent de pomper de l'eau de mer froide à une profondeur de 800 mètres, au moyen de conduites de grand diamètre, et de la déverser dans une zone de condensation située sur le littoral, de façon à intercepter les vents alizés saturés d'humidité. L'air étant refroidi, une grande partie de cette humidité se condensera, donnant des précipitations qui pourront être canalisées vers des réservoirs d'eau potable. Quant à l'eau tirée des profondeurs de la mer et utilisée comme réfrigérant pour condenser l'humidité, elle se déversera dans des lagunes fermées, proches du rivage, où elle servira d'engrais. Ces eaux profondes et froides, situées au-dessous de la zone euphotique contiennent 10 à 15 fois plus d'éléments nutritifs inorganiques nécessaires pour amorcer le processus de photosynthèse que les eaux superficielles de cette zone, dont les oligo-éléments sont épuisés par l'activité photosynthétique. Le premier maillon de la chaîne alimentaire marine consistera à stimuler la production primaire, c'est-à-dire la synthèse des molécules organiques complexes à partir de sels minéraux simples, d'oxyde de carbone et d'eau, que l'énergie solaire organise en cellules vivantes ou protoplasme. Cette synthèse permettra d'accroître considérablement la production primaire des lagunes côtières, qui pourront alors servir de bassins d'élevage pour toutes sortes de poissons ou de coquillages. La sériole japonaise fait maintenant l'objet d'un élevage intensif et d'une "récolte" continue; les rendements annuels sont de 280 tonnes à l'hectare [25].

Une installation de pompage de ce type fonctionne actuellement sur l'île Sainte-Croix, dans les îles Vierges, emplacement choisi parce qu'on y trouve des fonds de 1 000 mètres à moins d'un kilomètre et demi du rivage.

Le projet en question vise à provoquer artificiellement une remontée des eaux profondes, analogue à celle que le courant de Humboldt suscite au large de la côte occidentale du continent sud-américain. Il est difficile d'évaluer dès maintenant les perspectives qu'il ouvrira à la production de protéines d'origine marine. Le projet ne se limite pas à l'utilisation de lagunes ou de zones littorales coupées de la mer.

Un projet de grande envergure a été envisagé en 1970 pour utiliser ce système de pompage en haute mer. Une société d'exploitation sous-marine, qui se propose d'extraire des minéraux du fond de la mer, emploiera des pompes de gros calibre pour remonter à la surface les matériaux dragués sur le sol marin et, à titre de sous-produits, des eaux

riches en éléments nutritifs qui permettront de créer de véritables pâturages marins en aval de cette industrie extractive. Le problème économique que soulève le pompage de l'eau à de grandes profondeurs pour l'aquiculture ne se posera pas, puisque cette eau sera un sous-produit des activités minières. L'argument économique invoqué dans le rapport du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies [26] à l'encontre de la création artificielle de courants ascendants ne vaut pas en l'occurrence. Pour pomper les eaux profondes et les ramener dans la zone euphotique où les eaux riches en éléments nutritifs se prêtent au processus de photosynthèse, il suffit de disposer de l'énergie nécessaire pour faire monter l'eau de 6 m environ, c'est-à-dire assez pour vaincre les frottements le long des conduites et compenser une légère différence de densité.

On espère que ce système de pompage permettra d'accroître substantiellement les ressources en protéines marines et que, associé à la mise au point de formes appropriées de conservation du poisson, il contribuera à remédier à la pénurie de protéines.

REFERENCES

1. FAO (1968), *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, 1968*, Rome, p. 3.
2. ORGANISATION DES NATIONS UNIES (1968), Action internationale pour écarter la menace d'une crise des protéines: *Rapport au Conseil économique et social du Comité consultatif sur l'application de la science et de la technique au développement* (numéro de vente: F.68.XIII.2).
3. CAPART et KUFFERATH (1957), dans *Bulletin agricole du Congo belge*, 47:805.
4. AUTRET, M. et A. G. VAN VEEN (1954), "Possible sources of proteins for child feeding in underdeveloped countries", Troisième congrès international de la nutrition, Amsterdam, 13—17 septembre 1954, p. 183—184.
5. *Report on the fisheries department for the year 1951—1952* (1953), Gold Coast Government Printing Department, Accra.
6. *Report on the fisheries department for the year 1954—1955* (1956), Gold Coast Government Printing Department, Accra.
7. GROUPE CONSULTATIF DES PROTÉINES FAO/FISE/OMS (PAG) (1960), "World-wide developments on fish flour", Document sur la nutrition R. 8/Add. 10, réunion d'août 1960, Washington D.C.
8. "The small-scale production of fish meal", Uganda Development Corp. Ltd., Technical Development Division, Technical Note, No. 2056 (Commission pour la coopération technique en Afrique au sud du Sahara/Conseil scientifique africain (CCTA/CSA), Bukavu (29 octobre 1956).

9. ROELS, O. A. (1957). "La poudre de poisson frais déshydraté pour l'alimentation de l'homme". *Bulletin agricole du Congo belge*, 48: 423—438.
10. FISHING INDUSTRIES RESEARCH INSTITUTE (1954—1955) *Annual Report of the Director*. Le Cap, Afrique du Sud, p. 34.
11. LATEGAN, A. W. (1956), Fish Flour for Human Consumption (CCTA) (Commission pour la coopération technique en Afrique au sud du Sahara), Troisième conférence interafricaine sur la nutrition, Luanda. Rapport n° 21.
12. ALLEN, L. E. (1963), "Fish Flour production in Chile". *Fishing News International*, numéro de janvier.
13. YÁÑEZ, E. I. BARRIA, F. MONCKEBERG, A. MACCIONI et G. DONOSO (1967), "The fish-protein concentrate story: No. 6. Quintero fish-protein concentrate: protein quality and use in foods". *Food Technology*, 21:1604. décembre.
14. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. FISH AND WILDLIFE SERVICE, BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES (1966), "Marine-Protein Concentrate", *Fishery Leaflet No. 584*, Washington, D.C.
15. *Federal Register* (Etats-Unis), 2 février 1967, 32 S. R. 1173 (paragraphe 121.1202).
16. ROELS, O. A. (1969) "Marine proteins", *Nutrition Reviews*, 27 (2): 35—39, numéro de février.
17. IDLER, D. R. (1968) "The development and scope of the Halifax process", *Canadian Fisheries Report No. 10*, numéro de juillet, p. 45 (Proceedings of the Conference on FPC, Ottawa, Canada, 24—25 octobre 1967).
18. POWER, H. E. (1968), "Nutritional characteristics and projections on production of products prepared by the Halifax process". *Canadian Fisheries Report No. 10*, numéro de juillet, p. 57 (Proceedings of the Conference on FPC, Ottawa, Canada, 24—25 octobre 1967).
19. GROUPE CONSULTATIF DES PROTÉINES FAO/OMS (PAG) (1965), "Development of fish-protein concentrate in Peru: Verrando process", Document sur la nutrition R. 8/Add. 18, réunion de juillet 1965, Rome.
20. BURKHOLDER, L., P. R. BURKHOLDER, A. CHU, N. KOSTYK et O. A. ROELS (1968), "Fish fermentation", *Food Technology*, 22 (10): 1278—1298.
21. GYÖRGY, P., K. MURATA et H. IKEHATA (1964) "Antioxidants isolated from fermented soybeans (tempeh)", *Nature*, 203 (4947): 870—872.
22. CAIOZZI, M., et coll. (1968), "The fish-protein concentrate story: No. 7, new method of fish-protein concentrate production for food use", *Food Technology*, 22: 758, juin.
23. CONNELL, J. J. (1969), "The fish protein concentrate story: No. 8. On the use of detergents in fish-protein concentrate production", *Food Technology*, 23: 206, février.
24. GERARD, R. D. et J. L. WORZEL (1967), dans *Science*, 157: 1300.
25. BARDACH, J. E. (1968), dans *Science*, 161: 1098.
26. CONSEIL ÉCONOMIQUE ET SOCIAL DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES (1968), *Les ressources de la mer. Deuxième partie: les ressources alimentaires de la mer au-delà du plateau continental, à l'exclusion du poisson*, rapport du Secrétaire général (E/449/Add. 2, 7).

2. DETERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE ET DE L'ACCEPTABILITE DES CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON*

Dans le domaine de la production d'aliments riches en protéines provenant de la mer, on s'est attaché à mettre au point des produits qui soient non seulement bon marché mais encore stables, sans avoir besoin de recourir aux méthodes normales de préservation. Si l'on veut maximiser l'emploi des protéines marines, il faut naturellement utiliser les stocks de poisson qui sont abondants et faciles à exploiter. L'énorme rendement en farine de poisson des anchois pêchés sur les côtes du Pérou montre qu'il est possible de tirer de la mer beaucoup de protéines à peu de frais. En évitant le stade de la transformation intermédiaire, qui consiste à nourrir de protéines marines des animaux tels que poulets ou porcs destinés à la consommation humaine, on accroît considérablement l'efficacité des protéines de haute qualité ajoutées à l'alimentation humaine.

La plupart des poissons de mer utilisés pour fabriquer de la farine de poisson sont gras et les produits obtenus sont quelque peu instables en raison de la facilité avec laquelle s'oxydent les graisses non saturées de la farine. Ce sont les graisses et les phospholipides qui donnent à ces produits leur odeur et leur saveur de poisson, et les populations qui n'en ont pas l'habitude ne les acceptent pas. Par ailleurs, les techniques de réduction dans la fabrication de farine de poisson laissent beaucoup à désirer du point de vue de l'hygiène. L'utilisation directe de la farine de poisson produite à l'échelle commerciale pour la consommation humaine soulève de graves problèmes, par exemple lorsqu'il s'agit de l'alimentation des nourrissons et des enfants en bas âge.

Il est de plus en plus certain qu'une nutrition appropriée est extrêmement importante pour les enfants jusqu'à 2 ans [1]. Toutefois, ce groupe d'âge est également très sensible aux infections et aux maladies, et l'addition d'un supplément protéique dans leur régime alimentaire comporte

* Communication présentée à la réunion par MM. C. O. Chichester, F. Monckeborg et E. Yáñez. M. Chichester est président du Département des sciences et techniques alimentaires de la faculté des sciences de l'agriculture et de l'environnement à l'Université de Californie, Davis, Californie (Etats-Unis d'Amérique). MM. Monckeborg et Yáñez travaillent au Laboratoire de recherches pédiatriques de la faculté de médecine de l'Université du Chili, Santiago (Chili).

des risques. Bien qu'il soit souhaitable d'inclure des lipides dans l'alimentation des nourrissons, étant donné qu'un régime riche en calories est salubre pour la croissance, il n'est pourtant pas recommandé de leur donner de la farine de poisson telle qu'elle est produite normalement.

TYPES ET COMPOSITION DES CPP POUR LA CONSOMMATION HUMAINE

Les premiers essais de production de farine de poisson destinée à l'alimentation humaine ont consisté à la fabriquer dans des conditions d'hygiène satisfaisantes, puis à la désodoriser et à la dégraisser. On a utilisé des techniques d'extraction au solvant pour supprimer les matières grasses et, au moins partiellement, la saveur. Grâce à l'emploi de solvants semi-polaires, on a pu également éliminer les phospholipides qui semblent être une des causes principales de la saveur. Étant donné qu'il faut extraire au solvant, si l'on veut obtenir à partir du poisson un produit relativement sans odeur et sans saveur, il est préférable d'utiliser des poissons ayant relativement peu de matières grasses.

Pour que ce système d'extraction soit rentable, il faut récupérer et purifier les solvants. Le rapport solvant produit ne doit pas être élevé en raison du mécanisme de manipulation du solvant et de la récupération de ce dernier. En utilisant des poissons relativement peu gras, on diminue la quantité de solvant nécessaire et il est plus facile de séparer la graisse extraite et de récupérer le solvant. C'est pourquoi on utilise souvent des poissons à faible teneur de matières grasses pour fabriquer, à partir de poissons entiers, des concentrés protéiques propres à la consommation humaine [2].

Il existe un produit typique fabriqué à partir de poisson maigre par le procédé d'extraction à l'isopropanol, mis au point par le Bureau of Commercial Fisheries, Département de l'intérieur des États Unis d'Amérique, College Park, Maryland. La composition du produit final extrait du merlu écreuil est la suivante: protéines: 81,4%; lipides: 0,2%; cendres: 13,5%; et humidité: 6,7% [3]. Même avec une teneur en matières grasses aussi peu élevée, une réversion de la saveur est encore possible.

Le tableau I indique quelle est la teneur typique en acides aminés d'un concentré de protéines de poisson. Bien que les chiffres puissent varier, la plupart de ces concentrés ont à peu près la même composition. La concentration relativement élevée de lysine par rapport aux protéines végétales donne, de toute évidence, une protéine mieux équilibrée pour la consommation humaine que celle provenant de nombreuses autres sources. Il ressort de ce tableau que ce n'est pas la lysine qui est l'acide aminé limitant mais que ce sont d'autres acides aminés qui jouent ce rôle dans l'utilisation de la protéine. C'est ce qu'ont démontré des expériences de supplémentation de CPP obtenu à partir du merlu (*Merluccius gajoi*) au Chili.

TABLEAU 1. COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS DU CPP OBTENU PAR EXTRACTION
AU SOLVANT
(en pourcentages)

Acides aminés	Haring (Suède) ^a	Merlu (Etats-Unis) ^b	Sardine (Maroc) ^c
Alanine	7,31	6,81	6,49
Arginine	7,59	7,13	8,09
Acide aspartique	11,20	10,35	10,37
Cystéine	—	0,77	0,36
Acide glutamique	15,30	15,39	16,47
Glycine	6,83	8,09	5,12
Histidine	2,38	2,08	2,04
Isoleucine	4,47	4,56	4,26
Leucine	8,70	7,78	7,75
Lysine	9,14	8,41	9,02
Méthionine	2,94	3,30	2,91
Phénylalanine	4,48	4,24	4,42
Proline	5,21	5,21	4,84
Sérine	5,30	4,65	4,45
Thréonine	5,24	4,47	4,68
Tryptophane	1,40	1,03	...
Tyrosine	3,17	3,35	3,05
Valine	5,18	5,26	5,09

Sources: ^a Astra Nutrition, Molndal (Suède).

^b Bureau of Commercial Fisheries, College Park, Maryland (Etats-Unis d'Amérique).

^c K. Wetherell et C. O. Chichester, Département des sciences et des techniques alimentaires, Université de Californie, Davis (Californie) (données non publiées).

STABILITÉ PENDANT LE STOCKAGE

Un grand avantage du concentré de protéines de poisson est sa stabilité pendant le stockage. Produit à faible teneur en eau, en hydrates de carbone et en lipides, ces constituants ne réagissent pas entre eux pour réduire sa valeur biologique, comme cela est généralement le cas pour d'autres produits. Le tableau 2 fournit un exemple de la stabilité des CPP fabriqués à partir de poissons non huileux d'où il ressort que la qualité de la protéine ne se modifie pas sensiblement avec le temps. Le lot 5 a été stocké en entrepôt pendant plus de 2 ans, dans des sacs en papier, à la température ambiante. La durée du stockage des lots 1, 2, 3 et 4 a été de trois mois à un an, dans des conditions analogues [4]. Des expériences récentes avec des lots de CPP produits et stockés dans les mêmes conditions pendant plus de 5 ans donnent approximativement les mêmes valeurs d'utilisation nette de la protéine [5]. Le produit reste donc stable du point de vue nutritionnel pendant longtemps. Rakjat a obtenu des résultats analogues [6].

TABLEAU 2. UTILISATION PROTÉIQUE NETTE DU CPP APRÈS STOCKAGE ^a

<i>Lots</i>	<i>Utilisation protéique nette (pourcentage)</i>
1	66,9
2	67,9
3	64,3
4	70,7
5	63,5

^a Utilisation protéique nette (UPN) avec un taux de 10% de calories protéiques.

EFFETS DE LA CHALEUR SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES CPP

Bien qu'un concentré de protéines préparé à partir de poisson maigre semble parfaitement stable pendant le stockage, son emploi dans des aliments soumis à la chaleur peut poser certains problèmes. En effet, le chauffage de protéines ou d'acides aminés en présence d'hydrates de carbone diminue les disponibilités de nombreux acides aminés. La perte en lysine ou en méthionine est particulièrement sensible. On a enregistré une diminution de la qualité protéique du pain lorsqu'il est enrichi avec du lait ou d'autres protéines à teneur élevée de lysine. Lors de la préparation de produits à base de céréales enrichis avec des extraits secs du lait à une température élevée, on a constaté une diminution importante du coefficient d'efficacité protéique (CEP) [7]. En chauffant les acides aminés en présence de caséine ou les mélanges de diverses protéines végétales en présence de lysine et d'hydrates de carbone, on cause également une réduction considérable de leur valeur nutritive [8]. Lors d'expériences d'enrichissement du pain avec du CPP, l'accroissement de la valeur nutritive de ce pain a été plus faible que prévu, mais l'addition de lysine à ce pain enrichi de CPP a permis d'obtenir les résultats que l'on avait escomptés, ce qui confirme que le traitement à température élevée en présence d'hydrates de carbone peut détériorer la protéine du CPP. On a fait la même constatation avec le pain enrichi au lait [4, 9]. Lorsqu'on utilise du maïs traité à la chaux et enrichi au CPP pour préparer des tortillas, le coefficient d'efficacité protéique est sensiblement réduit par la cuisson. L'étuvage de la pâte réduit le coefficient d'efficacité protéique d'environ 10%, tandis que la cuisson à 170° C, par exemple dans une huile de friture, le diminue encore. Ces expériences ont toutefois démontré que la valeur biologique des CPP est plus stable que celle des mélanges enrichis au soja [10].

UTILISATION DU CPP COMME SUPPLÉMENT NUTRITIF

Il est rare que l'on ait proposé d'utiliser les concentrés de protéines de poisson tels quels. On les recommande principalement comme ingrédient

dient nutritif dans des aliments connus ou comme composant inerte, mais enrichissant, du point de vue nutritionnel, de nouveaux produits alimentaires. De par sa nature, celle d'une poudre plutôt sans saveur et sans odeur, le CPP devrait pouvoir être utilisé dans des produits qui tolèrent l'addition d'une substance de remplissage. Le produit extrait est légèrement graveleux et du fait que la protéine est inerte, elle ne se suspend bien dans l'eau qu'avec addition d'émulsifiants ou de stabilisants. Ces caractéristiques interdisent l'emploi du CPP dans de nombreux produits. Si l'on disposait d'une protéine marine non dénaturée ou modifiée, elle élargirait considérablement l'utilité du CPP. La possibilité d'obtenir à partir du poisson une protéine non dénaturée par extraction à l'aide d'hexamétaphosphate ou d'eau additionnée de matière grasse, est particulièrement encourageante à cet égard.

Etant donné qu'il s'agit avant tout d'un supplément nutritif à haute teneur en lysine, il conviendrait tout naturellement d'employer le CPP, obtenu par extraction au solvant, dans des mélanges de protéines végétales consommés comme aliments. Le pain, les pâtes alimentaires, les tortillas sont tout indiqués pour l'emploi des CPP. Toutefois, ceux-ci peuvent être ajoutés à de nombreux autres produits dont ils ne modifient pas les propriétés organoleptiques. Utilisés dans la fabrication du pain fait avec de la levure, ils ont tendance à réduire quelque peu la qualité et le volume du pain et à lui donner une texture et une couleur atypiques.

TESTS D'ACCEPTABILITÉ

Au cours d'une série d'essais d'enrichissement de pains avec différents pourcentages de CPP, on a demandé à des personnes employées dans un hôpital universitaire d'indiquer si ces pains étaient aussi bons que le pain habituel, s'il n'y avait pas de différence ou s'ils étaient mauvais. Il ressort de cette expérience, dont les résultats figurent au tableau 3, qu'au niveau de 3% il n'y a aucune différence significative entre le pain enrichi et le pain non enrichi. A 6%, une différence commence à devenir perceptible et de 9 à 12% la couleur varie suffisamment pour que la différence soit nettement perceptible. Au cours d'une série d'essais portant sur 300 écoliers, pour lesquels la couleur n'a aucune importance, un pain enrichi de 9% de CPP n'a pas fait augmenter le taux des restes. On a également mesuré le degré d'acceptabilité de spaghetti enrichis auprès de 150 personnes employées dans un hôpital et de 150 malades. On avait ajouté aux spaghetti 10% de CPP fabriqué au Chili à partir du merlu par extraction à l'hexane-alcool. L'analyse des restes dans les plats a montré que les spaghetti enrichis étaient tout aussi bien acceptés que les pâtes traditionnelles. On a fait une expérience analogue dans une école (demi-pension) où les spaghetti sont un des plats principaux (servis trois fois par semaine). Les restes ont été les mêmes que dans le cas du produit non

enrichi. Dans une expérience réalisée au Brésil, on a ajouté au macaroni servi au déjeuner dans une cantine scolaire du CPP obtenu par extraction à l'isopropanol. Du point de vue de l'acceptabilité, les élèves n'ont fait aucune différence entre le produit enrichi et le produit non enrichi [12]. Il semble donc que, dans la plupart des pays, on peut ajouter un certain pourcentage de CPP au pain et jusqu'à 10% aux pâtes, sans provoquer un refus significatif de la part des consommateurs. Il faut toutefois noter que dans la plupart des expériences portant sur le pain et le macaroni on a utilisé des CPP obtenus à partir de poissons non huileux.

TABLEAU 3. TEST D'ACCEPTABILITÉ DE PAIN ENRICHI AU CPP^a

Pourcentage de CPP ajouté	Bon			Aucune différence			Mauvais		
	T	M	E	T	M	E	T	M	E
0	27	27	20	3	3	8	0	0	2
3	22	25	16	7	5	13	1	0	1
6	20	26	15	8	3	11	2	1	4
9	14	24	16	12	5	14	4	1	0
12	18	22	16	5	8	6	7	0	8

^a L'expérience a porté sur 90 personnes: 30 travailleurs (T); 30 mères de famille (M); 30 étudiants (E).

En Inde, les galettes chapati, aliment national à base de céréales, sont acceptables lorsqu'elles sont enrichies avec 5% de concentré protéique obtenu à partir d'un poisson maigre (*Harpodon neherus*). Dans ce cas, la méthode de préparation du CPP paraît influencer sur son acceptabilité. En effet, dans les galettes enrichies à 5%, certains sujets ont décelé une saveur ou une odeur de poisson [13]. Lors d'une étude sur les conséquences de l'addition de CPP à divers types d'aliments tels que soupe, viande, haricots et galettes de semoule de maïs, avec un apport total de protéine de 15 g, on n'a pas observé pendant les 60 jours de l'expérience de refus sensible des aliments présentés. Les conclusions d'un essai avec des enfants indiquent qu'à ce niveau de 15 g il ne semble pas se produire de refus sensible du CPP [14].

La conclusion que l'on tire tout naturellement de ces expériences qui ont été faites presque entièrement avec du CPP obtenu à partir de poisson maigre, par les méthodes classiques, est que le concentré est accepté par une grande partie de la population et en particulier par les enfants quand il est mélangé à d'autres aliments.

Il existe encore relativement peu d'études sur l'acceptabilité du CPP obtenu à partir de poissons gras. Aux Etats-Unis, on a fait goûter à un groupe de sujets non préparés quatre biscuits, dont trois additionnés de CPP obtenu à partir de sardines marocaines par le procédé à l'isopropanol. Ces biscuits à la cassonade enrichis à raison de 0, 3, 5 ou 10% de CPP,

ont été servis à 10 heures et à 15 heures à 25 membres du personnel et étudiants du Département des sciences et techniques alimentaires de l'Université de Californie, à Davis. Les quatre types de biscuits étaient placés dans des plats séparés sur une table centrale. Les sujets ne connaissaient pas la composition des biscuits. On les a observés pour voir s'ils feraient des commentaires sur la qualité des divers échantillons et si certains biscuits seraient totalement ou partiellement refusés, ou si d'autres seraient consommés plus rapidement.

Au cours de ce test il n'y a eu aucun commentaire défavorable. Cependant, les biscuits enrichis à 10% de CPP semblent avoir été légèrement moins bien acceptés que les autres. Au cours d'une expérience plus formelle, 25 membres du personnel du même département ont été invités à goûter les quatre types de biscuits. On ne leur dit pas qu'ils avaient été préparés avec addition de CPP; on leur demanda simplement de goûter les biscuits et de donner leur impression. Les biscuits contenant 10% de CPP ont été moins bien acceptés que les autres. Les commentaires ont porté surtout sur la texture plus compacte plutôt que sur leur saveur particulière. Les sujets n'ont observé aucune différence sensible entre les biscuits à 0, 3 et 5% de CPP [15].

Dans une autre expérience, on a offert à deux groupes de 25 personnes, du pain contenant 3, 5 ou 10% de concentrés protéiques obtenus à partir de sardines marocaines. Les sujets ont été invités à goûter le pain et à faire part de leurs observations sur son goût. On ne leur avait pas dit que le pain contenait du CPP. Ils disposaient, aux fins de comparaison, de pain ordinaire. Comme dans l'expérience précédente sur les biscuits, les sujets ont trouvé que le pain contenant 10% de CPP était moins acceptable, en ce qui concerne la saveur et la texture, que les trois autres échantillons. Les commentaires ont porté presque uniquement sur la couleur et la petitesse du pain. Quatre sujets ont détecté que le goût particulier du pain contenant 10% de CPP était un goût de poisson. Toutefois, ce qui est assez surprenant, 50% des sujets ont préféré au pain ordinaire le pain avec 3% de CCP parce qu'il leur semblait plus "riche" et ressemblait davantage au pain de boulanger. Quand on leur demanda quel pain ils achetaient ordinairement, il est apparu qu'ils consommaient d'habitude des pains spéciaux (pain complet, pain genre français ou pains sensiblement différents des pains très blancs vendus habituellement aux Etats-Unis) [15].

Le CPP à base de sardine semble être légèrement moins bien accepté que le CPP obtenu à partir de poisson maigre, mais pas suffisamment pour en interdire l'emploi.

Expériences sur des animaux

On a fait de nombreuses expériences avec des animaux pour mesurer la valeur nutritive des concentrés protéiques de poisson obtenus aussi

bien à partir de poisson gras que de poisson maigre. On a souvent utilisé des concentrés de protéines de poisson pour enrichir un régime représentatif de l'alimentation de base du pays étudié. Dans presque tous les cas le CPP, préparé à partir de poisson gras ou de poisson maigre, s'est révélé équivalent à la caséine en tant que source de protéines. Dans certains cas, il semble même entraîner une croissance légèrement meilleure que lait écrémé en poudre [16—20].

Lorsque le CPP constitue la seule source de protéines dans un régime fourni à des rats, il a presque toujours un coefficient d'efficacité protéique au moins aussi élevé que celui de la caséine. Dans une étude réalisée par Schendel, quatre générations de rats ont reçu un régime alimentaire où le CPP représentait 19% de l'apport total en protéines. On a comparé les résultats avec ceux observés sur des rats alimentés avec de la caséine. On a observé que les femelles nourries à la caséine semblaient souffrir d'une carence nutritionnelle plus importante que celles soumises au régime du CPP. Toutefois, l'examen histologique des organes n'a pas révélé de caractères anormaux ni de différence entre les deux groupes [21].

Au cours d'une expérience analogue on a donné, pendant six mois, à trois groupes différents de rats venant d'être sevrés, du CPP avec 20% de calories protéiques. A la fin des six mois, on a procédé au pesage d'un grand nombre d'organes et à des examens histologiques encore plus nombreux. On a constaté une différence significative de poids dans les organes de certains rats nourris au CPP mais les examens histologiques n'ayant révélé aucune altération des organes, la variation de poids ne semble pas avoir de signification particulière [11].

Dans une série d'études réalisées sur des rats pour déterminer le coefficient d'efficacité protéique de différents concentrés de poisson, Morrisson a observé des variations considérables du CEP dans différents concentrés. Pour l'un d'eux qui avait été sérieusement endommagé par la chaleur, la différence semblait due à la destruction de l'histidine ou de la méthionine, étant donné que les gains de poids ont augmenté de manière significative après l'addition de ces substances au mélange endommagé [22, 23]. La conclusion de ces études est qu'il faut prendre soin, lors de la fabrication, de ne pas détériorer l'acide aminé limitant qui, comme d'autres études l'ont indiqué, est la méthionine.

Une expérience portant sur l'utilisation de CPP, obtenus par extraction à l'isopropanol à partir de sardines marocaines, pour alimenter des rats, a montré que ce produit a des coefficients d'efficacité de 2,98 et 3,04%, contre 2,50% pour la caséine. Dans cette expérience, le taux de protéines dans le régime alimentaire était de 10%. Le concentré protéique de poisson avait une concentration en protéines de 82,9%. Les gains de poids et l'acceptabilité étaient excellents. On n'a observé aucun refus du produit et la croissance des animaux a été normale [24].

VALEUR NUTRITIVE DU CPP EN TANT QUE SUPPLÉMENT ALIMENTAIRE

Expériences sur des enfants et des adultes

Dans les expériences faites sur les enfants et les adultes, on a utilisé du concentré de protéines de poisson pour en déterminer l'effet de supplémentation sur la valeur nutritive des régimes alimentaires. Dans une expérience portant sur des enfants de 9 à 10 ans, on a utilisé un concentré de protéines de poisson, obtenu à partir de sardines huileuses, pour enrichir un régime oryzé. On a observé que le régime riz-protéine permettait une meilleure rétention azotée que le régime normal ou de contrôle. Tous les sujets ont maintenu l'équilibre azoté et le régime a été apparemment accepté [25]. De même, des régimes alimentaires coréens comportant un supplément de 10% de concentré de protéines de poisson, ont été mieux digérés et ont assuré une meilleure rétention azotée qu'une alimentation identique dans laquelle le concentré de protéines de poisson était remplacé par d'autres sources de protéines [26]. Une étude, portant sur un grand nombre d'enfants prématurés, a montré que le CPP paraissait produire des effets équivalents à ceux de la caséine ou de mélanges d'acides aminés [27].

Graham rapporte, d'une étude faite sur des enfants relevant de malnutrition, qu'un mélange de 10% de concentré de CPP et de 90% de farine de blé entraînait des augmentations de poids et une rétention azotée en tous points semblables à celles obtenues avec du lait [28]. Dans une autre étude faite au Chili, on a donné à des nourrissons normaux des concentrés de protéines de poisson comme seule source de protéines. Le mélange comprenait du CPP, des sucres, des hydrates de carbone, de l'eau, des sels et des vitamines. Une suspension aqueuse contenant 22,5% de ce mélange a fourni 90 grandes calories et 2,4 g de protéines par 100 ml. Cette préparation a été donnée à 12 nourrissons normaux âgés de 2 mois et demi à 5 mois, pendant une période de 30 à 90 jours, au taux moyen de 3,6 g de CPP par kilo de poids du sujet et par jour. La figure 1 montre la courbe de poids des nourrissons auxquels l'on a donné du CPP comme seule source de protéines. Les tests hématologiques faits sur ces enfants ont fourni des valeurs normales. En abaissant progressivement l'apport total de protéines, on s'est aperçu qu'avec 2,5 g de CPP par kg de poids du sujet on pouvait soutenir une croissance normale, mais que celle-ci diminue au taux de 2 g par kg. C'est là un ordre de grandeur comparable à celui d'un régime lacté [11].

Une étude sur la valeur nutritive du concentré de protéines de poisson dans le régime de convalescence des malades atteints de kwashiorkor¹,

¹ Le *Webster's Third New International Dictionary* (version non abrégée) définit le "kwashiorkor" comme une grave malnutrition des nourrissons et des enfants, caractérisée par un arrêt de la croissance et du développement, et causée par une alimentation trop riche en hydrates de carbone et extrêmement pauvre en protéines.

a montré que des régimes alimentaires à base de semoule de maïs avec un supplément de lait écrémé en poudre ne révélèrent aucune différence statistique du point de vue de l'augmentation de poids et de la teneur en protéines et en acides aminés du sérum. La conclusion de ces expériences est que le concentré de protéines de poisson peut avoir un intérêt considérable pour la prévention de la carence protéique [29].

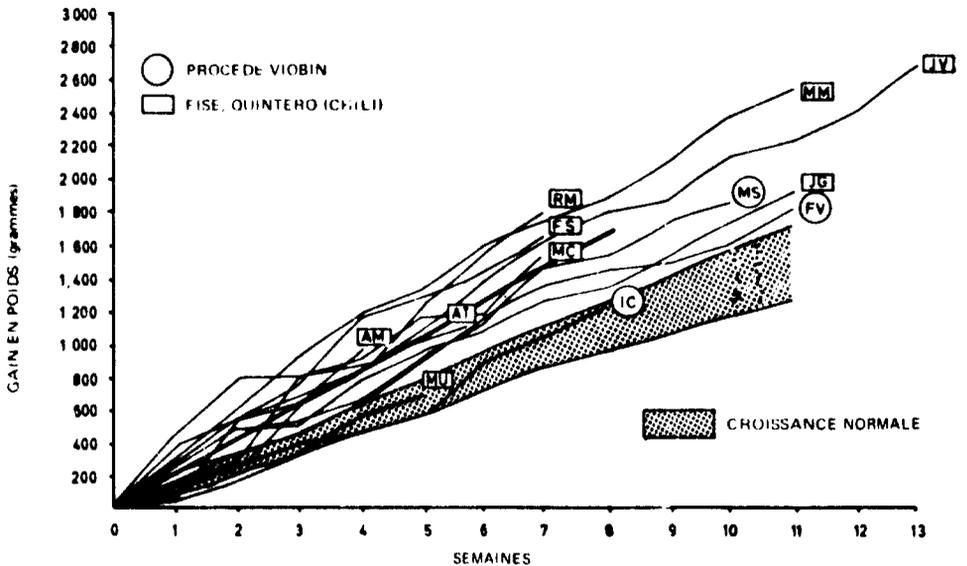


Figure 1. Gain en poids de 12 nourrissons pour lesquels le CPP constituait la seule source de protéines.

Par contre, d'autres expériences semblent indiquer que pour des enfants souffrant du kwashiorkor et dont la source principale de protéines est le CPP, il se pose un problème d'acceptabilité. Les réactions cliniques et biochimiques sont analogues à celles observées sur des enfants dont le régime alimentaire contient du lait écrémé, sauf que l'augmentation du poids est inférieure avec le régime au CPP, peut-être à cause d'une certaine carence de lysine assimilable. L'addition de lysine au régime alimentaire n'a cependant pas provoqué d'augmentation de poids appréciable [30]. On a déjà indiqué que l'acide aminé limitant était dans la plupart des CPP la méthionine et que le chauffage en réduisait considérablement la quantité assimilable.

Il convient de noter que les aliments cités dans le rapport du Dr Gopalan [30] ont été cuits en présence de sucre et que l'on avait admis que la lysine était l'acide aminé limitant. Il est donc possible que dans l'expérience ci-dessus sur des enfants souffrant du kwashiorkor, la quantité de méthionine (l'acide aminé limitant) ait été diminuée par la cuisson et que sa carence ait entraîné le ralentissement de l'augmentation de poids qui a été constaté.

Un ensemble d'expériences semblables ont permis à Graham de constater que si l'on nourrit de farine de blé enrichie avec un concentré de protéines de poisson comme seule source de protéines, des enfants de 5 à 54 mois atteints de marasme nutritionnel, l'augmentation du poids était très proche de celle obtenue avec le lait. On a cependant noté une différence significative dans l'aptitude des régimes avec CPP à corriger l'hypoalbuminémie [28]. On n'a pas encore déterminé les raisons exactes de cette différence. Avec les sujets convalescents, le concentré de protéines de poisson a permis une rétention azotée et une croissance équivalentes à celles constatées avec les régimes lactés.

Les données étudiées jusqu'ici montrent de manière catégorique la valeur nutritive des concentrés de protéines de poisson pour les animaux et les humains normaux, à partir du premier âge. Toutefois, du point de vue nutritionnel, certaines données n'ont pas encore été complètement expliquées.

REFERENCES

1. MONCKEBERG, F. (1969), dans *Western Hemisphere Nutrition Congress II Proceedings*, pages 216 à 220.
2. WEINBERG, B. (1967), dans *Fishing News International*, première partie, janvier 1967, pages 16 à 22; deuxième partie, février 1967, pages 35 à 39.
3. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, FISH AND WILDLIFE SERVICE, BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES (1966), *Marine Protein Concentrate*, Fishery Leaflet No. 584, Washington, D.C.
4. YÁÑEZ, E., I. BARJA, F. MONCKEBERG, A. MACCIONI et G. DONOSO (1967), dans *Food Technology* 21 (16): 20—66.
5. MONCKEBERG, F. et C. O. CHICHESTER, documents non publiés.
6. RAKJAT, L. M. (1958), "Indo-Pacific Fish", *Counc. Proc.*, 7 (2/3): pages 97 à 99.
7. CHICHESTER, C. O. (1966), dans *Eighth International Congress of Nutrition*, pages 31 et 32.
8. PLANELLA, I., D. F. OWEN, G. SPILLER et C. O. CHICHESTER (1969), *Western Hemisphere Nutrition Congress II Proceedings*, pages 110 à 113.
9. JANSEN, G. R., C. F. HUTCHISON et M. E. ZANETTI (1966), dans *Food Technology*, 20 (3): 91—04.
10. SIDWELL, V. cité par B. Weinberg (1967) dans *Fishing News International*, première partie, numéro de janvier, page 20.
11. YÁÑEZ, E., D. BALLESTER, A. MACCIONI, R. SPADA, I. BARJA, N. PAK, C. O. CHICHESTER, G. DONOSO et F. MONCKEBERG (1969) dans *Journal of Clinical Nutrition (USA)*; 22 (7): pages 878 à 886.

12. CRISAN, E., M. WOSKOW et C. O. CHICHESTER, observations non publiées.
13. SEN, D. P., T. S. SAYANARAYANA RAO, S. B. KADKOL, M. V. KRISHNASWAMY, S. VENKATA RAO et N. L. LAHIRY (1969), dans *Food Technology*, 23: page 682.
14. GOMEZ, F., R. RAMOS-GALVAN, J. CRAVIOTO, S. FRENK et I. LABARDINI (1958), dans *Boletín Médico Hospital Infantil (Mexique)*, 15 (4): page 485 à 493.
15. WOSKOW, M. et C. O. CHICHESTER, observations non publiées.
16. ALCARAZ-BAYAN, A. (1960), dans *Philippine Educ. Forum*, 10 (2): pages 32 à 40.
17. DESAI, B. L. M., K. HARIHARAN, A. PAUL JAYARAJ, S. VENKAT RAO et M. SWAMINATHAN (1968), dans *Journal of Nutrition and Dietetics*, 5 (1): pages 45 à 51.
18. GOYCO, J. A. et C. F. ASENJO (1967), dans *Archives latinoamericanas Nutrición*, 17 (3): pages 241 à 251.
19. SHIRPALCKAR, S. R., A. A. JOSEPH, N. L. LAHIRY, M. N. MOORJANI, M. SWAMINATHAN, N. NATARAJA, A. SREENIVASAN et V. SUBRAHMANYAN (1962), dans *Food Science (Mysore, Inde)*, 11 (2): pages 57 à 61.
20. SHIRPALCKAR, S. R., A. A. JOSEPH, M. N. MOORJANI, M. N. LAHIRY, K. INDIRAMMA; M. SWAMINATHAN, A. SREENIVASAN et V. SUBRAHMANYAN (1962), dans *Food Science (Mysore, Inde)*, 11 (2): pages 49 à 51.
21. SCHENDEL, H. E. et B. C. JOHNSON (1962), dans *Journal of Nutrition*, 72: pages 457 à 460.
22. MORRISON, A. B. (1963), dans *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 41 (7): pages 1589 à 1594.
23. MORRISON, A. B. et Z. I. SABRY (1963), dans *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 41 (3): pages 649 à 655.
24. WETHERELL, K. et C. O. CHICHESTER, documents non publiés.
25. SHIRPALCKAR, S. R., V. A. DANIEL, T. R. DORAISWARY, N. L. LAHIRY, M. N. MOORJANI et M. SWAMINATHAN (1963), dans *Indian Journal of Pediatrics*, 30 (187): pages 272 à 275.
26. HWANG, WOO IK (1963), dans *Korean Medical Journal*; 8 (2): page 59.
27. GRÜTTNER, R. et K. H. SCHÄFER (1959), dans *Klinische Wochenschrift*, 37: pages 255 à 258.
28. GRAHAM, G. G., J. M. BAERTL et A. CORDANO (1966), dans *Journal of Clinical Nutrition (USA)*, 18: pages 16 à 19.
29. PETROPIES, P. J. et A. S. WEHMEYER (1964), dans *Journal of Clinical Nutrition (USA)*, 14: pages 147 à 155.
30. SRIKASTIA, S. G. et C. GOPALAN (1966), "Fish Protein Concentrate in the treatment of kwashiorkor", *Journal of Clinical Nutrition (USA)*, 18: pages 34 à 37.

3. UTILISATION ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON*

Il est paradoxal, mais néanmoins vrai, que dans des pays où sévit la malnutrition et en particulier les carences protéiques, d'énormes prises de poisson sont transformées en farine de poisson et exportées vers les pays développés pour servir à l'alimentation animale. Tout aussi décourageant est le fait que les ressources abondantes en poisson frais qu'offre la mer n'entrent pas dans les régimes de gens qui vivent à quelques kilomètres seulement des côtes. Le manque de moyens convenables de manutention, d'entreposage et de transport du poisson frais explique cette situation navrante. Les habitudes alimentaires, les tabous et la faiblesse du pouvoir d'achat jouent également un rôle. Enfin, le manque de flottilles de pêche et d'installations de débarquement dû à la pénurie de capitaux d'investissement, limite l'exploitation des ressources halieutiques pour l'alimentation humaine.

MESURE DE LA VALEUR NUTRITIVE

Pour déterminer la valeur nutritive du CPP, on fait, d'une part, des études sur l'alimentation animale et, d'autre part, des études cliniques sur des sujets humains. Dans les études portant sur les animaux, des valeurs comme le coefficient d'efficacité protéique (CEP), l'utilisation protéique nette (UPN) et la valeur biologique (VB) sont les principaux indices qui servent à déterminer la valeur nutritive de la protéine. En ce qui concerne l'alimentation humaine et plus particulièrement dans le cas des enfants en période de croissance, les méthodes normalement adoptées consistent à étudier le bilan azoté et la taille des sujets; les taux d'albumine dans le sérum, d'acides aminés et d'enzymes dans le plasma seraient, selon certains, des critères utiles.

Quand la FAO a commencé des recherches, et ce dès 1953, sur la valeur nutritive de la farine de poisson (l'expression CPP n'était pas encore en usage), en menant des études sur l'alimentation animale, des différences importantes ont été observées dans l'utilisation protéique nette et la valeur biologique, comme l'indique le tableau 1. Ces écarts

* Communication présentée à la réunion par M. George D. Kapsiotis, chef de la sous-division de la science alimentaire, Division de la nutrition, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome (Italie).

étaient dus en partie au fait que les matières premières provenaient de différentes sources, mais surtout au fait que les méthodes de transformation n'étaient pas encore au point et que leur amélioration progressive se poursuivait. C'est le Dr. A. E. Bender qui pour le compte de la FAO a mené les études aux Laboratoires Boyril. En 1958, les échantillons de CPP provenant des mêmes sources faisaient apparaître une digestibilité d'environ 95 %, une UPN comprise entre 64 et 78 %, et une VB comprise entre 67 et 80 %, [1].

TABLEAU I. VALEUR NUTRITIVE DES FARINES DE POISSON OBTENUES À PARTIR DE MATIÈRES PREMIÈRES DIVERSES [1]
(en pourcentages)

Matières premières	Composition chimique			Valeur nutritive		
	Protéine brute	Minéraux	Lipides	UPN	Digestibilité	VB
Poisson maigre	75,2	13,5	0,3	73	93	78
Poisson maigre	71,3	24,8	1,2	77	96	80
Poisson maigre	70,2	24,8	0,3	49	93	53
Poisson maigre	64,7	24,8	1,2	77	94	82
Poisson mi-maigre	70,4	19,4	0,1	67	94	71
Poisson mi-maigre	74,7	19,4	0,2	55	96	58
Poisson gras	73,4	20,5	0,1	31	68	46
Poisson gras	72,7	21,2	0,1	29	81	36
Poisson gras	66,6	20,0	0,1	42	71	59
Morue entière	78,7	14,9	0,3	64	95	67
Morue entière	75,7	21,6	0,2	67	95	71
Morue entière	74,0	22,6	0,1	65	95	69
Filets de morue	89,1	4,4	0,2	64	95	67
Aiglefin éviscéré	73,6	19,0	0,2	69	95	73
Hareng	87,0	3,1	0,3	74	93	79
Hareng	83,0	10,4	0,6	56	94	60
Sardines	81,8	9,6	0,5	70	95	74

La lysine disponible, étant donné son importance en tant que supplément de protéines pour les céréales, comme le blé et le maïs, qui sont pauvres en lysine et la facilité relative avec laquelle on la détermine par des méthodes chimiques, est en pratique un indice très convenable pour évaluer la valeur nutritive du CPP. En fait, elle présente une corrélation tout à fait satisfaisante avec les valeurs du CEP et de l'UPN. En règle générale, le CPP préparé avec soin contient un taux très élevé de lysine disponible. Les valeurs obtenues pour le CPP de sardine [2] paraissent supérieures à celles du CPP de merlu et, dans les deux cas, elles sont très supérieures aux 6,5 g/16 g N que le Groupe consultatif des protéines FAO/OMS/FISE a fixé comme valeur minimale en 1957 et modifié en 1961.

De nombreux chercheurs ont démontré que le CPP améliorait la valeur protéique des régimes alimentaires déficients en lysine. Metta [3] a signalé que les valeurs du CEP de la plupart des régimes à base de

céréales, du type rencontré dans l'est de l'Inde, étaient sensiblement améliorées par l'addition de 3% de farine de poisson. L'Institut central de recherches techniques sur l'alimentation de Mysore (Inde) [4] a comparé, d'une part, la valeur de la farine de poisson enrichie avec du calcium et des vitamines et ajoutée, à raison de 3%, aux régimes alimentaires pauvres de l'Inde à base de diverses céréales et millets avec, d'autre part, la valeur de la poudre de lait écrémé comme supplément diététique au taux de 7,5% et apportant la même quantité de protéine. Les résultats ont montré que la farine de poisson, en tant que supplément aux régimes à base de riz, de blé, de *jowar* (*Sorghum vulgare*) et de *ragi* (*Eleusine coracana*), est légèrement supérieure à la poudre de lait écrémé comme facteur de croissance. Sreenisanan [5] a constaté que les régimes à base de céréales, supplémentés avec 2 à 3% de farine de poisson obtenue à partir de sardines huileuses, avaient une valeur élevée. Kik [6] a indiqué que, quand on ajoutait du CPP à du riz blanc usiné, à raison de 3%, son UPN passait de 64,1 à 85,9%. Bressani a fait des observations semblables en faisant consommer à des rats [7] du maïs traité à la chaux. Le CEP maximum a été atteint au niveau de 3%. Bien que l'apport de pourcentages plus élevés de CPP n'ait pas amélioré de façon sensible la qualité de la protéine, les gains de poids des rats ont été supérieurs par suite du niveau protéique plus élevé du régime.

En 1957, le FISE, en consultation avec la FAO, a organisé et financé une étude menée par le Service de la technologie alimentaire du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cette étude, qui avait pour objet de déterminer les effets des variables du traitement sur la composition et la qualité des protéines et les caractéristiques organoleptiques du CPP final, a porté sur les diverses méthodes de transformation en usage à l'époque. Elle a ouvert la voie aux travaux entrepris ultérieurement par le Bureau of Commercial Fisheries (BCF) des États-Unis, qui l'ont conduit à adopter le procédé d'extraction par l'isopropanol.

À l'heure actuelle, les procédés mis au point, comme le procédé à l'isopropanol du Bureau des pêches commerciales, le procédé VioBin modifié qu'ont adopté les Alpine Marine Industries, le procédé Astra, le procédé de la SONAFAP et le procédé Halifax, tout en utilisant des poissons divers, peuvent donner des produits à haute valeur nutritive, quoique leurs caractéristiques organoleptiques soient différentes.

Divers chercheurs ont étudié la valeur du CPP utilisé pour remédier à la malnutrition chez les nourrissons. Graham et ses collaborateurs [8] ont conduit une expérience au cours de laquelle un groupe de petits enfants, souffrant de malnutrition et atteints ou non du kwashiorkor, ont été nourris au biberon avec une préparation liquide de farine de blé enrichie de 10% de farine de poisson désodorisée (VioBin). On a comparé les résultats obtenus avec ceux d'une préparation à base de lait de vache modifié et un mélange de légumes à haute valeur biologique, administrés au biberon également. La similitude des gains de poids et

des rétentions azotées indique que la préparation enrichie de CPP pourrait bien être un bon produit de remplacement du lait dans le régime des nourrissons et des enfants en bas âge. En revanche, Srikantia et Gopalan [9] ont constaté que la même farine de poisson (VioBin) administrée à des enfants qui souffraient du kwashiorkor était médiocrement acceptée et que l'apport de CPP laissait à désirer dans 15 cas sur 33. La raison de cette différence pourrait être que Graham a utilisé du lait de vache modifié pour amorcer la guérison, pour stabiliser la composition de l'organisme et obtenir un gain régulier de poids, alors que Srikantia et Gopalan ont mis immédiatement les enfants au régime du CPP sans aucune préparation.

Le CPP de la SONAFAP a été essayé dans des régimes alimentaires pour nourrissons au cours d'une série d'expériences menées par F. Tavill et A. Gonik, au Centre d'hygiène maternelle et infantile de Casablanca (Œuvre de secours aux enfants) [10]. Les essais ont duré six mois (août 1966 à janvier 1967), ils ont porté sur un groupe de 50 bébés au sevrage, âgés de cinq à sept mois; ils visaient à déterminer dans quelle mesure le CPP pouvait enrichir les régimes à base de céréales et de légumes pour répondre aux besoins totaux en protéines de ce groupe d'âge. Une quantité journalière totale légèrement supérieure à 10 g de CPP (voir tableau 2, SONAFAP, note d), répartis sur deux repas servis quotidiennement au Centre, était le maximum admissible pour les mères et constituait un facteur limitant pour l'administration de l'acceptation. (Le produit que la SONAFAP obtenait avait au début une certaine odeur et saveur de poisson.) L'apport journalier de protéines pour le groupe qui n'était pas contrôlé a été égalé sur celui du groupe témoin par une quantité journalière de 10 g de lait cérémé. Cette quantité a été calculée sur la base de l'allocation établie par le Conseil national de la recherche des Etats-Unis. Aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les deux groupes en ce qui concerne les gains de taille et de poids, les taux d'urée dans le sang et la structure de la morbidité. Cette expérience a montré que le CPP peut contribuer de manière importante à prévenir une carence protéique chez les enfants au sevrage.

Le CPP obtenu avec des sardines huileuses et traité dans une usine pilote de l'Institut central de recherches sur les techniques alimentaires de Mysore (Inde), a été essayé dans des mélanges de légumes (25% de CPP) donnés pendant une période de six mois à des garçons de 6 à 12 ans appartenant à des groupes de population à faible revenu [11]. Les gains de poids, de taille, le nombre des globules rouges du sang et le taux d'hémoglobine des sujets ont été nettement supérieurs à ceux du groupe de contrôle.

Hygiène

La valeur nutritive du CPP, comme celle de tout autre aliment, dépend dans une large mesure des conditions d'hygiène qui entourent sa

production. La matière première utilisée, les méthodes de manutention avant, pendant et après le traitement, les résidus de solvants et les autres produits servant à la transformation, l'interaction éventuelle de la chair du poisson avec les solvants sont des facteurs qui peuvent avoir une influence contraire sur la valeur nutritive du CPP et rendre dangereuse son utilisation.

Par définition, le CPP doit être produit à partir de poissons ou parties de poisson comestibles. Bien qu'il existe plusieurs grands groupes de poissons dont la chair est vénérable [12], il est tout à fait improbable que les producteurs industriels de CPP viennent les utiliser. Des raisons économiques imposent de prendre, pour la fabrication du CPP, des poissons vivant en bancs abondants et auxquels ne se mélangent pas les poissons vénereux, car les conditions écologiques dans lesquelles vivent et se plaisent ces derniers sont totalement différentes.

Un inconvénient qui pourrait tout au moins influencer sur la couleur du CPP produit, comme au Maroc, à partir de sardines entières, est lié à la présence de certains éléments dans le conduit intestinal de ces poissons. Les conserveries de sardines refaisent par exemple les prises faites pendant la journée alors que leur intestin est rempli de plancton vert sombre: ces sardines sont alors dirigées sur les usines de production de farine de poisson. La différence de couleur observée dans le CPP de la SONAFAP, extrait à l'éthanol ou l'isopropanol, peut être attribuée aussi bien à la différence des matières premières utilisées qu'aux caractéristiques d'extraction différentes des deux solvants.

Les méthodes de manutention avant l'extraction peuvent nettement influencer sur la qualité du produit final. Il est évident qu'une réfrigération s'impose depuis le moment de la prise jusqu'à la livraison à l'usine de CPP. Des attentes prolongées au débarquement et à l'usine favoriseraient une action bactérienne sur les protéines ainsi que l'oxydation enzymatique des acides gras non saturés. Un examen chromatographique sur couches minces d'échantillons d'huile provenant de CPP de sardines a révélé qu'ils étaient dans un état comparable à celui d'une huile de friture chauffée pendant plusieurs heures [13]. C'est donc que l'huile avait été fortement oxydée à un certain stade, avant, pendant ou après l'extraction. De plus, l'examen chromatographique en phase liquide et en phase gazeuse des échantillons du même CPP a fait apparaître plusieurs crêtes attribuées à la présence d'amines ou de mercaptanes. Cela indique clairement que le poisson brut avait été soumis avant l'extraction à une action bactérienne. Apparemment, le goût de poisson risque de réapparaître et c'est d'ailleurs ce qui s'est produit. La meilleure méthode pour empêcher ce genre de complication serait peut-être d'immerger le poisson frais, après son débarquement ou son arrivée à l'usine, dans le solvant utilisé pour l'extraction.

Le type et l'origine du solvant peuvent avoir une influence sur la stabilité du CPP. En règle générale, on évite de se servir d'hydrocarbures

chlorés pour extraire des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale. Le dichlorure d'éthylène (1,2-dichloréthane) est une exception qui ne paraît pas réagir notablement aux composants de la chair de poisson. En fait, la Food and Drugs Administration des Etats-Unis permet d'utiliser le dichlorure d'éthylène comme solvant pour le CPP à condition de parachever l'extraction en procédant à des lavages supplémentaires du CPP à l'isopropanol. Cependant, l'enquête du MIT mentionnée précédemment a montré que la méthionine était fortement réduite par ce traitement et Morisson [14] a constaté que tant la méthionine que l'histidine étaient probablement affectées par le dichlorure d'éthylène. Plus tard, Monroe et Morisson [15] ont signalé qu'ils avaient isolé du chlorure de chlorocholine, substance assez toxique (LD_{50} de 500 mg/kg) à partir de CPP traité au dichlorure d'éthylène. Des lavages ultérieurs à l'isopropanol ont apparemment éliminé le chlorure de chlorocholine du CPP.

Les résidus de solvants ont une importance particulière du point de vue de la salubrité du CPP. Les tolérances déterminées jusqu'à présent concernent le dichlorure d'éthylène et l'isopropanol. Mais on utilise aussi d'autres solvants, comme le n-hexane, pour extraire les lipides de denrées alimentaires, y compris les CPP, sans que des tolérances aient été fixées à leur sujet jusqu'à présent.

La pureté des solvants est un autre élément dont il faut tenir compte. Des impuretés qui ne sont pas volatiles ou qui ont un point d'ébullition très supérieur à celui des solvants peuvent constituer un danger potentiel. La FAO et l'OMS se penchent actuellement sur ce problème. Le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires a examiné ce problème à sa session de juin 1970. Le Comité projette d'élaborer des spécifications en matière d'identité et de pureté et d'examiner l'évaluation toxicologique des solvants utilisés pour extraire des lipides de denrées alimentaires. Enfin, il est prévu de déterminer la ration journalière acceptable qui contient des quantités permises de résidus.

La réversion de saveur que l'on observe souvent dans le cas du CPP est un obstacle à son utilisation pour l'alimentation humaine. Selon certains, le CPP extrait du merlu écureuil (poisson maigre) au moyen de l'isopropanol ne subit pas de réversion de saveur, mais le CPP obtenu du menhaden (poisson gras) retrouve le goût de poisson au bout d'un certain temps et cela bien que le taux des lipides résiduels soit le même dans les deux CPP [16]. Des recherches préliminaires donnent à penser que cet effet est peut-être dû à l'oxydation de lipides dont la composition serait différente dans les deux espèces, et non pas nécessairement aux amines résiduelles.

L'utilisation de solvants chauds comme l'isopropanol et même le n-hexane, associée à un dépeillement du poisson par vapeur surehauffée, donne un produit pratiquement exempt d'organismes microbiologiques.

Des échantillons de CPP retirés, dans des conditions d'asepsie, de la cuve d'extraction de l'usine de CPP d'Agadir au cours de ses premiers essais de fonctionnement ont révélé au comptage moins de 10 microorganismes par gramme de produit. C'est après ce stade — durant le transport, le broyage et tamisage et l'emballage — que la contamination microbienne se produit. Des transporteurs et des équipements et matériels de broyage, de tamisage et d'emballage satisfaisants du point de vue de l'hygiène, de même que l'entretien, sont essentiels pour empêcher la contamination microbienne et garantir la salubrité du CPP.

On s'est particulièrement occupé ces dernières années de la teneur du CPP en fluorure. Le fluorure est un élément physiologiquement actif et en petites quantités — 1 ppm dans l'eau de boisson — il est utilisé partout dans le monde pour prévenir la carie dentaire chez les enfants. Cependant, dans les régions où l'eau de table a une forte teneur en fluorure, au niveau de 8 ppm, on a observé chez les personnes de 15 à 60 ans des cas nombreux de taches sur l'émail dentaire et d'ostéosclérose [17]. La vingt-deuxième Assemblée mondiale de la santé, se fondant sur le rapport du Directeur général de l'OMS [18], a demandé "d'encourager des recherches permanentes sur l'étiologie de la carie dentaire, la teneur en fluorure des régimes alimentaires, le mécanisme de l'action du fluorure à des concentrations optimales dans l'eau de boisson et les effets d'une absorption nettement excessive de fluorure en provenance de sources naturelles..."

La teneur en fluorure des concentrés protéiques de poisson est variable. Le tableau 2, où sont comparées la composition chimique et la

TABLEAU 2. COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE DE CERTAINS CONCENTRÉS PROTÉIQUES DE POISSON

	FAO250B ^a	FAO251B ^a	FAO260 ^b	FAO260 ^c	SONAFAP ^d	SM-5 ^e	CPP (BCF) ^f
Humidité (%)	7,9	9,0	6,54	4,63	6,5	4,4	4,5
Protéine brute (%)							
(N × 6,25)	80,9	80,9	87,98	84,51	88,0	77,7	85,0
Lipides (%)	1,7	1,8	0,54	0,42	0,5	0,22	0,15
Cendre (%)	11,0	13,0	7,64	12,52	5,0	17,4	10,97
Calcium (%)	—	—	—	—	—	4,8	2,95
Phosphore (%)	—	—	—	—	—	2,9	1,79
Lysine disponible							
(g/16g N) (%)	9,41	9,03	9,29	8,71	9,3	7,35	8,18
CEP							
(caséine 2,50)	—	—	—	—	2,53	2,47	2,74
UPN (%)	73	72	—	—	—	—	—
Fluorine (ppm)	200	200	—	—	—	70,2	—

^a CPP provenant de sardines étêtées et éviscérées, Safi, Maroc (TNO). Voir référence [2].

^b Sardines étêtées et éviscérées, Agadir, Maroc (BCF).

^c Sardines entières, Agadir, Maroc (BCF).

^d CPP de sardines étêtées et éviscérées, Agadir (Maroc) (BCF).

^e Sardines entières du Maroc transformées en CPP par le BCF. Voir référence [20].

^f CPP de merlu, valeur moyenne pour 10 échantillons traités par le BCF. Voir référence [20].

valeur nutritive de certains CPP, montre que le CPP de sardines du Maroc a une teneur en fluorure qui varie de 200 ppm à 70,2 ppm dans un cas. S'il faut tenir compte de la tolérance, le CPP de la SONAFAP pose de grands problèmes. Toutefois, il serait possible d'abaisser considérablement la teneur en fluorure en éliminant efficacement les arêtes du poisson [19].

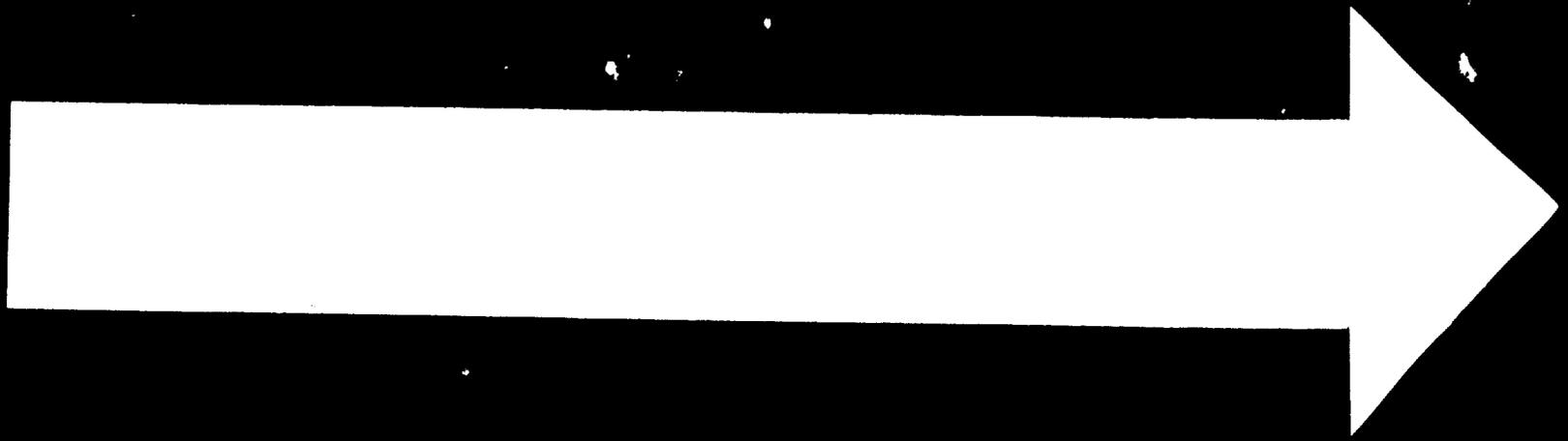
UTILISATION DANS L'ALIMENTATION HUMAINE

La texture, les caractéristiques organoleptiques et le coût du CPP sont les plus importants des facteurs qui influent sur son utilisation. D'une manière générale, les divers CPP extraits au moyen de solvants ont une texture sableuse que l'on remarque en les mangeant, même quand ils ont été finement broyés. Quant à ses caractéristiques fonctionnelles, le CPP est absolument neutre, ne se lie pas et se prête très peu à la dispersion. Une augmentation du pH le rend plus facile à disperser et plus soluble; il devient presque complètement soluble quand le pH est de 12.

Les recherches faites au MIT pour le compte du Bureau des pêches commerciales ont fait la preuve de l'amélioration des caractéristiques d'un CPP ainsi modifié. Mélangé à un isolat de protéines de soja, un CPP qui présentait une certaine texture a donné un produit onctueux possédant une bonne résistance à la tension. Mais le prix du CPP ainsi modifié risque d'être nettement supérieur à celui du CPP normal. Toutefois, il pourrait être utilisé dans des produits lactés destinés à des groupes importants de consommateurs et pour un coût probablement comparable ou même inférieur à celui de produits analogues qui font actuellement leur apparition dans le monde occidental et sur les marchés de Hong-kong, du Brésil et de Singapour.

Le CPP ne pouvant se lier, à moins que des liants ne lui soient ajoutés, on a peu intérêt à l'introduire dans des produits qui se présentent sous forme de pâte. La FAO a procédé au Laboratoire technique Braibanti de Parme (Italie) à certaines recherches sur le CPP du Maroc. Les spaghetti et autres pâtes alimentaires ont perdu pendant l'ébullition de 20 à 30% du CPP ajouté à la farine de blé. En modifiant la méthode de cuisson, on a ramené cette perte à 5%, mais il est difficile de persuader les consommateurs de modifier leurs méthodes habituelles de préparation des aliments.

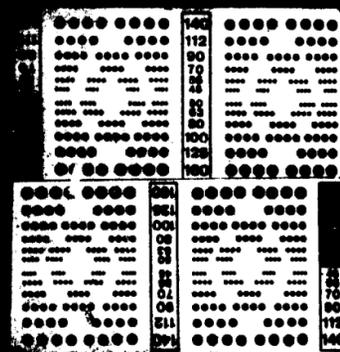
Holme [21] a signalé que l'addition de "5% et plus de CPP amoindrit la qualité du pain tel que nous le connaissons. Sa couleur, sa saveur, son volume et sa structure en souffrent". Cette observation est peut-être valable pour le pain "tel que nous le connaissons". Cependant, le pain d'Amérique du Nord a peu de points communs avec le pain fabriqué dans les pays où il est encore l'aliment de base, par exemple le pain non



27-12-74

2 / 4

74ST0053



levé comme le *baladi* de la République arabe unie, le *samoon* d'Irak, le *chapatis* de l'Inde et d'autres pains minces et plats qui se composent essentiellement de farine de blé, de sel et d'eau, avec peu ou pas de levure. La texture, la couleur et le volume de ces pains ne sont guère affectés et il serait peut-être facile de leur adjoindre du CPP si son goût et son coût ne posent pas d'obstacles insurmontables. Au Maroc, l'expérience a montré que l'addition au pain local sans levain de 3% de CPP partiellement désodorisé et partiellement dégraissé (1,5% de lipides) était, dans une large mesure, acceptée par les consommateurs, car le goût de poisson était à peine décelable. Il reste, malgré tout, l'inconvénient du coût supplémentaire. Dans la plupart des pays en voie de développement et même dans les pays qui ont atteint des niveaux élevés de développement, où le pain est un élément essentiel du régime alimentaire, le prix du pain a une grande importance économique, sociale et même politique. Quand les coûts augmentent, de nombreux gouvernements préfèrent recourir à des mesures compensatoires, subventions ou autres, plutôt que de relever le prix du pain. Le simple fait d'ajouter à ce dernier 3% de CPP, qui coûte 42 cents la livre, risque de faire monter de 15 à 25% le prix du pain et d'avoir de graves répercussions sociales et politiques. D'un autre côté, les pouvoirs publics répugnent souvent à alourdir la charge que représentent leurs subventions.

Mis à part le facteur coût, le CPP peut trouver sa place parmi les aliments de base et les régimes alimentaires des pays en voie de développement et assurer des avantages spectaculaires en matière de nutrition. Il est facile de masquer son odeur et son goût au moyen d'aromatizants naturels ou synthétiques et d'épices qui font partie du régime habituel des pays en voie de développement ou développés. Cependant, l'introduction du CPP dans les aliments familiaux et les mélanges alimentaires à base de protéines destinés aux nourrissons et aux jeunes enfants pose un certain nombre de problèmes [22]. La méthode idéale pour la ménagère ou la mère est de mélanger le CPP à l'élément traditionnel du régime familial ou de l'ajouter à la préparation destinée au nourrisson. Cela est peut-être faisable dans des sociétés très évoluées, mais l'expérience a montré qu'aux Etats-Unis, où le CPP ne peut être vendu qu'en paquets d'une livre, la méthode n'est pas applicable. Dans les pays en voie de développement, une campagne éducative, longue et difficile, est nécessaire pour amener les mères, dans les groupes de population à faible revenu, à adopter la méthode. L'instruction requise porte aussi bien sur la valeur nutritionnelle du CPP que sur sa préparation selon une certaine formule. L'emploi d'une quantité trop forte ou trop faible de CPP rendrait la supplémentation sans effet.

La préparation d'aliments pour bébés dans les centres d'hygiène maternelle et infantile ou dans les hôpitaux ne pose pas de problèmes quand les responsables comprennent la valeur du CPP. En fait, ces centres offrent d'excellentes occasions pour enseigner aux mères l'import-

tance d'une supplémentation protéique des aliments traditionnels donnés au moment du sevrage.

L'expérience acquise montre que les aliments tout préparés pour nourrissons et enfants en bas âge, présentés en sachets dont le contenu suffit pour un à trois jours, sont acceptés sans difficulté par les mères. Le prix est évidemment un facteur décisif. Le succès d'une campagne pour faire adopter le CPP dépendra en premier lieu de l'alignement aussi juste que possible de son prix sur le pouvoir d'achat du secteur de la population qui a besoin de cet aliment. Les hôpitaux et centres d'hygiène maternelle peuvent se permettre d'utiliser des mélanges alimentaires pour bébés présentés dans des emballages à grande contenance et qui sont vendus à moindre prix.

L'utilisation du CPP dans les programmes alimentaires de certaines institutions (c'est-à-dire les repas collectifs servis par exemple dans les écoles et cantines d'usine, les centres d'hygiène maternelle, les hôpitaux, les orphelinats, les prisons, les chantiers de travaux publics, l'armée) suppose que l'on a préalablement convaincu les autorités de la valeur nutritive du CPP et de l'importance économique de son utilisation. La mise au point de recettes est un problème accessoire qui peut être facilement résolu avec un peu d'imagination de la part des diététiciens responsables de l'établissement des menus.

CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DU CPP

Dès le lancement du programme FAO/FISE/OMS relatif à l'utilisation des protéines dans l'alimentation et la création du Groupe consultatif des protéines, il est apparu nécessaire d'établir des principes directeurs précis en ce qui concerne le choix des matières premières, les techniques de traitement, la composition chimique, la sécurité d'emploi, la valeur nutritive et la salubrité des divers concentrés de protéines. Les premiers "Projets de spécifications relatives à la farine de poisson extraite par solvants, dégraissée et désodorisée" ont été préparés par la FAO et révisés par le Groupe consultatif en 1957. Ils ont été ensuite révisés par un groupe de travail à l'occasion de la Conférence internationale de la FAO sur le rôle du poisson dans l'alimentation, qui s'est tenue à Washington en 1961; et ils ont été publiés dans un rapport intitulé "Projets de spécifications relatives aux concentrés protéiques de poisson". A sa réunion de 1962 à Rome, le Groupe consultatif a décidé que ces spécifications pouvaient être appliquées à titre provisoire, sous réserve que la teneur en lipides des produits dégraissés et désodorisés soit ramenée à 2,5%. A l'époque, les procédés en usage ne permettaient pas de réduire l'extraction au solvant au-dessous de 2,5% et il n'y avait, par conséquent, aucun CPP totalement désodorisé et dégraissé.

Quand le Bureau des pêches commerciales a mis au point un CPP obtenu à partir de merlu, la Food and Drug Administration des Etats-

Unis a publié une "Réglementation relative aux additifs alimentaires visant à assurer la sécurité d'emploi des concentrés protéiques de poisson" [19]. Cette réglementation ne vise cependant que le CPP extrait de merlu et poissons d'espèces voisines. Néanmoins, elle tient parfaitement compte de normes relatives au contrôle de la qualité et elle introduit des éléments qui ne figurent pas dans le projet de spécifications du Groupe consultatif, comme les résidus de solvants, la teneur en fluorure et le rayonnement minimal pour le traitement thermique.

REFERENCES

1. FAO, DIVISION DE LA NUTRITION (1958), "The use of fish flours as human food" (Utilisation des farines de poisson pour l'alimentation humaine), *Proc. Nutr. Soc.* 17, 153.
2. KAPSIOTIS, G. D. (1961), *Supplementary report on the processing of edible fish flour* (Rapport supplémentaire sur le traitement des farines de poisson comestibles) [non publié].
3. METTA, V. C. (1960), "Nutritional value of fish flour supplements" (Valeur nutritive des suppléments de farine de poisson), *J. Amer. Diet. Ass'n.* 37 (3) paragraphes 234 à 240.
4. CENTRAL FOOD TECHNOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE (INDIA) (1962), document présenté au Groupe consultatif FAO/OMS/FISE des protéines, session de juin 1961.
5. SREENIVASAN, A. (1963), *Fish flour and its utilization* (La farine alimentaire de poisson et ses utilisations), Groupe consultatif FAO/OMS/FISE des protéines (document R. 8/Add. 14).
6. KIK, M. C. (1965), *Nutritional Improvement of Rice Diets and Effect of Rice on Nutritive Value of Food-stuffs* (Amélioration de la valeur nutritionnelle des régimes à base de riz et effets du riz sur la valeur nutritive des aliments), Station expérimentale d'agriculture, Université d'Arkansas, Bulletin 698.
7. BRESSANI, R. (1961), "Enrichment of lime-treated cornflour with deodorized fish flour" (Enrichissement de la farine de maïs chaulé avec de la farine alimentaire de poisson désodorisée), *Comptes rendus des travaux du Congrès international de la FAO sur le rôle du poisson dans l'alimentation*, Washington, D.C. paragraphes 266 à 270.
8. GRAHAM, G. C. *et al.* (1961), "Evaluation of fish flour in the treatment of infantile malnutrition" (Etude de la valeur de la farine alimentaire de poisson dans le traitement de la malnutrition infantile), *Comptes rendus des travaux du Congrès international de la FAO sur le rôle du poisson dans l'alimentation*, Washington, D.C., paragraphes 271 à 274.

9. SRIKANTIA, S. G. et G. GOPALAN (1966), "Fish protein concentrate in the treatment of kwashiorkor" (Le concentré de protéines de poisson dans le traitement du kwashiorkor), *Journal of Clinical Nutrition*, Etats-Unis, n° 18, paragraphes 34 à 37.
10. TAVILL, F. et A. GONIK (1967), "Fish protein concentrate in weaning diets" (Le concentré de protéines de poisson dans les régimes de sevrage) [non publié].
11. LAHIRY, N. L. et al. (1967), "Feeding trials on undernourished children with FPC", (Essais d'alimentation d'enfants sous-alimentés avec du concentré de protéines de poisson), *Canadian Fisheries Report No. 10* (Comptes rendus des travaux de la Conférence sur le concentré de protéines de poisson), paragraphes 163 à 166.
12. NIGRELLI, R. F. (1967), "Poisonous fishes and marine biotoxins" (Poisons toxiques et biotoxines marines), *Canadian Fisheries Report No. 10* (Comptes rendus des travaux de la Conférence sur le concentré de protéines de poisson), paragraphes 101 à 105.
13. FAO (1969), documentation non publiée.
14. MORRISON, A. B. (1963), article publié dans le *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 41 (7), page 1589.
15. MUNRO, I. C. et A. B. MORRISON (1967), article publié dans le *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 45, page 1049.
16. SNYDER, D. C. (1967), "Research Progress on FPC" (Etat d'avancement des recherches sur les concentrés protéiques de poisson), *Canadian Fisheries Report No. 10* (Comptes rendus des travaux de la Conférence sur les concentrés protéiques de poisson), paragraphes 73 à 76.
17. FOOD AND NUTRITION BOARD (1953), *National Research Council Publication No. 294*, Académie nationale des sciences, Etats-Unis.
18. OMS (1969) *La Vingt-deuxième Assemblée mondiale de la santé* (document A22/P + B/7), 29 mai 1969.
19. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (Etats-Unis) (1967), dans *Federal Register* (United States) 32 (n° 22, 2 février 1967), page 1173. *Rules and Regulations*. Section B — Aliments et produits alimentaires, chapitre 121 — Additifs alimentaires, Sujet D — Additifs alimentaires autorisés dans les aliments destinés à la consommation humaine.
20. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR FISH AND WILDLIFE SERVICE, BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES (1969), Rapport sur le projet ONUJDI/FAO relatif aux concentrés protéiques de poisson au Maroc (non publié).
21. HOLME, J. (1967), "Potential utilization of FPC by the cereal products industry" (Possibilités d'utilisation des concentrés protéiques de poisson par l'industrie des produits à base de céréales). *Canadian Fisheries Report No. 10* (Comptes rendus des travaux de la Conférence sur le concentré de protéines de poisson).
22. KAPSIOTIS, G. D. (1968), *The potential utilization of FPC with special reference to the Moroccan FPC* (Possibilités d'utilisation des concentrés protéiques de poisson et plus particulièrement du concentré marocain), Groupe consultatif FAO/OMS/FISE sur les protéines (document R. 8/Add. 19).

4. RESSOURCES POTENTIELLES POUR LA PRODUCTION INDUSTRIELLE DE CONCENTRÉS PROTEIQUES DE POISSON*

SÉLECTION D'ESPÈCES EN VUE DE LA PRODUCTION DE CONCENTRÉS PROTEIQUES DE POISSON POUR L'ALIMENTATION HUMAINE

Bien que le merlu-écureuil (*Yrophycis chuss*) soit le seul poisson dont la Food and Drug Administration des Etats-Unis permette l'utilisation sur le territoire américain pour la production d'un CPP affiné (extrait par solvant) destiné à la consommation humaine directe, la protéine de la chair de tous les poissons a approximativement la même composition d'acides aminés et une valeur nutritive analogue (abstraction faite de l'huile de poisson). Pour que l'emploi du CPP dans l'alimentation humaine puisse se généraliser, le choix des espèces de poisson à utiliser comme matière première doit se faire sur une base étendue et avec une certaine souplesse. La même méthode de traitement peut s'appliquer à tous les genres de poisson et le prix de la matière première est un des plus importants facteurs à prendre en considération dans la production industrielle de CPP destiné à l'alimentation humaine. Comme pour la production de farine de poisson destinée à l'alimentation animale, les espèces très abondantes et faciles à pêcher avec un équipement à haut rendement sont les seules qui puissent convenir comme matière première à une industrie du CPP. Chaque entreprise de pêche doit s'assurer des espèces de poisson pouvant être débarquées à un faible prix de revient. Une autre raison qui impose de choisir les matières premières avec une certaine latitude est que de nombreuses pêcheries ne peuvent assurer un approvisionnement suffisant en matières premières que si on utilise le tout venant des captures. Dans les pays tropicaux en particulier, les prises susceptibles d'être utilisées pour la production de CPP seront souvent composées d'espèces diverses (et notamment de poissons qui sont généralement rejetés par les chalutiers pêcheurs de crevettes ou autres bâtiments de pêche).

* Communication présentée à la réunion par M. Rudolf Kreuzer, Chef de la Sous-Division des produits de la pêche et de la commercialisation, Division des industries de la pêche, Département des pêches, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome (Italie).

Quelques-unes des ressources halieutiques mentionnées ci-après dans la description des espèces disponibles pour la production de farines de poisson peuvent également servir à la production industrielle de CPP, extrait par solvant, destiné à la consommation humaine directe, à supposer que dans les années à venir se crée un marché pour ces produits.

PRODUCTION MONDIALE DE POISSON [1]

Au cours des sept à neuf dernières années, le taux annuel d'accroissement des quantités de pêche mondiale a été de 7% tandis que le taux d'augmentation de la population était de l'ordre de 2%. L'accroissement des captures n'a d'ailleurs pas été uniforme, qu'il s'agisse des espèces ou de la répartition géographique. Les quantités supplémentaires pêchées ont, pour une part substantielle, été transformées en farine et en huile.

Dans l'Europe du Nord-Ouest, on a noté une forte progression des débarquements. Ce qui s'explique principalement par de meilleures techniques de localisation du poisson qui ont permis une exploitation plus économique de certains stocks de poissons pélagiques, en vue surtout de la production de farine de poisson. Un chalutier moderne consacre la moitié environ du temps qu'il passe en mer à la localisation proprement dite du poisson et, sur un bateau qui pêche à la seine tournante, la proportion est encore plus forte. Les innovations en matière de localisation du poisson ont donc un intérêt évident. L'application de techniques modernes de pêche est un des facteurs qui ont permis de soutenir le rythme extraordinairement élevé d'expansion de la pêche de l'anchoveta (anchois péruvien) et ce taux élevé explique lui-même, pour une bonne part, que les captures en Amérique latine aient augmenté de 25,9% par an en moyenne de 1958 à 1965; cette augmentation est la plus forte qui ait été enregistrée au cours d'une période de sept années dans l'histoire de la pêche moderne.

L'application de méthodes modernes de localisation et de capture du poisson a grandement stimulé l'expansion rapide de la pêche sur la côte ouest de l'Amérique du Sud. Mais plus importants à cet égard ont été les débouchés suscités par une demande rapidement croissante de farine de poisson, elle-même due aux progrès de l'élevage industriel des porcs et de la volaille dans les pays développés.

Ont également joué leur rôle, l'évolution récente des opérations de pêche dans des eaux éloignées, les progrès des techniques de congélation en mer et de production de farine de poisson à bord des bâtiments de pêche. Ces améliorations expliquent que les quantités de poissons débarquées aient nettement augmenté dans certains pays méditerranéens, au Japon et en URSS.

Les quantités de poissons débarquées augmentent à un rythme généralement plus rapide dans les pays en voie de développement que

dans les pays développés, mais ce rythme est très variable. Le taux élevé de progression observé au Pérou et en Angola est dû au développement rapide des industries de réduction: dans d'autres pays, il a été influencé par la motorisation des embarcations traditionnelles et par d'autres améliorations techniques, par une meilleure formation des pêcheurs et par l'expansion de la commercialisation du poisson. Dans quelques pays, les activités industrielles en haute mer ont fait leur apparition. Le rythme auquel se développe la pêche semble devoir diminuer dans les pays développés, tandis qu'il continuera à croître dans les pays en voie de développement.

La figure 1 montre quelles ont été en 1968 les prises de poissons de mer, de crustacés et de mollusques dans les diverses zones océaniques.

Le potentiel des groupes d'espèces qui sont actuellement importants est approximativement le suivant:

	<i>Millions de tonnes</i>
Gros poissons pélagiques (thon, principalement)	3
Poissons démersaux (morue, dorade, etc.)	43
Poissons vivant en banc (hareng, anchois, maquereau, etc.)	61
Crustacés (crevette, etc.), à l'exclusion des crustacés planctoniques de l'Antarctique	2
Céphalopodes	9

Selon les estimations, la demande de poisson pour réduction en farine de poisson pourrait atteindre 38 millions de tonnes en 1985 et celle de poisson destiné à l'alimentation humaine, 70 millions de tonnes. Pour répondre à cette demande, il sera nécessaire d'exploiter des ressources non classiques, comme les petits poissons pélagiques et les crustacés planctoniques de l'Antarctique. Les captures potentielles de ces dernières ressources pourraient, selon les estimations, atteindre 50 millions de tonnes et plus.

RESSOURCES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE UTILISÉES INDUSTRIELLEMENT

Zone atlantique nord-est [2]

Dans cette zone se trouvent certaines pêcheries ayant les plus anciennes traditions du monde, comme celles au large de l'Islande et de la Norvège et celles de la mer du Nord et de la Baltique. Un fait important observé au cours des dix dernières années a été l'organisation de pêches dont les prises sont spécialement destinées à la production de farine de poisson. Parmi les espèces capturées figurent le hareng, le sprat, le capelan

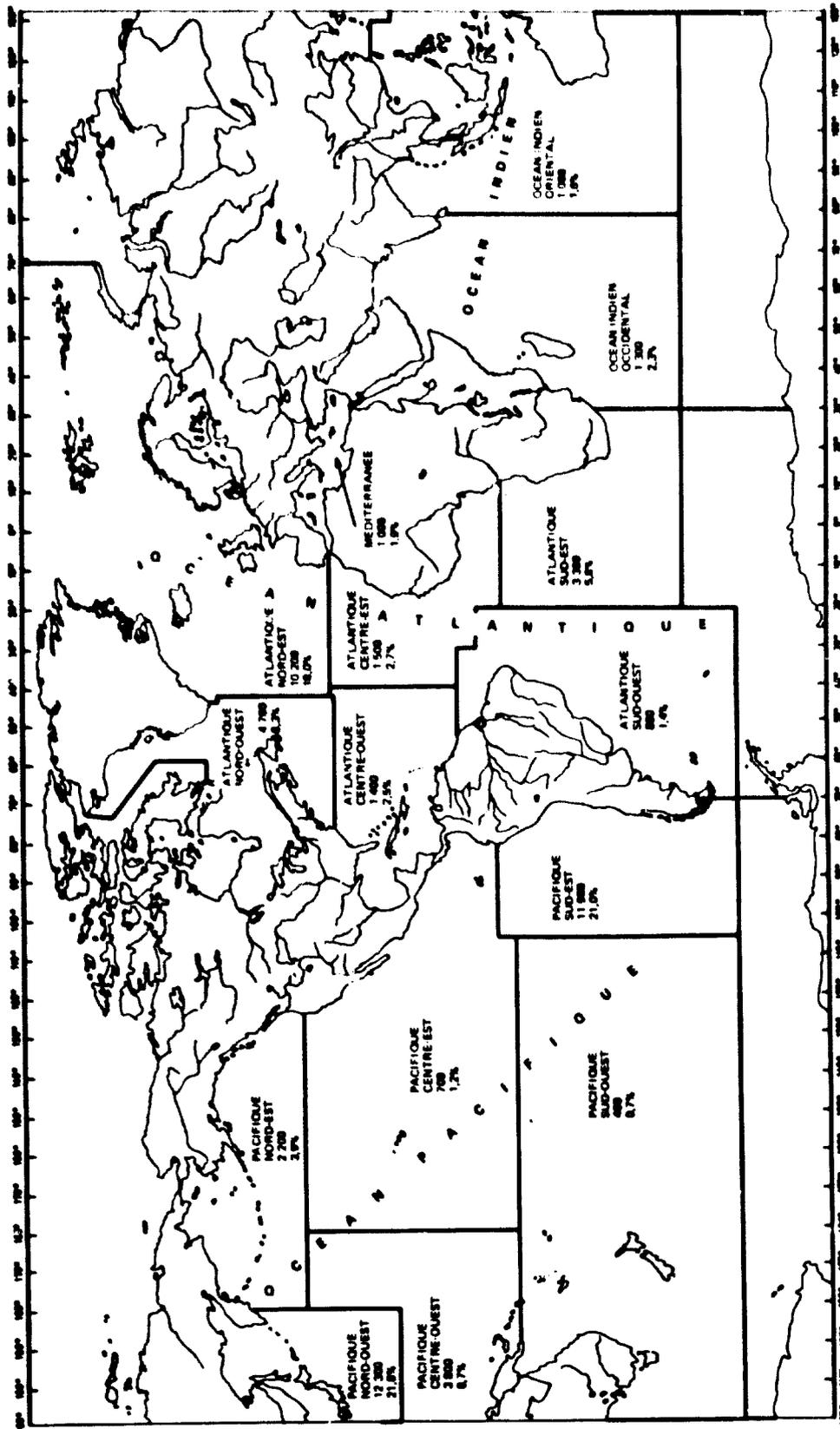


Figure 1. Captures mondiales de poisson en 1968 par principales zones océaniques (en milliers de tonnes et en pourcentages des captures mondiales)

et le maquereau. De plus, on exploite maintenant des stocks qui n'étaient pas pêchés jusqu'à présent: lançons (*Ammodytes* spp.) et tacauds norvégiens (*Trisopterus esmarkii*).

Dans les pays riverains de la partie nord-est de l'océan Atlantique, le hareng sert principalement à fabriquer de la farine de poisson, encore que des quantités non négligeables servent aussi à la consommation humaine directe dans certains pays. Les stocks de cette zone sont soumis à une exploitation assez intense, semble-t-il, à l'exception de ceux qui se trouvent dans les eaux situées à l'ouest des Iles britanniques et qui ont un potentiel de quelque 200 000 tonnes.

La pêche au sprat en mer du Nord est une industrie côtière. Une grande partie du poisson capturé sert à fabriquer de la farine de poisson. Dans certaines zones il serait peut-être possible d'augmenter les captures. En 1965, celles-ci ont atteint 75 000 tonnes, mais le potentiel serait au moins de 150 000 tonnes.

Les stocks de maquereaux sont exploités commercialement dans le Cattegat, le Skagerrak et dans la partie méridionale de la mer du Nord. Les Norvégiens ayant développé leur pêche à la seine tournante en 1963 et au cours des années ultérieures, les captures de maquereaux ont très fortement augmenté (1964, 40 000 tonnes; 1966, 500 000 tonnes; 1967, 870 000 tonnes, 1968, 780 000 tonnes). Le maquereau est principalement utilisé pour la réduction en farine de poisson. La baisse des prises en 1968 donne à penser que les ressources situées au large de la Norvège sont pleinement exploitées et que le rendement annuel susceptible d'être maintenu pourrait se situer entre 500 000 et 700 000 tonnes. On sait peu de choses sur les stocks de maquereaux dans les autres parties de la zone nord-est de l'Atlantique, par exemple dans les eaux méridionales (environ 30 000 tonnes, selon le Conseil international pour l'exploration de la mer).

Les quantités de chinchards débarquées en mer du Nord atteignent 5 000 tonnes par an, ce qui paraît très inférieur au rendement susceptible d'être maintenu. Dans les eaux méridionales, cette espèce a une grande importance et, en 1966, 100 000 tonnes ont été pêchées dans le golfe de Gascogne, au large du Portugal. On pense qu'il serait possible d'accroître modérément le volume des prises.

Le développement de la production de la farine de poisson obligera à organiser des pêches en vue de capturer des espèces moins exploitées et présentant un faible intérêt commercial, comme le capelan (*Mallotus* spp.), le lançon (*Ammodytes* spp.), le tacaud norvégien (*Trisopterus esmarkii*), les argentines (*Argentina* spp.), le poutassou (*Gadus poutassou*) et les macruridés.

Le capelan de Terre-Neuve, espèce qui vit dans la partie septentrionale de l'Atlantique nord, est pêché depuis quelques années à des fins industrielles. En 1967, 50 000 tonnes ont été pêchées au large de l'Islande, 500 000 tonnes au large du nord de la Norvège et 500 000 tonnes au large

de l'URSS. En 1962, 3 500 tonnes seulement avaient été pêchées dans la zone.

De nouvelles pêcheries ont récemment commencé, notamment en mer du Nord, à exploiter, à des fins industrielles, les ressources en lançons et en tacuuds de Norvège. L'importance des captures a varié, passant par un maximum de 210 000 tonnes, en 1967, et un minimum de moins de 70 000 tonnes, en 1965. Il semble qu'il y ait d'autres stocks prometteurs de lançons à l'ouest des Îles britanniques et au large de la côte nord de l'Écosse. Les prises de tacuuds de Norvège (et peut-être aussi d'aiglefin) ont atteint un peu moins de 500 000 tonnes en 1968.

Une des espèces qui présentent actuellement un faible intérêt commercial est le pontasson, dont le potentiel est estimé à quelque 300 000 tonnes dans les zones situées au nord-ouest de l'Irlande et au nord-est de l'Écosse. Les argentines (*A. silus* et *A. sphyracna*) sont une autre espèce de la mer du Nord qui n'est pas exploitée. Les argentines et les macruridés ont été trouvés à des profondeurs comprises entre 200 et 1 000 m dans les eaux situées à l'ouest des Îles britanniques, mais les taux probables de capture n'apparaissent pas assez élevés pour justifier une pêche organisée en vue de la production de farine de poisson.

Zone atlantique centre-est [3]

Cette zone s'étend des côtes marocaines au golfe de Guinée et comprend l'archipel du Cap-Vert.

En 1968, les prises de poissons pélagiques dans la partie nord de cette zone, du détroit de Gibraltar à Dakar, se sont réparties comme suit:

- Petits poissons pélagiques:** 280 000 tonnes, essentiellement des sardines, qui ont été débarquées au Maroc, mais également de petites quantités de sardinelles débarquées au Sénégal.
- Poissons pélagiques moyens:** 100 000 tonnes, essentiellement des chinchards (*Trachurus* spp.), des tas-sergals (*Temnodon salator*) et des maquereaux, pêchés surtout par des chalutiers de l'Union soviétique et d'autres pays de l'Europe de l'Est.
- Céphalopodes:** 150 000 tonnes, notamment des cornets, des seiches et des poulpes, qui sont pêchés surtout par des bateaux espagnols et japonais.

Dans la partie sud de cette zone, de Dakar à l'embouchure du Congo, on pêche essentiellement des poissons de l'espèce *Ethmologa fimbriata* et des sardinelles dans les eaux côtières. Les sardinelles abondent surtout au large du Sénégal, de la Côte d'Ivoire, du Ghana, du Gabon, de la République populaire du Congo et du nord de l'Angola où les remontées d'eau froide sont fréquentes. Il devrait être possible d'intensifier la pêche de ces poissons. Dans le cadre d'un certain nombre de projets FAO/PNUD Fonds spécial intéressant plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest, des études se poursuivent actuellement sur diverses espèces pélagiques, notamment les sardinelles.

Le potentiel des stocks de poissons pélagiques est difficile à évaluer, mais il semble tout de même qu'aucune de ces ressources n'ait été complètement exploitée. Les captures de sardines (pilchards) au large des côtes marocaines ont atteint 280 000 tonnes en 1966 (contre 100 000 tonnes auparavant), mais il est encore trop tôt pour connaître les incidences de cette augmentation sur le stock. Au sud de Gibraltar, les stocks de sardines sont estimés à 400 000 tonnes. Pour les autres poissons pélagiques, le potentiel de pêche de la zone doit être également de l'ordre de quelques centaines de milliers (mais probablement pas des millions) de tonnes. Dans le tableau 1 est évalué le potentiel de pêche de la zone pour un certain nombre de poissons pélagiques.

TABLEAU 1. ESTIMATIONS DU POTENTIEL DE PÊCHE DE POISSONS PÉLAGIQUES DANS LA ZONE ATLANTIQUE CENTRE-EST
(en milliers de tonnes)

	Nord du 10 ^e parallèle		Sud du 10 ^e parallèle	
	1968	Potentiel	1968	Potentiel
Sardines	280	400	—	—
Anchois	—	400	—	(×100)
Sardinelles	30	100 (?)	70	(×100)
Maquereaux, chinchards, etc.	100	200—500	—	—

Il devrait être possible d'exploiter plus activement les stocks de maquereaux, de chinchards et d'autres grands poissons pélagiques. Depuis quelque temps cependant la pêche de ces poissons se développe rapidement mais, faute de données suffisantes, il est difficile d'évaluer exactement les effets des prises actuelles sur les stocks. Il semble que la production de maquereaux, de chinchards, etc., pourrait être de deux à cinq fois supérieure à ce qu'elle est actuellement et atteindre par conséquent de 200 000 à 500 000 tonnes.

Au large du Ghana et de la Côte d'Ivoire, les stocks d'anchois (*Anchoiella guineensis*) et d'autres poissons sont intacts. Des campagnes de pêche expérimentales sont indispensables pour déterminer si

le poisson peut être débarqué à un prix de revient suffisamment bas pour assurer la viabilité d'une industrie de la farine de poisson.

De nombreux stocks de poissons démersaux présentant un faible intérêt commercial, notamment les élamobranches, certains scimmidés dans le nord et *Brachylepterus auritus* dans le sud, pourraient être utilisés comme principale matière première pour la fabrication de farine, si leur capture était économique. Les stocks de céphalopodes et de petits poissons, tels les poissons lanternes, sont importants, mais on ne les exploite pas encore en haute mer.

Zone atlantique sud-est [4]

Cette zone s'étend de l'embouchure du Congo (6° de latitude sud) jusqu'au sud ouest de Durban (30° de longitude est), c'est-à-dire au-delà du cap de Bonne-Espérance. Les eaux de l'Antarctique situées au sud du 50e parallèle ne font pas partie de cette zone. Les pêcheurs de l'Afrique du Sud, du Sud-Ouest africain et de l'Angola ainsi que des bateaux soviétiques y exploitent les bancs de poissons pélagiques, notamment sardines et maasbankers (*Trachurus*). D'importantes usines de farine utilisent des poissons pélagiques comme matière première.

L'espèce pélagique la plus abondante le long des côtes est le pilchard (*Sardinops ocellata*). Le tableau 2 indique le potentiel de pêche de certains poissons pélagiques dans cette zone.

TABLÉAU 2. ESTIMATION DU POTENTIEL DE PÊCHE DE POISSONS PÉLAGIQUES ET DE LANÇONS DANS LA ZONE ATLANTIQUE SUD-EST
(en milliers de tonnes)

Espèce	1967	Potentiel			Total
		Angola	Sud-Ouest africain	Afrique du Sud	
Thyrsites	15	—	20	20	40
Pilchards	1 106	200	2 000	150—300	2 500
Anchois	300	200	(× 10)	200—750	700
Maasbankers	195	600	200	150—400	1 000
Maquereaux	140	—	(× 10)	50—150	150
Sardinelles	—	1 000	(× 10)	(× 1)	1 000
Sardines	—	—	—	(× 100)	300
Lançons	—	—	—	(× 10)	50
	1 740	2 000	2 300	1 300	5 600

D'autres espèces, notamment le balaou (*Scombrosox saurus*), le poisson lanterne et l'encornet (*Loligo regnandi*) seraient également présentes dans cette zone, mais elles ne sont pas encore pêchées à l'échelle commerciale. A la différence des espèces dont il a été question plus haut, les balaous et les encornets ne se tiennent pas seulement près des côtes. L'exploitation de ces stocks de poissons est donc tributaire des possibilités de pêche hauturière. Les poissons lanternes sont abondants, mais il

faudra améliorer les techniques de pêche pour en rentabiliser l'exploitation.

Pour l'Atlantique, le potentiel est évalué à 8 millions de tonnes dans la zone sud-est, à 15 millions de tonnes dans la zone nord-est et à 6 millions de tonnes dans la zone nord-ouest.

Eaux côtières de l'océan Indien [5]

Cette zone comprend les hauts-fonds de l'océan Indien, de Madagascar à l'Australie; elle englobe la mer d'Oman, la mer Rouge, le golfe Persique, le golfe du Bengale et un certain nombre d'îles (voir figure 2).

Les captures dans l'océan Indien ont été évaluées à 2 millions de tonnes environ en 1967 [6]. Dans la mer d'Oman et le golfe d'Aden, les stocks de sardines et d'anchois sont relativement importants (un million de tonnes environ) mais ils ne sont pas encore exploités. Dans la plupart des pays baignés par l'océan Indien, on pratique une pêche côtière de subsistance à l'aide d'engins primitifs. Dans de nombreuses régions, notamment le long des côtes de l'Afrique de l'Est, les pêcheurs prennent le poisson sur les hauts-fonds souvent très près du rivage, dans des bateaux dépourvus de moteur. Les autres facteurs limitant le développement de la pêche sont le manque d'installations de stockage et de distribution sur des lieux de débarquement, l'irrégularité de l'approvisionnement, le prix de la glace et le manque de débouchés dû à la faiblesse du pouvoir d'achat de la majorité des habitants de ces pays.

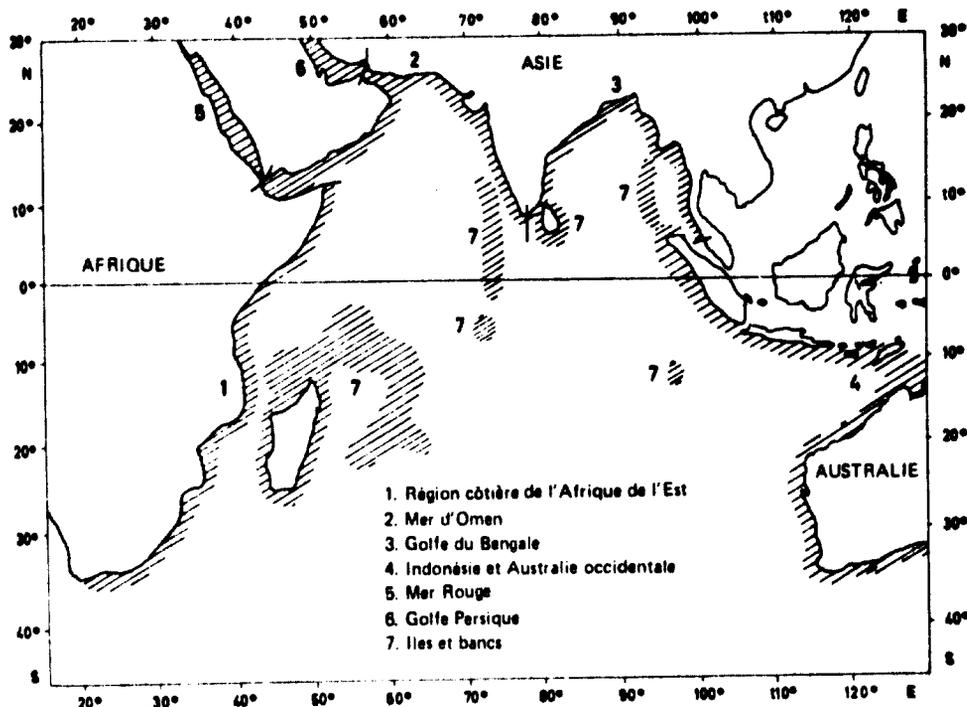


Figure 2. *Eaux côtières de l'océan Indien*

Certaines espèces commercialisées actuellement, notamment les thons de grande taille (thons à nageoires jaunes, germons, etc.), qui sont capturés en haute mer, ainsi que certaines espèces démersales et les crevettes, qui sont pêchées tout près des côtes, sont exploitées assez activement. Le meilleur moyen d'accroître les prises dans l'océan Indien serait vraisemblablement d'exploiter des stocks moins connus ou moins accessibles, notamment les poissons pélagiques (sardines ou anchois) au nord-ouest de l'océan Indien, les balaous et les poissons lanternes en haute mer, etc. L'exploitation de ces stocks nécessitera une amélioration des méthodes dans de nombreux domaines tels que les techniques de pêche, la conservation, le traitement et la commercialisation du poisson.

Zone pacifique centre-ouest [7]

Cette zone comprend les hauts-fonds (moins de 200 m) suivants: mer Jaune et mer de Chine orientale, détroit de Formose et côtes de la Chine méridionale, golfe du Tonkin (jusqu'à 15° de latitude nord), golfe de Siam (délimité par une ligne qui va de la pointe de Camau à la frontière entre la Thaïlande et la Malaisie), mer de Chine méridionale (entre le 15^e parallèle et l'Equateur), mer de Java (de l'Equateur au sud à Bali à l'ouest), golfe de Carpentarie et partie est de la mer d'Arafura. D'autres hauts-fonds se trouvent le long de la côte sud-ouest de Java, autour des îles Ryû-Kyû et des Philippines et de la partie orientale de la Nouvelle-Guinée et des îles Salomon.

Les principales espèces pélagiques exploitées commercialement dans la mer Jaune et la mer de Chine orientale sont le maquereau et le chinchard. Les estimations du rendement de poissons pélagiques dans le sud de cette zone ne sont qu'approximatives, car on ne dispose d'aucun renseignement pour certaines régions. La zone la mieux étudiée est celle du golfe de Siam où la pêche est moyennement importante et dont la production pourrait être doublée. Le potentiel de pêche sur les hauts-fonds (jusqu'à 50 mètres de profondeur) varie, selon les estimations, de un à cinq millions de tonnes de poissons pélagiques.

Entre 50 et 200 m de profondeur, les poissons pélagiques sont probablement plus abondants. En outre, le potentiel de pêche pour les poissons démersaux est également évalué à environ un million de tonnes. Il reste à déterminer, toutefois, si l'exploitation commerciale de ces stocks peut être rentable.

Dans les îles, on pratique généralement une pêche de subsistance sauf aux îles Ryû-Kyû et aux Philippines où il existe des pêches commerciales assez importantes. Dans l'ensemble des îles, les ressources halieutiques des eaux profondes ne sont pas exploitées intensément parce que les pêcheurs ne disposent pas de bateaux ni d'engins de pêche appropriés et que la commercialisation est difficile. Des espèces pélagiques, tels les faux-maquereaux et les maquereaux, vivent également dans les eaux de cette zone.

Zone pacifique nord-ouest [8]

Les renseignements dont on dispose sur cette zone, qui comprend le Japon, montrent que seule l'exploitation d'un petit nombre de poissons pélagiques, tels les anchois, pourrait être nettement intensifiée. La pêche hauturière au balaou et au maquereau ne sera rentable que si les techniques sont améliorées.

Par contre, l'exploitation des lançons (*Ammodytes personatus*), qui abondent au voisinage du Japon, pourrait être intensifiée. La demande de ce poisson pour l'alimentation humaine diminue depuis quelques années, mais il est de plus en plus utilisé pour la fabrication de farine, en raison notamment du développement de la pisciculture.

Zone pacifique nord-est [9] et zone pacifique centre-est [10]

Ces zones s'étendent de la mer de Béring jusqu'au nord du Pérou. Les poissons pélagiques constituent leurs principales ressources halieutiques. Le stock d'anchois non encore exploité au large des côtes de Californie et du Mexique présente un intérêt particulier. Alors que le stock de pilehards de Californie a diminué, les réserves d'anchois ont augmenté dans de telles proportions que les prises annuelles pourraient atteindre deux millions de tonnes et permettre d'approvisionner une industrie de la farine de poisson. Mais pour diverses raisons, notamment le désir de protéger la pêche sportive, aucune entreprise de pêche importante d'anchois ne s'est développée.

Des usines de farine, installées pour la plupart à Panama, traitent le poisson provenant d'une petite pêcherie du golfe de Panama. L'industrie de la farine de poisson absorbe quelque 60 000 tonnes de matière première, dont les trois quarts sont des anchovettes et le reste des "faux" harengs (*Opistonema libertate*). Les stocks de ces derniers sont vraisemblablement plus importants que ceux d'anchovettes. Dans le golfe de Panama, il devrait être possible de porter à 150 000—250 000 tonnes les captures de poissons pélagiques. Dans la zone tropicale s'étendant du Mexique central au nord du Pérou, le potentiel de pêche pour les poissons pélagiques varie selon les estimations entre 500 000 tonnes et un million de tonnes.

Les crevettiers pêchant le long des côtes du Pacifique, du Mexique à la Colombie, rejettent les poissons démersaux qu'ils prennent. Ils rejettent ainsi de 200 000 à 500 000 tonnes au large des côtes du Mexique et de 100 000 à 250 000 tonnes au large des côtes de l'Amérique centrale. Plusieurs tentatives en vue d'utiliser ces rebuts pour la fabrication de farine de poisson ou d'autres produits ont été faites au cours des dix dernières années, mais il est apparu que l'opération n'était pas rentable.

En utilisant des techniques appropriées, il devrait être possible d'augmenter les captures de poissons démersaux. On évalue à un million de tonnes la quantité de ces poissons qui pourrait être pêchée chaque année dans la partie sud de la zone.

Zone atlantique nord-ouest [11, 12]

Cette zone comprend les côtes orientales du Canada où l'on envisage de construire une usine de CPP pour l'alimentation humaine qui serait capable de traiter 200 tonnes de matières premières par jour et utiliserait notamment les déchets de morue après découpage des filets. On pourrait également utiliser, pour la production de CPP, des espèces côtières qui servent actuellement à la fabrication de farine de poisson, notamment les harengs, les lançons ainsi que les poissons rejetés par les morutiers ou d'autres bateaux. Les chalutiers rejettent actuellement les poissons immatures ainsi que les espèces ne présentant aucun intérêt commercial: raies, roussettes, merlus-écureuils, lottes, rats-hémitriptères, dragonnets, etc. En outre, l'exploitation des ressources de lançons et d'argentines et, dans les eaux profondes, de rats, de poissons lanternes, de barracudinas et d'autres espèces est possible, bien qu'elle ne soit pas rentable pour le moment.

Zone atlantique centre-ouest [13]

Elle comprend le golfe du Mexique, la mer des Antilles et la côte atlantique de l'Amérique du Sud. Les poissons rejetés par les crevettiers pêchant dans cette zone pourraient également être utilisés. On évalue à 600 000 tonnes la quantité de poissons ainsi rejetée par les crevettiers des États-Unis. La quantité de poissons rejetée par les crevettiers d'autres pays doit être du même ordre.

Les menhadens pêchés par les États-Unis dans le golfe du Mexique sont utilisés uniquement pour la fabrication de farine de poisson. Les quantités débarquées dépassent parfois un million de tonnes, mais les stocks diminuent. Les stocks d' anchois et de "faux" harengs semblent assez importants, mais ils ne sont pas exploités. Le potentiel de prises annuelles de poissons pélagiques est estimé à un million de tonnes dans le golfe du Mexique et 750 000 tonnes le long de la côte atlantique des États-Unis.

La mer des Antilles semble moins productive que le golfe du Mexique, excepté le long des côtes orientales de l'Amérique du Sud.

La principale pêcherie de poissons pélagiques (thon non compris) se trouve le long des côtes du Venezuela où l'on pêche chaque année 40 000 tonnes de sardinelles (*Sardinella anchovia*) ainsi que de petites quantités d' anchois (*Cetengraulis edentulus*) et de sardines (*Opisthonema oglinum*). Rien n'empêcherait apparemment d'exploiter plus intensément les stocks de sardines, mais il est probable que d'autres espèces pélagiques offrent de meilleures possibilités d'accroître les prises.

Les lançons (*Ammodytes americanus*) pourraient être exploités plus activement au large des côtes des États-Unis.

PRODUITS À BASE DE POISSON ET CPP

Le problème de l'approvisionnement conditionne l'expansion des industries de transformation du poisson dans tous les pays. Les données concernant les ressources doivent être complétées par des renseignements sur l'équipement de pêche et les installations de débarquement, ainsi que sur le prix de revient de la matière première. Il faut également tenir compte du niveau de développement des techniques et de la formation professionnelle dans les pays.

Le problème de la commercialisation des concentrés de protéines de poisson est également extrêmement important et complexe. Le terme de CPP englobe une grande variété de produits destinés à des marchés très différents. Il est donc nécessaire d'établir, dès le début, les spécifications du produit.

La production mondiale de farine de poisson, qui est le CPP le plus couramment utilisé pour l'alimentation animale, a atteint près de 5 millions de tonnes en 1968. La demande de farine de poisson augmente en raison notamment de son utilisation dans les aliments composés pour les animaux. Au Japon, la quantité de farine de poisson utilisée dans l'industrie fabriquant des aliments composés pour animaux est passée de 382 039 tonnes, en 1967, à 466 655 tonnes en 1968. On évalue en outre à 55 000 tonnes la quantité de farine de poisson utilisée pour la fabrication d'aliments composés destinés aux poissons. En 1968, la quantité de farine de poisson utilisée directement pour l'alimentation animale n'a été que de 60 000 tonnes.

D'après la circulaire de la FAO intitulée "Perspectives du développement des pêches mondiales en 1975 et 1985", la demande de farine de poisson va progressivement dépasser l'offre, surtout si le prix de la farine reste assez stable par rapport à celui des produits concurrentiels. On prévoit qu'en 1985 la demande mondiale de farine de poisson atteindra 8,5 millions de tonnes. Pour les pays en voie de développement, qui ont consommé 326 000 tonnes de farine de poisson en 1965, la demande devrait atteindre 1 560 000 tonnes en 1985.

Les débouchés offerts aux CPP pour le bétail, qui sont fabriqués depuis peu par extraction au solvant à partir de farine de poisson ou de poisson frais, sont limités, mais ils devraient se développer. Il n'est pas nécessaire que ces CPP soient complètement dépourvus de goût.

Il n'existe encore aucun débouché pour les CPP destinés à l'alimentation humaine et aucun des renseignements dont on dispose ne donne à penser que des CPP affinés puissent être utilisés directement pour l'alimentation humaine. Il est donc nécessaire d'effectuer d'importantes études de marché en vue d'évaluer les possibilités qui s'offrent à ces produits sur le plan commercial. Aux États-Unis, où la recherche technologique est très poussée, aucune tentative n'a été faite en vue de créer un marché pour les CPP destinés à l'alimentation humaine. D'autres

pays n'ont pas les moyens d'effectuer des études de marché ou des essais d'acceptabilité. Dans la plupart des pays en voie de développement, les industries alimentaires ne sont pas suffisamment développées pour incorporer à leurs produits de grandes quantités de CPP dont la fabrication est coûteuse. La République-Unie de Tanzanie envisage d'utiliser du CPP pour enrichir de la farine de maïs, mais un certain nombre de difficultés ont retardé l'exécution de ce projet.

Il serait peut-être possible de réaliser une percée si des CPP propres à la consommation humaine étaient utilisés dans les pays industrialisés pour être incorporés dans certaines préparations alimentaires. Toutefois, il faudrait alors faire face à la concurrence d'autres denrées telles que les produits à base de soja et la poudre de lait écrémé. A cet égard, on sait parfaitement que les propriétés fonctionnelles des CPP ont besoin d'être améliorées, mais aucune recherche approfondie n'a encore été entreprise dans ce domaine.

La production de CPP a été évaluée du point de vue de sa viabilité, mais en l'absence d'une grande production industrielle, il n'a pas été possible de calculer des prix de revient réalistes. A l'exception d'un certain nombre d'entreprises fabriquant de petites quantités de CPP pour des programmes d'aide alimentaire, toutes les usines qui avaient été créées pour produire des CPP destinés à l'alimentation humaine fabriquent maintenant, par extraction au solvant, des CPP pour animaux, ou ont fermé. Les programmes d'aide alimentaire peuvent absorber la production d'un petit nombre d'entreprises, mais on ne peut les considérer comme une base solide pour une industrie. La fabrication, par le procédé d'extraction au solvant, de CPP destinés à l'alimentation humaine ne sera possible que si l'on crée des débouchés pour ce produit.

On pourrait, dans plusieurs pays, écouler de petites quantités de CPP, à bas prix, en les utilisant comme suppléments alimentaires ou comme condiments. Plusieurs instituts de recherche étudient à l'heure actuelle différentes techniques de production de CPP de types et d'usages divers. On parviendra vraisemblablement, dans un proche avenir, à mettre au point des CPP pour l'alimentation humaine qui seront bon marché, qui ne nécessiteront pas d'approvisionnement important en poissons et qui pourront être adaptés aux habitudes alimentaires de certains pays.

Le CPP est une protéine animale de haute valeur biologique qui ne nécessite pas l'adjonction d'acides aminés. Il présente l'avantage supplémentaire de pouvoir être fabriqué avec des poissons peu ou pas exploités du tout, ce qui permettrait d'utiliser des ressources halieutiques actuellement gaspillées. Il serait souhaitable, à cet égard, d'exploiter les ressources qui ne peuvent être utilisées pour la fabrication de farine de poisson soit à cause de leur peu d'importance, soit pour toute autre raison.

La possibilité pour les pays en voie de développement de se livrer, dans le proche avenir, à la production de CPP destinés à l'alimentation humaine dépend des procédés utilisés, des disponibilités en matières

premières bon marché, et de la création de débouchés pour ces produits. Etant donné la faiblesse du pouvoir d'achat des consommateurs dans les pays en voie de développement, il faudrait réduire le prix de revient des matières premières et les coûts de production et de distribution, de façon à obtenir un produit à bas prix. Il faudrait également accorder une attention suffisante aux problèmes de commercialisation et de promotion des CPP et encourager une étroite collaboration entre les techniciens et les spécialistes du marketing avant de mettre en vente les CPP et les aliments enrichis de CPP. Il faudrait enfin que le développement des CPP soit examiné dans le cadre général du développement des autres produits à base de poisson.

REFERENCES

1. FAO (1969), "Prospects for world fishery development in 1975 and 1985", *FAO Fishery Circular* (118).
2. FAO (1967), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Northeast Atlantic" (document établi par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.6, Rev. 1).
3. FAO (1967), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Eastern Central Atlantic" (document établi par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.4, Rev. 1).
4. FAO (1969), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Southeast Atlantic" (document établi par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.11).
5. FAO (1968), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Indian Ocean Coastal Waters" (document établi par M. R. S. Shomura) *FAO Fishery Circular* (109.10).
6. FAO (1968), "Quantités pêchées et débarquées, 1967", *Annuaire statistique des pêches* (24).
7. FAO (1968), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Western Central Pacific" (document établi par MM. R. S. Shomura et J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.9).
8. FAO (1969), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Northwest Pacific" (document établi par M. Y. Fukuda) *FAO Fishery Circular* (109.14).
9. FAO (1969), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Northeast Pacific" (première version établie par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.12).

10. FAO (1969), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Eastern Central Pacific" (document établi par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.15).
11. FAO (1967), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Northwest Atlantic" (première version établie par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.5).
12. DÉPARTEMENT DES PÊCHES DU CANADA (1968), *Rapport sur les pêches* n° 10 (Actes de la conférence sur les concentrés de protéines de poissons).
13. FAO (1969), "Area reviews on living resources of the World's Ocean, Western Central Atlantic" (document établi par M. J. A. Gulland) *FAO Fishery Circular* (109.16).

5. PRODUCTION DE CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON A PARTIR DE SARDINES MAROCAINES*

Une fraction de la population mondiale, comprise entre un tiers et la moitié du total, souffre de malnutrition protéique. Or, selon des témoignages probants, une carence de protéines pendant la petite enfance arrête définitivement le développement mental d'un être humain.

Il est facile d'imaginer les avantages que les hommes pourraient tirer de la production de CPP quand on sait qu'une tonne par jour de protéines de qualité élevée suffit à enrichir sensiblement l'alimentation de 100 000 personnes. En outre, il est parfaitement possible de produire du CPP en grandes quantités, les techniques de production n'étant pas compliquées. La pêche fournit en quantité suffisante des poissons de petite taille utilisables dans l'industrie. Cette quantité correspond à 40% des prises mondiales; transformée en CPP, elle pourrait fournir chaque jour à 750 millions de personnes un supplément direct de protéines.

On voit donc que les besoins, les ressources et les connaissances techniques permettant de produire du CPP sur une grande échelle existent déjà. Il est raisonnable de penser que les qualités intrinsèques du CPP finiront par en imposer la production dans le monde entier.

Aujourd'hui, cependant, ceux qui manquent de protéines en ont rarement conscience et ne se montrent donc pas disposés à payer plus cher du pain enrichi dont la saveur et l'apparence ne diffèrent pas de celles du pain ordinaire. En outre la méfiance et la rumeur publique, ainsi que la résistance généralisée du public lorsqu'il s'agit de modifier ses habitudes alimentaires, font obstacle à l'adoption de nouvelles denrées alimentaires. Ce sont donc les difficultés de commercialisation qui retiennent les fabricants et les distributeurs possibles d'investir dans l'industrie du CPP. Pour toutes ces raisons, il faudra beaucoup de temps, d'obstination, de connaissances techniques et de capitaux pour rendre cette utile industrie économiquement viable.

Toutefois, nous laisserons de côté, dans la présente étude, les facteurs politiques, sociaux et économiques qui ont pour effet de priver de ces protéines ceux qui en ont besoin, et nous nous bornerons à analyser les

* Communication présentée à la réunion par M. John H. Blake, ancien consultant indépendant, Portola Valley, Californie (Etats-Unis d'Amérique), maintenant administrateur de programmes, Bechtel Corporation, San Francisco, Californie (Etats-Unis d'Amérique).

problèmes beaucoup plus simples de la production du CPP et plus précisément les techniques de production d'un CPP à faible teneur en matières grasses, sans saveur, indiscernable, obtenu par extraction à l'acool.

HISTORIQUE DE LA PRODUCTION DE CPP AU MAROC

Il y a dix ans environ que les recherches visant à produire du CPP comestible ont commencé au Maroc. En vue de mettre au point un procédé de fabrication, la société l'Union d'azote de Safi a construit une usine pilote capable de produire 500 kg par jour à partir de sardines marocaines (*Sardina pilchardus*).

Le produit de cette usine pilote ayant été jugé tout à fait acceptable, sain et d'une haute valeur nutritive, le Gouvernement marocain a financé en 1964, en association avec Azote Union, la construction à Agadir d'une usine de dimension commerciale et créé la SONAFAP (Société nationale de farine de poisson) pour gérer l'entreprise.

Cette usine, construite sur le modèle de la petite usine qui avait donné de si bons résultats à Safi, a utilisé un procédé comportant les principaux stades suivants:

- a) Le poisson était réduit en farine dans une petite unité de réduction où il était cuit, pressé et séché;
- b) La farine obtenue subissait une première extraction avec de l'acool éthylique, puis était traitée à l'hexane;
- c) La farine extraite était séchée sous vide, puis broyée, tamisée et emballée.

Malheureusement, la qualité du produit était inférieure à celle du produit de l'usine pilote. La farine était saine et nourrissante, mais elle communiquait aux aliments auxquels elle était incorporée une odeur, un goût et une couleur peu désirables. Pour ces raisons, l'usine n'a fait que deux campagnes de promotion du produit en fabriquant 32 tonnes en 1965 et 143 tonnes en 1966.

A la demande du Gouvernement marocain, l'Organisation des Nations Unies a envoyé une mission à Agadir en 1967 pour étudier la situation de l'usine et formuler des recommandations touchant les mesures à prendre.

La mission a mis au point un programme en quatre phases permettant de recueillir les éléments d'information nécessaires pour organiser une production de CPP commercialement viable en se fondant sur les travaux effectués jusqu'alors. La phase I a prouvé que les sardines crues traitées à l'acool isopropylique pouvaient donner un CPP acceptable. La phase II utilise l'usine actuelle pour produire, à titre expérimental, 20 à 40 tonnes de CPP de haute qualité et réunir les données techniques voulues en vue de concevoir une usine viable et de prévoir les investissements nécessaires ainsi que les coûts de production.

La phase III consistera à étudier la commercialisation et l'utilisation du CPP au Maroc, tandis que la phase IV prévoit l'élaboration de plans détaillés pour la révision de l'usine actuelle. Les phases III et IV devaient démarrer en 1970.

Premiers résultats

Rappelons que l'usine de la SONAFAP était conçue, à l'origine, en vue de l'extraction de farine de poisson (cuite, pressée et séchée) à l'acool éthylique d'abord, suivie d'un traitement à l'hexane. Un lot de deux tonnes et demie environ a été extrait et séché en 14 heures, soit un rendement approximatif de quatre tonnes de CPP par 24 heures. On trouvera, à la première colonne du tableau 1, l'ordre des opérations et l'indication des solvants et des conditions d'emploi.

En dépit d'une odeur et d'un goût trop prononcés, le CPP produit avait des qualités réelles. Il était indiscutablement inoffensif, salubre et nourrissant, avec un coefficient d'efficacité protéique (CEP) supérieur à celui de la caséine et égal à celui d'autres CPP de bonne qualité. (Le tableau 2 donne quelques-uns des renseignements recueillis.) En 1965, la SONAFAP a produit quelques lots à partir de sardines étêtées et éviscérées, mais le coût élevé de ce procédé l'a obligée à utiliser des poissons entiers pour la plus grande partie de la production. Le produit tiré de poissons entiers était d'une coloration plus foncée et sa teneur en protéines était un peu plus faible, mais la qualité de celles-ci était irréprochable. La teneur moins élevée en lipides du CPP produit à partir de poissons étêtés et vidés s'explique probablement par le fait qu'une plus grande quantité de solvant a été utilisée pour l'extraction. Des tests effectués pour rechercher la présence de diverses bactéries et notamment d'entérocoques, de salmonelles, de bacilles de Shiga, de staphylocoques, de clostridium et de bacilles pathogènes ont donné des résultats absolument négatifs.

L'odeur et le goût du produit résultaient fort probablement de sa teneur élevée en lipides (0,8 % environ); en particulier son arrière-goût, léger mais désagréable et persistant, qui fait penser au vernis, caractérise les lipides oxydés.

En consommant des aliments cuits au four et contenant de 4 à 5% de CPP séché, certains ont perçu l'arrière-goût en question, d'autres non, mais il semble que le produit ait été trop sévèrement critiqué. Il aurait dû être possible de le vendre sous forme de concentré de poisson aux personnes qui n'ont pas d'objection au goût de poisson et aussi aux autres en incorporant une faible quantité de CPP (disons 3%) à des soupes, des sauces, des biscuits et des produits dérivés des céréales ordinaires.

TABLEAU I. PROCÉDÉS DE FABRICATION DU CPP À L'USINE SONAFAP

A. 1965 à 1966

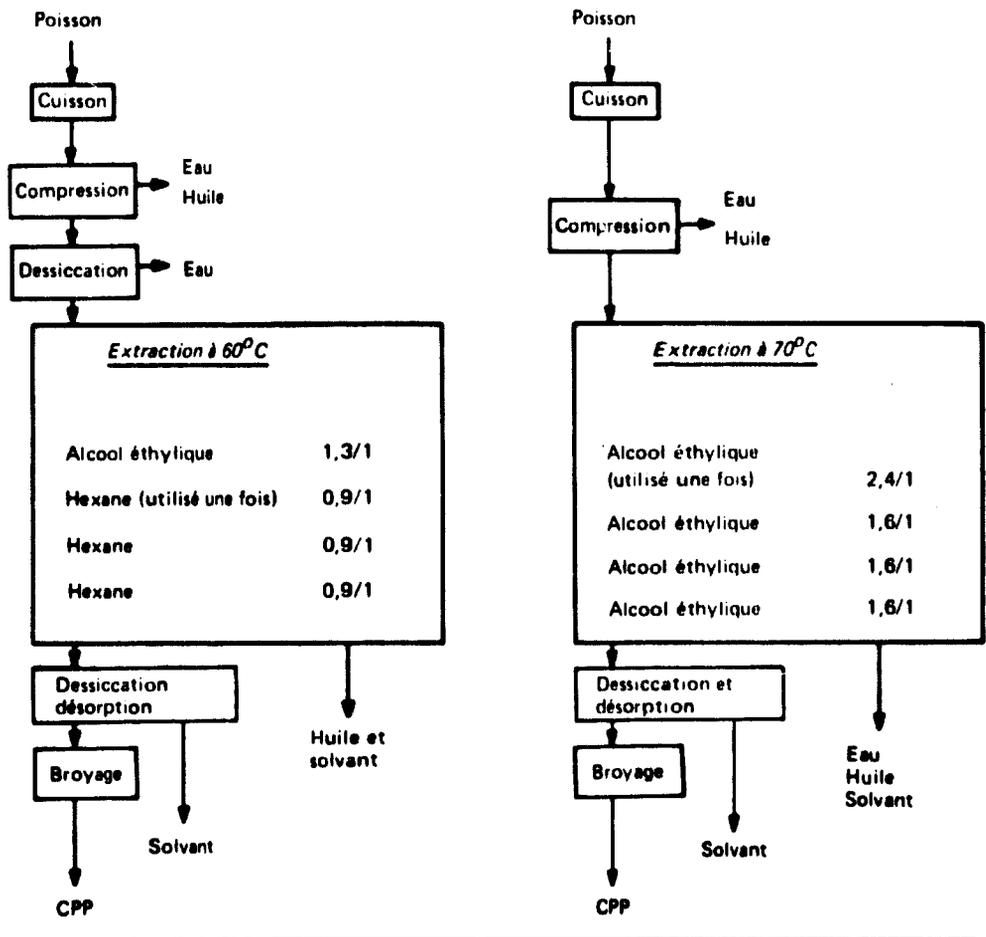
B. Méthode actuelle^a^a On a, par la suite, remplacé l'alcool éthylique par de l'alcool isopropylique.

TABLEAU 2. COMPOSITION DU CPP FABRIQUÉ PAR LA SONAFAP PENDANT LES CAMPAGNES DE 1965 ET 1966 (en pourcentage)

Echantillon	Poisson étuvé et évaporé			Poisson entier
	FAO 260/E (7) (1965)	FAO 261/E (8) (1965)	FAO 262/E (6) (1965)	
Protéines (N x 6,25)	88,5	88,0	84,5	79—80
Lysine utilisable (en % des protéines)	8,8	9,3	8,7	7,4
H ₂ O	5,1	6,5	4,6	2—4
Lipides	0,52	0,54	0,42	0,8
Cendre	8,7	7,6	12,5	13,0

LE PROJET ACTUEL

Les expériences menées à l'usine SONAFAP avaient pour but de montrer qu'il est possible d'obtenir une qualité de CPP ayant une odeur et une saveur peu perceptibles; de produire une trentaine de tonnes de CPP de bonne qualité aux fins d'études de marchés et d'acceptabilité; et de rassembler les données techniques nécessaires pour améliorer les installations actuelles.

Etant donné que le goût désagréable du produit obtenu antérieurement était probablement dû à l'oxydation des lipides lors du premier séchage, il était logique d'envisager la suppression de cette opération et d'amener directement le tourteau compressé (poisson cuit et pressé) dans le système d'extraction. De plus, étant donné que l'alcool chauffé — éthylique ou isopropylique — est un excellent solvant pour ces lipides et qu'il liquéfie facilement le tourteau compressé, l'utilisation de l'hexane a été abandonnée. On trouvera au tableau 1 une description comparative du procédé actuel et du procédé utilisé précédemment.

L'extraction du tourteau compressé exige une plus grande quantité de solvant que celle de la farine séchée mais, étant donné que les lipides non oxydés sont plus solubles, on obtient un produit de meilleure qualité. Toutefois, pour produire une quantité donnée de CPP, il faut beaucoup moins de solvant avec le tourteau compressé qu'avec le poisson cru. Le tableau 3 montre les quantités de solvant nécessaire pour obtenir un même poids de CPP à partir de farine séchée, de tourteau compressé et de poisson cru, d'où il ressort qu'avec un même système d'extraction et de récupération du solvant, on peut obtenir deux fois plus de CPP à partir du tourteau compressé qu'à partir du poisson cru.

TABLEAU 3. BESOINS EN SOLVANT POUR PRODUIRE 15 KG DE CPP À PARTIR DE DIVERSES MATIÈRES PREMIÈRES
(Base: 100 kg de poisson cru)

	Farine de poisson	Tourteau compressé	Poisson cru
Quantité extraite (en kg)	18,4	34,0	100,0
Teneur en huile (en kg)	1,7	1,7	10,0
Teneur en eau (en kg)	1,5	17,1	72,0
Solvant propre nécessaire (en kg)	74,0	102,0	200,0
Rapport solvant/matière première	4/1	3/1	2/1
Production de CPP exprimée en nombres indices	2,7	2,0	1,0

Autrement dit, la cuisson et le pressage permettent probablement d'éliminer la plus grande partie de l'eau et de l'huile des poissons gras à moindres frais qu'en ayant recours à l'extraction par solvant. Il faut rappeler que la plupart des poissons bon marché qui conviennent parti-

culièrement à la fabrication de CPP ont une teneur élevée en matières grasses.

Description détaillée de l'usine SOXAFAP

La figure 1 indique les principaux éléments de l'équipement ainsi que le schéma d'acheminement des matériaux. Le poisson, une fois cuit et après être passé dans un pressoir à vis qui élimine la majeure partie de l'eau et de l'huile, est envoyé dans un désintégrateur où les gros morceaux de tourteau humide sont réduits en fragments de 0,5 à 1 cm. Dans l'usine actuelle, on utilise, pour cette opération, le matériel classique de fabrication de farine de poisson, et les conditions d'hygiène ne permettent qu'une production expérimentale limitée. Ce matériel ne répond donc pas exactement aux conditions générales requises pour un fonctionnement satisfaisant.

On charge alors l'extracteur avec un lot de une ou deux tonnes de tourteau compressé. Cet extracteur est un cylindre horizontal, rotatif pour assurer le brassage (figure 2). Il comporte une chemise de vapeur permettant de chauffer le mélange, de filtres cylindriques pour drainer le miscella liquide et retenir les particules solides, et de canaux ménagés dans les arbres creux supportant le cylindre pour permettre l'arrivée du solvant et de la vapeur et la sortie des vapeurs et du condensat. Pour soutirer le miscella, on arrête la rotation et l'on fixe un tuyau d'aspiration à une prise située au-dessous de l'extracteur. L'appareil sert également de dessiccateur sous vide lorsque l'extraction est terminée.

Une opération d'extraction et de séchage s'effectue généralement comme suit :

- a) Lavage avec un poids de solvant déjà utilisé une fois équivalent à deux fois et demie celui du tourteau compressé, brassage à 70° C pendant 15 minutes et soutirage avec filtrage du miscella;
- b) Trois autres lavages avec un poids de solvant propre égal à 1,6 fois celui du tourteau. Brassage à 70° C pendant 15 minutes avant chaque filtrage;
- c) Séchage à la pression atmosphérique jusqu'à 90° C, puis sous une pression de 500 mm jusqu'à 105° C. L'extracteur est alors traversé par un jet de vapeur, la température demeurant supérieure à 95° C. La durée de cette dernière opération varie de 30 à 90 minutes.

L'extraction selon la méthode ci-dessus permettrait d'obtenir du CPP contenant 0,3 % ou moins de lipides et 3 % d'humidité à partir de tourteau compressé contenant 50 % d'humidité et 5 à 6 % de lipides. On trouvera aux tableaux 4 et 5 des indications plus détaillées.

Deux des principaux critères de qualité ont un caractère subjectif: ce sont l'odeur et la saveur. Pour évaluer ces propriétés dans les conditions d'emploi, le produit a été soumis à des tests simples et on l'a aussi employé dans diverses recettes. Dans des biseuits au beurre (200 g de

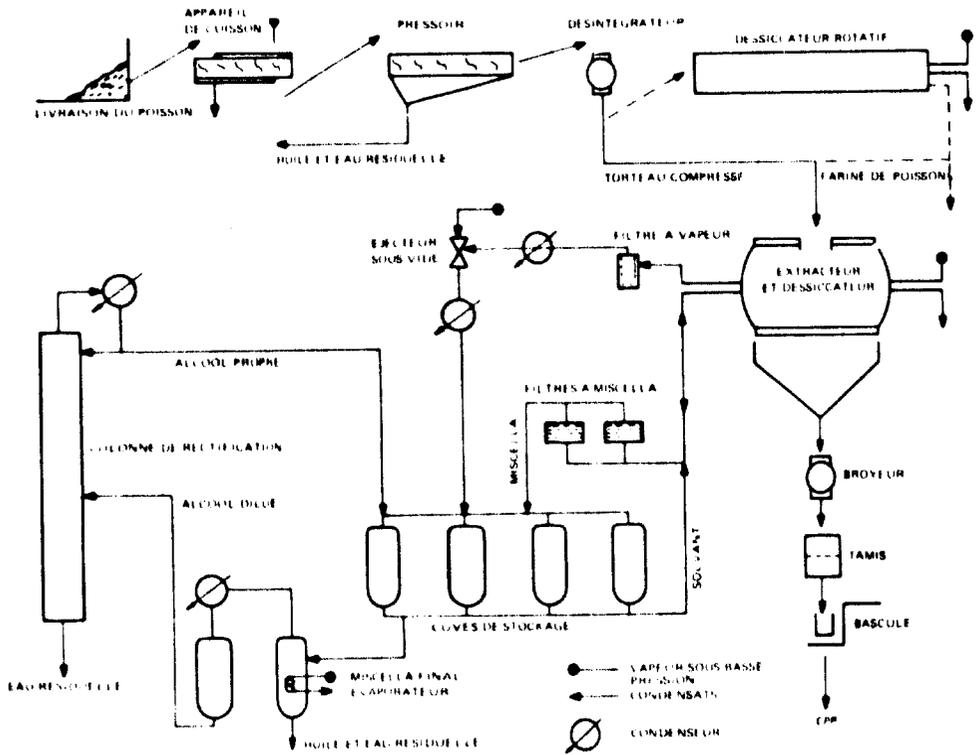


Figure 1. Equipement et diagramme de l'usine SONAFAP

beurre, 200 g de sucre et 500 g de farine), on sentait à peine le goût des 5% de CPP le plus médiocre mélangé à la farine. Toutefois, les biscuits avaient une coloration sensiblement plus foncée.

Dans les crackers sans levain (farine, eau, traces d'huile et de sel), on a pu introduire jusqu'à 7% de CPP sans qu'une saveur ou une odeur de poisson apparaissent, mais les crackers étaient légèrement plus durs et beaucoup plus gris que ceux qui ne contenaient pas de CPP.

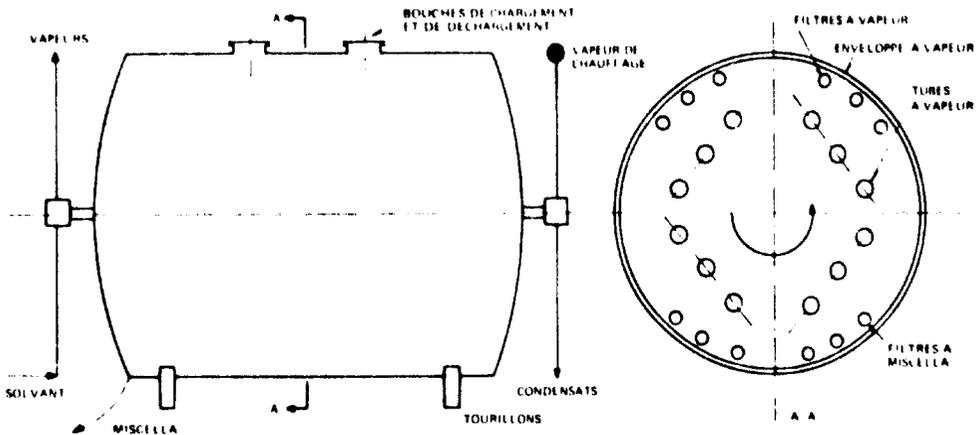


Figure 2. Extracteur — Dessiccateur de 10 m³ pour la production de CPP

TABLEAU 4. PRODUCTION DE CPP AVEC DE L'ALCOOL ÉTHYLIQUE (E)

Numéro du lot	E-7 ^a	E-8 ^b	E-9 ^c	E-10 ^d	E-13 ^e	E-14 ^f	E-15 ^g	E-16 ^h	E-21 ⁱ	E-22 ^j
Date (jour/mois)	17/9	20/9	25/9	1/10	6/10	7/10	8/10	9/10	17/10	18/10
Tourteau com- pressé (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Lipides (%)	6,6	7,0		6,0	7,1	7,2	6,9		7,3	7,0
H ₂ O (%)	46,2	44,8		50,5	47,0	45,9	45,5		48,5	48,6
Phase d'extrac- tion										
1	3 000 M-3	3 000 M-3	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem
2	2 000 M-0	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem
3	2 000 M-0	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem
4	2 000 M-0	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem
5	2 000 M-0	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem	idem
CPP (kg)	485	450	442	450	435	456	456	431	445	483
Lipides (%)	0,18	0,25	0,28	0,29	0,28	0,33	0,30	0,32	0,36	0,36
H ₂ O (%)	2,6	2,9	3,8	3,4	3,1	3,1	2,9	4,3	3,7	4,5

Notes: M-3. litres de solvant utilisé une fois; M-0: litres de solvant propre.

a Poisson lavé; 2 kg d'acide citrique ajoutés au dernier lavage.

b Poisson lavé; 2 kg d'acide citrique ajoutés au dernier lavage.

c Poisson excellent; lavé. Lipides: 14,4%; H₂O: 64%. Vapeur coupée à 110° C.

d Poisson excellent; poids moyen: 20,3 g. Non lavé. Particules centrifugées comprises dans le tourteau compressé. Vapeur coupée à 105° C.

e Vapeur coupée à 105° C.

f Vapeur coupée à 105° C.

g Vapeur coupée à 100° C.

h Poisson excellent; 31 g en moyenne. Vapeur coupée à 100° C.

i Petites sardines, qualité allant d'acceptable à médiocre. Vapeur coupée à 100° C.

j Sardines très bonnes; poids moyen: 20 g. Vapeur coupée à 100° C.

TABLEAU 5. PRODUCTION DE CPP AVEC DE L'ALCOOL ISOPROPYLIQUE (AIP)

Numéro du lot Date (jour/mois)	IP-1 ^a 22/10	IP-2 ^b 23/10	IP-3 ^c 24/10	IP-4 ^d 25/10	IP-5 ^e 27/10	IP-10 ^f 4/11	IP-11 ^g 7/11	IP-15 ^h 16/11	IP-16 ⁱ 17/11	IP-17 ⁱ 29/11
Tourteau compressé (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 520	2 000	2 000	1 800	2 000
Lipides (%)	6,47	7,2	7,2	6,2	6,3	6,9	7,2	6,4	6,0	6,6
H ₂ O (%)	48,1	47,3	48,5	51,5	48,7	49,0	47,5	50,0	52,6	51,5
Phase d'extraction	1	3 000 M-3	idem	idem	idem	4 500 M-3	6 000 M-3	idem	idem	idem
2	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	3 000 M-0	4 000 M-0	idem	idem	idem
3	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	3 000 M-0	4 000 M-0	idem	idem	idem
4	2 000 M-0	idem	idem	idem	idem	3 000 M-0	4 000 M-0	idem	idem	idem
CPP (kg)	465	440	447	405	437	664	888	875	800	850
Lipides (%)	0,16	0,15	0,29	0,18	0,18	0,18	0,10	0,12	0,12	0,12
H ₂ O (%)	2,8	3,0	3,5	3,7	3,3	2,1	2,2	1,6	1,3	1,9

Notes: M-3: litres de solvant utilisé une fois; M-0: litres de solvant propre.

- a 100% d'AIP pour chaque phase. Coloration du CPP légèrement plus claire. Sardines excellentes — 30 g en moyenne. Jet de vapeur pendant une heure. Goût de poisson au stockage.
- b Jet de vapeur pendant une heure. Nouveaux filtres, premier changement depuis E-1.
- c Sardines excellentes, quelques anchois. Un kilo environ d'acides citriques et ascorbique ajouté à la dernière phase. Six filtres changés, ils étaient trop serrés. Jet de vapeur pendant une heure.
- d Saurels frais — 50 g en moyenne; 1 kg environ d'acides citrique et ascorbique ajouté à la dernière phase. Jet de vapeur pendant une heure.
- e Sardines variées, 10% d'anchois; 1/2 kg d'acide ascorbique à la dernière phase. Jet de vapeur pendant une heure. Nouveaux filtres récemment nettoyés.
- f Jet de vapeur pendant une heure. Excellentes sardines. IP-6 à IP-10 en sacs de plastique de 4 kg.
- g Jet de vapeur pendant une heure et demie.
- h 2 kg d'acide citrique et 0,66 kg de HTB (dernière phase). Jet de vapeur pendant 1 heure et demie. Trois pauses sous vide. Vapeur coupée à 105° C.
- i 2 kg d'acide citrique et 0,66 kg de HTB (dernière phase). Jet de vapeur pendant 2 heures. Trois pauses sous vide.

On peut donc mélanger sans aucune difficulté 3 à 5 % de CPP dans des produits ordinaires ou colorés cuits au four.

Pour ce qui est de la contamination du produit, le nombre total de bactéries était inférieur à 10 000 par gramme et la recherche de *E. Coli*, d'entérocoques, de salmonelles et de staphylocoques s'est révélée négative. Toutefois, le premier échantillon, prélevé avant le nettoyage des appareils, contenait 70 coliformes par gramme. Le produit obtenu est sain, en dépit de l'aspect inesthétique que lui confèrent la cuisson et le pressage, car le contact avec l'acool chaud le stérilise, ainsi que la température élevée utilisée pour la dessiccation et la désorption de l'alcool (tableau 6).

A condition d'utiliser du poisson frais et de ne pas surchauffer les solides au cours de la dessiccation, on peut agir sur la qualité du produit en faisant varier sa teneur en lipides. En effet, le CPP fabriqué à partir de poisson frais et dont la teneur en lipides est inférieure à 0,3 % n'a pratiquement ni odeur ni saveur; or, la teneur en lipides peut facilement être ramenée de plus de 1 % à 0,1 % en multipliant le nombre des phases d'extraction et en élevant le rapport du solvant au poisson.

L'oxydation des lipides dans les petits poissons gras, comme la sardine, survient très rapidement et le CPP conservera un arrière-goût sensible de lipides oxydés, même après extraction prolongée, si ces poissons ont été conservés en chambre froide, exposés au soleil, ou traités trop longtemps après avoir été pêchés.

La teneur en protéines du CPP dépend de la qualité du poisson et des substances solubles drainées en même temps que le résidu du pressage et elle a varié, dans les échantillons, entre 78 et 82 %. Afin de réduire les pertes de protéines lors du pressage, il convient d'utiliser le moins possible de vapeur directe dans l'appareil de cuisson.

La cuisson ne semble pas affecter la qualité de la protéine; même la production de 1966 avait un coefficient d'efficacité protéique élevé (3,14 contre 3 pour la caséine). Les résultats obtenus par l'application du procédé montrent que si la température de dessiccation ne dépasse pas 120°, la valeur nutritive des protéines de poisson n'est que faiblement modifiée par les opérations d'extraction et de dessiccation [1].

La couleur du CPP obtenu par procédé à partir des sardines est d'un brun pâle. Encore qu'une couleur moins sombre soit plus souhaitable, on n'a pu l'obtenir ni en modifiant les conditions de fabrication, ni par l'emploi d'additifs tels que l'acide ascorbique ou l'acide citrique.

Les sardines contiennent de nombreux éléments foncés qui, une fois cuits, sont insolubles dans l'acool. Mais il se peut aussi que cette teinte soit due au contact lors des opérations avec l'acier doux dont sont faits la quasi-totalité des appareils de l'usine.

Outre la teneur en lipides, l'autre propriété caractéristique du produit sur laquelle un contrôle direct est possible à l'usine, est la teneur en bactéries. Il est essentiel de respecter les règles de propreté et d'hygiène non seulement lors de la manipulation du produit, mais aussi dans toute

TABLEAU 6. ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DU CPP^a

Echantillons	Normes prévues OMS/TNO									
	E-6	E-7	E-10	IP-1	IP-2	IP-3	IP-6	IP-7	IP-8	
Nombre total d'aérobies/g	1 000	1 000	300	800	500	100	500	100	300	<100 000
Spores aérobies/g	70	60	30	20	10	10	<10	<10	<10	Comme pour les aérobies
Nombre total d'aérobies/g	1 000	80	40	20	10	10	<10	<10	<10	<10 000
Spores de moisissures/g	40	10	20	<10	10	<10	<10	10	<10	<10
<i>Salmonella</i> spp./25 g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Shigella</i> spp./25 g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>E. Coli</i> /10 g	Pos.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Entérobactéries/0,1 g	Pos.	Pos.	Pos.	—	—	—	—	—	—	—
Bactéries réductrices de sulfite/g	30	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	100
Streptocoques/g	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	100
<i>Staphylococcus aureus</i> /g	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

^a Analyses effectuées par les laboratoires TNO, Zeist (Pays-Bas).

l'usine afin d'éviter les risques de contamination de la zone de production. L'extraction à l'acool chaud stérilise efficacement les protéines de poisson, et il importe d'éviter les risques de contamination du produit après sa sortie du dessiccateur.

Le produit, s'il est emballé dans des sacs étanches de polyéthylène épais, reste sec; l'humidité le détériore rapidement et engendre des odeurs nauséabondes.

Aucune différence de qualité n'a été observée entre les CPP préparés avec de l'acool éthylique ou avec de l'alcool isopropylique. Il est évidemment essentiel de désorber avec beaucoup de soin le solvant des extraits secs après l'extraction à l'alcool isopropylique. On y parvient à l'aide d'un jet de vapeur et l'on obtient les meilleurs résultats en faisant varier la pression de la vapeur au cours de l'opération. Le tableau 7 donne une analyse qualitative du CPP produit par la SONAFAP.

Au début du programme à l'alcool éthylique, on ne disposait que d'une quantité limitée de solvant; le procédé d'extraction décrit aux tableaux 4 et 5 a été conçu pour permettre une production satisfaisante dans de telles conditions.

Bien que ce soit l'extraction à contre-courant par phases qui donne le plus d'efficacité au solvant, dans un système de production par lots comme celui-ci, il est nécessaire d'entreposer le solvant ayant servi une ou deux fois pour le réutiliser, mais on n'a malheureusement pas disposé d'une quantité de solvant suffisante pour y parvenir. Lorsque, ultérieurement, l'alcool isopropylique est arrivé, les essais d'extraction à contre-courant ont été abandonnés, afin de produire le maximum de CPP possible dans le bref laps de temps disponible.

Le filtrage du miscella entre les diverses phases d'extraction influe beaucoup sur la teneur en lipides du CPP final. En effet, le miscella adhérant aux extraits secs après chaque phase augmente la quantité de lipides dissous qu'il faudra entraîner à la phase suivante.

On utilise pour cette opération des filtres cylindriques recouverts de tissu et placés au fond de l'extracteur. Ces filtres étant montés légèrement au-dessus du fond de l'appareil et, étant donné qu'il est impossible d'essorer ou de comprimer les extraits secs, il reste une grande quantité de liquide. Après la première phase d'extraction, les extraits secs contiennent encore 1,6 fois leur poids de miscella et après la dernière phase, 1,3 fois. Or, si la séparation se faisait par centrifugation, les extraits secs ne contiendraient plus qu'environ 0,6 à 0,7 fois leur poids de miscella. D'autre part, il n'est pas sans intérêt de noter qu'il semble plus facile de drainer les extraits secs lorsqu'on traite des tourteaux compressés que lorsqu'on traite du poisson cru.

L'augmentation du taux de concentration des lipides dans les lots E-16 à E-22 (tableau 4) pourrait être imputable à un filtrage moins efficace entre les diverses phases. Le tissu du filtre qui n'avait pas été changé depuis le lot E-1 commençait à s'obstruer et le temps accordé pour le

TABLEAU 7. ANALYSE QUALITATIVE DU CPP DE LA SONAFAP^a

Echantillons	E-6	E-7	E-10	IP-1	IP-2	IP-3	IP-6	IP-7	IP-8
Humidité (%)	3,6	4,1	3,9	4,5	5,0	5,4	3,2	4,0	3,9
Protéine brute (%)	79,1	80,1	82,7	81,4	82,3	81,9	83,1	81,2	81,4
Matières grasses brutes (%)	0,1	0,15	0,2	0,12	0,06	0,08	0,10	0,04	0,04
(Weibull)									
Cendre (%)	19,0	18,3	17,2	16,9	15,9	15,9	17,0	16,5	15,7
CEP effectif	2,39	2,54	2,53					2,76	
(échantillon de caséine)	2,36	2,36	2,36					2,50	
CEP, caséine à 3,0	3,04	3,23	3,21					3,31	
Arrivée de la vapeur dans la chemise coupée à:	100° C	100° C	105° C						
Résidu d'alcool isopropylique (ppm) ^b				3.000					
Fluorine (ppm)				110	111		94	92	
Cl (%)				0,20	0,20		0,12	0,12	
Lysine disponible (g/100 g)			6,3					6,9	
Méthionine (g/100 g)			2,7					2,7	

^a Analyses effectuées par les laboratoires Zeist (Pays-Bas).
^b Analyse effectuée par le BCF des Etats-Unis d'Amérique.

traitement de ces lots était insuffisant pour permettre l'évacuation de tout le miscella de l'extracteur. Avec le lot IP-1 (tableau 5), on a pris grand soin d'obtenir un filtrage complet et l'on a remplacé les filtres avant les lots IP-2 et IP-3, ce qui a permis d'obtenir une extraction plus soignée.

La quantité de miscella demeurant au fond de l'extracteur après chaque filtrage était inversement proportionnelle à l'importance des lots, ce qui a entraîné une moindre concentration de lipides dans le produit final à partir du lot IP-5. C'est à ce moment que la quantité de tourteaux compressés soumis à extraction a été portée de 1 000 à 2 000 kg.

La diminution de la teneur en lipides du CPP à partir du lot IP-1 est due aussi, en partie, à une meilleure utilisation des qualités de solvant de l'aleool isopropylique. Pour le lot IP-1, l'extraction s'est faite uniquement avec de l'aleool à 100% et pour les lots suivants, jusqu'à IP-8, on a utilisé des quantités moindres d'aleool plus concentré que l'azéotrope.

Les taux de concentration plus élevés de produits en solution non volatils (presque toujours de l'huile) dans le premier miscella des extractions à l'aleool isopropylique, démontrent que c'est là un solvant puissant et, après le lot IP-3, la teneur en eau du premier miscella était toujours supérieure à celle de l'azéotrope (tableau 8). Il est regrettable que la démonstration de l'efficacité de l'aleool isopropylique soit en partie masquée par les résultats de l'amélioration du filtrage commencée simultanément.

On ne constate aucune amélioration de l'extraction si l'on porte la durée du lavage des extraits secs de 15 à 30 minutes pour chaque phase. Il semble donc que la répartition des lipides entre extraits secs et solvant atteigne son point d'équilibre en moins de 15 minutes.

Comme nous l'avons déjà indiqué, on peut aussi utiliser l'extracteur pour sécher un lot avec la chaleur fournie par une chemise de vapeur et des tubes remplis de vapeur. Ces derniers, au nombre de 12, ont un diamètre de 100 mm et une longueur égale à celle de l'extracteur. Celui-ci est rotatif, ce qui permet d'amener les extraits secs au contact des surfaces chauffées.

Pendant la dessiccation, opérée à la pression atmosphérique et à une température de 90°, la plus grande partie du solvant s'est évaporée. On a continué à chauffer sous une pression de 500 mm jusqu'à 105°, ou parfois 110° ou rarement 115°. Lorsque la température a atteint 95°, le dessiccateur a été passé au jet de vapeur pendant au moins 30 minutes. La dessiccation a pris ordinairement de deux à quatre heures, suivant l'importance du lot. Pour cette étude, on ne disposait que de quelques analyses des résidus d'aleool isopropylique dans les échantillons: 3 000 ppm pour IP-1 et 2 000 ppm pour IP-10. Ce taux est trop élevé et il faudrait donc prolonger la durée du jet de vapeur en améliorant le contact entre le CPP et la vapeur. On pourrait envisager aussi d'élever la température, peut-être jusqu'à 130° C.

TABIEAU 8. CONCENTRATION DES ÉLÉMENTS NON VOLATILS EN SOLUTION DANS LE MISCELLA AU COURS DES DIVERSES PHASES D'EXTRACTION, ET TENEUR EN LIPIDES DU CPP
(en pourcentages)

Numéro de lot ^a	Phase d'extraction				Teneur en lipides du CPP (%)
	1	2	3	4	
E-9	1,26	0,66	0,44	0,20	0,28
E-13	1,77	0,90	0,60	0,30	0,28
E-17	2,61	1,38	0,54	0,29	0,36
E-19	1,83	1,14			0,39
E-21	1,95	1,26	0,75		
IP-1	2,28	0,77	0,24	0,08	0,16
IP-3	2,34	0,72	0,31	0,19	0,29 ^b
IP-4	2,20	0,88	0,44	0,15	0,18
IP-5	2,33	0,79	0,35	0,16	0,18
IP-6	2,75	0,93	0,82	0,14	0,12
IP-7	2,34	0,86	0,33	0,09	0,16

^a E: Lots traités à l'alcool éthylique.

IP: Lots traités à l'alcool isopropylique.

^b Extrait 36 heures dans un appareil BBS, contre 8 heures pour les autres.

En ce qui concerne le rendement, il a fallu environ 2,8 tonnes de poissons pour fabriquer une tonne de tourteaux compressés donnant en moyenne 446 kg de CPP, soit un rendement en CPP de 16% du poisson cru utilisé.

Les analyses typiques de poisson cru donnent en moyenne: 14% de lipides; 66% de matières volatiles (humidité); 20% d'extraits secs (par différence). Les extraits secs donnent donc 80% de CPP environ.

L'analyse des sardines de la région d'Agadir donne environ 11% de lipides, 15,7% de protéines, 0,8% d'autres matières organiques et 3,5% de matières inorganiques [2]. La teneur en matières grasses varie suivant les saisons et les pourcentages combinés d'humidité et de matières grasses sont généralement à peu près constants.

On fait d'abord évaporer, à la pression atmosphérique, le miscella final, le plus concentré, pour séparer l'alcool et la plus grande partie de l'eau de l'huile, des extraits secs et des matières dissoutes. L'eau et l'alcool sont ensuite séparés par rectification, la concentration du courant supérieur d'alcool propre étant proche de l'azéotrope.

L'évaporateur se compose simplement d'un cylindre vertical de 5 000 litres, muni en son fond d'un serpentín de 50 mm de diamètre pour la vapeur. Toutes les deux opérations, on a éliminé les résidus (huile et eau) avec de la vapeur et on les a évacués dans des tonneaux.

La colonne de rectification a été conçue pour l'alcool éthylique et possède 24 plateaux à bulles dans la section servant à la rectification et 15 dans la section servant à l'épuration. La chaleur est fournie par injection directe de vapeur dans le fond. La colonne a un diamètre de 1 100 mm et une hauteur de 8,7 m.

La séparation de l'alcool isopropylique de l'eau par rectification est plus facile que celle de l'alcool éthylique. A titre d'exemple, les constantes d'équilibre de vaporisation, y/x (y étant la concentration d'alcool en phase gazeuse en équilibre avec x , sa concentration en phase liquide) sont portées à la figure 3 pour les deux alcools à basse concentration et à concentration proche de l'azéotrope. Il est manifeste que l'alcool isopropylique est beaucoup plus volatil que l'alcool éthylique dans chaque cas

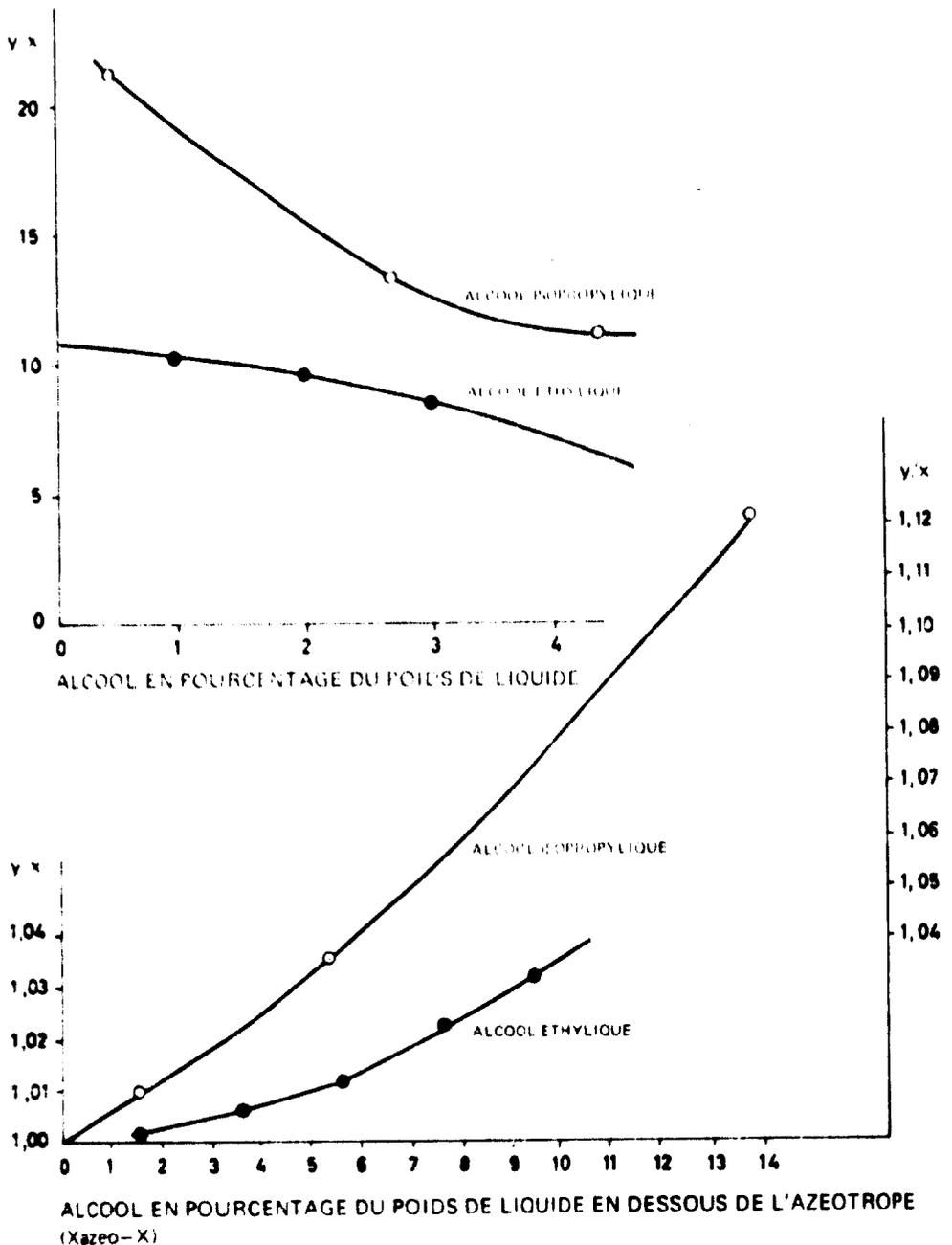


Figure 3. Volatilité comparée des alcools et de l'eau

et qu'ainsi un moins grand nombre de phases théoriques est nécessaire pour une séparation donnée. Bien que nous n'ayons pas tenté d'analyser en détail le rendement de la colonne de la SONAFAP, nous avons admis, pour des raisons de commodité, qu'un bon rendement de l'alcool éthylique était de 1 000 litres à l'heure pour un liquide du haut contenant de 92 à 93% d'alcool éthylique (azéotrope 95,6%) et un liquide du fond contenant de 0,11 à 0,12% d'alcool éthylique. Avec l'alcool isopropylique, la colonne a bien fonctionné avec 1 000 à 1 100 litres à l'heure de liquide du haut à 86 ou 87% d'alcool isopropylique (azéotrope 87,7%), et de liquide du fond à environ 0,05% d'alcool isopropylique.

A mesure que l'extraction se poursuivait, le pH du miscella est passé progressivement de 6,5 à 8 et le solvant condensé obtenu par la dessiccation et l'épuration à la vapeur avait un pH encore plus élevé, de 8 à 8,5. De même, le pH des alcools dilués distillés dans l'évaporateur était plus élevé que celui de la charge: 7,5 à 8 contre 6,5 à 7.

D'autres chercheurs ont observé que des "odeurs de poisson" apparaissent souvent dans les CPP fabriqués avec du solvant déjà utilisé [1]. Ces odeurs sont dues essentiellement à la présence d'amines volatiles et provoquent la plus grande partie de l'augmentation du pH observée ici.

On a ajouté de l'acide phosphorique à l'alcool dilué provenant de l'évaporateur avant de le rectifier, et essayé de maintenir son pH à 6 ou 6,5 au cours du chargement dans la colonne. Il n'a pas fallu moins de 10 milliéquivalents d'acide phosphorique (dans l'hypothèse de deux équivalents par mole) par litre d'alcool dilué pour maintenir le pH à ce taux inférieur. L'acide phosphorique transforme les amines volatiles en leurs sels phosphatés non volatils, ce qui permet de les éliminer de la colonne avec les autres résidus du fond. On n'a observé aucune perte notable de solvant ni aucune diminution de sa qualité lors d'usages répétés.

La récupération du solvant n'a pas causé de difficultés importantes, bien que l'on ait signalé, lors des campagnes précédentes de 1965 et 1966, un volume considérable de mousse dans l'évaporateur. On n'a éprouvé aucun ennui de cette nature ultérieurement, à l'exception de la formation d'une petite quantité de mousse. Il est possible que l'huile plus visqueuse extraite de la farine séchée ait provoqué l'apparition de mousse observée dans les opérations précédentes.

On a observé cette formation de mousse lorsque l'évaporateur a été chargé de solutions contenant des concentrations très faibles d'alcool après lavage à l'eau des réservoirs. On y a rapidement remédié en ajoutant un peu d'huile de graissage contenant un élément anti-mousse (Esso Estor HD 40).

On s'est efforcé de traiter le produit avec des anti-oxydants pour éviter l'apparition de saveurs désagréables dues à l'oxydation des petites quantités de lipides résiduels dans le CPP. On a ajouté 0,05% d'acide ascorbique ou de HTB (un anti-oxydant des matières grasses) au solvant

propre utilisé dans la dernière phase de l'extraction. De cette façon, les extraits secs avaient tendance à "extraire" l'anti-oxydant du solvant au cours de l'extraction à contre-courant. Comme le grand problème dans l'utilisation des anti-oxydants est celui du contact efficace avec les lipides contenus dans les extraits secs, cette méthode devrait être très efficace car elle permet à l'agent de s'infiltrer dans tous les extraits secs. Il est toutefois trop tôt pour juger des résultats.

Il faudrait étudier ces possibilités d'utilisation de l'HTB pour prévenir le rancissement des farines de poisson contenant environ 1% de lipides, car il serait possible de produire, par extraction à l'aide d'un solvant, un tel concentré revenant moins cher que le CPP à faible teneur en lipides.

Le maintien de conditions d'hygiène satisfaisantes a posé un problème pendant la première partie du processus — cuisson, compression et désintégration. Le matériel de l'usine SONAFAP convient parfaitement à la production de farine de poisson, mais pour les denrées alimentaires, il est nécessaire d'améliorer les conditions d'hygiène.

L'idéal serait d'avoir des appareils de cuisson, de compression et de désintégration, ainsi que des transporteurs, en acier inoxydable que l'on puisse nettoyer et débarrasser de toutes les particules solides de poisson à la fin de chaque journée de travail. Il faudrait aussi que l'équipement soit disposé de manière à faciliter l'écoulement et que les endroits où les particules solides de poisson pourraient s'accumuler soient éliminés.

Bien que la situation laissât à désirer dans les premiers stades de la production, le produit était pratiquement exempt de bactéries dangereuses, ce qui prouve l'efficacité de l'extraction à l'alcool chaud pour obtenir un produit sain.

Il faudrait ajouter que le matériel utilisé pour les premières opérations a toujours fonctionné assez longtemps pour pouvoir être complètement purgé et atteindre sa température de fonctionnement avant que le tourteau compressé entre dans les opérations d'extraction.

L'étude d'échantillons de miscella montre bien que la solubilité des lipides dans l'alcool diminue fortement lorsque la température baisse. En faisant refroidir un échantillon de miscella final contenant de l'alcool éthylique qui avait été au contact du tourteau compressé à 70°, on a observé qu'il commençait à devenir trouble de 65 à 60° et qu'il l'était presque complètement entre 45 et 50°. Cette observation indique que la solubilité de quelques-uns des éléments des lipides est faible à des températures pouvant aller jusqu'à 65°. Le miscella final contenait environ 77% d'alcool éthylique; les lipides seraient un peu plus solubles dans un alcool plus concentré.

Pour obtenir une extraction efficace, il importe d'opérer à une température proche de la température d'ébullition du solvant, et de la maintenir pendant le filtrage des extraits secs et du miscella (ou leur séparation par d'autres moyens) entre les diverses phases de l'extraction.

L'huile et l'eau drainées de l'évaporateur étaient légèrement acides : pH 6,5. L'huile, quoique plus sombre que celle qui provenait du pressoir, semblait pouvoir être encore utilisée. L'huile récupérée de l'extraction de la farine de poisson était noire et visqueuse — presque du goudron — ce qui confirme encore que l'oxydation a provoqué une polymérisation dans le dessiccateur de farine de poisson.

Au cours de ce travail, nous avons fabriqué du CPP avec des poissons autres que les sardines. On a utilisé des saurels pour le lot IP-4 et un mélange d'environ 50 % d'anchois, 20 % de maquereaux, 30 % de sardines pour le lot E-19. De plus, plusieurs lots ont été constitués avec des sardines mélangées à environ 10 % d'anchois. L'utilisation de ces autres poissons n'a provoqué aucune difficulté, et le CPP obtenu ressemblait beaucoup à celui que l'on avait tiré des sardines, bien que la couleur du CPP de saurels ait été légèrement plus claire du fait que leur chair est plus claire que celle des sardines. Il est probable que l'on peut obtenir un CPP de bonne qualité à partir de n'importe quel poisson comestible.

RECOMMANDATIONS RELATIVES À LA CRÉATION D'INSTALLATIONS DE PRODUCTION DE CPP PAR EXTRACTION AU SOLVANT

L'expérience pratique acquise à l'usine SONAFAP a permis de dégager quelques principes intéressant la conception des installations pour l'extraction à partir de tourteaux compressés. Il faut avant tout assurer l'alimentation continue de l'extracteur et vraisemblablement aussi du dessiccateur. Le matériel peut être moins important et l'opération plus simple et plus économique qu'avec un système de production par lots. L'extraction devra se faire à contre-courant et comporter trois et peut-être même quatre phases de contact. On verra à la figure 4 la décomposition classique des procédés de fabrication ainsi que les quantités des divers ingrédients nécessaires pour produire cinq tonnes de CPP par jour.

Le poisson étant une denrée extrêmement périssable, il devrait être traité quelques heures après son arrivée à l'usine. C'est pourquoi la capacité des appareils de cuisson et du pressoir devrait être plusieurs fois supérieure à celle du dispositif d'extraction par solvant et atteindre 5 à 7 tonnes de poisson cru par heure, dans le cas présent. Afin d'assurer la rentabilité de ces appareils, il est prévu un dessiccateur pour produire de la farine de poisson lorsqu'on n'a pas besoin des tourteaux compressés pour alimenter l'extraction.

Le tourteau compressé est entreposé dans un réservoir dans lequel il est mélangé à de l'acool (dans le cas présent, avec le miscella provenant de la deuxième phase d'extraction). Cette possibilité d'entreposer des tourteaux pendant un ou deux jours permettrait d'assurer un fonctionnement continu de l'extracteur.

La figure 4 met en évidence l'efficacité des appareils de cuisson et du pressoir pour éliminer l'eau et l'huile, 90 % de cette dernière pouvant être supprimés avant l'arrivée à l'extracteur.

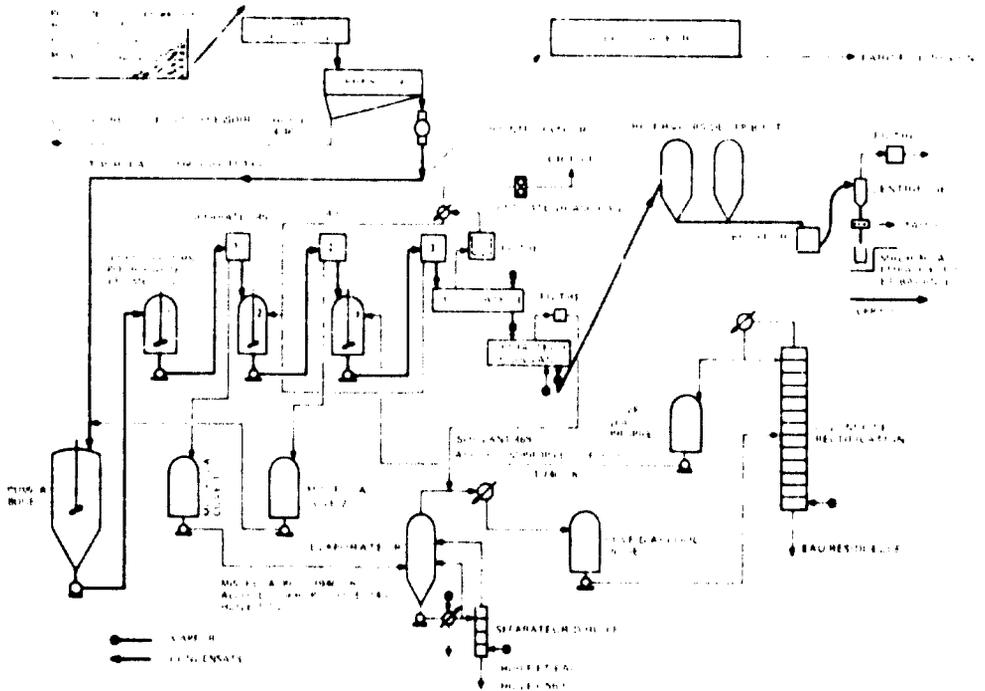


Figure 4. Procédé pour la fabrication de 5 tonnes de CPP par jour, à partir de tourteaux compressés

Nous avons pris pour hypothèse trois phases d'extraction et un rapport solvant/tourteau comprimé de 3/1. Toutefois, on pourra abaisser ce rapport tout en continuant d'obtenir du CPP à 0,3% de lipides si la séparation du miscella et des extraits secs entre les phases est complète, de façon que les particules solides humides contiennent moins de 50% de solvant. Une quatrième phase d'extraction permettrait aussi de ramener la quantité de solvant nécessaire à deux fois et demie le poids de tourteau, ou moins.

Il y a diverses façons d'effectuer la séparation; on peut utiliser des centrifugeuses, des pressoirs à vis, des tamis, des filtres ou même éventuellement la sédimentation.

Après dessiccation et désorption, on manipulera le CPP avec le plus grand soin afin d'éviter la contamination. Nous recommandons le stockage dans plusieurs récipients bien protégés, de façon que le produit puisse être broyé et emballé par une seule équipe. On aura ainsi la possibilité d'exercer un contrôle plus étroit sur ces opérations délicates, même s'il faut prévoir un broyeur plus grand.

On voit à la figure 4 que la séparation, de l'alcool et de l'eau, de l'huile et des particules solides de poisson contenues dans le miscella se fait à l'aide d'un évaporateur. Il semble toutefois que le miscella pourrait être transporté directement vers une colonne où l'alcool serait séparé de l'huile et de l'eau, qui resteraient au fond de la colonne. Cette opération

simplifierait la procédure de fabrication du CPP et réduirait considérablement la quantité de vapeur nécessaire. Il conviendrait d'en faire l'essai à titre expérimental.

RECOMMANDATIONS EN VUE D'UNE PRODUCTION EFFICACE DE CPP

Lorsque l'on envisage de fabriquer du CPP, il est nécessaire d'étudier l'incidence de nombreux facteurs sur le coût du produit final. Or, on a eu tendance, jusqu'ici, à négliger un certain nombre de considérations importantes. On les trouvera ci-après énumérées par ordre approximatif d'importance :

- 1) Il faut disposer de quantités suffisantes de poisson à bas prix. On a souvent méconnu cette condition évidente. Les poissons qui reviennent le moins cher sont les petits clupéidés — sardines, anchois, harengs, etc., — qui se rassemblent en bancs serrés et que l'on peut prendre en grande quantité à la seine tournante. Ils constituent l'essentiel des matières premières de la farine de poisson, à cause de leur prix de revient très bas. S'il est possible que la teneur élevée des clupéidés en huile ou en lipides complique leur transformation en CPP et donne à ce dernier une coloration plus sombre que celle du produit fabriqué avec du poisson blanc, l'huile obtenue comme sous-produit peut réduire sensiblement le coût du CPP.
- 2) Le poisson doit être de bonne qualité. Par temps chaud, les clupéidés s'altèrent profondément moins de 12 heures après avoir été pêchés. La plupart d'entre eux sont de petits poissons à la chair et aux tissus délicats; c'est pourquoi les enzymes destructrices présentes dans leurs viscères se dispersent plus facilement que chez les gros poissons. De plus, on manipule les poissons en vrac, pour des raisons d'économie, ce qui en abîme un grand nombre et en accélère ainsi la détérioration. Ces raisons militent fortement en faveur de l'implantation d'une installation en un endroit où le poisson peut être pêché près du rivage, débarqué et traité quelques heures après avoir été pêché. Sans doute la réfrigération permettrait-elle d'utiliser des bateaux de pêche à plus long rayon d'action, mais l'abrasion provoquée par le refroidissement à l'eau de mer glacée est importante pour ces poissons de petite taille. De plus, l'entreposage sur de la glace ou dans des congélateurs est sans doute trop coûteux pour permettre une production économique de CPP.

La morsure du froid risque de provoquer une oxydation des lipides chez les poissons entreposés dans des congélateurs et de provoquer par là une saveur désagréable que l'extraction à l'alcool ne pourrait pas faire disparaître.

Les côtes des pays en voie de développement sont généralement très poissonneuses et le Maroc est particulièrement favorisé à

cet égard car ses eaux côtières sont particulièrement riches en sardines.

- 3) Il est capital d'avoir à proximité une fabrique de farine de poisson. Pendant longtemps encore, la production de farine de poisson sera beaucoup plus importante que celle de CPP. C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir une fabrique de farine qui absorbe les prises d'une flotille de pêche, de façon à alimenter une usine de CPP lorsque le poisson est rare, et à utiliser le poisson excédentaire en période d'abondance. De plus, les poissons de qualité médiocre peuvent servir à la fabrication de farine, et le marché qui existe pour ce produit permet de pratiquer la pêche à une échelle suffisante pour assurer sa rentabilité.

La plupart des fabriques de farine de poisson sont équipées pour utiliser les sous-produits (huile et eau résiduelles) d'une usine de CPP, ce qui pourrait permettre à une fabrique de CPP de réaliser une économie sur le coût des installations et de réduire les déchets dans une certaine mesure. Il est possible aussi de faire des économies en utilisant des installations communes dans le cadre d'une association entre une usine de CPP et une fabrique de farine de poisson importante. Les installations de production de vapeur, d'eau douce, d'électricité et d'élimination des déchets pourraient facilement servir aux deux entreprises.

- 4) Il est très important pour l'usine d'avoir sur place un quai équipé d'installations efficaces pour le débarquement du poisson. Le transport par camions du quai à l'usine est coûteux et les délais, la chaleur et la manutention supplémentaires altèrent la qualité du poisson.
- 5) Enfin il est très avantageux d'avoir d'autres activités industrielles à proximité. Pour assurer le fonctionnement économique d'une usine, il est important de pouvoir disposer de main-d'œuvre qualifiée, de combustible, de fournitures, d'électricité et de moyens de transport. Si un grand nombre de petits ports sont probablement bien situés à cet égard, on ne peut considérer une usine de CPP comme une entreprise convenant à un village, ou à une région sans activité industrielle.

REFERENCES

1. United States. Bureau of Commercial Fisheries, National Centre for Fish Protein Concentrate, Communication privée.
2. DE GERO, J. B. (1961), Composition biochimique de la sardine, *Bull. Inst. Pêches maritimes du Maroc*, 6, 69 (numéro de mars).

6. OBSERVATIONS SUR LE TRAITEMENT DU POISSON*

TRAITEMENT À BORD DES BATEAUX DE PÊCHE [1—5]

On procède à un traitement simple du poisson sur le bateau même depuis de nombreuses années. Déjà au *xvi^e* siècle, des pêcheurs portugais salaient le poisson en mer lors d'opérations à grande distance [6] et le traitement, la mise en conserve et même la congélation de la baleine en mer ont une longue histoire. Mais l'essor considérable du traitement et de la conservation à bord n'a vraiment commencé qu'après la Seconde Guerre mondiale. Il est dû d'une part, à la pénurie de plus en plus grande des espèces consommées traditionnellement par les pays de pêcheurs, au goût raffiné, mais dont les bancs éloignés sont accessibles aux chalutiers utilisant la glace, et, d'autre part, aux efforts déployés par certaines nations, qui ne pratiquaient pas la pêche en eaux lointaines, pour développer leur production de poissons.

L'épuisement des bancs a été l'un des facteurs décisifs du développement du traitement à bord des bateaux [7], mais il y a eu également d'autres considérations économiques. Par exemple, certaines pêches sont saisonnières ou si courtes que les opérations basées à terre ne sont pas rentables. Dans ces cas, toutefois, il faut examiner ce problème de l'industrie de la pêche dans le contexte général de l'industrie alimentaire locale. En effet, il se peut que d'autres cultures suscitent des demandes saisonnières complémentaires et la possibilité d'utiliser les mêmes installations pour la mise en conserve ou la congélation de fruits et de légumes peut faire pencher la balance, sur le plan économique, en faveur d'installations à terre.

Un autre facteur, qui a contribué au développement du traitement à bord, est la pénurie d'installations à terre comme c'est le cas pour certaines régions du Pacifique nord et de l'océan Atlantique, où les communications et le climat posent d'importants problèmes. Le degré de traitement dépend de la nature de l'opération d'ensemble mais, en général, les frais sont considérablement moins élevés à terre. Pour presque toutes les opérations de pêche en haute mer il faut prévoir un certain degré de traitement, par exemple l'éviscération avant réfrigération.

* Communication présentée à la réunion par M. Noël R. Jones, Chef du Food Science and Technology Department, Tropical Products Institute, Londres (Royaume-Uni).

Un avantage du traitement en mer est que pour le pêcheur certains de ses problèmes, par exemple celui de la main-d'œuvre, disparaissent ou perdent de leur acuité et qu'il se rend peut-être aussi mieux compte de la nécessité de coordonner son travail avec celui de l'industriel, alors que ce dernier est moins sensible à ce que l'on pourrait appeler les "caprices" des pêcheurs locaux. Enfin, la mobilité — possibilité de se déplacer vers d'autres lieux — est un atout important pour les pêcheurs. Toutefois, une flotille de bateaux-usine très mobile, ou une flotille de congélation, peut poser des problèmes de contrôle ou soulever des conflits d'intérêts avec les pêcheurs locaux.

On peut exécuter en mer plusieurs opérations, le choix de la méthode appropriée dépendant de la nature des espèces à traiter; pour certaines on peut employer différentes méthodes; les clupéidés par exemple peuvent être salés, congelés ou mis en boîte en mer. Mais les travaux à effectuer avant les opérations finales de conservation diffèrent, même pour une même espèce et plus encore entre les espèces, comme par exemple entre la congélation des filets de poissons blancs et la mise en boîte de crabes. On ne considérera donc ici que les méthodes d'application générale ou présentant une importance économique croissante, comme le traitement primaire et la congélation en mer en vue du traitement secondaire ou de la vente directe à terre [2, 8].

Traitement préliminaire: lavage, écaillage, étêtage et éviscération [3]

En général, l'étêtage et l'éviscération sont recommandés pour les gros poissons destinés à un traitement secondaire ou à la consommation par les populations acceptant facilement ce produit. Toutefois, certaines populations exigent le poisson entier et l'éviscération n'améliore pas nécessairement les qualités de conservation de tous les poissons réfrigérés ou congelés.

Du matériel de lavage et d'écaillage (ce dernier le plus souvent du type tambour, à mailles, rotatif) techniquement acceptable, existe depuis quelques années pour de nombreuses espèces. Des machines à étêter, satisfaisantes du point de vue commercial, existent aussi pour de nombreuses espèces ainsi que, depuis peu, des machines à éviscérer. On dispose également, pour certaines espèces, de machines combinant ces opérations avec, au besoin, le découpage des filets.

L'efficacité de ce matériel, par rapport aux opérations manuelles, varie selon la condition du poisson. Il faut déterminer si le prix plus élevé obtenu par la qualité supérieure résultant des opérations manuelles présente plus d'avantages que la réduction des coûts de personnel que permettent ces machines. Il faut aussi évaluer ces deux facteurs compte tenu de l'espace nécessaire pour le traitement ou pour le stockage, qui peut déterminer la longueur du voyage en l'absence de possibilités de transbordement.

Stockage régulateur avant le traitement secondaire à bord [2, 3, 9—11]

L'un des premiers éléments dont doivent tenir compte les constructeurs de navires-usines est celui du stockage régulateur à court terme ou, éventuellement, à long terme. A l'origine, il s'agissait essentiellement d'échelonner l'envoi de la matière première aux industriels tout en limitant les déchets. Mais il est devenu de plus en plus évident que, si l'on veut par exemple des filets congelés de qualité supérieure, il faut assurer une réfrigération dans des conditions déterminées et pendant un certain laps de temps, afin de prévenir l'écoulement du sang et la rigidité cadavérique [2, 12]. Bien qu'aucune méthode de réfrigération ne soit supérieure à une autre, il est de plus en plus certain que l'eau de mer réfrigérée présente de nombreux avantages économiques pour une réfrigération à court terme sans entraîner une détérioration sensible de la qualité comme cela est le cas lorsqu'il y a migration des sels. Pour un stockage plus long (environ un jour) la méthode traditionnelle qui consiste à employer de la glace obtenue à partir d'eau douce offre des avantages sur le plan de la qualité; mais, pour les opérations intégrées de traitement en mer, il est plus courant d'utiliser de l'eau de mer réfrigérée.

Le stockage régulateur de ce genre convient surtout aux méthodes comportant la congélation à bord [2], mais on l'utilise également dans d'autres cas. Par exemple pour les opérations de séchage en mer il faut prendre des mesures pour lutter contre le phénomène de contraction cadavérique qui risque de modifier la dimension des tissus et, partant, de réduire la rentabilité économique du séchage. Il conviendrait donc d'accorder plus d'attention à ces considérations lors des opérations de mise en boîte, notamment sous les tropiques, où, pour un certain nombre de projets, on a rencontré des difficultés au moment du dépeçage.

Prélèvement des filets [2, 12]

Le prélèvement des filets est une opération fondamentale dans plusieurs méthodes de traitement du poisson. On utilise couramment pour les opérations en mer des machines extrêmement efficaces dont certaines peuvent assurer l'éviscération, l'écaillage et autres opérations semblables.

Si ces machines permettent quelquefois des économies considérables de main-d'œuvre, on a éprouvé avec certaines d'entre elles des difficultés pour prélever les filets sur des poissons ayant atteint la rigidité cadavérique, et la manutention de filets prélevés sur des poissons n'ayant pas encore atteint ce stade, donc de filets humides, a soulevé des problèmes. Par exemple, dans les filets soumis à des températures élevées ou manipulés sans soin, on constate souvent une perte de poids due à l'"égouttement" causé par la contraction, ce qui peut évidemment entraîner d'importantes pertes financières. De plus, les filets mal contractés sont moins bien acceptés par certaines populations.

On voit donc que, pour que le prélèvement des filets en mer soit rentable, il faut contrôler l'apparition de la rigidité dans les filets obtenus à partir de poissons n'ayant pas atteint le stade de la rigidité cadavérique. Ce stockage régulateur du type indiqué ci-dessus ne convient généralement pas pour les poissons entiers. La réfrigération, pendant un bref laps de temps dans l'eau peut être utilisée pour certains filets, encore que cette opération présente, sur le plan microbiologique, certains dangers susceptibles d'inquiéter les autorités sanitaires (ainsi que d'autres difficultés d'ordre technique si la période d'immersion n'est pas extrêmement courte). C'est l'air refroidi qui semble recueillir le plus de suffrages pour le traitement des filets obtenus avant l'apparition de la rigidité cadavérique.

Congélation

La congélation du poisson à bord a fait l'objet d'une discussion détaillée lors d'une conférence technique organisée par la FAO en 1967 [13]. Cette question a également été abordée dans le contexte général des problèmes de réfrigération des aliments dans les pays en voie de développement, lors de la réunion d'un groupe d'experts à Vienne en 1969 [14]. Il n'est donc pas nécessaire d'en faire ici une description détaillée. Toutefois, les progrès rapides réalisés dans ce domaine au cours de la dernière décennie sont parmi les plus importants qu'ait connus l'industrie du poisson. Ils ont, non seulement permis de poser les bases de nouveaux systèmes de distribution et de traitement tertiaire à terre, mais ils laissent également prévoir un développement considérable du stockage régulateur pour les opérations industrielles à bord (bien qu'il ne faille pas s'attendre que cette méthode remplace, dans une mesure appréciable, la production sur les bateaux de poisson congelé destiné à être distribué directement ou traité à terre).

Ranken [3], évaluant les méthodes modernes de congélation de poisson entier sur les bateaux, souligne que si, à l'origine il s'agissait de réduire au minimum les modifications à apporter aux chalutiers classiques par rapport aux méthodes traditionnelles de mise en glace, on s'est attaché ces derniers temps aux problèmes des capitaux, des frais d'exploitation et de l'équipage des navires-congélateurs, en laissant le maximum d'opérations à faire à terre, où elles peuvent être exécutées plus économiquement, sur une plus grande échelle, avec une main-d'œuvre (pouvant comprendre des femmes) meilleur marché et plus appropriée et dans de meilleures conditions de discipline et de surveillance. Dans la pratique, la situation varie considérablement d'un pays ou d'une société à l'autre et dans certains cas [15], notamment lorsque les installations disponibles sont loin de la côte, il peut s'avérer tout aussi avantageux d'effectuer l'ensemble des opérations de congélation des filets en haute mer pour des raisons de diminution des frais de stockage et d'expédition.

Le choix des méthodes optimales de congélation en mer est, pour une grande part, déterminé par la nature du produit que l'on veut obtenir.

La congélation en saumure [4] est avantageuse sur le plan économique lorsque le produit peut supporter ce traitement, par exemple dans le cas du thon destiné à être mis en boîte. Toutefois, de nombreux produits congelés ne supportent qu'une très petite quantité de sel car (notamment si les conditions de stockage des produits congelés ne sont pas satisfaisantes) la contamination peut provoquer un goût désagréable de "poisson salé" et l'on observe généralement une accélération du phénomène de rancissement dû à l'oxydation.

Habituellement, le poisson est congelé en mer dans des congélateurs à plaques de contact ou par courant d'air froid [4]. Dans certains chalutiers-congélateurs — et notamment sur les navires japonais — on utilise un système à courant d'air partiel qui combine ces deux méthodes.

Les congélateurs par courant d'air froid sont d'une utilisation plus variée, mais, à certains points de vue, moins économiques que les congélateurs à plaques pour les opérations à bord, notamment si l'on considère le rapport surface occupée/production. Ranken [3] examine les méthodes fondamentales de congélation en mer en fonction du type de navire et de la structure de la pêche dans son ensemble. Le congélateur à plaques verticales est le plus efficace pour la congélation des poissons entiers, car il se prête facilement à une organisation verticale intégrée des opérations de traitement sur le navire. Le congélateur à plaques horizontales présente des avantages pour la congélation en paquets, par exemple des filets. Dans certains cas même il présente des avantages indiscutables (ainsi que les systèmes à courant d'air partiel) sur les systèmes à plaques verticales. Un certain nombre de navires européens sont aménagés pour la congélation aussi bien des filets que des poissons entiers et sur certains navires japonais, on va même jusqu'à congeler des hachis de muscles destinés à subir un traitement secondaire pour la fabrication à terre de quenelles de poissons ou "kamaboko" (voir plus loin).

On connaît bien maintenant les tolérances temps-température pour le stockage après congélation et la nécessité d'une température de l'ordre de -30°C ou au-dessous pour tout stockage à long terme. Des températures de cet ordre sont couramment prévues par les constructeurs de chalutiers-congélateurs.

On s'intéresse beaucoup actuellement à la possibilité d'utiliser de l'azote liquide comme réfrigérant pour la congélation du poisson, tant en mer qu'à terre [16, 17]. En mer, cette méthode conviendrait particulièrement, par exemple pour la congélation rapide de filets destinés à l'exportation. Par comparaison avec les autres systèmes de congélation, le capital initial nécessaire est moins élevé. On attend avec intérêt l'évolution des travaux sur cette question, et notamment des renseignements sur les points de "croisement" entre la courbe des frais d'exploitation et celle du capital dans l'utilisation pratique de ce procédé en mer.

DÉCONGÉLATION [18—20]

On se préoccupe de plus en plus, depuis quelques années, des aspects économiques de la décongélation en relation avec des considérations de contrôle de la qualité, de rapidité et de souplesse des opérations. Les calculs sont fondés surtout sur les opérations de décongélation faites à terre en vue du traitement secondaire, du transport et de la vente des filets "humides" aux consommateurs. On peut cependant, dans une certaine mesure, appliquer ces considérations à l'utilisation des stocks de poisson congelé, conservés plus longtemps que les stocks réfrigérés mentionnés ci-dessus, en vue d'"égaliser" les prises pour la mise en boîte sur les navires-usines. Il semble, à l'heure actuelle, que les stocks régulateurs de ce genre, par comparaison avec les stocks réfrigérés, ne sont économiques que pour les produits coûteux, tels que les crustacés destinés à être mis en boîte.

Merritt a comparé le coût des systèmes de décongélation à soufflerie à eau, ou à résistance diélectrique ou électrique -- de capacité comparable. Dans de nombreux cas, il semble qu'un décongélateur à soufflerie du type du four Torry, présente des avantages, en particulier lorsque la température ambiante est élevée; il se peut que les systèmes diélectriques continus présentent des avantages décisifs du fait du gain de place dans les opérations en mer.

Cette méthode appliquée à du poisson congelé avant l'apparition de la rigidité cadavérique peut entraîner l'apparition de cette rigidité au moment de la décongélation, avec les pertes par "égouttement" qui en dérivent. On connaît cependant bien la méthode permettant d'éviter ces pertes [2]: l'utilisation de ces stocks régulateurs dans les opérations faites à bord des navires-usines ne devrait pas poser de problèmes si elle est dirigée par des techniciens compétents en matière de contrôle de la qualité.

Mise en boîte [1]

C'est surtout à bord des bateaux japonais, russes et américains, opérant principalement dans le Pacifique nord, que se pratiquent actuellement les opérations de mise en boîte, pour des produits d'un prix élevé, comme le saumon et les crustacés. Dans certains cas, la mise en boîte de poissons meilleur marché, comme le sprat, peut également être économique. Ces bateaux, notamment les chalutiers congélateurs modernes, transportent un assortiment de matériel et de machines spécialisés. La plupart des opérations de mise en boîte à bord sont faites sur les grands bateaux-mères.

Alors que l'on commence à peine à s'intéresser aux possibilités de modification de la qualité par une utilisation économique d'additifs à bord des chalutiers congélateurs, des possibilités considérables existent pour améliorer l'acceptabilité par le consommateur, au stade de la mise en boîte, où il est possible de modifier la saveur, la texture et l'apparence du produit.

On peut, à l'heure actuelle, automatiser dans une grande mesure les opérations de mise en boîte, afin de réaliser des économies de main-d'œuvre. En plus du coût élevé de l'équipage et de l'espace nécessaire à cet équipage et à l'équipement, un facteur important pour la mise en boîte est l'approvisionnement en eau douce. Autrefois, des bateaux-citernes transportaient cette eau jusqu'aux bateaux pêchant au large des côtes des États-Unis; les bateaux-usines modernes, pêchant en haute mer, utilisent un important matériel pour distiller l'eau de mer.

Salage et séchage [2, 6, 21]

Le salage a été le premier procédé de conservation utilisé en mer et il continue à jouer un rôle important dans certaines pêcheries.

Dans la pêche au doris, que les portugais pratiquent traditionnellement sur le Grand-banc, le poisson est pêché de jour, à l'appât, par des hommes qui partent du bateau-mère, chacun sur une petite barque. Le soir, sur le bateau-mère, le poisson est fendu en deux, lavé et empilé avec du sel dans des barils. Les pêcheurs de certains autres pays pratiquent également cette méthode hautement hasardeuse, mais la tendance est de plus en plus aux chalutiers-saloirs, dans la mesure où le salage continue à être employé, face au développement rapide de l'industrie des chalutiers-congélateurs et de ses dérivés.

Les clupéidés (de préférence aux poissons "blancs") sont salés en mer aussi bien sur des bateaux de pêche équipés à cette fin que sur les bateaux-mères escortés par les bateaux de pêche.

Dans de nombreux pays, on continue à apprécier le poisson traditionnellement conservé au sel, mais la consommation a décliné rapidement ailleurs, du fait de la concurrence de nouveaux produits à base de poisson et d'autres aliments bon marché.

D'autres poissons séchés, du type stockfish, continuent également à être consommés dans certains pays, mais ils sont traditionnellement préparés à terre. Ces dernières années, on s'est efforcé de mettre au point des séchoirs-tunnels, conçus pour le séchage en mer de poissons de ce type. Il faut veiller attentivement à maintenir les taux de chauffage et de séchage dans des limites déterminées. Des nouveautés dans ce domaine sont attendues avec intérêt, en particulier, touchant les aspects économiques de cette opération.

Conclusions relatives aux traitements des poissons en mer

Si la mise en boîte et le salage continuent à être pratiqués en mer sur une grande échelle, la congélation s'est développée très rapidement ces dix dernières années et semble même devoir remplacer, dans de nombreux pays, les opérations conventionnelles à bord de chalutiers congélateurs.

Il est possible d'automatiser à un haut degré les diverses opérations de mise en conserve du poisson en mer, depuis le traitement primaire

préliminaire jusqu'à la mise en conserve proprement dite. De même, la recherche biochimique ainsi que de nouvelles techniques de réfrigération et de séchage ont permis de mettre au point des opérations satisfaisantes pour un certain nombre d'espèces présentant un intérêt économique. Ces renseignements sont disponibles surtout pour les poissons d'eau froide et tempérée. Par contre, on manque d'informations relatives aux poissons des mers chaudes, en particulier certaines espèces qui intéressent les pays en voie de développement des régions tropicales [2].

Le fonctionnement des bateaux-usines (en particulier des chalutiers-usines) exige une coopération très étroite entre les équipes chargées de la prise et celles chargées de la mise en conserve. Il faut pouvoir, le cas échéant, réduire les prises pour permettre aux opérations de traitement de satisfaire à certaines normes de qualité. Des évaluations détaillées des rapports qualité/prix entrent également en ligne de compte.

Les responsables de la mise au point de programmes pour le traitement et la mise en conserve du poisson en mer devraient étudier en détail, dans leur évaluation générale de la faisabilité économique des projets, les conditions d'acceptabilité des produits à base de poisson par les populations intéressées, ainsi que la possibilité de disposer des connaissances techniques nécessaires. On peut se référer à cet égard à la création récente, en Afrique de l'Ouest, d'une industrie de la congélation du poisson en mer.

Les goûts en matière de poisson varient considérablement selon les pays. Dans les pays en voie de développement, de nombreux consommateurs demandent les poissons entiers plutôt que les filets de poisson ou les poissons éviscérés. Le goût de "poisson frais" n'est pas toujours apprécié. Dans les pays avancés, les goûts varient en ce qui concerne l'apparence des produits, et il faut tenir compte de ces variations lorsque l'on s'efforce de créer une industrie d'exportation, en particulier pour les espèces peu connues.

Sans doute encore plus que pour une industrie de traitement du poisson située à terre, une étroite coopération est nécessaire entre le bureau d'études, les techniciens embarqués et les biologistes des pêches. Le calcul de la rentabilité comparée à long terme des opérations à terre et des opérations en mer dépend, en fin de compte, d'estimations fiables de la productivité potentielle de la pêche. De plus, la solution des problèmes quotidiens que pose une production de qualité est grandement facilitée par des prévisions exactes relatives aux caractéristiques nutritionnelles et physiologiques générales de la ressource.

PRODUITS DU POISSON FERMENTÉS: AUTOLYSATS ET HYDROLYSATS

Diverses études des ressources alimentaires mondiales ont fait ressortir de plus en plus clairement le manque de protéines et entraîné un certain nombre de recherches relatives aux possibilités de tirer un meilleur parti des ressources halieutiques. Citons notamment les évaluations

scientifiques et techniques des méthodes traditionnelles employées dans l'Asie du Sud-Est pour conserver les poissons en vue de leur application dans d'autres régions, soit pratiquement sans modification, soit incorporées dans des méthodes plus complexes de modification de la saveur par des agents microbiens. Un certain nombre de travaux ont été entrepris à cette fin aux États-Unis, en France, au Royaume-Uni, etc.

On a évoqué précédemment les variations des préférences des consommateurs. Dans de nombreux pays en voie de développement, on préfère un poisson au goût fortement marqué à un poisson "frais" au goût de viande neutre ou relativement doux, qui est apprécié en général en Amérique du Nord, dans la plupart des pays européens et au Japon [22]. En Asie du Sud-Est, les techniques de conservation par fermentation produisent fréquemment des pâtes et des sauces de poisson avec notamment un goût très prononcé de fromage. Ces produits permettent d'enrichir et de rendre plus attrayante une alimentation quelque peu monotone, fondée essentiellement sur le riz [23, 24]. De plus, le coût peu élevé des méthodes de conservation met le poisson à la portée de populations à très faible revenu, qui ne pourraient pas acheter de poisson en boîte, ou congelé ou même simplement réfrigéré.

Dans d'autres régions, on trouve des produits préparés d'une manière analogue, mais plus doux et moins fermentés que dans l'Asie du Sud-Est. En Scandinavie, par exemple, on produit à l'échelle commerciale des harengs et des truites fermentés à l'aide de bactéries qui conservent leur structure fondamentale et ne sont pas vendus sous forme de pâtes ou de sauces.

Pâtes de poisson fermentées [24—28]

Normalement, on lave le poisson (souvent des clupéidés) et on le mélange avec du sel dans la proportion d'une partie de sel pour trois de poisson. Van Veen [24] mentionne l'utilisation aux Philippines de cuves d'argile et de boîtes scellées pour la maturation; dans d'autres pays de l'Asie du Sud-Est l'auteur de la présente communication a vu que l'on employait des tonneaux et des cuves de bois.

La fermentation semble souvent résulter davantage de l'action des enzymes des tissus que de celle de la flore microbienne. En pratique, elle dépend du degré d'éviscération.

Les méthodes de préparation utilisées varient considérablement suivant les pays, compte tenu de la nature des matières premières et les habitudes locales. La méthode fondamentale citée ci-dessus s'applique au *bagoong* des Philippines où, comme en Thaïlande, on utilise aussi de petites crevettes comme matière première.

Le *prahoc*, de la République khmère, est préparé à partir de poissons éviscérés, étêtés et écaillés après écrasement. On fait fermenter avec du

sel, sous pression, au contact de feuilles de bananiers; puis on laisse partiellement sécher et fermenter au soleil pendant une journée. Après une nouvelle macération, on ajoute du sel et le produit est conservé un mois au maximum dans des jarres scellées.

Cette méthode de fermentation anaérobie est commune pour la production de nombreuses pâtes de poisson, mais elle peut présenter certaines variantes. En Indonésie, on utilise la méthode de fermentation aérobie, au soleil, pour certaines pâtes de crevettes ou de plancton, par exemple le *trassi*, disposées en couches fines légèrement salées.

Pour la vente, on ajoute souvent à ces produits des colorants et des épices. Dans de nombreux cas, on ajoute également des légumes, soit avant, soit pendant la fermentation, par exemple pour la préparation du *padec* au Laos (qui contient du son de riz) et du *phaak* (qui contient du riz fermenté à l'aide de levures) en République khmère.

On utilise également des enzymes de plantes avec certaines méthodes de fermentation. Par exemple, le *mam-cu-sak* contient des petits poissons que l'on soumet à une fermentation anaérobie en présence d'hydrate de carbone sous forme de riz grillé, et mélangés souvent à de la papaye ou à de l'ananas, en vue de faciliter la protéolyse. Indiscutablement, la mise au point récente, aux Philippines, de préparations aux enzymes de champignons convenant à la fermentation du poisson, offre des possibilités considérables à cet égard.

Sauces de poissons fermentées [23, 24, 29-33]

On fabrique généralement ces sauces de poissons dans les régions qui produisent des pâtes, ainsi que dans certaines régions de la Chine. Si leur teneur en sel limite leur emploi et leur rôle dans l'alimentation, on les utilise très couramment comme condiment pour le riz, dans toute l'Asie du Sud-Est.

Dans les sauces de poissons, la dissolution partielle des pâtes est poussée plus loin: les produits sont des liquides salés, à arôme de fromage et à haute teneur en acides aminés libres. La plus grande partie de la production est consommée sur place, mais certaines sauces de poissons sont exportées de Hong-kong vers l'Occident.

La plus universellement connue de ces sauces de poisson et celle qui a été le plus étudiée est sans doute le *nuoc-mam* de la République khmère, du Laos et du Viet-Nam. D'autres sauces, comme le *nuoc-mam mioc*, de Thaïlande, sont préparées d'une manière assez semblable, mais le *patis* des Philippines est une liqueur extraite de la pâte de *bagoong* préparée avec des crevettes. De même, les liqueurs concentrées tirées de la production de poissons salés (par exemple le *tak tray* de la République khmère) ne peuvent pas véritablement être comparées à des sauces de poisson fermentées.

L'importance des opérations de production de sauce de poisson peut varier considérablement. Dans les cas les plus simples, les petits poissons sont écrasés à la main ou au pied, salés et mis dans des pots qui sont ensuite scellés et enterrés pendant des mois ou des années. Après maturation, les liqueurs sont décantées ou passées.

Pour une production plus importante, on utilise de grandes cuves. La proportion de sel est plus élevée que pour la production de pâte (cinq parties de sel pour six de poisson). Dans l'opération décrite par Van Veen [24], les poissons sont empilés plus qu'à ras bord dans la cuve et recouverts d'une dernière couche de sel. On retire la totalité ou une partie seulement des liqueurs sanguinolantes qui s'accumulent pendant les trois premiers jours environ. Une certaine clarification se produit après que la cuve est restée ouverte à l'air. Le poisson qui s'est tassé est alors recouvert d'une dizaine de centimètres de liqueur résiduelle et comprimé par un couvercle en osier chargé de poids. L'auteur a remarqué que des sacs très lourds sont utilisés pour réaliser les conditions de fermentation anaérobie.

La fermentation dure des mois ou des années suivant l'espèce, la taille du poisson et la teneur en sel. Dans la production de *nuoc-mam* de la plus haute qualité, la liqueur est soutirée directement. Généralement, le résidu est extrait à l'aide d'eau de mer bouillante. L'extrait est haché avec la liqueur et avec de l'hydrate de carbone contenant des matières (caramel, mélasse, etc.) destinées à donner une couleur brune au produit et à améliorer la conservation en abaissant le pH au cours de la fermentation secondaire.

On a certes fait quelques progrès dans le domaine de la chimie, de la microbiologie et de la biochimie de la fermentation des poissons, ainsi que dans la rationalisation des méthodes fondamentales de production et leur adaptation à la mise au point de nouveaux produits du poisson, mais nos connaissances restent très incomplètes, en ce qui concerne le contrôle de la dissolution des tissus des poissons, en particulier pour les espèces tropicales. On peut cependant s'attendre à des progrès considérables de l'exploitation commerciale au cours des dix prochaines années, grâce aux recherches entreprises aux Philippines et dans d'autres pays. Le Tropical Institute, travaillant en collaboration avec des organismes en Afrique occidentale et en Asie du Sud-Est, fait des recherches dans le domaine de l'acceptation et de la qualité.

Autres hydrolysats [34]

On a mis au point depuis quelque temps les principes de l'utilisation d'un acide et de l'emploi contrôlé de l'autolyse pour l'ensilage du poisson et la production de concentrés d'acides aminés. Il est évident que ces procédés offrent d'autres possibilités, peut-être en combinaison avec des méthodes de fermentation, dans le domaine des extraits de levure et de viande.

Saucisses de poisson [35—41]

Des travaux de recherche considérables ont été entrepris, dans un certain nombre de pays, pour mettre au point et tenter de commercialiser des produits de remplacement de la viande et des saucisses de poisson, mais l'exploitation commerciale sur une grande échelle de ces produits est très récente et concerne essentiellement le Japon où cette industrie est née en 1953. Son développement rapide est dû à l'absorption des petites sociétés de pêche par les grandes entreprises, ce qui a permis d'obtenir un fonctionnement totalement intégré.

Le kamaboko

C'est la production de *kamaboko* qui a donné naissance à l'industrie actuelle de la saucisse de poisson au Japon. On a décrit le *kamaboko* comme une sorte de "quenelle de viande" mais, pour un occidental, il ressemble davantage à un pâté de gelée blanche ou translucide. Il s'agit fondamentalement d'un gel de myosine extrait du muscle du poisson. Sa fabrication a été rendue techniquement possible par les recherches des biochimistes japonais sur les muscles de poisson, en particulier W. Shimizu. Les principes de fabrication sont, dans leurs grandes lignes, semblables à ceux décrits ci-après pour les saucisses, sauf que certains additifs, en particulier la graisse de pore, en sont absents.

Saucisses et "jambons" de poisson

Bien que l'on préfère certaines espèces, comme le thon, pour la fabrication des saucisses et les sciamidés pour la préparation du *kamaboko*, à cause de la couleur ou de la stabilité de la myosine, il est possible d'utiliser la plupart des espèces de poisson ainsi que la chair de la baleine. On retire les filets du poisson cru (si l'on n'utilise pas de hachis de poisson congelé en mer). Les filets sont ensuite hachés et broyés dans des conditions de congélation, et on y ajoute environ 3% de chlorure de sodium, ainsi que d'autres additifs nécessaires (polyphosphates, amidon, agents de conservation chimiques, tels l'acide sorbique, le glutamate monosodique, des colorants, des épices, etc.) On ajoute de la graisse de pore à la fin du broyage. Pour la production de "jambon" de poisson, on ajoute également, à ce stade, de la viande de thon déjà traitée et séchée.

On transfère ensuite le mélange broyé à un appareil semi-automatique ou automatique de remplissage et de fermeture des boyaux. L'utilisation du chlorure de vinylidène et de boyaux satisfaisants en caoutchouc chloré a constitué une étape capitale du développement de cette industrie. Après fermeture avec un fil d'aluminium, les saucisses sont transférées automatiquement à un pasteurisateur thermique. Dans le procédé décrit par Amano, des saucisses d'un diamètre de 3 centimètres sont chauffées à 85° C pendant 20 minutes, puis dans l'eau à 90° C pendant 50 minutes; elles passent ensuite dans une cuve de refroidissement.

Indiscutablement, la consommation élevée de poissons au Japon a joué un grand rôle dans le développement de l'industrie de la saucisse de poisson, de même que la production de boyaux supportant l'opération de pasteurisation et que la largeur d'esprit des autorités sanitaires au sujet de l'utilisation de produits chimiques.

Cependant cette industrie a rencontré un certain nombre de problèmes microbiologiques et l'on pourrait arguer que l'utilisation des techniques du froid pour la commercialisation des saucisses est préférable à celle des produits chimiques, dont la législation risque un jour d'interdire l'emploi. Cependant, dans la pratique, cette méthode pose le problème de la stabilité de l'amidon.

Il est évident que les pays qui envisagent la création d'une industrie de la saucisse de poisson doivent s'intéresser de très près aux recherches concernant la stabilité des boyaux et l'efficacité des fermetures. Au Japon, l'utilisation d'additifs permet de porter la durée de conservation à plus de trois semaines, et donc de vendre le produit même sur des marchés ruraux éloignés. Les saucisses non traitées ne se conservent que trois jours à température ambiante, mais deux semaines dans un réfrigérateur.

Même au Japon, on a mis en question l'efficacité de certains additifs. Amano et Ukiyama [42], par exemple, ont étudié l'effet des concentrés légaux de composés de nitrofuranne sur la germination des spores de *B. panthothenicus*, qui sont à l'origine de ramollissements préjudiciables, et ont découvert que ces concentrés n'empêchaient pas la germination. Des dommages causés par d'autres bacilles ont également été observés dans les saucisses de poisson.

Salage [22, 43—50]

Le salage en tant que moyen de conservation revêt différentes formes. On a vu précédemment que l'addition de sel fait partie intégrante du processus de fermentation. Dans la Russie médiévale, on employait une méthode analogue pour le hareng, qui était entassé dans des tonneaux puis enterré dans le sol (à une température de 0° C). Le séchage après salage peut être considéré comme un perfectionnement du séchage simple. Dans l'Asie du Sud-Est, on fait bouillir les poissons du type maquereaux dans de la saumure pour les conserver. Nous citerons aussi la conservation dans la saumure froide et le salage de hachis de poisson que l'on sèche ensuite.

Sauf dans le saumurage à chaud et dans le séchage naturel à l'air, les principales conditions requises pour la conservation par le sel sont les mêmes, que l'on utilise du gros sel ou de la saumure. La concentration du sel doit être suffisante pour empêcher le développement de la flore microbienne qui altérerait le poisson, mais elle doit en même temps permettre une maturation de la saveur et empêcher l'oxydation. Les poissons gras,

comme le hareng, doivent donc être entassés le plus possible dans les tonneaux. Le salage en tas est encore couramment utilisé pour les gros poissons à chair maigre.

Salage des espèces grasses, comme le hareng

Maruta et Ohoishi [47] ont mis au point la formule suivante de salage:

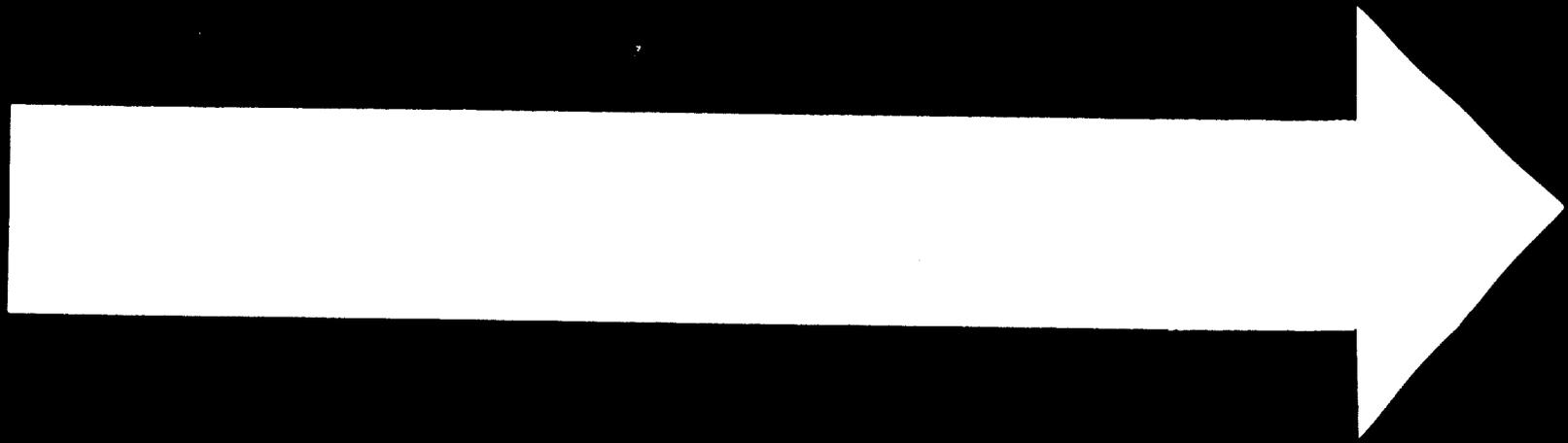
$$\frac{\text{Teneur en sel (\%)}}{\text{Teneur en eau (\%)} - 35} \times 100 = 50$$

La concentration du sel et la réduction de la teneur en eau se combinent ainsi pour donner un produit non altéré et dont les qualités organoleptiques sont satisfaisantes.

Le poisson peut être conservé par salage dans des cuves, des silos ou des tonneaux. Les grands récipients ont évidemment des avantages lorsque les prises sont volumineuses, comme c'est le cas généralement lorsque l'on pêche des clupéidés, mais leur emploi présente cependant un inconvénient, les fortes pressions pouvant détériorer les poissons à chair tendre. Néanmoins, le fait que l'on peut y refroidir facilement le poisson, avec des flocons de glace par exemple, peut contrebalancer cet inconvénient; avec de vastes récipients on peut aussi utiliser plus facilement les systèmes de pompage de la saumure pour améliorer l'efficacité du salage humide.

Les barils sont utilisés de plus en plus dans le monde entier, parce qu'ils conviennent mieux aux opérations effectuées à bord des bateaux. Voskresensky [22] distingue deux méthodes principales de salage en tonneau: suivant la première, on entasse le plus possible le poisson dans le tonneau, on le sale et on scelle ensuite le tonneau qui ne sera plus réouvert; suivant la seconde, employée surtout à bord des bateaux lorsqu'il faut opérer très rapidement, on sale le poisson avant que le tonneau soit complètement rempli et on achève ensuite de le remplir avec des poissons pris le même jour que les premiers.

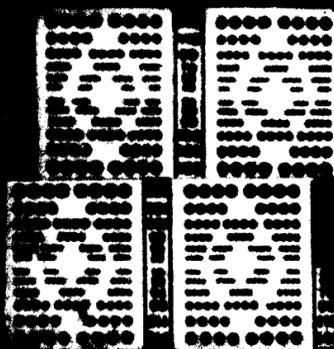
Les méthodes de traitement du hareng et d'autres espèces varient beaucoup, d'une part suivant la taille et la condition physiologique du poisson et, d'autre part, suivant la cadence des opérations beaucoup plus rapide à bord d'un bateau lorsque les pêches sont abondantes que dans une installation de salage à terre. Les pêcheurs hollandais éviscèrent partiellement le poisson et l'entassent le plus possible dans des barils où la concentration du sel est élevée (16 à 20%), tandis que dans les installations islandaises à terre, on traite le poisson étêté en y ajoutant 22% de sel. Dans les installations écossaises à terre, on sale les harengs non entassés et l'on achève de remplir les barils ensuite. Pour le salage des jeunes poissons, on emploie des concentrations de sel relativement faibles avec d'excellents résultats. Sur les bateaux russes de pêche en haute mer,



27-12-74

3 / 4

74ST0053



on place les harengs entiers, sans les entasser dans un mélange de saumure et de gros sel. Les norvégiens resalent à terre le poisson déjà traité sur les bateaux suivant une méthode analogue à la méthode hollandaise.

Salage du poisson blanc

La morue et les autres gadidés sont encore consommés en grandes quantités, dans le monde entier, sous forme de poisson salé et il est certain que la méthode de salage de ces poissons pourrait être utilisée pour beaucoup d'autres poissons.

On sale souvent le poisson alors qu'il est déjà en assez mauvais état afin de limiter les pertes. Cependant l'expérience montre que, pour produire du bon poisson salé, il est indispensable d'utiliser une matière première de bonne qualité.

Les méthodes de salage du poisson blanc sont aussi variées que celles utilisées pour le poisson gras. Dans le salage "kench", les poissons sont fendus en deux et empilés en couches séparées par des couches de sel, le sel devant être en contact avec la chair plutôt qu'avec la peau. On laisse s'écouler la saumure, puis on sèche le poisson après l'avoir débarrassé du sel qui y adhérerait. Dans le salage "pickle", on utilise un procédé analogue, mais le poisson est mis dans des barils ou dans des cuves et il y séjourne dans une saumure épaisse tandis que l'eau est éliminée de la chair par osmose.

Le salage est souvent suivi d'un séchage et le degré de salage dépend en partie des conditions dans lesquelles se fera le séchage. Dans les pays tropicaux, le séchage après salage abaisse la teneur en humidité du poisson dans des proportions variées. A Singapour, par exemple, la teneur en eau des poissons salés vendus sur le marché varie entre 36 et 65 % : à Aden, entre 33 et 69 %, le poisson étant séché dans l'atmosphère sèche du golfe Persique ou de la mer Rouge [45].

A Singapour où le degré d'humidité est plus élevé, le poisson ne se conserve que quelques semaines, alors que le poisson venant d'Aden est couramment vendu à Ceylan et en Afrique orientale trois mois après le salage. On notera que le principal facteur de conservation est l'élimination de l'eau par osmose. La destruction directe de la flore microbienne par le sel joue un rôle secondaire. Les poissons très salés sont difficiles à sécher dans les pays à climat tropical humide car ils ont plutôt tendance à absorber l'humidité.

A cet égard, Van Klaveren et Legendre [43] présentent des observations sur les effets d'une température élevée quand on détermine la concentration de sel nécessaire pour éviter les attaques bactériennes dans les conditions climatiques propres au Canada. Il est évident qu'il faut peser tous les facteurs si l'on veut parvenir aux meilleurs résultats possibles. Van Klaveren et Legendre font aussi observer que les importateurs

méditerranéens de poissons salés canadiens exigent des produits de première qualité et ne regardent pas au prix. La qualité du poisson salé dépend d'un certain nombre de facteurs, tels que la matière première et la pureté du sel. Cole et Greenwood-Barton [45] font remarquer que le salage du poisson dans du chlorure de sodium pur donne souvent un produit "mou, de couleur jaune pâle" n'ayant pas la saveur caractéristique du poisson salé. Ils notent que le sel vendu dans le commerce contient toujours de petites quantités de sels de calcium et de magnésium qui blanchissent et durcissent le poisson et lui donnent un goût amer apprécié par beaucoup de consommateurs. J'ai constaté, cependant, que l'emploi de certains sels non raffinés obtenus par évaporation, que l'on trouve dans le commerce, peut donner aux poissons une couleur très déplaisante. J'ai vu aussi des échantillons de saumure purifiée vendue dans le commerce qui contenaient trop de cuivre. La présence de traces de cuivre [49] et de sels de fer catalyse les réactions carbonyles-aminés, ce qui décolore le poisson et lui donne un goût désagréable. A cet égard, il se pourrait que Cole ait un peu trop simplifié la question; tout bien considéré, pour les nombreux consommateurs qui préfèrent un poisson ressemblant au poisson frais, il est préférable, semble-t-il, que le sel soit le plus pur possible.

SÉCHAGE ET DÉSHYDRATATION [43, 51—53]

Beaucoup de poissons subissent un nouveau séchage après avoir été salés. On trouvera plus loin une description des méthodes de séchage les plus simples et notamment de celles qui accompagnent le salage et le fumage, ainsi qu'un bref examen de certains aspects de la déshydratation sous vide et de la production de farine de poisson. Pour des raisons de commodité, le terme déshydratation a ici un sens plus restreint que le terme séchage: employé uniquement dans son acceptation technique, il désigne le séchage effectué par des moyens artificiels contrôlés [52].

Jason [52] et d'autres auteurs ont mis au point des formules mathématiques pour le processus de séchage, en tenant compte à la fois des facteurs qui agissent sur le mouvement de l'eau sortant du poisson et de ceux qui agissent sur le transfert de la chaleur vers l'intérieur du poisson. En pratique (bien que ce soit là, peut-être, une simplification théorique un peu trop poussée), les premiers stades du séchage sont caractérisés par une vitesse constante. Vient ensuite une période de vitesse décroissante au cours de laquelle la diffusion interne est le facteur limitatif. Le manque de données physiques de base sur le muscle du poisson empêche de pousser suffisamment loin l'analyse théorique de certains processus de séchage. En bref, on peut considérer que la vitesse du mouvement de l'eau vers l'extérieur est liée à trois facteurs: l'élimination de l'eau du milieu entourant la surface, son mélange avec le milieu ou atmosphère à la surface et sa migration du centre vers la surface à l'intérieur du poisson. Dans les méthodes de séchage plus classiques, le transfert de la

chaleur à l'intérieur du poisson dépend à son tour d'un certain nombre de facteurs tels que la conduction à l'intérieur du système, l'enthalpie partielle de la solution, l'émission de la chaleur depuis sa source et sa transmission vers la surface. Il faut reconnaître, cependant, qu'en pratique l'importance relative des différents facteurs varie beaucoup suivant les espèces de poissons et la nature de l'opération de séchage. Par exemple, les caractéristiques de séchage du muscle gelé et du muscle non gelé sont très différentes; le muscle non gelé demeure à l'état de gel pendant une grande partie de l'opération de séchage et se comporte à peu près comme un milieu isotrope, alors que le muscle gelé se comporte comme un milieu anisotrope. On trouve dans l'étude de Jason [52] une excellente analyse des coefficients de diffusion et de l'influence de la densité et de la conductibilité thermique sur la vitesse du séchage.

Séchage naturel [46, 54]

Le séchage à l'air, dans les conditions atmosphériques normales, est utilisé dans beaucoup de pays. En général, on vide le poisson et on le fend en deux; parfois on l'épéte et on le suspend pour le faire sécher. En Scandinavie, les poissons sont suspendus deux par deux sur des poteaux et le séchage prend souvent de deux à six semaines. Dans les pays tropicaux, on fait souvent sécher le poisson en plein soleil, en général sur le sable, parfois sur des nattes ou des claies [45].

Les températures élevées sont souhaitables à certains égards, mais elles ont aussi des effets nocifs: altération trop poussée du poisson et dégâts causés par les mouches. C'est pourquoi, en Norvège par exemple, on sèche de préférence la morue au printemps avant qu'il y ait trop de mouches.

Autrefois, le séchage final du poisson salé se faisait à l'air. De nos jours, la morue salée est en général séchée artificiellement. Avec l'ancienne méthode, la teneur en humidité, de 55 à 60% après le salage, était abaissée progressivement jusqu'à 20 à 45%.

Il existe des débouchés considérables pour le stockfish et le poisson salé dans les régions méditerranéennes et dans beaucoup de pays tropicaux. Sous les tropiques cependant, l'infestation par les insectes est à redouter, surtout pour les poissons séchés sur place.

Avec des méthodes adéquates de séchage et de manutention, on peut éliminer un certain nombre de défauts que présente fréquemment le poisson sec salé préparé ou entreposé dans les pays à climat tropical [45]. Par exemple, les "piqûres de sel" dues aux bactéries halophiles peuvent être évitées si l'on réduit rapidement la teneur en humidité et si l'on utilise une saumure épaisse pour le salage.

Il convient de noter, cependant, que les goûts des consommateurs de poisson séché et de poisson sec salé varient suivant les pays [8].

Comme nous l'avons déjà indiqué à propos des produits fermentés, dans beaucoup de pays en voie de développement, les consommateurs préfèrent les poissons à goût très fort. A un poisson considéré comme d'excellente qualité par des européens ou des Nord-Américains, les habitants de ces pays préfèrent un poisson ayant un goût de rance, de piqure de sel ou de décomposition bactérienne. La fermentation partielle fait d'ailleurs partie intégrante de certaines méthodes de séchage employées en Afrique de l'Ouest.

Le séchage naturel est alors souvent complété par l'emploi de foyers ouverts et de fours très simples faits avec des fûts de pétrole. Ces méthodes sont très courantes dans les climats tropicaux humides, mais on soupçonne, depuis peu, qu'elles pourraient être une des causes de la fréquence du carcinome primaire du foie dans certains pays, du fait de la contamination du poisson par les hydrocarbures polycycliques et de la formation de nitrosamines [8].

Séchage en tunnel

Le facteur essentiel dans le séchage en tunnel est le contrôle de la température, de l'humidité et de la vitesse de l'air. La chaleur doit être contrôlée parce que, dans les premières phases du séchage surtout, les températures trop élevées ont des effets nocifs: "rupture" et détérioration irréversible des protéines qui empêche la reconstitution du produit. L'humidité influe sur la vitesse du séchage et sur l'aspect final du produit. Linton et Wood [55] ont constaté que l'allure du séchage augmentait jusqu'à ce que la vitesse de l'air atteigne 60 à 90 mètres par seconde. Au-dessus de cette vitesse, les coûts de l'énergie augmentaient sans amélioration significative de la rapidité du séchage.

Comme nous l'avons déjà indiqué, des tunnels programmés ont été mis au point pour la production en mer de poissons salés du type "stockfish".

A l'heure actuelle, cependant, ces séchoirs sont employés surtout à terre, la plupart du temps pour les stades finals de la production du poisson salé.

En général, le poisson légèrement salé est beaucoup plus difficile à déshydrater que le poisson très salé.

Plusieurs modèles de séchoirs ont été décrits; ils comportent généralement des wagonnets ou des rampes pour charger le poisson posé sur des plateaux. Le modèle conçu par Linton et Wood prévoit la remise en circulation d'une partie de l'air servant au séchage qui peut être chauffé indirectement par la vapeur quand on dispose de celle-ci. Lorsque l'humidité relative extérieure est élevée, le séchage n'est possible que si l'on emploie un système de déshumidification. Le chlorure de lithium a été employé à cette fin au Canada, mais c'est un produit coûteux. On préfère, en général, soit refroidir l'air au-dessous du point de rosée avant de l'intro-

duire dans le réchauffeur, soit employer un produit comme le gel d'alumine ou de silice activée. En Europe on utilisait primitivement l'acide sulfurique comme agent de dessiccation [56].

Il faut au contraire dans certains cas humidifier l'air qui arrive dans le séchoir parce que l'aspect du produit s'altère quand l'air servant au séchage est trop sec.

Les conditions adéquates de température et d'humidité varient tout au long du processus de séchage, suivant les espèces de poisson et le produit que l'on veut obtenir. De même que pour les autres méthodes de traitement et de conservation du poisson, il faut déterminer s'il est rentable, pour améliorer la qualité, d'installer un système permettant de faire varier le régime du séchage.

La plupart des travaux effectués jusqu'ici portent sur le séchage des poissons vivants dans les eaux tempérées ou froides. Les températures de séchage sont souvent de l'ordre de 25° C, mais, comme nous venons de l'indiquer, elles peuvent varier suivant le poisson traité et le produit que l'on désire obtenir. Beaucoup d'espèces tropicales peuvent supporter des températures de séchage beaucoup plus élevées.

Certaines opérations auxiliaires sont effectuées pour le séchage du poisson salé. En ce qui concerne la morue salée, par exemple, sa surface devient trop rugueuse si on la sèche aussitôt après le salage. Par conséquent, on lave le poisson après l'avoir salé et on le met en tas. La pression aplatit le poisson, le rend plus lisse, en exprime la saumure et accroît la surface exposée à l'air; le temps de séchage est donc réduit. Une opération un peu analogue peut être effectuée à un stade ultérieur du séchage. La vitesse d'évaporation de l'eau diminue lorsque la surface du poisson a séché et l'élimination de l'eau restante peut demander beaucoup de temps, surtout avec de gros poissons. En conséquence, le poisson est retiré de temps en temps du séchoir et mis en tas (mais non lavé). L'eau se répartit alors également dans tout le poisson, depuis les couches intérieures jusqu'à la surface. Ce procédé, appelé "pressage en tas", réduit considérablement le temps pendant lequel il faut laisser le poisson dans le séchoir.

Le séchage est donc conditionné par un grand nombre de facteurs et, en théorie du moins, un contrôle automatique permettant de modifier continuellement ces facteurs présenterait beaucoup d'avantages par rapport au réglage du séchoir et à la manipulation du poisson par des moyens manuels. Les séchoirs utilisés dans l'industrie représentent un compromis: ils maintiennent une température et une humidité fixes mais ne comportent pas de réglage du conditionnement de l'air, parce que les coûts risqueraient d'être prohibitifs. Des systèmes entièrement automatiques ont, toutefois, été mis au point pour l'industrie. Legendre [51], par exemple, a élaboré un procédé pour le séchage artificiel du poisson salé comportant un réglage par thermocouple et Jason, à la Torry

Research Station d'Aberdeen, a mis au point un séchoir à tunnel programmé, en collaboration avec une grande société britannique de construction navale. Il est évident que lorsque toutes les conditions du séchage sont strictement contrôlées comme dans le système canadien de réglage par thermocouple, les points de rosée de l'air extérieur peuvent être plus élevés que lorsqu'on utilise des moyens manuels.

Séchage à l'air chaud du poisson haché [57]

Pendant la Seconde Guerre mondiale, des travaux considérables de recherche et de mise au point ont été consacrés au séchage du poisson haché pour la consommation humaine. A certains égards, les problèmes étaient analogues à ceux rencontrés dans la production commerciale de la farine de poisson et ils se posent aussi dans certains procédés utilisés pour la production de farine de qualité supérieure. Cependant, de même qu'avec d'autres méthodes de déshydratation discutées ici, les problèmes de reconstitution sont plus importants que dans la production de farine de poisson.

Bien que les espèces élastomorphes prennent une odeur ammoniacale prononcée lorsqu'elles sont entreposées humides ou séchées, on peut utiliser presque n'importe quel poisson, à condition qu'il soit frais et qu'il n'ait pas subi une oxydation de ses lipides avant d'être traité. Dans le procédé de base, discuté par Cutting, Reay et Sherwan [57], le poisson est lavé, étêté, éviscéré et on en détache les filets qui sont seuls utilisés.

Les filets sont, soit cuits directement pendant 30 mn environ dans de la vapeur vive à la pression de 0,14 kg/cm² (2 lb/in²), soit hachés et cuits ensuite comme les filets entiers. Le poisson perd environ 20 à 40 % de son eau, ainsi que quelques éléments nutritifs, de même que, dans la production de farine, il perd de "l'eau gluante" ou des "solubles".

Le poisson cuit est refroidi puis haché (dans des hachoirs à trous de 0,12 cm) avant d'être chargé sur les plateaux de séchage à raison de 1 g/cm² (2 lb/ft²) pour former une couche granuleuse irrégulière. On évite à ce stade de comprimer le produit car ensuite il ne pourrait pas être bien reconstitué. Le séchage en paillettes est contre-indiqué pour la même raison.

Le séchage s'opère à une température variant entre 85 et 65° C, et l'humidité relative est contrôlée au début (température du thermomètre humide supérieure à 50° C) pour éviter l'altération bactérienne. La vitesse de l'air peut être très faible, de l'ordre de 3 m à 4,5 m par seconde. Le produit séché est mis en boîte sous azote. Sa durée de conservation en magasin varie entre plusieurs années à 10° C et quelques mois seulement à 37° C.

Ces méthodes ont une certaine ressemblance avec les systèmes moins mécanisés utilisés pour produire la farine de poisson [34]. Les principales différences sont l'importance du traitement initial et le soin

pris au cours du séchage pour éviter l'altération du produit et des températures trop élevées qui empêcheraient une bonne reconstitution.

Les producteurs de farine de poisson, pour leur part, utilisent souvent comme matière première du poisson de qualité inférieure. Le poisson blanc peut être séché directement à la flamme, sans cuisson préalable et, si les températures à l'entrée du tunnel sont élevées, on n'a pas de difficultés avec l'eau gluante. En général, cependant, on presse le poisson haché et cuit pour en extraire un peu d'eau — et aussi de l'huile que l'on récupère — et on le chauffe ensuite (jusqu'à une température d'environ 100° C à la sortie).

La perte de solubles dans les procédés de séchage à l'air chaud représente une perte considérable d'éléments nutritifs. Dans de nombreux procédés de fabrication de la farine de poisson, on évite cette perte, soit en réinjectant les solubles dans la farine en train de sécher, soit en les récupérant directement sous forme de solubles condensés.

Séchage au cylindre et séchage à la plaque de pression chaude

Un procédé de séchage au cylindre a été breveté dès 1922 [58], mais son application semble limitée. Cutting, Reay et Shewan [57] traitent de l'emploi du séchage au cylindre pour le hachis de poisson. La reconstitution du produit est bonne mais il est difficile d'obtenir des échantillons uniformes. Cependant, lorsqu'on goûte le produit, sa texture ressemble à celle du poisson qui vient d'être cuit et l'impression est plus agréable que celle que l'on ressent souvent avec d'autres produits; il serait donc souhaitable, semble-t-il, d'étudier plus attentivement les possibilités offertes par cette méthode.

Au Japon, on emploie, pour le calmar, une variante du séchage dans un corps gras: après un traitement initial, les rondelles de calmar sont séchées et frites sous pression entre des plaques chaudes.

Séchage dans l'huile grasse

Selon Sparre [34], l'utilisation, pour la production de farine de poisson, d'un système de déshydratation sous vide dans de l'huile chaude permet un transfert de chaleur excellent. Il souligne qu'il est difficile d'obtenir par pression une huile pure et un tourteau suffisamment débarrassé de graisse, et que le succès dépend de l'amélioration de la méthode d'extraction au solvant. Il existe un procédé breveté [59] de séchage des denrées alimentaires par chauffage dans de l'huile ou de la graisse, à 80° C et sous pression réduite, mais il ne semble pas que ce procédé soit utilisé industriellement. L'élimination de la graisse par essorage, centrifugation ou extraction au solvant a été proposée. La durée du séchage serait de l'ordre de 2 heures.

Extraction au solvant, extraction par voie humide [60]

Le procédé d'extraction par voie humide utilisé pour le séchage est à certains égards analogue à la déshydratation dans l'huile, mais en diffère cependant du fait que le solvant est ajouté directement au produit humide et que le mélange eau-solvant s'évapore sous forme d'azéotrope.

Dessiccation par sublimation et lyophilisation

La dessiccation par sublimation en tant que procédé industriel de conservation des denrées alimentaires représente un développement du procédé danois plus ancien "pressfish" [61]. Dans ce dernier procédé, le poisson était placé entre des plaques chauffantes dans une chambre à vide. Du fait que la pression de la vapeur d'eau dans le système dépassait toujours celle de la glace à la température la plus élevée à laquelle le poisson reste gelé (-1°C), le poisson n'était pas desséché par sublimation. Etant donné cependant les possibilités qu'offrait le procédé, l'usine expérimentale d'Aberdeen, appartenant au Ministère britannique de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation [53] s'efforça de le perfectionner, avec le concours de la Torry Research Station pour la recherche appliquée, et l'on parvint à obtenir des produits d'excellente qualité [voir par exemple 62—65].

Dans l'opération originale, on exerçait une pression sur le produit pendant le séchage, à l'aide de plaques chauffantes commandées hydrauliquement, en vue d'accroître la densité apparente. Cette méthode qui empêchait une bonne reconstitution du produit fut abandonnée. Pour que le transfert initial de chaleur soit uniforme, on pensa à introduire dans le séchoir des filets d'épaisseur uniforme et on mit au point des instruments de découpage appropriés. Cependant, on s'aperçut rapidement qu'il valait mieux sécher des tranches que des filets, parce que la vapeur d'eau circule plus rapidement dans le sens des fibres musculaires que perpendiculairement à elles. En outre, il est facile de découper le poisson gelé en tranches d'une épaisseur uniforme. Avec une épaisseur de 1,7 cm, la durée du séchage était de l'ordre de 11 heures.

Les temps de séchage ont pu être réduits d'environ 40% lorsqu'on s'est aperçu que la vitesse de dégagement de la vapeur provenant de l'interface plaque/poisson était le facteur limitatif. On est parvenu à réduire le temps de séchage en mettant des feuilles d'aluminium déployé entre la plaque et le poisson [66]. Le flux de chaleur était adéquat et la vapeur se dégageait beaucoup plus vite en passant par les trous du réseau formés par le métal déployé. En outre, la nouvelle méthode permettait de supprimer les effets de décongélation locale qui endommageait le poisson. De nouveaux perfectionnements ont été apportés à la plaque pour améliorer le flux de chaleur, mais certains d'entre eux ont une valeur commerciale limitée parce qu'ils entraînent des problèmes de nettoyage.

L'utilisation des techniques de lyophilisation n'a guère été rentable jusqu'ici que pour les produits chers, comme la crevette qui est souvent d'excellente qualité après reconstitution. On a obtenu de moins bons résultats, du point de vue économique, lorsqu'on a essayé d'appliquer ces techniques à des produits moins chers, comme les tranches de morue déshydratées.

Importance de la qualité pour la commercialisation du poisson séché et du poisson déshydraté

Certains "défauts" du poisson séché ou déshydraté sont considérés comme peu importants (ou même appréciés) par les consommateurs de certains pays, mais la ménagère préfère, en général, un produit séché de bonne apparence, sans odeur bizarre, et qui se reconstitue bien lorsqu'elle le prépare et le cuit.

Les décolorations (telles que les taches roses et brun foncé du poisson salé) sont dues à des micro-organismes. Leur apparition, de même qu'une sécrétion visqueuse recouvrant le poisson, peut être évitée si des précautions d'hygiène sont prises dans l'usine et si les poissons sont séchés et emballés dans les conditions voulues pour que la teneur en humidité reste faible. La réaction carbonyles-amines est la cause la plus fréquente des décolorations du poisson séché. Le carbonyle de ces réactions provient souvent des hexoses et pentoses libres ou des hexoses-phosphates et pentosiphosphates du muscle. Dans les espèces grasses, les produits de l'oxydation des lipides peuvent fournir du carbonyle.

Les réactions sucres-amines peuvent être supprimées au cours de leurs derniers stades par l'addition de sulfite, mais ces additions doivent être considérées comme indésirables du point de vue alimentaire. A l'heure actuelle, il semblerait que le lessivage à l'eau, avant le traitement, est la meilleure façon d'éviter ces réactions. Lorsque l'oxydation des lipides survient dans les produits bon marché, on ne peut guère avoir recours qu'aux antioxydants ou à l'extraction au solvant, à condition que ces méthodes ne soient pas toxiques et que leur coût ne soit pas prohibitif. Lorsque des réactions de ce genre ont lieu dans des produits plus raffinés, par exemple lorsqu'il y a co-oxydation du pigment caroténoïde de la crevette lyophilisée, on peut résoudre le problème en améliorant le conditionnement ou bien en lyophilisant le produit sous azote au lieu de le lyophiliser sous vide.

Le conditionnement des produits plus raffinés peut exiger un compromis entre des mesures opposées destinées à empêcher les différents types de réaction qui altèrent le produit. Par exemple, un degré très élevé de déshydratation a l'avantage d'empêcher la réaction sucres-amines, mais la présence d'un peu d'eau dans le produit confère des propriétés antioxydantes marquées.

S'agissant des produits déshydratés moins raffinés, les problèmes posés par l'acceptabilité et les pertes sont très différents. Dans certains pays en voie de développement d'Afrique de l'Est, par exemple, les insectes ne posent pas de problèmes sérieux, mais dans une région comme celle du lac Tchad, les pertes dues aux attaques d'insectes sont énormes. On sait qu'une préservation efficace du produit contre les bactéries, avant le séchage et au cours des premiers stades du séchage, peut réduire considérablement les attaques ultérieures, mais de nouvelles améliorations du conditionnement pourraient, sans aucun doute, contribuer à éviter les pertes de cette nature dans les poissons séchés bon marché.

La qualité après reconstitution est importante pour beaucoup de produits séchés. Elle dépend, en partie des réactions carbonyles-amines et il faut, par conséquent, veiller à ce que la teneur en cuivre du sel utilisé pour le traitement des produits ne soit pas trop élevée. Dans beaucoup de cas, cependant, il importe plus d'empêcher la "dénaturation" des protéines et les réactions d'agrégation, ce qui nécessite surtout une surveillance attentive de la température au degré d'humidité critique.

On admet en général que des températures trop élevées au cours du traitement peuvent endommager les protéines et réduire ainsi tant la valeur nutritive du produit que ses qualités organoleptiques, mais les avis sont plus partagés en ce qui concerne l'importance, pour la production et le stockage du poisson séché, des réactions analogues qui se produisent à des températures plus basses. Cependant, les considérations diététiques ont beaucoup d'importance pour l'exploitation rationnelle des ressources halieutiques. La valeur nutritive des produits destinés à l'alimentation humaine n'accroît peut-être pas directement leurs qualités marchandes, mais elle joue un rôle de plus en plus important dans la vente de la farine de poisson.

Fumage [67—74]

On ne peut traiter du séchage du poisson sans aborder la question du fumage puisqu'un fumage, même très léger, pratiqué au cours du séchage, joue un rôle clef dans le processus, surtout en surface. Plus généralement, l'élimination d'eau due au salage et au saumurage ainsi que la déposition de fumée contribuent, chacune pour sa part, à la conservation du produit.

Pour fumer le poisson, on le fait sécher déjà salé en présence d'un système complexe de gaz et de particules. Le degré de salage varie suivant les qualités de conservation désirées. Le poisson fumé très salé se vend moins bien qu'autrefois dans les pays occidentaux, mais il trouve encore des débouchés dans les pays pauvres en moyens de transport et de réfrigération.

Grâce aux recherches très poussées effectuées au sujet des propriétés physiques et chimiques de la fumée de bois et à certains excellents travaux

de mise au point, on a pu améliorer la construction des fours. Dans beaucoup de pays, cependant, les méthodes de fumage n'ont guère changé depuis des siècles. On trouve, encore souvent, des feux à découvert ou des cheminées rudimentaires.

On admet généralement dans les pays occidentaux que pour produire le poisson fumé de bonne qualité demandé par les consommateurs, il faut utiliser du poisson frais, manipulé avec précaution, mais dans beaucoup de pays africains, il est d'usage courant de fumer du poisson un peu gâté pour éviter une perte totale et le produit se vend facilement. Le goût du poisson sec fumé peut donc beaucoup varier. Les méthodes de préparation sont très diverses elles-aussi, mais les poissons sont généralement fendus avant d'être salés et fumés. Le salage se fait, soit avec de la saumure, soit avec du sel sec, comme on l'a dit plus haut.

Les méthodes de fumage peuvent être divisées en deux catégories: fumage à chaud et fumage à froid. Dans le traitement des produits fumés à froid comme les "kippers", les températures ne dépassent pas 30° C, alors qu'elles peuvent atteindre et même dépasser 100° C pour les produits fumés à chaud comme les Kieler Sprotten (sprats de Kiel). La chair des produits fumés à chaud est cuite tandis que celle des produits fumés à froid demeure à peu près crue. La perte d'humidité varie suivant le produit. Les kippers perdent, en général, 15 à 20% de leur humidité pendant le fumage, mais les produits fumés à chaud sont séchés avant le fumage, à une température plus basse, afin de réduire de 20% leur teneur en humidité. Cela les empêche de trop se ramollir, ensuite au cours de la cuisson dans le four.

Le fumage se fait dans un four, les poissons étant soit suspendus à des dispositifs fixes, soit placés sur un chariot. Le bois utilisé varie suivant l'espèce du poisson. En général, cependant, le goût des produits dépend plus de la quantité de fumée que de la nature du bois. On a mis au point un certain nombre de systèmes automatiques ou semi-automatiques pour produire la fumée.

Les deux types de fours les plus utilisés sont le four à cheminée et le four mécanique. La conception des fours du premier type varie beaucoup et c'est tout un art que de les faire fonctionner, car il est difficile de contrôler la circulation de l'air, la température et l'humidité. Les poissons sont retournés à plusieurs reprises dans le four afin qu'ils sèchent autant que possible de façon uniforme.

Beaucoup de producteurs de poissons fumés utilisent des fours mécaniques qui contrôlent automatiquement les principales variables: quantité de fumée, température, flux d'air et humidité. Le séchage se fait généralement par lots, mais des systèmes d'alimentation continue des fours ont cependant été essayés. Parfois les poissons sont plongés dans des bains de fumée concentrée et séchés ensuite selon la méthode classique.

La commercialisation des produits fumés à froid peut poser des problèmes. En effet, la fumée et le sel n'assurent qu'une protection limitée et le poisson peut être recontaminé rapidement en présence d'une flore microbienne. La glace ne pouvant évidemment pas être employée comme moyen de conservation, reste la réfrigération. Le poisson fumé peut, si besoin est, être conservé dans des chambres froides mais, dans les pays qui ne disposent pas d'une chaîne d'installations frigorifiques appropriées, on préfère continuer à employer les techniques traditionnelles de fumage à chaud, en les modifiant suivant les besoins.

REFERENCES

1. JUL, M. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 4, p. 437. BORGSTROM, G.: Academic Press, New York et Londres.
2. JONES, N. R. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation de poisson*, Madrid, 1967 (document TFI 67/R/3).
3. RANKEN, M. B. F. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation de poisson*, Madrid, 1967 (document TFI 67/R/12).
4. MERRITT, J. H. (1969), *Refrigeration on Fishing Vessels*, Fishing News (Books) Ltd., Londres.
5. CHUPAKHIN, V. et DORMENKO, V. (sans date), *Fish Processing Equipment*, éditions MIR, Moscou.
6. VILLIERS, A. (1951), *The Quest of the Schooner Argus*, Scribner, New York.
7. HEEN, E. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967 (document TFI/67/R/5).
8. JONES, N. R. (1965), *Congrès sur la technologie du poisson tenu par l'Organisation de coopération et de développement économiques*, Scheveningen, 1964.
9. MERRITT, J. H. (1966), dans *Fish Quality at Sea*, p. 24, Grampian Press, Londres.
10. ROACH, S. W., HARRISON, J. S. M., TARR, H. L. A., MACCALUM, W. A., CHAN, M. S. et LANZ, A. W. (1961), *Fisheries Research Board of Canada. Bulletin n° 126*.
11. PETERS, J. A., SLAVIN, J. W., CARLSON, C. J. et BAKER, D. W. (1965) *Congrès sur le technologie du poisson tenu par l'Organisation de coopération et de développement économiques*, Scheveningen, 1964.
12. JONES, N. R. (1966), dans *Fish Quality at Sea*, p. 81, Grampian Press, Londres.
13. *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967. Rapport de R. KREUZER, Ed. (1969) dans *Freezing and Irradiation of Fish*, Fishing News (Books) Ltd., Londres.

14. Rapport de la Réunion d'experts organisée par l'ONUDI sur les méthodes scientifiques pour résoudre les problèmes de conservation et de réfrigération des produits alimentaires dans les pays en voie de développement, Vienne, 1969 (document polycopié).
15. *Fish Quality at Sea*, Grampian Press, Londres 1965.
16. BREYER, F., WAGNER, R. C. et SELIBER, J. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967 (document TFI/67/0/28).
17. RASMUSEN, C. L. (1969), dans *Freezing and Irradiation of Fish*, p. 233, Fishing News (Books) Ltd., Londres.
18. MERRITT, J. H. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967 (document TFI/61/R/4).
19. CREPEY, J. R. et MAIREY (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967 (document TFI/67/0/39).
20. MACCALLUM, W. A. et SEPIC, K. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967 (document TFI/67/R/2).
21. VOSKRESENSKY, N. A. (1965), dans *Fish as Food*, Vol. 3, p. 107. Edit. by Borgstrom, G.: Academic Press, Londres et New York.
22. JONES, N. R. (1969), "Fish Preservation", Réunion d'experts organisée par l'ONUDI sur les méthodes scientifiques pour résoudre les problèmes de conservation et de réfrigération des produits alimentaires dans les pays en voie de développement, Vienne 1969 (ID/WG. 28/7) (polycopié).
23. VAN VEEN, A. G. (1962), dans *Advances in Food Research* (New York) (publication paraissant à intervalles irréguliers), 209.
24. VAN VEEN, A. G. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 3, p. 227. Edit. Borgstrom, G.: Academic Press, Londres et New York.
25. HAMM, W. S. et CLAGUE, J. A. (1950), *US Fish and Wildlife Service. Research Report No. 24*.
26. UYENCO, V., RODRIGUEZ, P. et TARUC, R. (1953), dans *Philippines Journal of Fisheries*, 2, 85.
27. MARTIN, C. et SILIT, J. (1952), *Proceedings of the FAO Indo-Pacific Fisheries Council*, Quezon City, Philippines, 11, 258.
28. MARTIN, C. et SILIT, J. (1955), dans *Philippines Journal of Fisheries*, 3, 39.
29. WESTENBERG, J. (1941), dans *Inst. Sea Fisheries Batavia Comm.*, 6, 16.
30. ROSE, E. (1918), dans *Bull. écon. Indochine* (Saïgon), 20, 155.
31. LAFONT, R. (1950), dans *Bull. écon. Indochine* (Saïgon), 53, 259.
32. TRUONG TAN QUAN (1951), dans *Industria Conservera* (Vigo, Espagne), 17, 149.
33. NGO BA THANK (1957), *Pacific Science Association. Ninth Congress. Proceedings*, 5, 139.
34. SPARKE, T. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 3, p. 411. Edit. by Borgstrom, G.: Academic Press, Londres et New York.

35. OKADA, M. (1967), *Conférence technique de la FAO sur la congélation et l'irradiation du poisson*, Madrid, 1967 (document TFI/67/0/14).
36. IKEUCHI, T. et SHIMIZU, W. (1963), dans *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* (Tokyo), 29, 151, 157, 258.
37. MIOITA, M. et OKADA, M. (1963), dans *Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory* (Tokyo), 36, 21.
38. AMANO, K. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 3, p. 265. Edit. by Borgstrom, G.: Academic Press, New York et Londres.
39. YOKOSEKI, M. (1957), dans *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* (Tokyo), 23, 539.
40. YOKOSEKI, M. (1959), dans *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* (Tokyo), 25, 581.
41. SHIMIZU, Y., SHIMIZU, W. et IKEUCHI, T. (1954), dans *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* (Tokyo), 20, 209.
42. AMANO, K. et UCHIYAMA, H. (1963), communication présentée à la Réunion annuelle de la Japanese Society of Scientific Fisheries, 1963. Cité par K. Amano.
43. VAN KLAVEREN, F. W. et LEGENDRE, R. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 3, p. 133. Edit. by Borgstrom, G.: Academic Press, New York et Londres.
44. JARVIS, N. D. (1950), *US Fish and Wildlife Service. Report No. 18*.
45. COLE, R. C. et GREENWOOD-BARTON, L. H. (1965), dans *Tropical Science* (Londres), 7, 165.
46. CUTTING, C. L. (1955), *Fish Saving: a History of Fish Processing from Ancient to Modern Times*, Leonard Hill, Londres.
47. MURATA, K. et OHOISHI, K. (1953), dans *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* (Tokyo), 19, 579.
48. RULEV, I. E. (1958), dans *Rybnoe Khoziaistvo* (Moscou), 34, (8), 65.
49. ARNESEN, G. (1954), dans *Aegir* (Reykjavik, Islande), 47 (6), 98.
50. FOUGÈRE, H. (1952), *Fisheries Research Board of Canada, Report, Atlantic Coast Station*, 52, 15.
51. LEGENDRE, R. J. (1958), dans *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 15, 543.
52. JASON, A. C. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 3, p. 1. Edit. by Borgstrom, G.: Academic Press, New York et Londres.
53. HANSON, S. W. F. (1961), *The Accelerated Freeze Drying (AFD) Method of Food Reservation*, H. M. Stationery Office, Londres.
54. MARUCHI, T. et HINO, Y. (1957), dans *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* (Tokyo), 23, 320.
55. LINTON, E. P. et WOOD, A. L. (1945), dans *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 6, 380.
56. TRESSLER, D. K., dans *Marine Products of Commerce*, p. 374. Edit. by TRESSLER, D. K., Chemical Catalog Co., New York.
57. CUTTING, C. L., REAY, G. A. et SHEWAN, J. M. (1956), *Dehydration of Fish. Department of Scientific and Industrial Research: Special Report No. 62*, H. M. Stationery Office, Londres.

58. TOWNSEND, C. S. (1922), Improvements relating to fish foods, British Patent No. 197, 729, Londres.
59. PLATT, B. S. et HEARD, C. R. C., Improvements in and relating to the treatment for preservation and storage of vegetable and other edible material, British Patent No. 528, 611, Londres.
60. LOVERN, J. A. (1966), dans *Advances in Chemistry*, 57, 37.
61. HAY, J. M. (1955), dans *J. Sci. Fd. Agri.*, 6, 433.
62. CONNELL, J. J. (1959), dans *Fundamental Aspects of the Dehydration of Foodstuffs*, p. 167, Soc. Chem. Ind., Londres.
63. JASON, A. C. (1959), dans *Fundamental Aspects of the Dehydration of Foodstuffs*, p. 203, Soc. Chem. Ind., Londres.
64. JONES, N. R., *Non-enzymic Browning Reactions in Foods*, p. 170, C. R. Comm. Tech. Sucrierie, Londres.
65. JONES, N. R. (1954), dans *Nature* (Londres), 174, 605.
66. DALGLEISH, J. H. et THOMPSON, H. P., Provisional British Patent No. 27044/58.
67. CUTTING, C. L. (1965), dans *Fish as Food*, vol. 3, p. 55. Edit. by Borgstrom, G.: Academic Press, New York et Londres.
68. CUTTING, C. L., "The Torry Research Station Controlled Fish Smoking Kiln", *Food Investigation Leaflet No. 10*, Department of Scientific and Industrial Research, Londres.
69. ANDERSON, C. L. et PETERSON, R. K. (1948), dans *Marine Products of Commerce*, 2nd ed., p. 394. Edit. by Tressler, D. K. and Lemon, J. M.: Reinhold, New York.
70. BRAMSAES, F. et PETERSON, H. (1953), *The Technology of Herring Utilisation*, p. 266. Edit. by Jul, M. and Kondrup, M.: Greig, Bergen.
71. LINTON, E. P. et WOOD, A. L. (1944), *Fisheries Research Board of Canada. Progress Reports. Atlantic Coast Stations*, 34, 10.
72. NICOL, D. L. (1957), Improvements in and relating to the production of smoke, British Patent No. 781, 591, Londres.
73. SHEWAN, J. M. (1949), dans *Chemistry and Industry* (Londres), 501.
74. TILGNER, D. J., dans *Food Manufacture*, 32, 365.

7. DESCRIPTION D'USINES DE CPP EN SERVICE*

Deux procédés de fabrication des CPP ont été approuvés par la Food and Drug Administration des Etats-Unis, l'un utilise un seul solvant et l'autre deux solvants. Les deux usines qui produisent actuellement des CPP aux Etats-Unis emploient le procédé VioBin à deux solvants. Ces deux usines sont l'Alpine Marine Protein Industries, Inc., New Bedford, Massachusetts, avec une capacité de traitement de plus de 100 tonnes de poisson entier non desséché par jour, et la Cape Flattery Company, Neah Bay, Washington, avec une capacité de traitement de 180 tonnes de poisson entier non desséché par jour.

L'usine de New Bedford produit actuellement des CPP en exécution d'un contrat passé avec la United States Agency for International Development (US/AID). L'usine de Cape Flattery a un contrat à long terme pour la production d'un supplément de haute valeur biologique pour l'alimentation animale. Le procédé utilisé par ces deux usines pour éliminer l'eau contenue dans le poisson est la distillation azéotrope dans le dichlorure d'éthylène. Le seul inconvénient, à New Bedford comme à Cape Flattery, est l'approvisionnement limité en poisson (merlu).

Le procédé de base combine l'extraction au solvant et la distillation azéotrope en vue d'éliminer l'huile et l'eau des tissus protéiques du poisson. Le solvant est le dichlorure d'éthylène. L'extraction et la distillation se produisent à une température de 71°C et ne détruisent donc pas les acides aminés de haute qualité de la protéine animale. Le rendement est beaucoup plus élevé que celui des méthodes classiques de réduction du poisson parce qu'il n'y a pas de perte de protéines solubles dans l'eau. La valeur biologique est plus grande lorsque ces facteurs, auxquels on donne le nom générique de "facteurs de croissance non identifiés", sont conservés.

On a récemment établi une comparaison entre un procédé à un seul solvant exigeant cinq phases d'extraction et le procédé VioBin qui utilise le dichlorure d'éthylène dans la première phase, puis l'alcool isopropylique à 91% pour une extraction en trois phases. Le rendement du procédé VioBin est plus élevé: 3,56 tonnes de CPP de plus par jour pour une usine traitant 200 tonnes de poisson (hareng dans le cas étudié) par jour.

* Communication présentée par M. James S. Tolin, président de la Marine Protein, Inc., Panorama City, Californie (Etats-Unis).

A 30 cents la livre, cela représente 427 200 dollars des Etats-Unis par an, lorsque l'année comprend 200 jours ouvrables. La perte plus grande constatée avec le procédé à un seul solvant est due surtout au fait que certaines protéines se dissolvent dans l'alcool dilué pendant les phases 1 et 2 de l'extraction.

L'extracteur est le principal récipient utilisé dans le système VioBin et il maintient la température requise pour faire bouillir le poisson dans un solvant non miscible à l'eau et séparer ainsi les liquides des protéines. A cette température, la vapeur d'eau se dégage des tissus du poisson en formant avec la vapeur du solvant un azéotrope hétérogène. (Au point d'ébullition de l'azéotrope, la somme des pressions de la vapeur d'eau et de la vapeur de solvant est égale à la pression totale, c'est-à-dire à une atmosphère.) Cette opération sépare l'eau de l'huile non volatile de poisson d'une façon si efficace qu'aucune émulsion eau-huile ne se forme. (L'extraction de l'huile de poisson d'une émulsion eau-alcool-huile de poisson est une opération coûteuse.) Le liquide restant, appelé miscella, est une solution de solvant et d'huile. Pour récupérer le solvant contenu dans le miscella, on le sépare de l'huile d'abord par évaporation et filtration puis en injectant de la vapeur pour entraîner l'huile. La perte de solvant est inférieure à 1 % en poids. Le résidu d'huile a une valeur importante.

A mesure que l'extracteur primaire élimine l'eau et l'huile, la densité des substances solides du poisson s'accroît. Les solides protéiques tombent au fond du récipient lorsque leur poids spécifique dépasse celui du dichlorure d'éthylène et sont ensuite amenés dans un laveur à barbotage où ils entrent en contact avec du solvant frais. Après ce lavage, la farine imbibée de dichlorure d'éthylène est amenée dans des dessiccateurs rotatifs sous vide, à chemise de vapeur, dans lesquels le dichlorure d'éthylène adhérent à la farine de poisson ou absorbé par elle est éliminé par évaporation et par plusieurs purges de vapeur. (A ce stade, le produit contient 300 à 500 ppm de dichlorure d'éthylène.) Le CPP est ensuite moulu, puis, soit passé au tamis et entreposé, soit, si l'opération comporte une deuxième phase, amené à l'unité d'extraction à l'alcool isopropylique pour une désodorisation plus poussée qui le rend conforme aux spécifications fixées par la Food and Drug Administration des Etats-Unis.

Les vapeurs de solvant (vapeurs de dichlorure d'éthylène et d'eau) qui sortent de l'extracteur au cours de la première phase du processus et celles qui sortent ensuite des évaporateurs et des dessiccateurs sont condensées et amenées dans un décanteur qui élimine l'eau et recycle le solvant pour qu'il puisse être réemployé. Les vapeurs qui s'échappent de la pompe à vide et de différents récipients utilisés au cours du processus sont amenées dans une installation spéciale qui permet de récupérer de faibles quantités supplémentaires de solvant, qui auraient été perdues autrement.

La seconde phase du procédé, c'est-à-dire l'extraction à l'alcool isopropylique, est très semblable à celle utilisée à l'usine d'Agadir. L'unité d'extraction à l'alcool de l'usine de New Bedford combine le CPP produit au cours de la première phase avec un solvant composé d'alcool isopropylique et d'eau, afin d'éliminer plus complètement les substances sapides et aromatiques. Le CPP est entraîné de compartiment en compartiment, à contre-courant du solvant. Le solvant est éliminé à peu près de la même façon que pendant la première phase. Deux séparateurs de solvant sont utilisés pour le séchage; pendant qu'une unité fonctionne, l'autre accumule les solides essorés qui arrivent continuellement de l'unité d'extraction.

Comme dans la première phase, l'alcool et une certaine quantité de dichlorure d'éthylène sont récupérés grâce au système spécial de récupération des solvants. Le coût du traitement à l'alcool isopropylique de la farine primaire varie entre trois et quatre cents par livre.

Le procédé VioBin, et notamment l'extraction en continu des lipides et de l'eau des tissus humides, est basé sur les principes suivants:

Beaucoup de substances, d'origine animale en particulier, contiennent une proportion élevée d'eau, sous forme de fluide intercellulaire ou intracellulaire. Si la teneur en humidité des tissus dépasse 20%, il est très difficile ou même impossible d'utiliser un solvant non miscible avec l'eau pour débarrasser les tissus de leur graisse.

Un mélange azéotropique a la propriété de bouillir à une température plus basse que la température d'ébullition du liquide constituant qui bout le plus bas.

Le solvant et l'eau doivent former un azéotrope qui éliminera une quantité d'eau importante par rapport à la quantité de solvant distillé à la température de l'opération. Parmi les solvants de ce type, le plus employé est le dichlorure d'éthylène. A la pression atmosphérique normale, il bout à 83,5° C; le mélange azéotropique d'eau et de dichlorure d'éthylène bout à 70,5° C.

Normalement, le solvant ne doit pas réagir avec les constituants du tissu et il doit pouvoir être éliminé du CPP par évaporation, sans laisser de résidus nuisibles ou toxiques.

Pour pouvoir être vendus aux Etats-Unis et sur les marchés subventionnés par l'US/AID, les CPP doivent être fabriqués suivant un procédé approuvé par la Food and Drug Administration. L'expérience montre que de tous les procédés de fabrication des CPP utilisés à l'heure actuelle, le procédé VioBin est le mieux adapté à une production à grande échelle.

Le procédé VioBin, mis au point en 1958, a été continuellement perfectionné depuis, mais c'est seulement en 1967 qu'il est passé du stade du laboratoire à celui d'une usine ayant une capacité suffisante pour que la production soit rentable. Il est maintenant démontré que l'on peut produire sur une grande échelle des concentrés protéiques de poisson en

partant du poisson entier humide et en utilisant au mieux différents solvants.

Des travaux très importants ont été effectués par Marine Protein, Inc. pour définir les caractéristiques d'une usine installée sur la côte et d'un bateau-usine complémentaire pouvant traiter 200 tonnes par jour de poisson cru. Ces installations sont conçues pour un procédé à deux solvants, mais elles auraient pu l'être pour un procédé à un seul solvant, si ce type de procédé était suffisamment au point.

Le bateau-usine a de nombreux avantages. Les plus importants sont le nombre plus élevé de journées de production au cours d'une année et le fait qu'il est moins coûteux de débarquer le poisson sur un bateau, que de l'amener à une installation fixe à terre. Cependant, pour pouvoir comparer les avantages du bateau-usine et de l'installation à terre, il faudrait effectuer une étude de faisabilité comportant une analyse détaillée d'une série de facteurs tels que la localisation, l'approvisionnement en poisson, le procédé utilisé, les ressources en main-d'œuvre et le transport. Cette étude permettrait de déterminer quelles sont les conditions optimales pour le cas considéré.

8. DESCRIPTION DE L'USINE PILOTE DU UNITED STATES BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES*

L'usine, qui sera construite à Aberdeen, Washington, doit faire la preuve qu'il est possible de fabriquer du CPP sur une échelle quasi commerciale en utilisant le procédé d'extraction à l'alcool isopropylique et fournir des données sur les coûts et techniques. Le contractant, Ocean Harvesters de Los Angeles, Californie, représente deux firmes: SWCO, chargée d'établir les plans de l'usine et de la construire, et Star Kist Foods, qui en assurera le fonctionnement.

L'usine aura une capacité de 50 tonnes courtes (45,35 tonnes) de poisson cru par journée de 24 heures, soit environ deux tonnes courtes (1 814 kg) de poisson à l'heure. Sa production journalière sera d'environ 7,5 à huit tonnes courtes (6 800 à 7 250 kg) de CPP.

Le dispositif d'extraction sera du type à étages à contre-courant et en continu. La durée moyenne de contact à chaque étage sera de 15 minutes et, entre chaque étage, le miscella et les solides seront séparés à l'aide d'un tamis vibrant SWECO. Une presse à vis éliminera les matières solides de l'excédent de miscellas.

Le dispositif de récupération du solvant consiste en une seule colonne de distillation, où se sépare, en haut, l'alcool azéotropique et d'où s'échappent, par le bas, l'huile, les solubles et l'eau. Il a été vérifié soigneusement et le solvant peut être récupéré et recyclé. Le CPP humide est séché, débarrassé du solvant, moulu et emballé de la même manière qu'à l'usine d'Agadir. Les plans de l'usine d'Aberdeen sont achevés, les travaux d'excavation devaient débiter le 8 décembre 1969 et la date de démarrage avait été fixée provisoirement au 1er août 1970.

* Communication présentée à la réunion par M. George M. Knobl, Jr., directeur intérimaire de la recherche, National Centre for Fish-Protein Concentrate, Bureau of Commercial Fisheries, Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, College Park, Md. (Etats-Unis d'Amérique).

9. PRODUCTION, EN NORVÈGE, DE FARINE DE POISSON A BASSE TENEUR EN GRAISSE*

La pêche d'une année ayant été excédentaire en Norvège en raison de l'insuffisance des installations de traitement du poisson, les fabricants de farine de poisson élaborèrent un plan visant à utiliser les excédents pour fabriquer de la farine de poisson. Ils mirent au point le procédé Pescamino, en s'inspirant des connaissances de M. Eric Hayne et de l'expérience des producteurs suédois.

Le dégraissage des harengs et des maquereaux posait un problème préliminaire, car il est difficile de fabriquer par cuisson et pression de ces poissons une farine dont la teneur en graisse soit inférieure à 7 ou 8%. Le problème de l'élaboration d'un procédé d'extraction homogène a été résolu en modifiant le procédé industriel Lurgi pour combiner les procédés utilisés pour le soja et le son de riz. Cette méthode consiste à pré-conditionner la farine, à y rajouter de l'humidité et à la transformer en granules ayant la consistance voulue, que l'on fait passer, à contre-courant, dans un dispositif d'extraction à l'hexane. On utilise un système de séchage à la vapeur, avec d'aques rotatifs, pour le traitement de la farine de poisson classique, et le produit consiste, en partie, de farine fabriquée directement à partir du maquereau ou du hareng frais et, en partie, de farine stockée pendant trois mois au maximum.

L'usine utilisant le procédé Pescamino a été mise en service en mai 1969. D'après l'analyse Soxhlet, la farine de poisson contient 80,8% de protéines, 8% d'humidité, 10,5% de cendre et 0,3% de graisse, ainsi que 1,3% de sel et 0,19% d'ammoniac. Les autres facteurs sont normaux pour la farine de poisson. Aucun élément n'est détruit en cours d'extraction et, une grande partie de la graisse ayant été enlevée, la saveur du produit est acceptable, même pour la consommation humaine.

Pour les premiers mois de production, le coût moyen par tonne de produit extrait a été de 18 dollars des États-Unis, compte tenu des coûts de transport de la vapeur depuis une fabrique voisine de farine de poisson, de l'énergie électrique, de l'emballage, des salaires, de l'entretien, etc. L'investissement initial pour la construction et l'équipement de l'usine a été de 350 000 dollars.

* Communication présentée à la réunion par M. Gerdt Løvold, directeur, Pescamino Ltd. A/S, Oslo (Norvège).

L'usine, qui fonctionne sur une base strictement commerciale, produit 50 tonnes de farine de poisson par jour, soit de 1 000 à 2 000 tonnes par mois, destinées à la vente par contrat. Le produit, qui est vendu trois cents par livre de plus que le prix normal de la farine de poisson, a deux principaux débouchés: pour l'alimentation des animaux d'appartement et comme succédané du lait dans l'alimentation des veaux. Pour la production destinée à ces marchés, l'usine travaille en coopération avec une société suédoise (Lactomeen), qui possède un grand laboratoire pour les opérations de mélange. Le produit a également été vendu en grandes quantités au Royaume-Uni sous forme d'aliment pour les cochonnets et au Danemark pour l'alimentation des saumoneaux.

Un obstacle à la mise au point de farine de poisson pour l'alimentation humaine en Norvège tient aux conditions hygiéniques insuffisantes de certains procédés de fabrication de la farine. La rareté des matières premières pose un autre problème; on s'est efforcé de le résoudre avec des usines flottantes. Mais l'expérience de l'usine Astra a montré que si elles conviennent à la production de farine de poisson, elles ne se prêtent pas aux opérations d'extraction, notamment à cause du mouvement de la mer.

La société Pescamino emploie un cargo de ligne, équipé du matériel le plus moderne pour la fabrication de la farine de poisson. Après avoir été débarquée, celle-ci est soit vendue directement, soit utilisée pour l'extraction. Dans le cadre de ses activités subsidiaires, la société se propose de mettre au point un produit plus élaboré, propre à la consommation humaine.

10. LE PROCÉDE HALIFAX A L'ISOPROPANOL POUR LA FABRICATION DE CPP*

Le laboratoire de Halifax a commencé, au début de 1950, la mise au point d'un concentré de protéine de poisson dégraissé et désodorisé, propre à la consommation humaine. Deux méthodes ont été étudiées: l'hydrolyse enzymatique et l'extraction par solvant. Il ne sera pas question ici des recherches sur l'hydrolyse enzymatique.

L'étude de l'extraction par solvant du concentré de protéine de poisson s'est concentrée sur l'emploi de l'isopropanol. Des études antérieures avaient établi l'efficacité de ce solvant pour l'extraction des œufs de poisson. Etant donné les caractéristiques, le choix de ce solvant s'impose pour extraire du poisson la graisse, les substances solubles dans l'eau et l'eau. Il est relativement non toxique pour les humains et ne se combine pas avec les éléments du poisson pour former des composés toxiques. L'isopropanol est facile à se procurer à un prix relativement bas; il est de manipulation aisée et n'exerce aucun effet corrosif sur le matériel, et les mesures gouvernementales restreignant son utilisation commerciale sont peu nombreuses.

La recherche a porté sur l'extraction de déchets de filets, en vue de fabriquer un produit insipide et inodore. M. Guttman décrit le procédé qui est essentiellement le même que le procédé décrit dans le rapport intérimaire n° 17, reproduit en 1957 dans le rapport annuel du laboratoire, pour la période 1955—1956. Le procédé en était alors encore au stade expérimental.

Le procédé Guttman-Vandenheuvel-Gunnarsson a été adapté en vue de son application à l'échelle pilote en 1958 et, pendant les deux années suivantes, il a été étudié de manière approfondie. Ses caractéristiques essentielles sont énumérées ci-dessous:

- 1) Lavage de la matière première, rejet des têtes;
- 2) Broyage à $1/4$ de pouce ou moins;
- 3) Addition de deux parties (en poids) d'eau, pH 5,5 H_3PO_4 ;
- 4) Chauffage à $76^\circ C$ agiter 30 minutes;

* Communication présentée à la réunion par M. David R. Idler, directeur de la recherche (pour la région de l'Atlantique), Fisheries Research Board of Canada, Halifax, Nouvelle-Ecosse (Canada).

- 5) Filtrage. Lavage à l'eau chaude;
- 6) Addition d'isopropanol (AIP) à concurrence de 70 %;
- 7) Lavage avec 86 % d'AIP;
- 8) Répétition de l'opération 6;
- 9) Répétition de l'opération 7;
- 10) Séchage du tourteau;
- 11) Tamisage: CPP, substance intermédiaire, arêtes;
- 12) Broyage et tamisage (tamis de $\frac{1}{32}$ de pouce).

La couleur des lots de CPP (figure 1) était extrêmement variable. Ce phénomène tient peut-être aux changements saisonniers qui affectent une espèce donnée (figure 2).

On se heurte à une grande difficulté en filtrant ou en centrifugeant la masse gélatineuse qui se forme quand on ajoute de l'eau et de l'acide au poisson broyé. Gunnarsson avait prévu ce problème, mais pensait que la centrifugation permettrait de le résoudre. Certains lots étaient satisfaisants, mais d'autres avaient une odeur de poisson, du fait sans doute d'un lavage insuffisant; le traitement d'autres lots a dû être arrêté quand le tourteau obtenu par centrifugation devint complètement imperméable à l'eau.

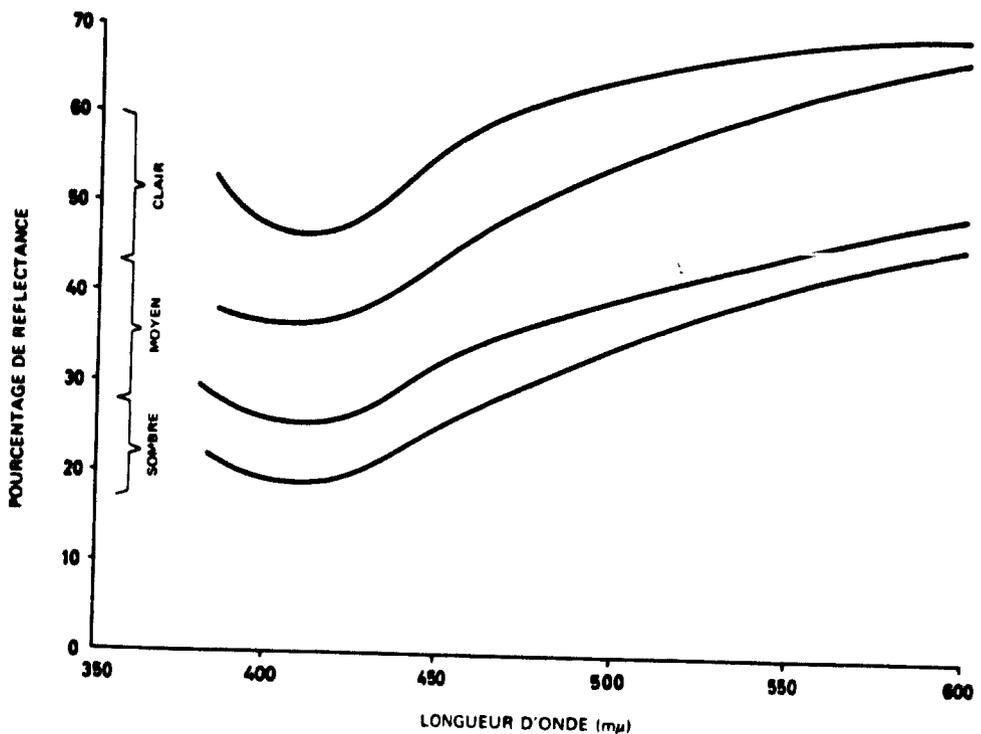


Figure 1. Courbes typiques de réflectance, indiquant la couleur des divers échantillons de concentrés de protéines de poisson

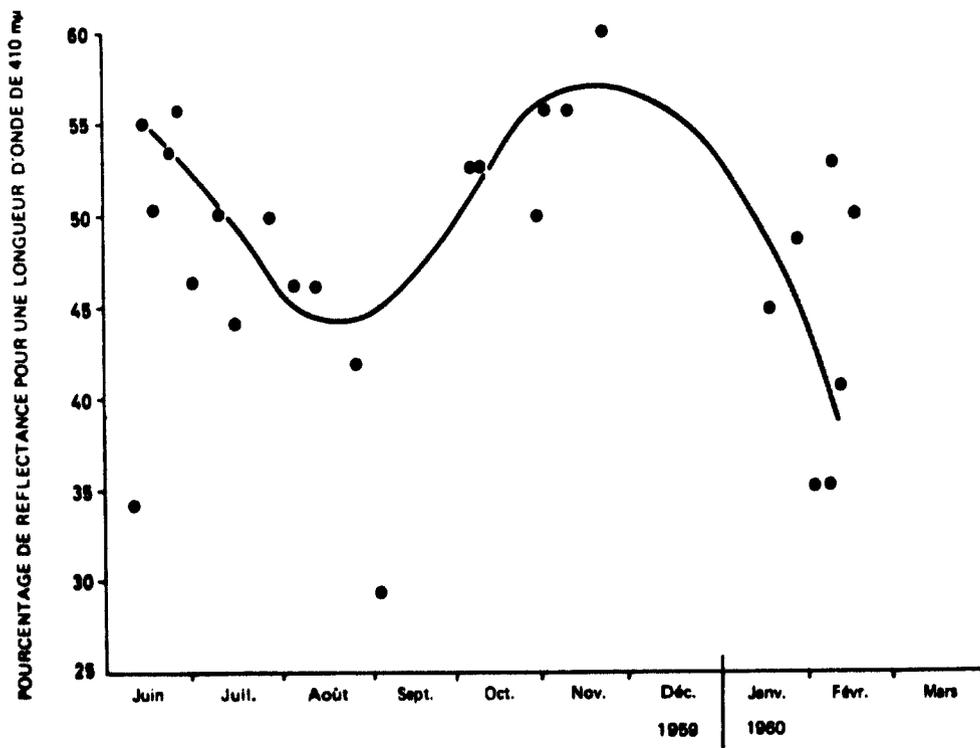


Figure 2. Variation de couleur du concentré de protéines de poisson suivant le mois de la prise

Diverses modifications du procédé ont été envisagées. Cependant, malgré les faiblesses du procédé, une quantité assez importante de CPP de qualité supérieure a été fabriquée et distribuée au cours de cette période.

L'extraction à l'eau a été initialement employée afin d'éliminer les matières solubles dans l'eau avant l'extraction des lipides à l'isopropanol. Au cours d'une autre expérience, on a étudié la protéine de muscle de morue, exempte autant que possible d'autres composants, en utilisant divers mélanges d'isopropanol et d'eau pour l'extraction de la graisse, des substances solubles dans l'eau et de la protéine (figure 3). Cette expérience a montré que l'isopropanol, contenant au moins de 15 à 20 % d'eau, permet d'extraire de manière satisfaisante les substances solubles dans l'eau. La graisse a été extraite dans des conditions optimales quand l'isopropanol contenait de 20 à 30 % d'eau. Pour extraire les protéines, la teneur en eau devait dépasser 20 % et les quantités extraites étaient très faibles pour une teneur en eau de 25 à 30 %.

La solution des problèmes posés par l'extraction à l'eau était dès lors évidente et les opérations d'extraction furent désormais effectuées avec 70 % d'isopropanol. Cette opération produisit une masse poreuse ressemblant à un mélange de fine sciure et d'eau; de cette manière, les

problèmes liés à la centrifugation et aux diverses odeurs de poisson étaient entièrement résolus. On pouvait également conserver la matière première, qui jusqu'alors s'abimait facilement.

Le procédé amélioré Power-Dumbergers pour la préparation de CPP à partir de morues et d'espèces voisines est décrit comme suit dans le *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, vol. 19: pages 1039 à 1045, 1962:

Premier stade: Des filets de morue frais (ou d'autres poissons), dont on a enlevé la peau sont broyés à une dimension de $\frac{1}{4}$ de pouce dans un hache-viande de 1,5 ch (voir figure 4). On ajoute une quantité suffisante d'isopropanol à 99% pour obtenir un mélange contenant 70% d'isopropanol et 30% d'eau, en utilisant l'eau déjà contenue dans le muscle. Cette opération exige environ 19 gallons impériaux d'isopropanol à 99% par 100 livres de filets. Le mélange est remué dans une cuve en acier inoxydable pendant 15 minutes, au cours desquelles on ajoute 20% d'acide phosphorique, pour amener le pH à 5,5. Cette opération permet d'hydrolyser partiellement le tissu conjonctif, ce qui rend le collagène et la gélatine plus solubles. La chair du filet est déshydratée et légèrement dénaturée par l'alcool. Sa texture passe de l'état de pâte molle à celui de particules granulaires, ce qui permet d'utiliser un comminuteur à grande

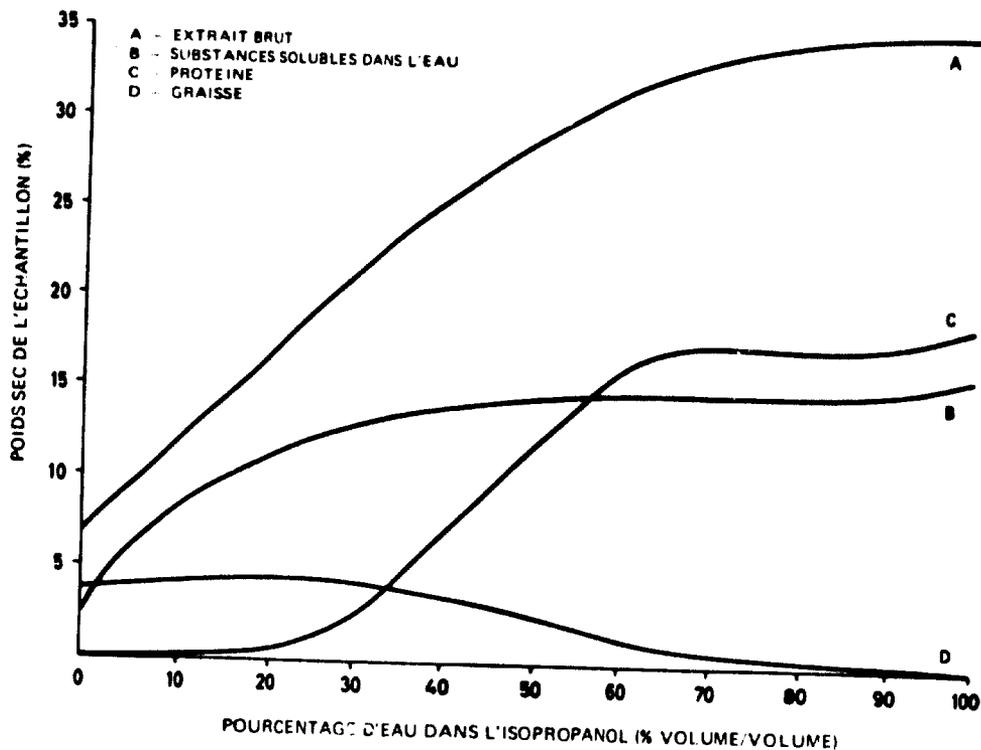


Figure 3. Incidence de la concentration d'isopropanol sur l'extraction des substances solubles dans l'eau, de la protéine et de la graisse du muscle de morue

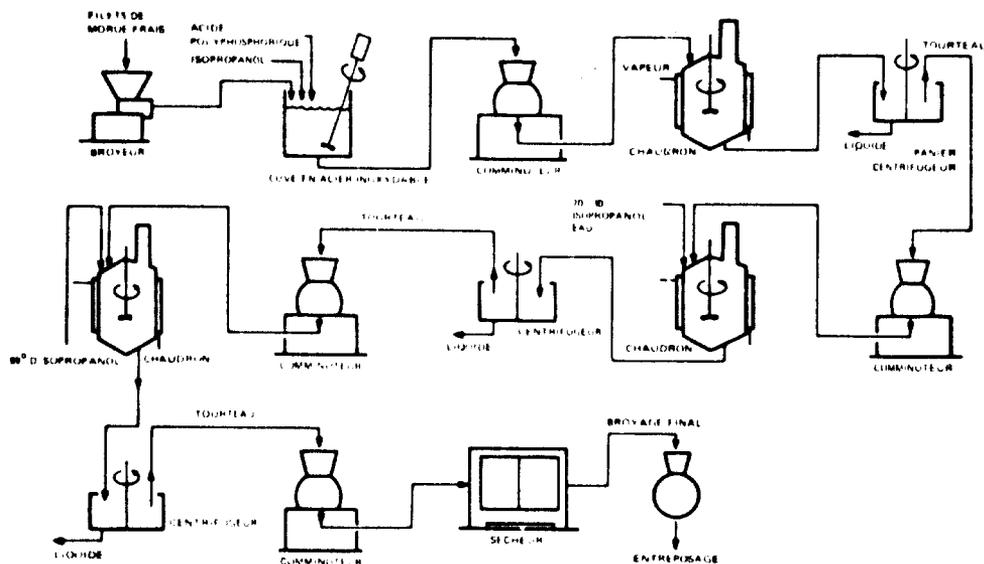


Figure 4. Diagramme de circulation pour la production de CPP

vitesse pour réduire encore la dimension. Le mélange alcool-filet passe ensuite par un comminuteur Fitzpatrick, équipé d'un filtre à trous de $\frac{1}{8}$ de pouce de diamètre.

Deuxième stade: La matière première est déposée dans un chaudron à réaction, d'une capacité de 30 gallons, et agitée pendant 30 minutes à une température de 178° à 180° F. Un condenseur à reflux en verre est utilisé pour empêcher les déperditions d'alcool. La substance est ensuite pompée dans le centrifugeur à paniers, qui opère la séparation du liquide. Le tourteau contient alors de 45 à 50 % de liquide. A ce stade, on a extrait environ 94 % de la graisse et 72 % des substances solubles dans l'eau à éliminer. Le tourteau est ensuite réduit en fragments par un comminuteur Fitzpatrick équipé d'un filtre à trous de $\frac{1}{2}$ pouce carré.

Troisième stade: Le tourteau réduit en morceaux est replacé dans le chaudron à réaction, avec 10 gallons d'un mélange de 70 parties d'isopropanol et 30 parties d'eau distillée par 100 livres de matière première initiale. Le mélange est agité pendant 15 minutes à une température de 178 à 180° F. Il est ensuite pompé dans le centrifugeur à paniers et le liquide est enlevé. Après cette extraction, environ 97,5 % de la graisse et 98 % des substances solubles dans l'eau à éliminer ont été enlevés. Le tourteau est de nouveau réduit en fragments par le comminuteur Fitzpatrick, équipé d'un filtre à trous de $\frac{1}{2}$ pouce carré.

Quatrième stade: La substance est ensuite placée dans le chaudron à réaction, avec de l'isopropanol à 99 % et le mélange est agité constamment pendant 15 minutes à une température de 178 à 180° F. Au cours de cette extraction, on utilise 10 gallons impériaux d'isopropanol par 100 livres de produit à traiter. La boue est ensuite pompée dans le centrifugeur et le

liquide est séparé. Quatre gallons supplémentaires d'isopropanol à 99 % sont alors mis dans le chaudron et chauffés à une température de 178 à 180° F; ils sont ensuite pompés dans le centrifugeur afin de débarrasser le chaudron, la pompe et les conduits de ce qui reste de solides, et de laver le tourteau. Celui-ci est ensuite réduit en morceaux par le comminuteur Fitzpatrick.

La teneur en graisse après extraction est inférieure à 0,06 % (en général elle est de 0,016 % à 0,04 %), base sèche mesurée par extraction avec un mélange méthanol-chloroforme (méthode Bligh et Dyer). L'extraction à l'éther dans un appareil Soxhlet donne un CPP avec une teneur en graisse plus faible.

Cinquième stade: Le tourteau broyé est ensuite séché sur des plateaux dans un séchoir à compartiments où un air chauffé à une température de 100 à 110° F est soufflé sur les plateaux. Le séchage dure de 24 à 36 heures suivant les conditions atmosphériques locales. On enlève l'alcool et la teneur en eau est ramenée à 3 ou 4 %. Après séchage, le tourteau est finalement transformé en farine dans un désintégrateur Reitz, équipé d'un filtre à trous de 0,032 pouce. Le produit final est ensuite emballé dans des sacs en polyéthylène.

Grâce à l'emploi d'isopropanol à 99 % pour la dernière opération d'extraction, on a pu produire un tourteau plus facile à sécher et on a éliminé le risque de détérioration qu'implique une longue période de séchage. On peut se passer d'acide si on utilise au départ une matière première très fraîche. Néanmoins, l'expérience montre que si l'on n'utilise pas d'acide, le produit fini risque d'avoir une odeur de poisson ou une saveur altérée. Lorsqu'on a utilisé un acide, la couleur et la saveur du produit fini ont été régulièrement satisfaisantes.

Le procédé a été modifié en vue de son application aux espèces grasses. Dans ce cas, on augmente le plus possible la teneur en isopropanol au cours de la deuxième opération d'extraction. Deux stades d'extraction à partir de hareng ont permis de ramener la teneur en graisse à 1 % et une troisième opération d'extraction à moins de 0,1 %, contre une teneur en graisse de 0,02 à 0,056 % pour le poisson maigre. Toutes ces proportions sont nettement inférieures aux teneurs en graisse qui ont été jugées satisfaisantes pour le CPP de qualité supérieure.

Le CPP a été préparé à partir des matières premières suivantes: filets de morue, déchets de filets de morue, tourteau de filets de morue, morues entières, morues entières éviscérées, morues éviscérées et étêtées, harengs adultes ou non, capelans, raies entières et roussettes entières. Tous ces produits ont une couleur, une saveur et une odeur satisfaisantes.

Le séchage à l'air laisse une teneur résiduelle en isopropanol d'environ 1 à 1,2 %; le séchage sous vide enlève très peu de l'alcool résiduel. Le lavage à la vapeur et le reséchage ramènent la teneur en solvant résiduel à 250 ppm ou moins.

La haute teneur en protéines et la faible teneur en fluorure du produit final tiennent à l'enlèvement total ou partiel des arêtes de la matière première avant le traitement.

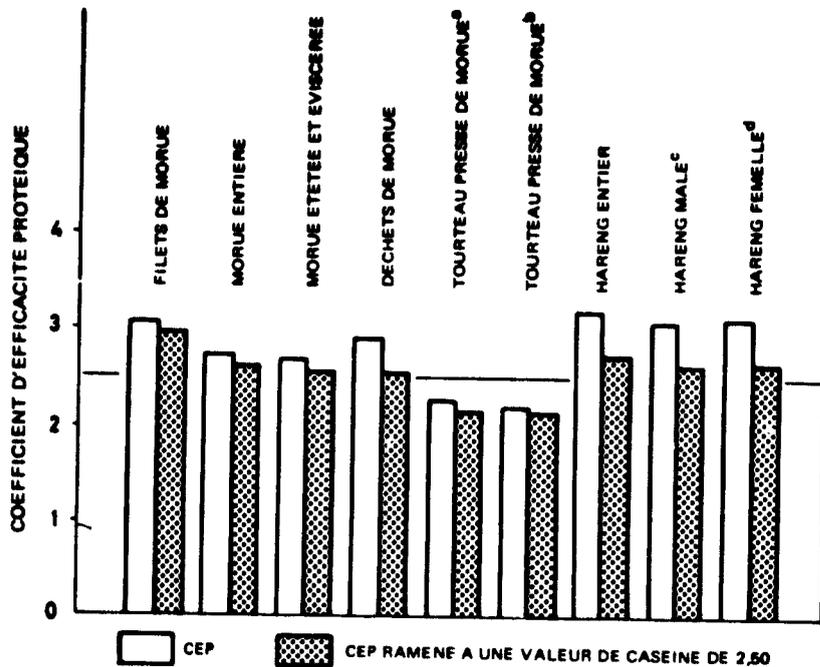
Le tableau 1 présente une analyse approximative des concentrés de protéines de poisson fabriqués à partir de diverses matières premières. Les filets ont la teneur en protéines la plus élevée. La morue entière donne un concentré contenant 84,7 % de protéines, et les déchets de morue, 87,2 %; le hareng entier, 89,7 %. La teneur en graisses résiduelles varie entre 0,02 % et 0,056 % pour le poisson maigre et n'atteint que 0,18 % pour le hareng.

La valeur nutritive du concentré de protéines est élevée. Le coefficient d'efficacité protéique (CEP) de tous les échantillons (figure 5) est plus élevé que les valeurs correspondantes pour la caséine, à l'exception des échantillons obtenus à partir de tourteaux pressés pour lesquels la perte de substances protéiques au moment du pressage cause très probablement la diminution de qualité des protéines. C'est pour le tourteau pressé cuit à la vapeur vive injectée directement dans la substance que l'on enregistre le CEP le plus bas, du fait de l'effet d'extraction du condensé de vapeur. Le CEP le plus élevé a été enregistré pour les concentrés fabriqués à partir de filets de morue, de harengs entiers et de morues entières, dont le CEP est respectivement 2,97, 2,74 et 2,64. La production de concentré de protéines à partir de morues étêtées et éviscérées et de déchets de morue a permis d'obtenir des CEP moyens de 2,58 et 2,57 respectivement, contre 2,50 pour la caséine. Les échantillons de concentré de protéines obtenus à partir de deux types de tourteaux pressés de déchets de morue a donné les CEP les plus bas: 2,19 et 2,12 respectivement, soit beaucoup plus bas que ceux de la caséine.

Les valeurs de lysine disponible, exprimées en pourcentage des protéines, sont également très satisfaisantes. Elles varient entre 6,14 % et 10,1 % (voir tableau 2). A l'exception du concentré obtenu à partir de la

TABLEAU 1. ANALYSE APPROXIMATIVE DE CONCENTRÉS DE PROTÉINES DE POISSON OBTENUS À PARTIR DE MORUE ET DE HARENG
(en pourcentages)

Matière première	Protéine (base sèche)	Eau	Cendre	Fibre	Graisse (extraction à l'éther)	Graisse (extraction au chloro- forme- méthanol)
Filets de morue	92,9	4,64	1,89	0,50	0,02	0,033
Morue entière	84,7	7,62	14,6	0,88	0,02	0,056
Morue étêtée et éviscérée	90,26	5,25	8,37	0,81	0,02	0,02
Déchets de mo- rue	87,2	3,54	11,42	0,34	0,039	0,04
Hareng entier	89,7	8,24	7,12	0,94	0,09	0,18



^a Déchets de morue cuits à la chaleur indirecte et dont la teneur en eau est réduite à 60 % par pression.

^b Déchets de morue cuits à la vapeur vive et dont la teneur en eau est réduite à 60 % par pression.

^c Hareng mâle traité immédiatement avant le frai; gonades: 19,5 % du poids total.

^d Hareng femelle, traité immédiatement avant le frai; gonades: 22 % du poids total.

Figure 5. Coefficient d'efficacité protéique du CPP obtenu à partir de morue et de hareng

femelle mature du hareng, immédiatement avant le frai, toutes les valeurs excèdent le minimum de 6,5 % recommandé par la FAO dans ses spécifications provisoires de 1961.

Le Fisheries Research Board et le Department of Trade and Industry ont collaboré en vue d'obtenir du Food and Drug Directorate que le CPP soit rangé parmi les produits propres à la consommation humaine au Canada. Les tests chimiques, nutritionnels et toxiques, imposés par le Gouvernement canadien, ont été subis avec succès.

La demande d'approbation présentée au Canadian Food and Drug Directorate portait sur des concentrés protéiques de poisson préparés à partir de quatre matières premières: hareng entier, capelan entier, et déchets de morue et d'églefin (c'est-à-dire ce qui reste du poisson éviscéré après avoir enlevé les filets). L'approbation a également été demandée pour les espèces voisines et pour le concentré protéique de poisson fabriqué à partir de merlu, en se fondant sur l'approbation déjà accordée par les autorités américaines. On a également envisagé de demander l'approbation pour le concentré protéique de poisson obtenu à partir

TABLEAU 2. PROPORTION DE LYSINE ET DE LYSINE DISPONIBLE POUR LE CPP OBTENUE À PARTIR DE MORUE ET DE HARENG
(en pourcentage)

	<i>Lysine</i>	<i>Lysine (en pourcentage des protéines)</i>	<i>Lysine</i>	<i>Lysine disponible (en pourcentage des protéines)</i>
Filets de morue	12,6	14,2	8,49	9,58
Morue entière	11,5	14,7	7,87	10,1
Morue étêtée et éviscérée	11,7	13,3	7,04	8,23
Déchets de morue	7,7	9,1	7,5	8,9
Hareng ^a	11,6	14,1	5,82	7,07
Hareng mâle ^b	11,2	15,03	6,28	8,43
Hareng femelle ^c	9,63	11,3	5,13	6,14

^a Hareng immature, des deux sexes.

^b Hareng mâle, traité immédiatement avec le frai.

^c Hareng femelle, traité immédiatement avant le frai.

d'un plus grand nombre d'espèces comestibles. Il s'agit des espèces suivantes, dont la consommation au Canada n'est pas encore très développée: raie, roussette, lançon, argentine, carrelet et beaucoup d'autres espèces sous-utilisées.

Les ressources marines sous-utilisées du Canada pourraient revêtir une importance énorme pour une production rentable de CPP. Un grand nombre de poissons non comestibles, ramenés par les chalutiers avec les poissons comestibles, sont rejetés, morts ou mourants dans la mer. La fabrication de CPP à partir de ces espèces actuellement inutilisables pourrait donner une protéine de qualité supérieure, qui autrement serait gaspillée. Parmi les espèces de poissons théoriquement comestibles, qui ne sont qu'exceptionnellement pêchés, figurent le lançon, l'argentine, le merlu et les éla-smobranches.

La création d'une industrie basée sur le CPP serait aussi avantageuse pour les pêcheurs que pour les consommateurs. Les navires de pêche ramenant du poisson comestible et du poisson destiné à la production de CPP atteindraient plus rapidement leur capacité maximale de charge et effectueraient des voyages plus courts, ce qui aurait pour effet de mieux préserver la fraîcheur et d'améliorer la qualité du poisson. Les espèces actuellement débarquées à terre en vue de la fabrication de farine pourraient également être vendues à un prix plus élevé si elles pouvaient être transformées en un produit propre à la consommation humaine.

Le Gouvernement fédéral a créé un comité interdépartemental pour le concentré de protéines de poisson, afin de promouvoir l'application commerciale du procédé à l'isopropanol en vue de la fabrication de CPP au Canada. Divers sous-comités font rapport à ce comité sur des questions telles que la recherche et la commercialisation.

Cardinal Proteins Ltd., dont le siège est à Halifax, a fait connaître, l'an dernier, ses plans de construction d'une grande fabrique commerciale de concentrés de protéines de poisson à Canso, Nouvelle-Ecosse, qui utilisera le procédé Halifax à l'isopropanol. Cette usine aura une capacité initiale de traitement de 200 tonnes de poisson frais par jour, soit une production journalière de 30 tonnes de concentrés de protéines. Les matières premières seront les déchets de harengs, de morues et d'églefins, ainsi que des espèces comestibles qui ne servent par encore à l'alimentation humaine. L'usine, dont le financement est estimé à 5 millions de dollars canadiens, devait entrer en service vers le milieu de 1970. Le prix de vente du produit était fixé à environ 35 cents la livre. Les chercheurs du Fisheries Research Board of Canada ont travaillé, en étroite collaboration avec les ingénieurs de la société, à l'établissement des plans de l'usine et poursuivent leurs recherches sur le procédé. Ce prototype d'usine est appelé à subir les grandes transformations que dictera l'expérience.

Les travaux de recherche se poursuivent sur les concentrés de protéines de poisson au laboratoire d'Halifax. On y a mis au point des procédés permettant de déterminer la quantité de fluorure résiduelle dans le CPP et on étudie actuellement le moyen de déterminer la teneur en fluorure des diverses parties du poisson pour un certain nombre d'espèces. Une méthode de chromatographie a été élaborée pour déterminer rapidement la teneur en alcool résiduel. Les travaux visant à améliorer l'efficacité du procédé d'extraction se poursuivent; en outre, il a été établi que l'azéotrope isopropanol-eau, facilement récupérable par simple distillation, peut être utilisé efficacement pour les opérations d'extraction, même pour des espèces aussi grasses que le hareng. On étudie également la possibilité de fabriquer des concentrés de protéines de poisson présentant diverses propriétés physiques, par exemple son aptitude à se lier à l'eau et à se coaguler à la chaleur; ce CPP pourrait être utilisé pour les produits carnés. En fait, il n'existe pas un type de concentré de protéines de poisson, mais plusieurs, dont chacun répond à des exigences déterminées. M. Jack Davis, Ministre fédéral des pêcheries et des forêts, a comparé la fabrication de CPP avec celle de la pâte à papier par l'industrie forestière.

Une supériorité du CPP, quand il est emballé correctement, par rapport aux produits classiques de la pêche, tient à ce qu'il peut rester stocké en magasin presque indéfiniment, dans la plupart des conditions de milieu. C'est là un aspect très important pour les pays où la réfrigération est onéreuse. La stabilité du produit constitue également un avantage supplémentaire pour une commercialisation systématique.

Après la construction de l'usine de Canso, de nombreuses usines analogues devraient être construites au Canada et dans d'autres parties du monde. De cette façon, les ressources du Canada en protéines de poisson permettront de contribuer plus efficacement à la solution du problème posé par la pénurie mondiale de protéines de haute qualité.

11. ELABORATION DE PROJETS D'USINES DE CPP*

Lors de la mise au point de projets d'usine de CPP, il faut définir clairement leurs objectifs fondamentaux, qui diffèrent dans chaque cas. Ils doivent comprendre l'approvisionnement en matières premières, les spécifications du produit, compte tenu des besoins du marché, les facteurs coûts, et l'écoulement des sous-produits.

L'extraction à l'isopropanol est un procédé pouvant être appliqué à l'échelle commerciale qui, grâce à sa grande souplesse, peut satisfaire les exigences particulières à chaque projet. Il est possible, par exemple, d'appliquer ces facultés d'adaptation au stockage des matières premières, à l'enlèvement des arêtes, aux techniques d'extraction, au broyage, et à la désodorisation des CPP.

La prospérité des usines de CPP dépend avant tout d'un approvisionnement suffisant en poissons, sans risque d'épuisement des ressources halieutiques. Il est par ailleurs nécessaire de mettre au point des techniques de pêche adaptées aux besoins. Chaque projet doit être soutenu par une flottille de pêche capable d'assurer un approvisionnement régulier et suffisant en poissons de l'espèce désirée. Le site de l'usine, sa capacité, les techniques de manutention et de stockage du poisson, l'importance des installations de stockage et le cheminement des opérations de traitement elles-mêmes doivent être déterminés d'après les possibilités d'approvisionnement.

La teneur en matières minérales et en oligo-éléments, la dimension des particules, la solubilité, le pouvoir de dispersion, la capacité d'agglomération à chaud, la saveur, la couleur, et autres caractéristiques du produit doivent être modifiés en fonction des besoins des divers marchés et des utilisations prévues. Pour chaque projet, il faut tenir compte des marchés auxquels le CPP est destiné, des principales exigences des clients et des autorités sanitaires et de l'usage que l'on compte en faire. Les spécifications du produit et les plans de l'usine doivent être établis en conséquence. On risquerait, dans le cas contraire, d'adopter un procédé de fabrication qui nuirait à l'utilisation du produit. De tels progrès ont été réalisés dans la fabrication des CPP, même à l'échelle commerciale, qu'il est maintenant possible de modifier et de contrôler certaines propriétés

* Communication de M. Arnold Carsten, spécialiste et contrôleur, Nenniger and Chévenert Inc., Montréal (Canada).

fonctionnelles du produit, en cours de fabrication, sans que cela nuise à sa qualité.

Le procédé de fabrication et le degré de complexité des installations peuvent, dans une certaine mesure, être adaptés de façon que le prix des CPP soit acceptable pour le marché, compte tenu du coût des matières premières. De nombreux chiffres ont été avancés ces dernières années en ce qui concerne les dépenses d'équipement et les coûts de production pour une usine de CPP. Ces chiffres sont très variables, car ils dépendent davantage des conditions particulières à chaque projet que des besoins en matériel et en énergie pour le procédé choisi. Les coûts de production des CPP dépendent surtout du prix de la matière première, mais d'autres éléments tels que le stockage et la manutention du poisson, les besoins en solvant, l'hygiène, la lutte contre la pollution, le traitement des sous-produits, les coûts de construction, etc., peuvent influencer dans une large mesure sur la rentabilité générale de l'opération. Il faut donc éviter d'accorder une trop grande signification à des chiffres insuffisamment étayés et d'en tirer des enseignements avant de savoir qu'ils peuvent s'appliquer au cas envisagé.

La fabrication des CPP donne un certain nombre de sous-produits, tels que l'huile et la farine de poisson, la farine d'arêtes et diverses matières solubles. Lorsqu'on détermine les principales caractéristiques d'une future usine de CPP, il faut se préoccuper du problème des effluents et rechercher le meilleur moyen d'intégrer les installations pour leur traitement, qui doit être rentable, à l'ensemble du processus de fabrication des CPP.

On a, par exemple, envisagé ces derniers temps de stocker les poissons dans de l'eau de mer réfrigérée afin de pallier l'irrégularité de l'approvisionnement et de mettre à profit les avantages qu'offre cette méthode au cours du traitement. Toutefois, les eaux usées contiendraient des matières organiques et si la législation sur la lutte contre la pollution interdit l'évacuation des eaux contaminées et que les installations pour leur traitement soient trop coûteuses ou qu'il n'existe aucun débouché pour les matières récupérées, cet obstacle apparemment insignifiant nécessitera une révision importante du schéma des opérations proposé.

Cet exemple montre qu'il est vain d'essayer de concevoir un procédé unique et encore plus une usine de type universel. Cela ne signifie pas pour autant que les résultats des travaux de mise au point effectués à Agadir, par exemple, ne peuvent pas être utilisés pour d'autres usines de CPP, mais plutôt que, grâce au progrès scientifique et technique, il est devenu possible d'adapter les usines aux besoins. Cette souplesse augmentera au fur et à mesure que les procédés actuellement à l'étude pourront être utilisés à l'échelle commerciale. Ces procédés ne se feront pas nécessairement concurrence, car les produits qu'ils permettront de fabriquer auront des caractéristiques très différentes.

La majorité des procédés les plus récents sont basés sur l'extraction au solvant et un certain nombre d'entre eux, notamment ceux qui ont été mis au point par le Bureau of Commercial Fisheries des Etats-Unis, le Fisheries Research Board du Canada, la VioBin Corporation et d'autres organismes, peuvent dès à présent être mis en œuvre dans l'industrie.

La présente étude a trait au procédé d'extraction à l'alcool isopropylique qui est l'un des deux procédés agréés par la Food and Drug Administration des Etats-Unis. Cet exemple montrera qu'il est non seulement possible de produire industriellement des CPP d'excellente qualité, mais également que l'on dispose maintenant d'une technique assez souple pour s'adapter à diverses conditions. Ce procédé n'est utilisé que par un petit nombre d'usines pilotes et par une usine commerciale qui fabriquent un produit à base de farine de poisson destiné à l'alimentation animale. Toutefois, le procédé est maintenant au point pour la première installation commerciale, et il ne fait pas de doute, si l'on en juge d'après les résultats des nombreux essais du procédé et des équipements effectués en usine pilote, que l'application de ce procédé ne soulèvera aucune difficulté insurmontable.

On sait maintenant pendant combien de temps et dans quelles conditions il est possible de stocker le poisson et les demi-produits dans le solvant, sans réfrigération. On peut donc construire des usines adaptées aux calendriers de débarquement du poisson et envisager la possibilité de transporter les demi-produits vers une usine centrale d'extraction.

L'extraction ne commence pas nécessairement avec du poisson broyé. Elle peut être précédée, dans certains cas, par l'enlèvement mécanique des arêtes ou par la cuisson du poisson et l'extraction de l'huile et des matières solubles qu'il contient par des procédés conventionnels.

L'opération d'extraction elle-même offre de multiples possibilités d'adaptation, notamment en ce qui concerne le nombre de phases d'extraction, les conditions opératoires, les techniques de mélange et de séparation, etc. Les installations peuvent donc être conçues en fonction des matières premières utilisées et des spécifications les plus exigeantes pour le produit final.

Diverses techniques de broyage et de classification des CPP, dont les performances et le coût sont très variés, ont été étudiées. Elles pourraient également s'accompagner d'une élimination partielle des arêtes au cas où cette opération n'aurait pas déjà été effectuée. L'élimination partielle ou totale des arêtes permet non seulement de réduire la teneur du produit en fluorure comme l'exigent les services de santé, mais également d'envisager un plus grand nombre d'applications. Cette opération peut donc être également modifiée en fonction des besoins.

La désodorisation du solvant avant son recyclage est une opération parfois coûteuse. Ce problème n'est plus insoluble, mais avant de prendre une décision, il faut déterminer les résultats de l'opération de désodorisation en continu. La désodorisation peut être obtenue par traitement à

l'acide par distillation fractionnée ou par adsorption ou par une combinaison de ces trois méthodes. Elle peut également être effectuée à d'autres stades de la fabrication, notamment au cours de l'extraction, par contrôle du pH, ou par injection de vapeur pendant la désorption du solvant contenu dans les CPP. L'efficacité et la rentabilité de ces opérations sont liées entre elles et dépendent aussi d'autres éléments variables du processus. La complexité de l'installation de désodorisation doit donc être fonction du procédé employé et de l'utilisation envisagée du produit.

Ces quelques observations, qui pourront servir à stimuler la discussion, ont pour objet de montrer qu'un grand nombre de connaissances scientifiques peuvent être appliquées commercialement et qu'il serait préférable de conserver une certaine souplesse et d'éviter de restreindre l'utilité d'un projet d'usine de CPP en s'attachant prématurément aux questions de détail. L'auteur n'est pas en mesure de dévoiler les résultats de travaux entrepris à la demande de clients. Il est tout disposé, par contre, à fournir sur demande les détails techniques relatifs à n'importe quel projet déterminé.

12. EXPERIENCE DE FABRICATION AU CHILI DE CPP PAR L'EXTRACTION A L'ISOBUTANOL *

Comme l'a fait remarquer M. Oswald A. Roels dans sa communication, le Chili est le pays idéal pour l'implantation d'une industrie des CPP, en raison de la longueur de ses côtes, de l'importance du poisson pour la population et de la nécessité d'enrichir en protéines un régime alimentaire qui comporte essentiellement des hydrates de carbone et des matières grasses. Lorsque les essais de production de CPP par extraction à l'éthanol et/ou à l'hexane ont été abandonnés, une expérience a été effectuée avec de l'isobutanol qui présente l'avantage de pouvoir être fabriqué au Chili, alors que d'autres solvants, notamment l'hexane, l'isopropanol et le dichlorure d'éthylène doivent être importés.

Le procédé est basé sur les mêmes principes que celui qui a été mis au point par Levin [1, 2]. Les merlus ont été traités par solvant, et l'eau, le solvant et les matières volatiles ont été distillés en continu à température constante. Le distillat a subi deux phases non miscibles, l'une riche en eau et l'autre en solvant, cette dernière étant circulée de nouveau comme reflux.

Les merlus chiliens (*Merluccius gayi*) entiers, utilisés comme matière première, ont été traités moins de 24 heures après avoir été pêchés. La composition moyenne du merlu est indiquée dans le tableau ci-après. Au cours de la période pendant laquelle a été effectuée l'expérience (de mars à juillet), cette composition a varié considérablement. La teneur en matières grasses sèches du poisson a varié par exemple entre 4 et 22%. Ces chiffres peuvent paraître élevés, pour un poisson maigre, mais ils concordent avec ceux qu'indiquent Yáñez et ses collaborateurs [3].

L'approvisionnement en poisson frais étant irrégulier, la matière première a été broyée et conservée dans de l'isobutanol pendant des périodes ne dépassant pas une semaine, ce qui, selon le United States Department of the Interior, ne présente aucun danger. Ce traitement préliminaire a facilité l'extraction en évitant la formation d'agréats. On a utilisé de l'isobutanol Merck (méthyl 2 — propanol 1) de qualité industrielle comme solvant.

* Communication de MM. P. Hevia, Fernando Acevedo Bonzi et S. Kaiser de l'Université catholique de Valparaiso (Chili). M. Hevia est à l'Institut de recherche scientifique et technique de cette université et M. Bonzi dirige le Département de la recherche à l'Ecole polytechnique de la même université.

COMPOSITION DU MERLU
(en pourcentages)

Lot	Protéines ^a	Cendres	Matières grasses
1	66,1	14,4	19,5
2	64,9	14,1	21,0
3-4	67,5	14,3	18,2
7-8	75,7	14,4	9,9

^a N x 6,25.

Note: Toutes les analyses ont été effectuées suivant les méthodes préconisées par l'Association des agrochimistes agrées.

L'isobutanol est partiellement miscible à l'eau, ce qui offre l'avantage de pouvoir éliminer 50 % environ de l'eau par distillation et décantation en continu, de réaliser ainsi des économies d'énergie et d'assurer progressivement un meilleur contact entre le solvant et les matières grasses. L'isobutanol pénètre mieux dans les cellules que les solvants non miscibles et empêche la perte de matières solubles précieuses. Une analyse chromatographique du solvant déjà utilisé n'a révélé aucune trace d'acide aminé.

En outre, le mélange isobutanol-eau est azéotrope et peut être distillé à 89,2° C, c'est-à-dire à une température nettement inférieure au point d'ébullition du solvant pur qui est de 108° C. L'opération d'extraction-distillation se fait donc à une température presque constante d'environ 91° C.

On pourrait croire que le poisson perd une partie de sa valeur nutritive lorsqu'il est chauffé à 91° C, mais les études de Yáñez (4) ont montré que le merlu conservait toute sa valeur même après séchage à 105° C.

L'isobutanol pur présente l'avantage supplémentaire d'avoir un point d'ébullition élevé, ce qui supprime les difficultés que l'on rencontre avec des solvants plus volatils. Enfin, l'isobutanol n'est pas très toxique [5, 6].

Le procédé comporte six opérations principales: lavage, comminution, extraction, filtrage, séchage et broyage. Deux kilos environ de merlus frais entiers ont été lavés à l'eau douce puis passés dans un comminuteur-homogénéiseur Hobart de 0,55 kW pendant 5 minutes. La pâte de poisson ainsi obtenue a été introduite dans l'extracteur-colonne de distillation qui se compose d'un récipient en verre de 10 litres équipé d'un agitateur à vitesse variable, d'un condenseur à reflux, d'un récipient pour le distillat, dont les parois sont constamment refroidies à l'eau, et d'une chemise de chauffage de 1 kW munie d'un régulateur de température.

L'extraction a été effectuée en utilisant une proportion de 3 kg de solvant pour 1 kg de poisson, à température ambiante pendant 30 minutes puis à température d'ébullition (89,2°—91° C) pendant 4 heures. L'extrait ainsi obtenu a ensuite été lavé deux fois avec du solvant froid. A l'état humide, le produit contenait 0,3 % de matières grasses.

Le filtrage, deuxième phase de l'expérience, a été réalisé par passage au travers d'une couche de charbon activé à la pression absolue de 100 mm de Hg. Les particules solides ont été séchées dans un réacteur en verre muni d'un agitateur et chauffé extérieurement avec de l'eau à 60°C—65°C à la pression absolue de 25 mm de Hg. Cette méthode de séchage s'est révélée peu efficace car il a fallu 18 heures pour ramener le taux d'humidité de 45 à 3—4%. La dernière opération, le broyage, a été effectuée avec un broyeur à marteaux Mikro Sampmill.

Le problème de la récupération du solvant n'a pas été étudié de manière approfondie, mais quelques expériences indiquent que cette opération est possible. Pour la distillation du mélange solvant-matières grasses, on a utilisé du matériel de laboratoire classique, à savoir une colonne en verre de 35 cm de haut et de 6 cm de diamètre garnie de charbon activé. Le charbon a servi à la fois pour absorber les matières odorantes et assurer une meilleure rectification.

Cette méthode a permis d'obtenir une fine farine de teinte légèrement gris-jaune, inodore et avec un léger goût de poisson. Ce produit s'est révélé d'une grande stabilité. Aucune altération n'a été observée après plusieurs mois de stockage à température ambiante, dans des bouteilles en verre. Un échantillon, placé dans une capsule à fond plat a séjourné deux mois dans une étuve à circulation d'air forcée, chauffée à 60°C, sans subir d'altération.

Le rendement en CPP a atteint à peu près constamment 17%. À l'état humide, les CPP obtenus avaient la composition suivante: protéines: 80%, cendres: 16%, matières grasses: 0,3% et matières volatiles: 4%. On a utilisé les méthodes d'analyse préconisées par l'Association des agronomes agréés [7] et les chiffres indiqués dans le tableau représentent la moyenne des résultats obtenus pour les huit lots.

Pour déterminer la qualité biologique du CPP obtenu, on a mesuré son coefficient d'efficacité protéique (CEP) qui a atteint 2,9 comme la caséine. La digestibilité de la pepsine était de 97,2%, la teneur en lysine disponible 7,5%. Les tests relatifs au CEP ont été effectués suivant la méthode de Chapman, sur 10 rats nourris à la caséine [8].

Dans l'ensemble, les résultats de cette expérience ont été positifs. L'isobutanol s'est révélé efficace pour dégraisser et désodoriser. Le produit obtenu possède de bonnes propriétés organoleptiques et nutritives.

Le coefficient d'efficacité protéique du CPP a égalé celui du test témoin avec la caséine, ce qui constitue un résultat très satisfaisant. Les valeurs de digestibilité de la pepsine et la teneur en lysine disponible ont également été satisfaisantes. Les trois chiffres indiqués sont très proches de ceux que l'on peut obtenir avec d'autres procédés (Brody [9], United States Department of the Interior [10], Power [11], Yáñez et ses collaborateurs [4]) et sont supérieurs aux valeurs minimales recommandées par la FAO dans ses spécifications provisoires pour les CPP [12].

Avant de pouvoir porter un jugement définitif sur cette méthode, il faudrait effectuer une nouvelle étude portant sur les aspects toxicologiques du produit, sa stabilité pendant le stockage et certains paramètres économiques, tels que les coûts de production à l'échelle industrielle, afin d'optimiser le procédé.

REFERENCES

1. LEVIN, E. et R. K. FINN (1955), "A process for dehydrating and defatting tissues at low temperature", *Chemical Engineering Progress*, n° 51, pages 223 à 225.
2. LEVIN, E. (1959), "Fish flour and fish meal by azeotropic solvent processing", *Food Technology*, n° 13, pages 132 à 135.
3. YÁÑEZ, E., I. BARJA, F. MONCKEBERG, A. MACCIONI et G. DONOSO (1967), "The fish protein concentrate story: No. 6. Quintero fish protein concentrate: protein quality and use in foods", *Food Technology*, n° 21, pages 1604 à 1606.
4. YÁÑEZ, E., D. BALLESTER, I. BARJA, N. PAK, A. REID, E. TRABUCCO, I. PENNACHIOTTI, L. MASSON, N. MELLA, J. VINAGRE, D. CERDA, H. SCHMIDT-HEBREL, J. V. SANTA MARIA et J. DONOSO (1967), "Estudio biológico de nuevas fuentes de proteínas para consumo humano", *Nutrición, Bromatología, Toxicología*, n° 6 (3), page 87.
5. KIRK, R. E., et D. F. OTHMER (1948), *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 2, The Interscience Encyclopedia, Inc., New York, page 674.
6. TREON, J. F. (1963), "Alcohols", in F. A. Patty Ed., *Industrial Hygiene and Toxicology*, vol. II, Interscience Publishers, New York, pages 1447 à 1449.
7. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (1965), *Méthodes normalisées d'analyses*, 10^e édition.
8. CHAPMAN, D. G., R. CASTILLO et J. A. CAMPBELL (1959), "Evaluation of protein in foods", *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, n° 37, pages 679 à 686.
9. BRODY, J. (1965), *Fishery By-products Technology*, The Avi Publishing Company, Inc., Westport, pages 210 et 211.
10. UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, FISH AND WILDLIFE SERVICE, BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES (1966), *Marine Protein Concentrate*. Fisheries Leaflet No. 584, Washington D.C., page 3.
11. POWER, H. E. (1963), "An improved method for the preparation of fish protein concentrates from cod", *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, n° 19, pages 1039 à 1045.
12. FAO (1961), "Spécifications provisoires pour les concentrés de protéines de poisson", *Compte rendu de la Conférence internationale de la FAO sur le rôle du poisson dans la nutrition*. Washington, D.C.

13. PROTEOLYSAT DE SARDINE*

L'Institut scientifique marocain de la pêche maritime a entrepris en 1965 une étude sur la production de protéolysat marin à partir de sardines marocaines. Les résultats des expériences en laboratoire ayant été très encourageants, il a été décidé de créer et de financer une industrie en collaboration avec des entreprises privées.

Le protéolysat est fabriqué par action, en milieu acide, de divers enzymes, sur la matière première (*Sardina pilchardus* ou n'importe quel produit de la mer ou déchet de poisson).

Le produit obtenu a des propriétés organiques, biologiques et métaboliques entièrement naturelles et il est donc assimilable par l'organisme humain. Sa structure est comparable à celle des cellules et des tissus

ANALYSE COMPARATIVE DES CONCENTRÉS DE PROTÉINES DE SARDINES,
DE LA VIANDE ET DU LAIT

	Protéolysat de sardine	Farine de viande	Lait en poudre
	(Pourcentages)		
Protéine totale	75—95	69,50	30,00
Cendres	5,5—15	5,84	4,00
Eau	4	11,00	8,00
Lipides	0,50	5,84	18,00
Acides aminés indispensables			
Isoleucine	4,00	6,00	8,50
Lysine	8,25	7,50	7,25
Leucine	6,70	7,00	11,00
Méthionine	2,10	2,30	3,40
Histidine	2,54	2,90	2,60
Phénylalanine	3,40	1,30	5,70
Thréonine	3,50	3,30	4,50
Vitamines		mg/100 g	
A	0,80	0,004	0,06
B ₁	0,055	0,05	0,05
B ₂	0,30	0,20	0,20
B ₁₂	0,018	—	—
PP	0,48	traces	0,40
B ₆	0,15	—	—

* Communication de MM. B. de Gero et O. Skiredj. M. de Gero est chef de la station océanographique de l'Institut scientifique marocain de la pêche maritime, Casablanca (Maroc); M. Skiredj est directeur général de la Société privée de développement économique, Rabat (Maroc).

humains, car sa fabrication est basée sur un principe biologique. Comme le montre le tableau, il contient tous les acides aminés indispensables et tous les biocatalyseurs (vitamines) à l'exception de la vitamine C.

Le protéolysat de sardine se présente sous forme de poudre blanche dont l'odeur ressemble à celle du lait en poudre; sa saveur est fonction du pourcentage d'acides aminés libres qu'il contient.

Son prix est compris entre 1,80 et 2 dirhams le kilo, le prix du kilo de sardines étant de 0,055 dirham. L'investissement nécessaire pour la création d'une usine d'une capacité annuelle de 1 000 tonnes est de 3,5 à 4 millions de dirhams.

14. ANALYSE, CONTROLE ET UTILISATION DES CONCENTRES PROTEIQUES DE POISSON*

En 1961, le United States Bureau of Commercial Fisheries a entrepris un vaste programme de recherches afin d'étudier simultanément trois différentes méthodes (physique, biologique et chimique) de fabrication de concentrés de protéines de poisson à partir de poisson entier. L'utilisation du poisson entier a été jugée indispensable, car les opérations de traitement, telles que le prélèvement des filets et l'éviscération, augmenteraient le coût du produit et limiteraient son utilisation, en tant que supplément protéique dans les secteurs à faible revenu.

Il devint évident, aux premiers stades du programme de recherche, que la United States Food and Drug Administration (FDA) n'autoriserait pas, sans des preuves tangibles de la valeur du produit, la distribution et la vente aux Etats-Unis d'Amérique de CPP fabriqué à partir de poisson entier. Pour cette raison, le Secrétaire d'Etat à l'Intérieur pria le National Center for Fish Protein Concentrate de se consacrer essentiellement au rassemblement des données requises pour permettre à la FDA d'évaluer l'utilisation de poisson entier pour la fabrication de CPP. Une méthode de fabrication de CPP devait être sélectionnée et mise au point et le produit étudié de façon approfondie pour en déterminer la salubrité, la stabilité et la valeur nutritive.

En se fondant sur les travaux antérieurs, notamment sur ceux des chercheurs canadiens, le National Center a opté pour une méthode chimique (extraction par solvant). L'isopropanol a été choisi en raison de son efficacité bien connue pour éliminer l'eau et la graisse du poisson cru. Comme il est préparé synthétiquement, sa pureté peut être soigneusement contrôlée. En outre, l'isopropanol était réputé pour son prix raisonnable, ses propriétés bactériostatiques et son innocuité dans le traitement des aliments.

Le merlu écureuil (*Urophycis chuss*) a été choisi pour la fabrication de CPP. Ce poisson, qui appartient à une variété sous-utilisée de poisson maigre, n'était consommé qu'en petites quantités. Il a donc semblé

* Communication présentée par Virginia D. Sidwell, spécialiste de la nutrition humaine, Bruce R. Stillings, nutritionniste, et George M. Knobl, Jr., directeur de recherches par intérim, National Center for Fish Protein Concentrate, Bureau of Commercial Fisheries, Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, College Park, Md. (Etats-Unis d'Amérique).

qu'une méthode satisfaisante, basée sur l'utilisation de cette espèce, pouvait rapidement être mise au point.

La réalisation accélérée du projet de fabrication de CPP a permis d'élaborer un procédé qui peut se définir comme suit: extraction par lots à trois stades et à contre-courant [1]. Les travaux effectués au Bureau of Commercial Fisheries ont démontré que du CPP pouvait être produit économiquement à partir du poisson entier, par extraction au solvant. Ils ont aussi établi que le CPP ainsi obtenu avait une grande valeur nutritive, qu'il était sain et salubre, propre par conséquent à donner pleine satisfaction comme supplément diététique destiné à la consommation humaine. Les résultats de ces travaux ont été consignés dans une requête adressée à la FDA qui a autorisé, le 2 février 1967, l'utilisation du merlu pour la fabrication de CPP.

Le National Center a depuis entrepris des recherches afin d'amener la FDA à autoriser la fabrication de CPP à partir non seulement de merlus et de poissons appartenant à cette espèce et à des espèces voisines, mais aussi à partir d'autres poissons disponibles en grandes quantités et comestibles, bien que peu consommés encore. Le Centre a fabriqué du CPP à partir des espèces suivantes: gasparot (*Alosa pseudoharengus*), menhaden de l'Atlantique (*Brevoortia tyrannus*), hareng de l'Atlantique (*Clupea Harengus harengus*), anchois des mers septentrionales (*Engraulis mordax*) et lotte de mer (*Macrozoarces americanus*). Les résultats des expériences portant sur ces espèces supplémentaires ont été évalués et seront communiqués sous peu à la FDA en vue d'en obtenir l'autorisation de fabriquer du CPP à partir de ces espèces et des espèces voisines.

COMPOSITION CHIMIQUE

La composition chimique du CPP a été étudiée de manière approfondie par le Groupe de recherche du National Center. L'analyse a porté non seulement sur les macrocomposants habituels, mais aussi sur les microcomposants, y compris les composés aromatiques.

Le tableau 1 donne la composition approximative de 10 échantillons représentatifs du CPP, traités à partir de 10 lots différents de merlus écureuils. Ils contenaient en moyenne 80,86 % de protéine brute, 7,71 % de substances volatiles, 13,50 % de cendre et 0,18 % de lipides. En général, la composition des échantillons restait uniforme. Le tableau 2 montre que la composition approximative de six lots de CPP obtenu à partir de menhaden de l'Atlantique était également uniforme. Le pourcentage de substances volatiles était environ la moitié de celui du CPP fabriqué à partir de merlu écureuil. Le poisson plus osseux qu'est le menhaden contenait en moyenne moins de protéine brute et environ 6 % de plus de cendre. Le pourcentage de substances volatiles a été moins élevé que pour le merlu, les systèmes de récupération du solvant étant légèrement différents.

TABLEAU 1. COMPOSITION APPROXIMATIVE D'ÉCHANTILLONS DE CPP PRÉPARÉS À PARTIR DE LOTS DE MERLU ÉCUREUIL DE 150 LIVRES (68,4 kg)
(en pourcentages)

<i>Echantillons</i>	<i>Protéine brute (N × 6,25)</i>	<i>Substances volatiles</i>	<i>Cendre</i>	<i>Lipides</i>
1	81,78	7,55	14,35	0,17
2	81,26	7,38	13,72	0,15
3	78,04	10,78	13,06	0,17
4	80,74	7,58	13,80	0,13
5	80,63	7,53	13,22	0,19
6	79,30	8,91	13,42	0,15
7	81,85	6,25	13,48	0,21
8	82,28	7,67	12,92	0,19
9	81,17	6,74	13,47	0,19
10	81,53	6,72	13,56	0,22
Moyenne	80,86	7,71	13,50	0,18
Ecart type	1,2876	1,2953	0,4055	0,0283
Ecart type de la moyenne	0,4072	0,4096	0,1282	0,0090

TABLEAU 2. COMPOSITION APPROXIMATIVE D'ÉCHANTILLONS DE CPP PRÉPARÉS À PARTIR DE SIX LOTS DE MENHADEN DE L'ATLANTIQUE
(en pourcentages)

<i>Echantillon</i>	<i>Protéine brute (N × 6,25)</i>	<i>Substances volatiles</i>	<i>Cendre</i>	<i>Lipides</i>
1	78,44	3,80	19,56	0,16
2	78,01	3,60	20,06	0,29
3	78,14	3,55	19,51	0,26
4	78,75	3,66	19,44	0,13
5	77,77	4,48	19,56	0,15
6	80,01	3,68	18,39	0,10
Moyenne	78,52	3,80	19,42	0,18
Ecart type	0,81	0,34	0,55	0,08
Ecart type de la moyenne	0,33	0,14	0,22	0,03

Le tableau 3 indique la composition approximative du CPP préparé à partir de sept autres espèces de poissons. Comme on pouvait s'y attendre, la variation était plus grande dans la composition du CPP préparé avec des espèces différentes de poissons, que dans celle du CPP préparé avec des lots différents de la même espèce. Le CPP préparé à partir de lotte de mer et celui préparé à partir de gasparot contenaient le plus fort pourcentage de protéine brute. La teneur en lipides résiduels de tous les échantillons était inférieure à 0,30%. Le CPP préparé avec de la sardine marocaine était comparable, du point de vue composition, au CPP préparé avec du merlu.

TABLEAU 3. COMPOSITION APPROXIMATIVE D'ÉCHANTILLONS DE CPP PRÉPARÉS À PARTIR DE DIVERSES ESPÈCES DE POISSONS
(en pourcentage)

<i>Espèces</i>	<i>Protéine brute (N × 6,25)</i>	<i>Substances volatiles</i>	<i>Cendre</i>	<i>Lipides</i>
Merlu écureuil	80,9	7,7	13,5	0,18
Menhaden de l'Atlantique	78,5	3,8	10,4	0,18
Hareng de l'Atlan- tique	87,5	5,9	10,8	0,19
Anchois des mers septentrionales	80,0	6,1	16,8	0,07
Lotte de mer	86,0	1,5	15,0	0,24
Gasparot	86,0	2,3	15,7	0,09
Sardine marocaine	79,7	4,4	—	0,21

La composition en acides aminés a souvent servi d'indicateur pour déterminer la valeur nutritive du CPP. Le tableau 4 montre la composition en acides aminés de CPP obtenus à partir de plusieurs espèces de poisson et celle de l'œuf entier. La protéine de ce dernier est considérée comme une protéine naturelle de haute valeur nutritive. Les différents CPP ont avantageusement soutenu la comparaison avec l'œuf entier. Les différences les plus évidentes résidaient dans les valeurs plus faibles de tryptophane et de cystine.

VALEUR NUTRITIVE DU CPP

Les données tirées des analyses chimiques faites sur les différents CPP ne donnent que des indications sur la valeur nutritive. Des études sur l'alimentation des animaux sont nécessaires pour évaluer l'utilisation de la protéine du CPP, tant comme source unique de protéine que comme source de supplémentation.

Valeur nutritive du CPP comme source unique de protéine

Dans les expériences faites au Centre, le CPP a été incorporé, à raison de 10% de protéine, dans des rations alimentaires, qui étaient ensuite administrées pendant 28 jours à des rats en sevrage normal. Une ration contenant 10% de protéine de caséine servait de contrôle. Le gain de poids et l'apport alimentaire étaient enregistrés et le coefficient d'efficacité protéique (CEP) était calculé. Le tableau 5 résume les valeurs du CEP tirées d'études sur le CPP préparé avec du merlu et celui préparé avec du menhaden de l'Atlantique. En général, les valeurs CEP étaient égales ou supérieures à la caséine. Les valeurs moyennes pour les 22 échantillons de CPP préparés avec du merlu étaient, du point de vue statistique, nettement supérieures à la caséine. Le CPP extrait du menhaden de l'Atlantique était comparable à la caséine.

TABLEAU 4. COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS ESSENTIELS DE CPP OBTENUS À PARTIR DE DIVERSES ESPÈCES DE POISSONS ET D'ŒUF
ENTIER SÉCHÉ
(en pourcentage de protéine)

	Œuf entier	Merlu	Menhaden de l'Atlantique	Gaparot	Anchovis des mers septen- trionales	Hareng de l'Atlantique	Lotte de mer	Sardine marocaine
Lysine	6,40	8,28	7,89	8,19	8,06	8,53	7,93	8,58
Histidine	2,40	2,05	2,29	2,08	2,31	2,13	1,99	2,82
Arginine	6,56	6,47	6,44	6,31	6,25	6,12	6,89	6,26
Thréonine	4,98	4,15	3,96	4,05	4,23	4,23	4,10	4,14
Valine	7,42	4,88	5,13	4,96	5,06	5,45	4,52	5,20
Méthionine	3,14	2,93	2,96	3,03	3,05	3,19	2,91	3,06
Cystine	2,34	0,86	0,58	0,65	0,72	0,71	0,70	—
Isoleucine	6,04	4,33	4,12	4,25	4,34	4,37	4,00	4,40
Leucine	8,90	7,54	6,95	7,25	7,38	7,62	6,64	7,18
Phénylalanine	5,78	4,49	3,84	4,06	3,98	4,05	3,69	4,14
Tryptophane	1,65	0,97	1,11	1,27	1,31	1,20	1,12	0,97

TABLEAU 5. COEFFICIENT D'EFFICACITÉ PROTÉIQUE DE CPP PRÉPARÉS À PARTIR DE DIVERS LOTS DE MERLU ÉCUREUIL ET DE MENHADEN DE L'ATLANTIQUE, PAR RAPPORT À LA CASÉINE

	Nombre d'analyses	Moyenne des coefficients d'efficacité protéique ^a	Étendus
CPP-Merlu	22	3,29 ^b	2,93 - 3,63
CPP-Menhaden de l'Atlantique	6	3,05	2,97 - 3,11
Caséine	8	3,00	---

^a Valeurs ajustées à un CEP de caséine de 3,00.

^b Du point de vue statistique, nettement supérieur à la caséine

Dans une autre étude, on a comparé la valeur nutritive d'échantillons uniques de CPP préparés avec sept différentes espèces de poissons. Le tableau 6 indique que la valeur nutritive du CPP ainsi préparé est, elle aussi, égale ou supérieure à la caséine. Le CPP préparé à partir de l'anchois était le plus nutritif. Le CPP préparé avec du menhaden de l'Atlantique, de la lotte de mer ou des sardines marocaines était comparable à la caséine. Les résultats de ces recherches montrent que le CPP préparé par la méthode d'extraction à l'isopropanol aura probablement une valeur nutritive égale ou supérieure à la caséine.

Stillings et ses collaborateurs ont réalisé [2] une série d'expériences destinées à déterminer la séquence de limitation des acides aminés essentiels dans le CPP extrait à l'isopropanol du merlu écureuil entier. Des rations alimentaires, contenant 1,28% d'azote de CPP et 0,32% d'azote de différentes combinaisons d'acides aminés ont été préparées. Elles ont été données à des rats en sevrage pendant quatre semaines; le gain de poids, l'apport alimentaire et le coefficient d'efficacité protéique ont été mesurés. Dans une analyse de deux échantillons différents de CPP de merlu, obtenus par le même procédé, les acides aminés ont été groupés

TABLEAU 6. VALEUR NUTRITIVE DE CPP PRÉPARÉS À PARTIR DE DIVERSES ESPÈCES DE POISSONS, PAR RAPPORT À LA CASÉINE

Espèces	Gain de poids moyen journalier (g)	Apport alimentaire moyen journalier (g)	Coefficient d'efficacité protéique ^a
Merlu écureuil	5,21	14,8	3,19
Menhaden de l'Atlantique	4,60	13,9	3,05
Hareng de l'Atlantique	5,32	15,0	3,15
Anchois des mers septentrionales	5,18	14,6	3,25
Lotte de mer	4,68	13,8	3,06
Gasparot	5,28	15,2	3,17
Sardine marocaine	4,98	15,7	2,96
Caséine	4,35	13,0	3,00

^a Coefficient d'efficacité protéique = $\frac{\text{gain de poids}}{\text{protéine consommée}}$. Valeurs ajustées à une valeur en caséine de 3,00.

selon leur limitation, du plus grand au plus petit, comme suit: a) méthionine; b) histidine, tryptophane et thréonine; c) valine, isoleucine et phénylalanine; d) leucine, lysine et arginine.

Valeur nutritive du CPP utilisé comme supplément de protéine

Le concentré de protéine de poisson doit être utilisé uniquement comme supplément de protéine et non pas comme source unique de protéines. On ne saurait trop insister sur ce point. De nombreuses études de nutrition ont été faites sur les effets d'une supplémentation des diverses sources de protéines végétales par du concentré de protéine de poisson. Des augmentations substantielles de la valeur nutritive ont été enregistrées dans tous les cas. Les résultats d'une étude [3], dans laquelle la farine de blé avait été remplacée par du CPP dans des proportions allant de 5 à 25 %, illustrent ce point. Les mélanges ont été incorporés aux rations alimentaires au niveau de 10 % de protéine, et administrés à des rats en sevrage, pendant quatre semaines. Le tableau 7 indique les résultats de cet essai d'alimentation. Un supplément de 15 % de CPP de merlu à la farine de blé augmente notablement le gain de poids, l'apport alimentaire et le coefficient d'efficacité protéique. Des niveaux plus élevés de supplémentation n'ont eu que peu d'effets additionnels sur l'une quelconque des variables étudiées.

EMPLOI DU CPP DANS LES PRODUITS ALIMENTAIRES

Pain

Très peu de renseignements ont été publiés sur les changements qui interviennent dans la rhéologie de la pâte et dans les caractéristiques du pain fait avec de la farine contenant divers pourcentages de CPP. Le National Center for Fish Protein Concentrate a donc fait plusieurs études en utilisant du CPP préparé avec du merlu et d'autres espèces de poissons, pour examiner ces changements.

TABLEAU 7. VALEUR NUTRITIVE DE LA FARINE DE BLÉ AVEC SUPPLÉMENT DE CPP, DONNÉE À DES RATS DANS DES RATIONS ALIMENTAIRES CONTENANT 10% DE PROTÉINE

Source de protéine		Gain de poids moyen journalier (g)	Apport alimentaire moyen journalier (g)	Coefficient d'efficacité protéique ^a
Blé (%)	CPP (%)			
100		0,90	8,45	0,92
95	5	3,17	13,34	2,07
90	10	4,70	15,55	2,65
85	15	5,79	16,64	3,04
80	20	5,77	16,86	2,99
75	25	5,43	15,58	3,06
0	100	5,75	16,10	3,13
Caséine		4,85	14,24	3,00

^a Coefficient d'efficacité protéique = $\frac{\text{gain de poids}}{\text{protéine consommée}}$. Valeurs ajustées à une valeur en caséine de 3,00.

Pain avec supplément de CPP obtenu à partir de merlu

Dans cette étude [4], des mélanges de farine de blé riche en protéine et de CPP de merlu ont été préparés, contenant respectivement 0, 5, 10, 15, 20 et 25% de CPP. Le tableau 8 indique qu'il a fallu ajouter de l'eau pour amener la pâte au même degré de fermentation avec chaque apport de CPP, soit de 59% pour 0% de CPP à 70,2% pour 20% de CPP. Une quantité moindre d'eau (68%) était nécessaire pour un mélange à 25% de CPP. En remplaçant 5% de la farine par du CPP, on a augmenté nettement la stabilité de la pâte. Pour un pourcentage allant de 5 à 20% de CPP, la stabilité est restée presque constante et elle a augmenté lorsque la pâte contenait 25% de CPP.

L'indice de tolérance et la chute après 20 mn sont les indices qui indiquent le taux d'éclatement de la pâte. L'indice de tolérance a été mesuré 5 mn après que la courbe "farinographique" ait atteint son maximum. La baisse est mesurée 20 mn après la première addition d'eau aux mélanges de farine. Ces deux indices montrent que l'addition de CPP a amélioré la stabilité de la pâte.

Le tableau 9 indique les valeurs obtenues pour la consistance des pâtes contenant du CPP. L'extensibilité des pâtes était moindre à la fin d'une période de repos de 180 mn pour les pâtes contenant 0 et 5% de CPP qu'à la fin d'une période de repos de 45 mn. Elle a augmenté pour les pâtes contenant 10 et 15% de CPP, mais est demeurée constante pour celles qui en contenaient 20 et 25%.

L'addition de CPP a accru la capacité de résistance à la déformation, c'est-à-dire la rigidité et la friabilité de la pâte, mesurée d'après la hauteur de la courbe. Après 45 mn de repos, la résistance a augmenté du fait de l'addition de 5% de CPP, puis est restée ensuite presque constante pour des pâtes contenant de 10 à 20% de CPP. Après l'addition de 25% de CPP, cette résistance a augmenté. Après 180 mn de repos, la résistance maximale a augmenté, à chaque addition de CPP, sauf pour les pâtes avec 20% de CPP.

L'énergie requise pour que la pâte se brise, suivant une ligne prédéterminée, est proportionnelle à la surface située en dessous de la courbe. Après le repos de 45 mn, l'énergie nécessaire pour briser la pâte était à peu près la même pour les pâtes avec 0 et 5% de CPP. L'énergie nécessaire a diminué lorsque les pâtes contenaient 10, 15 et 20% de CPP; elle a augmenté légèrement pour les pâtes contenant 25% de CPP.

Après 180 mn de repos, il a fallu plus d'énergie pour briser les pâtes contenant de 5 à 15% de CPP que pour briser les pâtes ne contenant pas de CPP. Pour les pâtes avec 20 et 25% de CPP, l'énergie nécessaire a été moins grande que pour les pâtes sans CPP.

Le volume du pain contenant du CPP en quantités variables a diminué sensiblement à chaque addition de CPP: de 12% au niveau de

TABLEAU 8. CARACTÉRISTIQUES "FARINOGRAPHIQUES" DES PÂTES À PAIN FAITES DE MÉLANGES DE FARINE DE BLÉ AVEC DES POURCENTAGES VARIABLES DE CPP

CPP en pourcentage de farine de blé	Absorption (en pourcentage)	Temps d'arrivé (minutes)	Stabilité (minutes)	Maximum (minutes)	Indice de tolérance (BU)	Baisse après 20 min (BU)
0	59,0	1,2	10,8	5,5	30,0	70,0
5	61,0	2,0	17,2	8,5	20,0	50,0
10	63,6	2,2	18,2	10,2	20,0	30,0
15	67,6	4,2	16,8	10,0	20,0	30,0
20	70,2	4,0	18,0	10,0	—	—
25	68,0	4,0	44,0	7,0	20,0	—

Note: BU = Unités de Brabender.

TABLEAU 9. CONSISTANCE DES PÂTES FAITES DE MÉLANGES DE FARINE DE BLÉ AVEC DES POURCENTAGES VARIABLES DE C.P.P. APRÈS DES PÉRIODES DE REPOS DE 45 MN ET DE 180 MN

C.P.P. en pourcentage de farine de blé	Extensivité totale à la fin d'une période de repos		Ressistance maximale à la fin d'une période de repos		Surface sous la courbe à la fin d'une période de repos	
	de 45 mn (mm)	de 180 mn (mm)	de 45 mn (BU)	de 180 mn (BU)	de 45 mn (cm ²)	de 180 mn (cm ²)
0	185	150	460	580	116	104
5	178	148	480	660	114	125
10	102	130	530	700	103	116
15	105	118	520	740	73	113
20	98	95	515	680	72	91
25	68	68	850	880	82	78

Note: BU = Unités de Brabender.

5% de CPP à 36% au niveau de 25% de CPP. La perte de volume enregistrée au cours des expériences a été quelque peu supérieure à la perte signalée par les expérimentateurs sud-africains [5], qui ont utilisé une farine avec un taux d'extraction de 90% et de l'acétate de calcium, selon une composition similaire à celle du pain testé par le Centre national. Au cours des expériences réalisées en Afrique du Sud, le volume du pain a diminué de 3 à 5% pour un enrichissement de 5% de CPP, et de 8 à 18% avec 10% de CPP. L'écart dans les pourcentages de pertes était dû non seulement à l'addition de CPP mais aussi à la qualité boulangère de la farine de blé utilisée dans les tests sud-africains.

Le tableau 10 montre les résultats de l'évaluation sensorielle. A chaque nouvelle addition de CPP, le pain prenait une teinte brune plus accentuée. Les experts ont aimé l'apparence de la mie de pain contenant 5 ou 10% de CPP presque autant que celle du pain ordinaire sans CPP. Celle du pain contenant 15, 20 ou 25% de CPP a été moins appréciée.

L'évaluation de la texture du pain a porté essentiellement sur sa sapidité et son aptitude à être mâché, les dégustateurs ayant les yeux bandés. Les expérimentateurs en effet n'ont pas voulu que la couleur du pain puisse influencer sur l'évaluation de la texture et de la saveur. Ils n'ont constaté qu'une très légère différence entre le pain sans CPP et le pain avec 5 ou 10% de CPP. Le pain contenant 10% de CPP avait une texture quelque peu friable, cette caractéristique s'accroissant avec l'augmentation de la teneur en CPP.

La saveur typique du pain s'est atténuée à mesure qu'augmentait la teneur en CPP. Les dégustateurs ont aimé la saveur du pain contenant 5 ou 10% de CPP, autant que celle du pain qui n'en contenait pas. Le pain avec des taux plus élevés de CPP a été jugé moins satisfaisant.

Au Chili, Donoso et ses collaborateurs [6] ont constaté que les experts avaient trouvé le pain enrichi de 3% de farine de poisson aussi satisfaisant que le pain qui n'en contenait pas. Pour une teneur en farine de poisson de 6%, la couleur a influé plus que la saveur sur l'acceptabilité du pain. Le pain contenant 9 ou 12% de farine de poisson a été jugé acceptable, bien que différent du pain ordinaire par la couleur, la saveur et la texture.

TABLEAU 10. ÉVALUATION SENSORIELLE DU PAIN CONTENANT DES POURCENTAGES VARIABLES DE CPP

CPP (en %)	Apparence	Texture	Saveur
0	3,3 ± 0,12 ^a	3,0 ± 0,08 ^a	3,1 ± 0,06 ^a
5	3,0 ± 0,16	2,8 ± 0,13	2,8 ± 0,19
10	2,8 ± 0,14	2,6 ± 0,16	2,8 ± 0,14
15	2,6 ± 0,16	2,0 ± 0,16	2,1 ± 0,25
20	2,3 ± 0,17	2,4 ± 0,18	2,4 ± 0,12
25	1,8 ± 0,13	1,5 ± 0,15	1,4 ± 0,12

^a Écart type de la moyenne.

TABLEAU 11. VALEUR NUTRITIVE DU PAIN ENRICHÉ DE CPP ET INCORPORÉ DANS LES RATIONS AU Taux DE 10% DE PROTÉINES OU DE 80% EN POIDS

Mélanges utilisés pour la fabrication du pain		Rations contenant 10% de protéines		Rations contenant 80% de pain	
Mé	CPP	Gain de poids moyen journalier (g)	Coefficient d'efficacité protéique ^a	Gain de poids moyen journalier (g)	Gain de poids par apport de pain (g/100 g)
(%)	(%)				
100	0	1,13	1,13	1,07	10,4
95	5	2,80	2,04	4,20	37,6
90	10	4,31	2,53	5,93	51,4
85	15	4,98	2,86	6,22	50,3
80	20	5,24	3,04	6,30	58,4
75	25	5,09	3,35	6,34	58,1
Caséine		5,34	3,28		

$$^a \text{ Coefficient d'efficacité protéique} = \frac{\text{gain de poids}}{\text{protéine consommée}}$$

Stillings et ses collaborateurs [7] ont effectué une étude en vue de déterminer la valeur nutritive du pain enrichi dans l'alimentation animale. Le pain a été incorporé dans les rations sous deux formes distinctes. Premièrement, rations contenant 1,6% d'azote provenant des échantillons de pain; deuxièmement rations contenant 80% en poids, d'échantillons de pain. Les deux rations avaient la même valeur calorique. Le tableau 11 donne les résultats de l'étude en question. La valeur nutritive des rations contenant 1,6% d'azote provenant du pain a augmenté régulièrement, à chaque addition de CPP. Les rations contenant 80% de pain avec 10% de CPP ont donné des gains de poids presque maximaux. Le tableau 12 indique qu'une très petite quantité de lysine a été perdue au cours de la transformation en pain des mélanges CPP-farine de blé.

Morrison et Campbell [8] ont signalé que l'addition de 10% de CPP à du pain blanc avait pour effet d'augmenter le coefficient d'efficacité protéique de 198%. Yañez et ses collaborateurs [9] ont constaté que 6% de CPP et 12% d'extraits secs du lait augmentaient la valeur protéique

TABLEAU 12. TENEUR EN PROTÉINE BRUTE ET EN LYSINE DU PAIN ENRICHÉ DE CPP

CPP en % du mélange de pain	Protéine brute (N x 6,25) en % de matière sèche	Lysine	
		En % de protéine brute	En % du calcul théorique
0	16,0	1,97	97
5	19,6	3,32	97
10	23,2	4,35	100
15	27,4	5,09	101
20	31,7	5,36	97
25	34,5	6,06	102

du pain dans la même proportion. Néanmoins, avec les deux suppléments (CPP et extrait sec du lait), on observe une baisse de la qualité de la protéine au cours de la cuisson.

Pain enrichi de CPP fabriqué à partir d'autres espèces de poissons

Du CPP fabriqué à partir d'autres espèces de poissons a également été incorporé dans du pain dans une proportion de 10% et évalué par un groupe d'experts. Le pain expérimental a été comparé à du pain contenant 10% de CPP obtenu à partir de merlu, les résultats sont indiqués dans le tableau 13. La saveur et la texture du pain ont été, en moyenne, jugées presque aussi acceptables que celles du pain contenant du CPP de merlu. En revanche, la texture du CPP fabriqué à partir de menhaden n'a pas été accueillie aussi favorablement. L'apparence du pain contenant du CPP obtenu à partir d'anchois et de gasparot, d'un gris foncé, a suscité une vive aversion.

TABLEAU 13. ÉVALUATION SENSORIELLE DU PAIN ENRICHI AVEC 10% DE CPP OBTENU À PARTIR DE DIVERSES ESPÈCES DE POISSONS

<i>Espèces</i>	<i>Apparence</i>	<i>Saveur</i>	<i>Texture</i>
Merlu (échantillon témoin)	2,8 ± 0,13 ^a	3,0 ± 0,21 ^a	3,0 ± 0,26 ^a
Lotte de mer	2,5 ± 0,22	2,5 ± 0,17	2,4 ± 0,48
Anchois	1,5 ± 0,17	2,4 ± 0,20	2,5 ± 0,27
Hareng	2,3 ± 0,30	2,8 ± 0,33	3,0 ± 0,21
Menhaden de l'Atlantique	2,1 ± 0,18	2,5 ± 0,22	1,1 ± 0,23
Gasparot	1,9 ± 0,07	2,1 ± 0,23	2,3 ± 0,33

^a Ecart type de la moyenne.

Pâtes

Pâte enrichie de CPP obtenu à partir de merlu

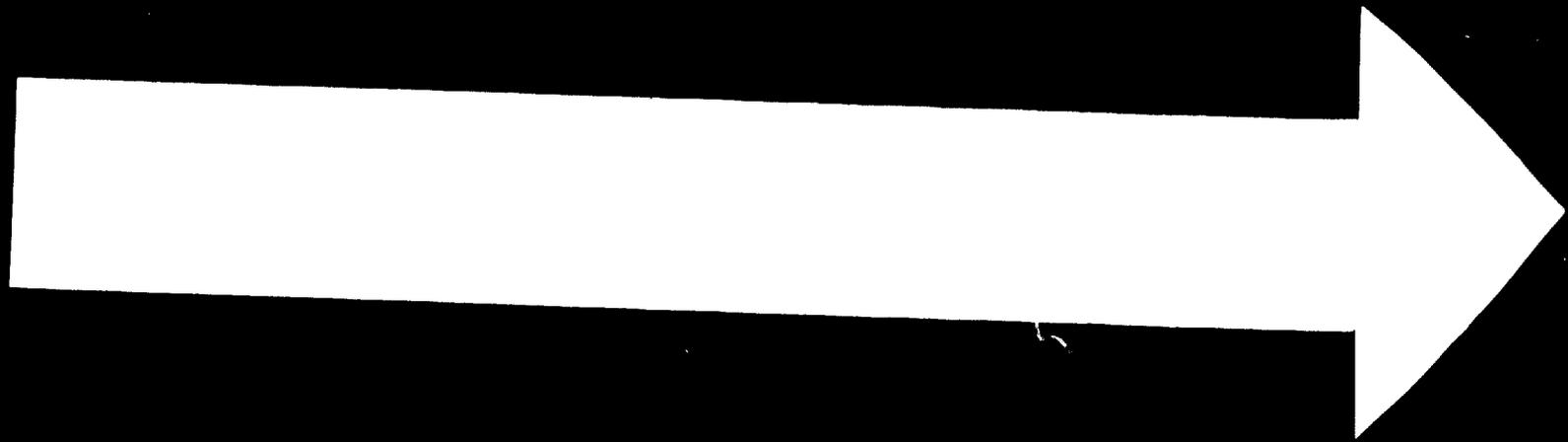
La semoule et diverses quantités de CPP obtenu à partir de merlu (0, 3, 6, 9 et 12%) ont été utilisées pour la fabrication de macaroni [10]. De l'eau a été ajoutée au mélange semoule-CPP, jusqu'à ce qu'il soit bien fluide, tout en restant lié quand on le soumet à une pression. Après extrusion du mélange, la pâte obtenue a été à l'air pendant la nuit.

La couleur de la pâte est devenue plus foncée à chaque addition de CPP extrait de merlu; elle est passée d'un jaune vif pour la pâte de semoule ordinaire, à un jaune gris foncé pour la pâte contenant 12% de CPP de merlu. Pendant la cuisson, une grande partie de la couleur sombre a été lessivée dans l'eau de cuisson.

Le tableau 14 indique les pourcentages d'extraits secs et de protéines dans l'eau de cuisson. Le pourcentage des premiers est resté presque constant, pendant chaque période de cuisson (8, 18 et 28 mn) et quelle que

TABLEAU 14. POURCENTAGES D'EXTRAITS SECS ET DE PROTÉINES RESTANT DANS L'EAU APRÈS CUISSON DE LA PÂTE

Composition de la pâte		Temps de cuisson					
Séchoile (%)	CPP (%)	8 min		18 min		28 min	
		Extraits secs	Protéines	Extraits secs	Protéines	Extraits secs	Protéines
100	0	0,6	0,057	0,9	0,084	1,0	0,085
97	3	0,7	0,065	0,8	0,090	1,0	0,091
94	6	0,7	0,080	1,1	0,101	1,1	0,098
91	9	0,6	0,085	1,0	0,104	1,0	0,104
88	12	0,8	0,091	1,1	0,100	1,1	0,121



27-12-74

4 / 4

74 ST 0053

140	112	90	70	50	30	10
128	100	80	60	40	20	00
140	112	90	70	50	30	10
128	100	80	60	40	20	00



soit la quantité de CPP dans la pâte. La quantité d'extraits secs a cependant augmenté dans l'eau à mesure qu'augmentait le temps de cuisson. La quantité de protéines dans l'eau de cuisson a augmenté parallèlement à l'augmentation de la quantité de CPP dans la pâte; la quantité maximale a été obtenue pour une durée de cuisson de 28 mn.

Le tableau 15 montre les effets de l'addition de CPP sur le gonflement (volume) de la pâte et la capacité d'absorption de l'eau par la pâte pendant la cuisson. L'addition de 3,6 et 9% de CPP semble avoir retardé le gonflement de la pâte après huit minutes de cuisson, bien que les lots à l'essai aient absorbé à peu près la même quantité d'eau que l'échantillon témoin. Après 18 mn de cuisson, la pâte contenant 9% de CPP a moins gonflé que la pâte enrichie d'une quantité supérieure ou inférieure de CPP. Après 28 mn de cuisson, la pâte contenant 9 et 12% de CPP est devenue tout à fait molle et ne gardait plus sa forme.

Les pâtes contenant diverses proportions de CPP de merlu ont fait l'objet d'une évaluation sensorielle. Lorsque du CPP entre dans la composition d'un produit alimentaire, il est plus facile de déceler les odeurs lorsque l'élément est chaud; les pâtes ont donc été cuites dans de l'eau distillée, légèrement salée et servies chaudes. Aucune différence n'a été décelée entre les pâtes ne contenant pas de CPP et celle qui en contenait 3%. Quelques experts ont pu détecter une légère différence d'odeur dans les pâtes contenant 6 et 9% de CPP. Pour celles avec 12% de CPP, la différence d'odeur était très marquée. Si les experts ont apprécié la saveur des pâtes de semoule contenant 0,3 et 6% de CPP, par contre, ils ont approuvé une aversion marquée pour celles qui en contenaient 12%. L'addition de 3% de CPP à la semoule n'a eu aucune influence sur la texture des pâtes après cuisson. L'addition de 6% et 9% de CPP tendait à durcir la pâte, mais avec 12% de CPP celle-ci avait la même consistance que la pâte ne contenant pas de CPP.

Le tableau 16 donne les résultats d'une évaluation de la valeur nutritive des mélanges de semoule et de CPP de merlu avant et après transformation en pâtes alimentaires. L'addition de CPP a accru la valeur nutritive de la semoule. Pour les pâtes obtenues à partir des différents mélanges de semoule et de CPP de merlu, on a noté une légère diminution de la valeur nutritive [11].

Kwee et ses collaborateurs [12] ont établi qu'il était possible d'obtenir des pâtes acceptables et possédant une bonne valeur nutritive, à partir de mélanges de diverses quantités de farines de maïs, de soja, de riz et de tapioca, avec 10 à 20% de CPP de merlu et de 15 à 25% de semoule. Les pâtes contenant une forte proportion de farine de riz étaient particulièrement acceptables. Les autres échantillons dont les ingrédients essentiels étaient le maïs, le soja et le tapioca étaient également acceptables, à l'exception de ceux qui contenaient 60% de maïs et 10% de riz, 35% de soja et 25% de tapioca, et 60% de tapioca et 10%

TABLEAU 15. AUGMENTATION DU VOLUME ET DU POIDS DE LA PÂTE FABRIQUÉE À PARTIR DE SEMOULE ET DE DIVERSES QUANTITÉS DE CPP, APRÈS CUISSON
(en pourcentages)

Composition de la pâte		Temps de cuisson					
Semoule	CPP	8 min		18 min		28 min	
		Volume	Poids	Volume	Poids	Volume	Poids
0	0	111	166	166	271	179	342
97	3	101	166	159	271	183	346
94	6	105	167	153	271	162	354
91	9	100	162	133	269	143	334
88	12	136	164	164	276	179	338

TABLEAU 16. VALEUR NUTRITIVE DES MÉLANGES DE SEMOULE AVEC DES PROPORTIONS VARIABLES DE CPP DE MERLU, AVANT ET APRÈS TRANSFORMATION EN PÂTES ALIMENTAIRES

Sources de protéines		Avant transformation		Après transformation	
Semoule (%)	CPP (%)	Gain de poids moyen journalier (g)	Coefficient d'efficacité protéique	Gain de poids moyen journalier (g)	Coefficient d'efficacité protéique
100	0	0,85	0,98	0,81	0,90
97	3	2,47	1,90	2,31	1,83
94	6	4,20	2,52	3,80	2,38
91	9	5,12	2,91	4,74	2,69
88	12	5,56	3,12	4,98	2,94
	Caséine	5,02	3,00	4,78	3,00

^a Coefficient d'efficacité protéique = $\frac{\text{gain de poids}}{\text{protéine consommée}}$. Valeurs ajustées à un CEP de caséine de 3,00.

de soja. Les pâtes contenant une forte proportion de tapioca étaient trop molles. Les pertes à la cuisson ont été élevées pour les pâtes contenant de la poudre de patate. Mais les pertes de protéines les plus importantes dans l'eau de cuisson ont été constatées pour les pâtes contenant une forte proportion de soja. Dans la plupart des cas, la valeur nutritive des pâtes après cuisson était égale ou supérieure à celle de la caséine.

Pâtes enrichies avec des CPP obtenus à partir d'autres espèces de poissons

La valeur nutritive des pâtes contenant 10% de CPP obtenus à partir d'autres espèces de poissons a également été testée (voir tableau 17). La couleur du produit final a été fonction de la couleur du CPP utilisé. Les pâtes contenant des CPP de gasparot, d'anchois ou de hareng étaient particulièrement foncées. Leur couleur s'est atténuée sensiblement à la cuisson, mais elles ont conservé malgré tout une teinte grisâtre. Les pâtes contenant du CPP de lotte de mer ou de menhaden de l'Atlantique étaient aussi acceptables que celles qui contenaient du CPP de merlu.

Par texture, on entend ici le degré de dureté de la pâte après cuisson dans de l'eau bouillante pendant 10 minutes, d'après une échelle comportant 9 degrés: 1: dur; 5: moyennement dur et 9: mou. L'expérience a permis d'établir que les pâtes contenant du CPP de merlu étaient un peu plus molles que les autres. Toutefois, les différences n'étaient pas significatives.

Afin d'éviter que toutes les personnes participant à l'expérience soient influencées par la couleur du produit, les tests concernant la saveur et l'odeur des pâtes ont été effectués dans le noir. Les experts n'ont constaté aucune différence significative de saveur ou d'odeur entre les pâtes contenant des CPP différents.

TABLEAU 17. EVALUATION SENSORIELLE DES PÂTES CUITES CONTENANT 10% DE CPP OBTENUS DE DIVERSES ESPÈCES DE POISSONS

Source de CPP	Apparence	Texture	Saveur	Odeur
Merlu (témoin)	3,0 ± 0,00 ^a	6,1 ± 0,81 ^a	3,0 ± 0,41 ^a	2,8 ± 0,29 ^a
Lotte de mer	3,1 ± 0,28	4,2 ± 0,49	2,8 ± 0,20	2,8 ± 0,30
Anchois	1,0 ± 0,00	5,6 ± 0,69	2,5 ± 0,25	2,5 ± 0,22
Hareng	1,8 ± 0,13	5,2 ± 0,59	2,9 ± 0,31	2,9 ± 0,23
Menhaden de l'Atlantique	2,6 ± 0,27	4,4 ± 0,62	3,0 ± 0,15	2,8 ± 0,32
Gasparot	1,5 ± 0,22	5,1 ± 0,48	2,7 ± 0,26	2,8 ± 0,24

^a Ecart type de la moyenne.

Biscuits

Une étude a été faite en vue d'évaluer les effets que provoque, sur l'acceptabilité et la valeur nutritive, l'addition de CPP de merlu à des biscuits salés. Ces biscuits auraient été fabriqués dans l'usine pilote de la National Biscuit Company, suivant sa recette, à laquelle avait été ajouté

TABLEAU 18. COMPOSITION APPROXIMATIVE DE BISCUITS CONTENANT DES PROPORTIONS VARIABLES DE CPP
(en pourcentages)

Teneur en CPP	Protéines (N × 6,25)	Teneur en eau	Lipides ^a	Cendres
0	9,4	3,6	10,0	3,4
4	12,0	3,2	9,4	3,8
8	15,3	2,7	9,6	4,0
12	17,9	3,1	9,8	4,5
16	20,2	2,3	10,1	4,9

^a Déterminé par extraction à l'éther.

du CPP, remplaçant une quantité égale de farine de blé aux niveaux de 0, 4, 8, 12 et 16 %. Il a fallu ajouter un peu plus d'eau pour donner à la pâte la consistance convenable, mais c'est la seule modification qu'ait subie la préparation des biscuits. Le tableau 18 indique la composition approximative des biscuits enrichis de CPP. Leur teneur en protéines a presque doublé lorsqu'on a remplacé 12% de la farine par du CPP.

La valeur nutritive des biscuits a été évaluée à la suite d'essais de nutrition effectués sur des rats, avec des rations contenant 8% de protéines provenant soit de biscuits, soit de caséine, soit de CPP obtenu à partir de merlu. Le tableau 19 montre que des gains substantiels ont été obtenus en ce qui concerne le poids, l'apport alimentaire et le coefficient d'efficacité protéique lorsque les biscuits ont été enrichis avec 4, 8 et 12% de CPP. On ne constate aucune augmentation significative pour des taux d'enrichissement de 12 et 16%. Dans tous les cas, les résultats ont été inférieurs à ceux qui ont été enregistrés pour la caséine ou le CPP de merlu, seuls.

TABLEAU 19. VALEUR NUTRITIVE DE BISCUITS ENRICHIS AVEC DES PROPORTIONS VARIABLES DE CPP ET INCORPORÉS DANS DES RATIONS CONTENANT 8% DE PROTÉINES

Teneur en CPP (%)	Gain de poids moyen journalier (g)	Apport alimentaire moyen journalier (g)	Coefficient d'efficacité protéique ^a
0	0,32 ± 0,02 ^b	6,57 ± 0,20 ^b	0,61 ± 0,04 ^b
4	1,34 ± 0,04	10,28 ± 0,46	1,75 ± 0,05
8	1,95 ± 0,07	10,69 ± 0,26	2,31 ± 0,05
12	2,75 ± 0,13	12,60 ± 0,43	2,75 ± 0,05
16	2,87 ± 0,08	12,83 ± 0,22	2,77 ± 0,04
Caséine	2,93 ± 0,11	12,22 ± 0,39	3,01 ± 0,10
CPP	3,48 ± 0,08	12,92 ± 0,22	3,34 ± 0,07

^a Coefficient d'efficacité protéique = $\frac{\text{gain de poids}}{\text{protéine consommée}}$.

^b Ecart type de la moyenne.

TABLEAU 20. VALEURS MOYENNES DE 50 ÉVALUATIONS SENSORIELLES DE BISCUITS CONTENANT DES PROPORTIONS VARIABLES DE CPP

CPP en pour-centage de farine	Aspect	Texture	Saveur
0	3,9 ± 0,15 ^a	3,1 ± 0,11 ^a	3,0 ± 0,10 ^a
4	3,4 ± 0,11	2,9 ± 0,08	2,9 ± 0,09
8	3,1 ± 0,10	2,9 ± 0,08	2,7 ± 0,08
12	2,8 ± 0,08	2,7 ± 0,10	2,8 ± 0,11
16	2,1 ± 0,12	2,3 ± 0,12	2,4 ± 0,13

^a Ecart type de la moyenne.

Le tableau 20 montre les résultats de l'évaluation sensorielle. L'aspect extérieur des biscuits enrichis est moins acceptable que celui des biscuits non enrichis. Toutefois, du point de vue de la texture et de la saveur, les biscuits enrichis avec 4, 8 et 12 % de CPP étaient presque aussi acceptables que les biscuits non enrichis. L'addition de CPP aux biscuits salés a semblé les rendre plus croustillants et friables. L'addition de 4 et 8 % de CPP donne aux biscuits une légère saveur de crevette.

Gâteaux

La teneur en protéines des gâteaux n'est pas particulièrement élevée, mais ils sont consommés en grande quantité comme dessert léger ou comme collation et peuvent donc contribuer de manière significative à l'apport alimentaire, notamment à celui des enfants.

Gâteaux enrichis de CPP de merlu

La formule appliquée pour déterminer la valeur nutritive d'un gâteau enrichi de CPP figure au tableau 21. La substitution à 10 % de farine, d'un poids égal de CPP a non seulement accru la teneur en protéine brute de 5,4 % à 8,1 % mais, en outre, n'a entraîné, pour le produit aucune modification de saveur, d'odeur ou d'aspect qui le rende indésirable ou inacceptable. Les deux modifications observées sont les suivantes: a) en même temps qu'augmente la teneur en CPP la saveur sucrée des gâteaux diminue; b) leur couleur, d'un jaune éclatant a viré au jaune terne. La valeur nutritive des gâteaux contenant 0 et 10 % de CPP a été déterminée par des essais d'alimentation. Des rats ont reçu un mélange de gâteaux, de vitamines et de minéraux. Les gâteaux sans CPP avaient un coefficient d'efficacité protéique de 0,9 alors que celui des gâteaux contenant 10 % de CPP était de 2,3. Dans ces essais d'alimentation, le régime témoin caséine avait une valeur de 3,1 [13].

TABLEAU 21. COMPOSITION D'UN GÂTEAU AU BEURRE
(en grammes)

Beurre ou margarine	110
Sucre	200
Œuf	50
Eau	60
Vanille	4
Farine pâtissière	222 ^a
Sel	1
Levure	7

^a La farine pâtissière a été remplacée par du CPP, dans une proportion de 5, 10 et 15 % exprimée en poids.

Gâteaux enrichis de CPP obtenus à partir d'autres espèces de poissons

Un gâteau sucré a été utilisé pour évaluer les effets de l'addition de CPP obtenu à partir de différentes espèces de poissons sur les caractéristiques sensorielles. La recette utilisée était la même que celle qui est indiquée dans la section 10—50 de l'ouvrage intitulé *Cereal Laboratory Methods* publié par l'American Association of Cereal Chemist's [14]. Des proportions de 5 ou 10% de CPP ont été substituées à la même quantité de farine. Dans la proportion de 5%, le CPP n'a pas modifié de manière significative les caractéristiques sensorielles.

Le tableau 22 montre les résultats d'une évaluation sensorielle avec 10% de CPP. Au point de vue aspect, les gâteaux faits de CPP d'anchois et de CPP de gasparot se sont révélés moins acceptables que les gâteaux témoins. Toutefois, en ce qui concerne la saveur et la texture, on n'a remarqué aucune différence significative dans l'ensemble du lot.

Les caractéristiques sensorielles de ces gâteaux étaient parfois modifiées lorsque le CPP était ajouté dans une proportion de 10%. Toutefois, les dégustateurs ont estimé que les produits étaient encore tout à fait acceptables. Si la saveur des produits soulevait de légères objections, il était possible d'y remédier avec des additifs aromatiques.

TABLEAU 22. EVALUATION SENSORIELLE DE GÂTEAUX CONTENANT 10% DE CPP OBTENUS AVEC DIFFÉRENTES ESPÈCES DE POISSONS

Source de CPP	Aspect	Saveur	Texture
Merlu (lot témoin)	2,9 ± 0,23 ^a	2,8 ± 0,13 ^a	2,9 ± 0,18 ^a
Lotte de mer	2,9 ± 0,23	3,1 ± 0,23	2,3 ± 0,39
Anchois	1,6 ± 0,22	2,6 ± 0,26	2,6 ± 0,36
Hareng	2,2 ± 0,13	2,4 ± 0,26	2,8 ± 0,25
Menhaden de l'Atlantique	3,1 ± 0,38	2,7 ± 0,33	2,8 ± 0,36
Gasparot	1,4 ± 0,16	2,1 ± 0,23	2,7 ± 0,36

^a Écart type de la moyenne.

Boissons à base de CPP

On étudie actuellement une recette de boisson enrichie de CPP de merlu en vue d'obtenir un produit susceptible d'être séché par atomisation et reconstitué au moment de sa consommation.

Le concentré protéique de poisson peut être utilisé pour préparer une boisson nutritive, de goût et d'aspect agréables. La composition de la recette, qui a fait l'objet de tests au National Center for Fish Protein Concentrate, est comparable au lait de vache quant à la teneur en protéines et en matières grasses mais avec deux fois plus d'hydrates de carbone. Un stabilisant-émulsifiant a été utilisé afin d'obtenir une suspension stable. Le breuvage ainsi préparé a été séché et le produit obtenu examiné. La poudre se dissout sur la langue et ne laisse aucun résidu graveleux. Elle peut être utilisée comme base pour la préparation des aliments destinés aux nourrissons, ou peut être aromatisée et colorée afin de plaire aux personnes âgées.

La poudre aromatisée au chocolat a une saveur très acceptable; en fait, avec de légères modifications, elle pourrait être utilisée dans des bonbons ou les desserts surgelés.

Quarante-quatre grammes de cette poudre séchée diluée dans 200 grammes d'eau fournissent un breuvage comparable à un verre de lait de 8 onces [244 grammes] (tableau 23). La valeur énergétique de ce breuvage à base de CPP de merlu est supérieure à celle du lait de vache, en raison de sa teneur plus élevée en hydrates de carbone. Les acides aminés essentiels (lysine et méthionine) s'y trouvent en proportion plus

TABLEAU 23. COMPOSITION ET VALEUR ÉNERGÉTIQUE COMPARÉES DE 8 ONCES (244 GRAMMES) DE BREUVAGE À BASE DE CPP ET D'UNE QUANTITÉ ÉQUIVALENTE DE LAIT ENTIER

	<i>Boisson à base de CPP^a</i>	<i>Lait^b</i>
Protéine (g)	9,2	8,5
Lipides (g)	12,0	11,9
Lysine (g)	0,762	0,664
Méthionine (g)	0,298	0,210
Thréonine (g)	0,398	0,393
Valine (g)	0,458	0,536
Phénylalanine (g)	0,369	0,415
Histidine (g)	0,180	0,224
Arginine (g)	0,623	0,312
Tryptophane (g)	0,089	0,120
Leucine (g)	0,674	0,839
Isoleucine (g)	0,402	0,544
Calories	221,0	158,0

^a Les valeurs en acides aminés indiquées dans ce tableau représentent la moyenne obtenue après 25 analyses du breuvage à base de CPP, sauf pour la teneur en tryptophane dont la valeur est le résultat de 11 analyses.

^b Les indications concernant la composition sont extraites du Rapport n° 4 intitulé: "Amino Acid content in Foods", publiée par Home Economics Research Division, Agricultural Research Service United States Department of Agriculture, Washington, D.C., 1957.

élevée et la teneur en arginine est deux fois plus forte dans le brevage à base de CPP; quant aux autres éléments, la teneur est équivalente ou légèrement inférieure à celle du lait de vache.

Une étude préliminaire sur la valeur nutritive de la boisson à base de CPP a montré qu'elle était supérieure à celle de la caséine et quelque peu inférieure à celle du CPI utilisé pour préparer la boisson.

Soupes

Les soupes permettent de varier les saveurs et offrent de grandes possibilités de combinaison. Elles peuvent être préparées à partir de CPP additionné d'épices, de substances aromatisantes, etc., ou à partir d'un mélange de CPP, de légumineuses et/ou de légumes. Comme les légumineuses jouent un rôle important en tant que source de protéines dans l'alimentation de nombreuses populations, les recettes combinant CPP et légumineuses peuvent être très utiles.

Le laboratoire du Centre n'a guère étudié cette catégorie d'aliments et les études effectuées sur les soupes de pois cassés et de tomates, par exemple, indiquent qu'avec une aromatisation et un dosage appropriés des éléments, il est possible de préparer des produits d'un goût très agréable.

Plusieurs expériences de préparation de soupes par lyophilisation ont été effectuées. La couleur, la texture et la saveur du produit étaient bonnes. Les compositions approximatives qui figurent au tableau 24 concernent des soupes lyophilisées. La soupe au CPP a été préparée en utilisant le concentré comme seule source de protéine. La soupe de pois était une combinaison de protéine de légumineuses et de CPP.

Dans une évaluation sensorielle de la soupe de pois contenant des quantités variables de CPP de merlu, les dégustateurs ont trouvé la soupe qui contenait 5 ou 10% de CPP de merlu aussi bonne que celle qui n'en avait pas.

Trente-quatre grammes de soupe au CPP en poudre, diluée dans 170 grammes d'eau donneront un fonds de soupe brun contenant 8,9 grammes de protéine. Une ration analogue de soupe de pois fournira 8,3 grammes de protéine.

TABLEAU 24. COMPOSITION APPROXIMATIVE DE SOUPES PRÉPARÉES PAR LYOPHILISATION CONTENANT DU CPP
(en pourcentage)

Produit	Protéines brutes (N × 6,25)	Lipides ^a	Cendres	Teneur en eau
Soupe au CPP	26,2	29,5	7,9	20,6
Soupe de pois	24,0	31,0	8,5	4,0

^a Déterminé par extraction à l'éther.

Résumé

Les études effectuées au National Center for Fish Protein Concentrate ont montré que le CPP peut être préparé à partir de diverses espèces de poissons par la méthode d'extraction à l'isopropanol. La composition du CPP obtenu avec diverses espèces de poissons présentait des différences plus grandes que lorsque le produit était fait avec une seule espèce. Toutefois, la teneur en protéines était en général de 80 à 85 % et la teneur en matières grasses inférieure à 0,3 %. La valeur nutritive du CPP était équivalente ou un peu supérieure à celle de la caséine.

Plusieurs études ont porté sur les effets du CPP incorporé à divers produits alimentaires tels que le pain, les pâtes, les biscuits, les gâteaux, les boissons et les soupes. Elles ont montré qu'avec des modifications d'importance mineure dans les recettes, le CPP peut être facilement ajouté à des produits alimentaires dans des proportions de 5 et 10 % sans modifier sensiblement les caractéristiques sensorielles des produits. D'autre part, l'addition de CPP aux produits alimentaires améliore sensiblement leur valeur nutritive.

REFERENCES

1. US DEPARTMENT OF THE INTERIOR, FISH AND WILDLIFE SERVICE, BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES (1966), *Marine Protein Concentrate*, Fishery Leaflet No. 584, Washington, D.C.
2. STILLINGS, B. R., O. A. HAMMERLE et D. G. SNYDER (1969), "Sequence of limiting amino acids in fish protein concentrate produced by isopropyl alcohol extraction of red-hake (*Urophycis chuss*)", *Journal of Nutrition*, 97:70.
3. STILLINGS, B. R. (1967), "Nutritional evaluation of fish protein concentrate", *Activities Report*, 19:109.
4. SIDWELL, V. D. et O. A. HAMMERLE, Changes in physical and sensory characteristics of doughs and of bread containing varying amounts of fish protein concentrate and lysine. Soumis à la revue *Cereal Chemistry*.
5. SOUTH AFRICAN COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH (1959), *Pretoria, Food Enrichment in South Africa*, Rapport de recherche n° 172, chapitre VI, pages 121 à 130.
6. DONOSO, G., M. MIMOZ et J. S. MARLA (1964), "Enrichment of bread with fish flour for human consumption: No. 1. Study of baking and acceptability tests", *News Summary No. 14*, International Association of Fish Meal Manufacturers.
7. STILLINGS, B. R., V. D. SIDWELL et O. A. HAMMERLE. Effectiveness of fish protein concentrate and lysine in improving the nutritional quality of wheat flour. Soumis à la revue *Cereal Chemistry*.

8. MORRISON, A. B. et J. A. CAMPBELL (1960), "Studies on the nutritional value of defatted fish flour", *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 38:467.
9. YÁÑEZ, E., I. BARJA, F. MONCKEBERG, A. MACCIONI et G. DONOSO (1967), "The fish protein concentrate story: No. 6. Quintero fish protein concentrate: protein quality and use in foods", *Food Technology*, 21:1604.
10. SIDWELL, V. D., B. R. STILLINGS et O. A. HAMMERLE. Use of fish protein concentrate in foods: the physical characteristics and sensory evaluation of pasta made from semolina. En préparation.
11. STILLINGS, B. R., V. D. SIDWELL et O. A. HAMMERLE. Supplemental value of fish protein concentric and semolina. En préparation.
12. KWEE, W. H., V. D. SIDWELL, R. C. WILEY et O. A. HAMMERLE (1969), "Quality and nutritive value of pasta made from rice, corn, soya and tapioca enriched with fish protein concentrate", *Cereal Chemistry*, 46:78.
13. SIDWELL, V. D. (1967), "FPC in foods", *Activities Report*, 19:118.
14. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (1962), *Cereal Laboratory Methods*, 7th ed., section 50—10. The Association, St. Paul, Minnesota.

15. PRODUCTION ET UTILISATION DU *NUOC-MAM* EN CÔTE D'IVOIRE*

Bien qu'il n'y ait pratiquement plus de famine en Afrique, de nombreuses populations de ce continent souffrent encore d'une malnutrition due à une carence protéique. En Côte d'Ivoire, par exemple, la protéine végétale fournie par le manioc, l'igname, le plantain, le millet et le riz est abondante mais la protéine animale est rare. L'approvisionnement en viande étant insuffisant, la source de protéines animales la plus abondante est la pêche qui est pratiquée le long de la côte atlantique.

Le Gouvernement de la Côte d'Ivoire s'est efforcé d'assurer une distribution optimale des produits de la pêche dans les zones urbaines et rurales et a encouragé la pisciculture en eau douce. Malheureusement, le transport de denrées périssables sur de longues distances pose des problèmes complexes, de sorte que l'intérieur du pays est mal, et souvent même pas du tout, ravitaillé en poisson.

Le Viet-Nam, qui pendant des siècles a éprouvé les mêmes difficultés que la Côte d'Ivoire en matière de nutrition, a trouvé une solution au problème de la conservation des éléments nutritifs essentiels du poisson, grâce à la fabrication du *nuoc-mâm*. Bien que l'on croie généralement qu'il s'agisse d'une sauce de poisson pourri, le *nuoc-mâm* ne peut être fabriqué qu'avec du poisson très frais. Il est le résultat de l'autodigestion naturelle de la chair du poisson par ses propres enzymes. Le poisson est plongé dans de la saumure presque saturée, ce qui le protège contre toute putréfaction bactérienne.

Le *nuoc-mâm*, qui n'est pas seulement un condiment, mais un véritable aliment, possède une haute valeur nutritive, car il contient des composants de protéides — mais pas les protéides eux-mêmes — sous forme d'acides aminés, de sels minéraux et de vitamines, surtout de vitamine B₁₂. Ces éléments peuvent être complètement assimilés par l'organisme humain, alors que le taux de digestibilité le plus élevé pour d'autres aliments carnés ou non carnés est de 96%. Cette différence de 4% est extrêmement importante, d'après les nutritionnistes.

L'apport d'une petite quantité de *nuoc-mâm* permet d'augmenter considérablement la valeur des protéines végétales de qualité inférieure et constitue un moyen efficace d'équilibrer les régimes alimentaires en

* Communication présentée par M. Faubeau, directeur de la Société FINUMA, Abidjan (Côte d'Ivoire).

Afrique. De récents travaux exécutés par l'Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux à Paris, ont montré que les acides aminés, qui sont rares dans les hydrates de carbone consommés en Afrique, sont excédentaires dans le *nuoc-mâm*. De petites quantités de *nuoc-mâm* pourraient permettre d'équilibrer le régime des enfants après le sevrage et profiteraient également aux travailleurs qui ne peuvent se permettre de consommer du poisson ou de la viande chaque jour. Ce supplément de protéines est particulièrement vital pour les enfants dont le développement physique et intellectuel dépend de la qualité de leur régime alimentaire au cours des cinq premières années de leur existence.

Le *nuoc-mâm* contient les éléments nutritifs ci-après, en quantités différentes selon sa qualité:

Acides aminés: acide aspartique, sérine, acide glutamique, proline, glycine, alanine, tyrosine, histidine, arginine et, surtout, les neuf acides aminés essentiels au développement et à l'entretien de l'organisme humain qui sont la thréonine, la valine, la cystine, la méthionine, l'isoleucine, la leucine, la phénylalanine, la lysine et le tryptophane;

Sels minéraux de: phosphore, brome, iode, calcium, magnésium, fer, chlorure de sodium, fluor, etc.;

Vitamines: PP, B₁ et, surtout, B₁₂.

La valeur nutritive du *nuoc-mâm* et sa facilité d'emploi ont incité le gouvernement à étudier la possibilité d'en fabriquer à partir du poisson pêché au large de la Côte d'Ivoire. Les études nécessaires ont été confiées à la Compagnie d'études économiques et de gestion industrielle. Leurs résultats, confirmés par des laboratoires spécialisés, ont montré que plusieurs espèces de poissons, qui abondent dans la région côtière proche d'Abidjan, devraient permettre de fabriquer du *nuoc-mâm* d'excellente qualité et pouvant se conserver longtemps. En outre, le *nuoc-mâm* s'allie bien avec la cuisine ivoirienne et peut être largement utilisé à Abidjan et dans l'intérieur du pays où les éléments nutritifs de valeur font particulièrement défaut. D'une façon plus générale, le *nuoc-mâm* convient bien pour les plats traditionnels africains, car il peut facilement remplacer le sel.

Il y a peu de temps encore, le *nuoc-mâm* était pratiquement inconnu en Côte d'Ivoire et devait être importé du Viet-Nam; or son prix entre 1 100 et 1 200 francs CFA le litre était trop élevé. En revanche, le *nuoc-mâm* fabriqué industriellement à Abidjan, qui contient au minimum 15 grammes d'"azote total" par litre, et qui est donc de qualité supérieure si l'on se réfère aux normes vietnamiennes, est vendu dans toute la Côte d'Ivoire au prix approximatif de 400 francs CFA le litre.

Conscient des immenses possibilités qu'offrait le *nuoc-mâm* pour l'amélioration du régime alimentaire de la population du pays, le Gouvernement ivoirien a autorisé la création de la première grande industrie de saumure d'Afrique, sinon du monde, et il a participé à ce projet.

(Au Viet-Nam, le *nuoc-mâm* est fabriqué dans une multitude de petites entreprises familiales de saumurage dont la production totale atteint au maximum 100 millions de litres de *nuoc-mâm* par an.)

Les raisons qui ont motivé cette expérience sont les suivantes :

Les études ont prouvé qu'il était possible de fabriquer localement, dans des conditions rentables, du *nuoc-mâm* d'excellente qualité; L'implantation de l'industrie n'exige pas de capitaux importants, ni d'équipement industriel complexe;

Il n'est pas nécessaire de disposer de spécialistes hautement qualifiés, ni d'une main-d'œuvre abondante pour fabriquer ce produit;

Le *nuoc-mâm* est très bien accepté par la population de la Côte d'Ivoire. (Un aliment réellement nouveau — c'est-à-dire, très différent de ceux qui sont consommés habituellement — est généralement difficile à introduire car il faut vaincre les habitudes alimentaires et faire adopter de nouvelles recettes.)

Le *nuoc mâm* possède une grande valeur thérapeutique grâce aux éléments qu'il renferme: vitamines, notamment la vitamine B₁₂, qui est antianémique, et oligo-éléments, notamment le calcium et l'iode qui sont efficaces contre le goitre. Il peut être conservé dans des bouteilles bien bouchées pendant de nombreuses années, sans qu'il se détériore. Il peut être fabriqué par des entreprises artisanales ou familiales comme au Viet-Nam, lorsque le nombre des travailleurs qualifiés est suffisant. Il est possible enfin de fabriquer industriellement du *nuoc-mâm* à partir de poissons de petite taille qui ne sont pas utilisés normalement en raison de leur peu de valeur commerciale.

La jeune industrie du *nuoc-mâm* en Côte d'Ivoire s'est fixé un objectif initial modeste qui est de produire annuellement 1,2 million de litres, objectif qui sera atteint en augmentant progressivement la production de 400 000 litres par an. Le coût du projet est évalué à 60 millions de francs CFA, dont 35 millions de capital nominal qui correspondent à la première tranche d'investissement. La majorité du capital souscrit est détenue par des ressortissants de la Côte d'Ivoire.

L'expérience réalisée en Côte d'Ivoire intéresse l'ensemble de l'Afrique, le *nuoc-mâm* fabriqué en Côte d'Ivoire est exporté dans certains pays d'Afrique centrale bien que ce produit n'ait pas fait l'objet de campagnes de publicité intensives, et un certain nombre d'experts ou d'assistants techniques représentant des entreprises privées du Mali, du Cameroun et d'autres pays, ont demandé à la Côte d'Ivoire de les aider à créer des fabriques de *nuoc-mâm* dans leurs pays.

16. PROGRAMME DE L'US/AID POUR L'EVALUATION ET LA PROMOTION DE CPP*

En 1967, le United States Marine Sciences Council a chargé l'Agency for International Development (US/AID) de mettre au point un concentré protéique de poisson (CPP) destiné à être utilisé outre-mer. A l'époque, les évaluations indiquaient un argument décisif pour l'introduction du CPP et mentionnaient plusieurs problèmes relatifs à sa production, à sa commercialisation et à son acceptabilité qui n'étaient pas encore résolus.

On a constaté que le CPP avait une grande valeur nutritive, avec une teneur en protéines de 75 à 80%. Il a cependant été produit, jusqu'à présent, en laboratoire, ce qui ne représente qu'une étape préliminaire.

Les points suivants portent sur les coûts de production, les marchés et l'acceptation du produit par le consommateur :

Il n'y avait pas de réelle production commerciale de CPP ;

La rentabilité de la production de CPP n'avait pas été évaluée et, notamment, le rapport coût/valeur protéique comparé aux autres sources de protéines disponibles ;

Il n'y avait pas de marché pour le CPP, ni de demande solvable pour le CPP et les produits enrichis de CPP ;

On ne savait pas quelle serait la réaction du consommateur aux produits enrichis de CPP.

Bref, il faudrait surmonter des obstacles considérables pour que le CPP réalise ses possibilités.

Compte tenu de ces difficultés, l'AID a élaboré un programme en vue de déterminer la mesure dans laquelle le CPP pourrait aider à réduire la faim et la malnutrition. L'AID a fait porter son effort sur les études de faisabilité de CPP et sur l'achat d'une quantité spécifique du produit aux fins de distribution et d'expérimentation.

ETUDES DE FAISABILITÉ

Des équipes pluridisciplinaires composées d'experts des pêches, d'économistes, de technologues des produits alimentaires et de spécialistes de la commercialisation se sont rendus dans 12 pays, au cours de l'année

* Communication présentée à la réunion par M. J. B. Cordaro, Program Co-ordinator, Food from the Sea Service, Office of War on Hunger, United States Department of State, Washington, D.C. (Etats-Unis d'Amérique).

1967, pour déterminer ceux d'entre eux qui réunissaient les meilleures conditions pour la création d'une industrie viable de CPP. De l'avis des équipes, le Chili, la République de Corée et le Maroc pouvaient fournir des sites de démonstration pour des études de faisabilité sur le CPP. Les critères suivants ont servi à faire le choix :

Ressources halieutiques et moyens de pêche adéquats pour fournir au moins 20 000 t par an, en plus des débarquements actuels, au prix de 22 dollars la tonne environ ;

Consentement du gouvernement hôte ;

Moyens scientifiques et techniques pour entreprendre les recherches nécessaires en vue d'élaborer un programme local de CPP ;

Possibilité de construire et d'exploiter une usine adaptée à la production de CPP ;

Présence dans le pays de sociétés d'alimentation capables et désireuses de commercialiser de nouveaux aliments ou des aliments modifiés contenant du CPP ;

Aliments se prêtant à l'incorporation de CPP, susceptibles d'être mis à la disposition des personnes sous-alimentées de groupes à faible revenu (les échantillons pour les études de marché seraient choisis parmi ces groupes) ;

Systèmes de transport et de distribution, permettant de desservir les groupes choisis pour l'exécution éventuelle d'un programme de démonstration.

Puisqu'il a été constaté qu'aucun pays ne pouvait satisfaire pleinement à tous ces critères, les pays recommandés ci-dessus ont été jugés les plus qualifiés.

Les équipes ont fondé leur jugement sur les hypothèses suivantes :

Une usine de CPP peut absorber toutes les ressources halieutiques sous-utilisées, jugées acceptables pour la fabrication de CPP ;

L'exploitation rentable d'une usine de CPP exige un approvisionnement minimal de 100 t de poisson par jour, pendant 200 jours de l'année ;

L'éthanol peut remplacer l'isopropanol dans la manufacture de CPP, sans qu'il en résulte de modification sensible dans le procédé de fabrication ou les caractéristiques du produit final ;

Le CPP peut être vendu soit comme partie d'un aliment de base déjà connu sur le marché soit comme ingrédient d'un aliment nouvellement mis au point ;

Le programme de démonstration peut s'adresser aux personnes figurant dans les groupes à faible revenu, et la distribution d'aliments enrichis de CPP aux individus en dehors de l'économie monétaire doit être entreprise comme activité non commerciale, soit par le gouvernement, soit au titre d'autres programmes alimentaires.

Sur la base de ces recommandations, l'AID a signé un contrat, en juin 1968, avec la General Oceanology, Inc. Boston (Massachusetts) pour entreprendre des expériences au Chili et en République de Corée. Ces études qui comportaient des analyses de marché, des analyses de l'offre, des mises au point et des essais de produits, avaient pour objet de déterminer si une industrie viable du CPP pourrait être implantée et, dans l'affirmative, par quels moyens.

Analyses de marché

Les analyses de marché avaient pour but de déterminer si des aliments enrichis de CPP étaient ou non acceptables par les consommateurs auxquels ils étaient destinés; de définir les occasions d'introduire les produits enrichis de CPP dans les programmes alimentaires nationaux et les programmes d'alimentation de collectivités, ainsi que dans les circuits commerciaux; de vérifier si la demande potentielle était suffisante pour justifier la construction d'une usine de CPP. Il était d'abord nécessaire de déterminer les valeurs, les croyances et les facteurs d'environnement et autres, contribuant à former les habitudes en matière de régime alimentaire et les principes en matière d'alimentation des groupes considérés.

Analyses des disponibilités

Ces études ont pour objet de déterminer si une quantité adéquate de poisson bon marché et sous-utilisée est disponible et pourrait être débarquée; de fixer le prix de revient et le prix de vente du CPP et les aliments enrichis de CPP, et d'établir le rapport entre le coût du CPP et les échelles de production.

Mise au point et essais du produit

Ces deux activités concernaient essentiellement les techniques employées pour enrichir les aliments de base avec du CPP et pour faire des essais d'acceptabilité du produit, du point de vue saveur et prix.

Les conclusions de l'étude de faisabilité pour la République de Corée ont été les suivantes:

La malnutrition protéique existe dans certains groupes considérés, notamment parmi les enfants en sevrage, les enfants d'âge préscolaire, les femmes enceintes ou allaitantes et les membres de groupes à faible revenu (aussi bien dans les zones urbaines que rurales);

La conjoncture et la pénurie de matières premières s'opposent à l'implantation en Corée d'une usine pour la fabrication commerciale de CPP. Il existe toutefois pour améliorer l'utilisation du poisson des solutions de rechange qui pourraient encourager la production de CPP;

Le CPP peut contribuer à réduire la pénurie de protéines, si le but à atteindre est de fournir la source la plus économique de protéines animales.

A moins que le gouvernement d'un pays s'intéresse au CPP, qu'il s'engage à introduire le produit dans ses programmes alimentaires et accepte d'acheter un certain volume de la production de l'usine, il y a peu de chances pour qu'une industrie du CPP puisse être implantée. Au Chili, le Gouvernement a fait savoir qu'il absorberait 50 à 60% de la capacité antieipée de l'usine, qui est conçue pour produire entre 4 000 et 5 000 tonnes de CPP par an. Les autres marchés au Chili sont l'industrie des pâtes alimentaires et celle des aliments pour les nourrissons en sevrage et les jeunes enfants. En raison des gros risques à courir par l'entreprise et des modifications, du point de vue concepts et procédés, que le CPP subira probablement au cours des prochaines années, la General Oceanology prévoit l'amortissement de l'usine au Chili en cinq ans, au lieu des 10 à 20 ans habituels.

Achat de CPP

Le programme élaboré par l'AID comportait un autre aspect: il s'agissait d'acheter du CPP en quantités suffisantes pour faire des essais de mise au point et d'acceptabilité du produit, et pour fournir des protéines de haute qualité aux programmes d'alimentation préseolaire. L'achat de CPP par l'AID est conforme aux dispositions du *Foreign Assistance Act* (1968) qui a recommandé de consacrer des fonds à l'achat de CPP et d'autres concentrés protéiques. (Une tentative faite par l'AID pour lancer aux Etats-Unis une industrie du CPP, grâce à un système d'achat garanti, s'est révélée non rentable et le contrat a été résilié, lorsque le produit a été jugé défectueux.)

Les principales possibilités d'utilisation du CPP sont offertes par les programmes de protection maternelle et infantile, les programmes de déjeuners scolaires et autres programmes d'alimentation des enfants et par les programmes nationaux de nutrition. L'enrichissement des aliments dans les pays en voie de développement est souvent entravé, toutefois, par le manque d'installations de traitement et l'absence de normes qui ne peuvent donc être modifiées ni appliquées par un contrôle insuffisant du système de distribution pour garantir la qualité et l'innocuité du produit, et par l'absence d'un programme de promotion ou celle de marchés commerciaux atteignant les groupes intéressés.

Pour résoudre ces problèmes en même temps que d'autres, l'AID a élaboré un programme destiné à rassembler des données dignes de foi sur l'acceptation du produit par le consommateur, la stabilité et le conditionnement du CPP et des produits alimentaires enrichis de CPP, entrepris en étroite collaboration avec des organismes bénévoles américains: Church World Service, Catholic Relief Services, CARE, Unitarian Universalist Service Committee, etc. L'objectif à atteindre est de déterminer comment utiliser le CPP pour enrichir les aliments dans des conditions satisfaisantes et de vérifier que les aliments enrichis de CPP conviennent

aux groupes intéressés. La méthode d'essai sera similaire d'un pays à l'autre, compte tenu des différents types d'aliments, des habitudes alimentaires, des coutumes et des tabous. L'équipe chargée de l'évaluation, en collaboration avec les missions de l'AID et les gouvernements hôtes, choisira les aliments susceptibles d'être enrichis de CPP qui sont adaptés à la cuisine traditionnelle du pays ou à des programmes d'alimentation déterminés. Des formules seront mises au point pour incorporer dans ces produits les montants optimaux de CPP. Pour contribuer à garantir un accueil favorable, des renseignements détaillés seront rassemblés sur les habitudes alimentaires des diverses institutions et écoles participant au programme, le degré d'intérêt et de compétence du personnel, et les niveaux et les variations dans le niveau d'enrichissement au CPP. Enfin, le programme sera conforme aux principes directeurs suivants :

Le programme devra être exécuté aussi discrètement que possible (en théorie, les groupes testés ne devraient pas se rendre compte qu'ils font l'objet d'une expérience ou qu'ils sont en observation);

Dans un groupe donné, une centaine d'individus seront servis en même temps;

Un technicien au moins, outre le personnel régulier de cuisine, surveillera le service ainsi que l'enregistrement des données;

Il devra y avoir plusieurs niveaux d'enrichissement au CPP et un rythme différent pour son emploi.

OBJECTIFS DE L'AID AU MAROC

Le projet élaboré par l'AID pour l'introduction du CPP au Maroc est un exemple de la manière dont cet organisme entend exécuter son programme. Le plan prévoit un effort conjoint du Gouvernement marocain, de l'AID et des Nations Unies. Les objectifs globaux du projet sont les suivants: déterminer la possibilité de créer une industrie de concentrés protéiques de poisson économiquement viable au Maroc, et élaborer une méthode pour introduire le CPP et les aliments enrichis de CPP dans le système d'alimentation marocain; enfin, mettre au point un plan de commercialisation et de distribution du CPP comestible produit par l'usine de la SONAFAP à Agadir.

Pour atteindre ces objectifs, le contractant de l'AID, en étroite coopération avec la FAO et l'ONUDI, concentrera ses efforts sur les points suivants:

Déterminer s'il est possible économiquement de transformer les sardines en CPP, et estimer la demande nécessaire pour justifier la création d'une industrie au Maroc;

Etablir le rapport coût/valeur protéique du CPP, par opposition au rapport coût/valeur protéique d'autres protéines ou mélanges de protéines disponibles ou potentiellement disponibles au Maroc;

Elaborer de nouvelles recettes alimentaires utilisant le CPP, faire l'essai de l'acceptabilité, par des groupes déterminés, de tous les aliments enrichis de CPP et mettre en place un système pour la distribution de ces produits auxdits groupes;

Analyser la rentabilité du projet consistant à fabriquer du CPP comestible à la SONFAP, à le commercialiser et à le distribuer.

Compte tenu des données sur les pêches fournies par la FAO, le contractant de l'AID analysera les variables de la capture, de la conservation et du transport des sardines pour déterminer le coût de production du CPP le plus bas possible et la courbe prix de revient/demande à divers niveaux de production. Il analysera également tous les autres facteurs pertinents, y compris l'utilisation des sous-produits et la production de CPP comestible, pour déterminer le coût général de production du CPP au Maroc. (L'ONUDI doit fournir une grande partie des données pour cette analyse, notamment celles concernant la main-d'œuvre, les coûts du matériel et d'exploitation, les frais généraux et la marge bénéficiaire souhaitée.)

En fonction de cette analyse et des données techniques fournies par l'ONUDI, le contractant de l'AID fera des recommandations touchant l'emplacement des usines de CPP et leur taille, et spécifiera la forme du système à adopter pour la production, la commercialisation et la distribution aussi économiques que possible du CPP. Ces recommandations doivent examiner l'emplacement de l'actuelle usine de la SONAFAP, par rapport à d'autres sites possibles. En outre, le contractant choisira le procédé le mieux adapté pour transformer les sardines en CPP. Il déterminera les possibilités d'investissements étrangers dans une usine de CPP au Maroc. Et avec l'assistance de la FAO, il évaluera le potentiel offert au CPP et aux produits enrichis de CPP, en tant qu'exportations sur les marchés internationaux.

Une enquête de marché sera entreprise afin de déterminer la possibilité d'utiliser le CPP pour enrichir certains produits alimentaires destinés à des groupes d'individus appartenant ou non à des collectivités et dont le régime alimentaire est caractérisé par une carence en protéine.

Pour les individus n'appartenant pas à des collectivités, le contractant choisira des groupes manquant de protéine dans des zones représentatives, rurales et urbaines, d'après l'âge, le niveau de revenu, l'emplacement géographique, les habitudes alimentaires, les facteurs qui influent sur les régimes alimentaires, la politique et les plans adoptés par le gouvernement pour résoudre le problème nutritionnel. Dans ces groupes, le contractant s'intéressera plus particulièrement aux nourrissons, aux enfants d'âge préscolaire, aux femmes enceintes ou allaitantes.

En ce qui concerne les collectivités, le contractant déterminera, décrira et quantifiera les programmes d'alimentation, tels que déjeuners scolaires, cantines d'établissements industriels, mess, protection maternelle et infantile, etc.

Le contractant sera chargé de déterminer tous les produits alimentaires et les types de produits, consommés par les deux groupes considérés qui sont susceptibles d'être enrichis au CPP, en se fondant sur:

La possibilité technique de l'enrichissement au CPP;

Le potentiel que représentent les produits enrichis au CPP pour améliorer la qualité et la quantité de la ration protéique des groupes considérés.

La structure des prix des aliments et des composants alimentaires normalement consommés par les groupes, ainsi que les facteurs qui déterminent ces prix;

Le coût supplémentaire que le CPP ajoute au produit enrichi et l'acceptation du produit du point de vue économique;

L'effet que pourrait avoir la structure traditionnelle du marché sur le traitement et la commercialisation des aliments enrichis de CPP;

La mesure dans laquelle les fabricants locaux pourraient s'intéresser aux produits enrichis de CPP;

Les mesures et les programmes — publics et privés — qui pourraient encourager la consommation de CPP (ces recommandations comprendront les campagnes publicitaires et éducatives qui pourraient être entreprises par la FAO et par l'ONUDI).

Les renseignements rassemblés au cours de cette enquête serviront à mettre au point des formules de produits et des procédés pour incorporer le CPP dans certains aliments, pour encourager l'apparition de nouveaux concepts alimentaires conformes aux besoins et aux préférences des groupes considérés pour entreprendre des essais en vue de déterminer le goût et l'acceptabilité, du point de vue prix, des produits enrichis de CPP.

Une fois évaluée la réaction du consommateur au produit, le contractant, de concert avec le gouvernement, les industriels locaux, la FAO et l'ONUDI, élaborera un plan pour la fabrication et l'essai des produits enrichis en CPP, portant sur une période suffisamment longue pour permettre d'obtenir des données dignes de foi et significatives en vue d'évaluer le marché potentiel de CPP au Maroc.

En déterminant le marché du CPP comestible, on visera à placer la production de la SONAFAP sur une base économique solide. A cette fin, le contractant de l'AID évaluera et analysera les procédures actuelles de commercialisation et de distribution du CPP comestible fabriqué à l'usine de la SONAFAP d'Agadir, et recommandera des méthodes destinées à améliorer la commercialisation et la distribution, tant sur le marché intérieur que sur les marchés d'exportation. Dans ce secteur, le contractant travaillera en collaboration avec le personnel de l'ONUDI chargé d'apporter des améliorations à l'usine de la SONAFAP et utilisera les données sur la production et l'organisation que ce personnel aura élaborées.

Résumé

Bien que l'étude de faisabilité de l'AID doit être entreprise en étroite consultation avec la FAO et l'ONUDI, le rapport final de l'AID sera utile pour les investissements et comme base des décisions ultérieures. On prévoit que l'ONUDI, de concert avec l'AID et la FAO, réexaminera les activités relatives à la possibilité de créer une industrie du CPP au Maroc et proposera des mesures complémentaires pour garantir la mise en œuvre effective des recommandations. Le contractant de l'AID participera à l'élaboration des recommandations.

Commercialisation

Pour pouvoir commercialiser le CPP dans de bonnes conditions, il doit être offert sous une forme savoureuse et agréable. La mise au point, la promotion et la commercialisation d'aliments enrichis de CPP susceptibles de plaire aux consommateurs doivent être entreprises de toute urgence. Les efforts actuels sont tout à fait insuffisants. Le CPP fabriqué jusqu'à présent ne s'est pas encore révélé suffisamment savoureux, lorsqu'il est incorporé à des produits destinés à l'alimentation humaine, pour encourager les consommateurs à l'acheter ou les gouvernements à le subventionner. Les travaux sur l'acceptabilité du CPP revêtent une importance essentielle, de même que les recherches visant à modifier les propriétés du produit. Cette recherche pourrait révéler de nouveaux produits présentant des propriétés intéressantes et pouvant contribuer à améliorer les caractéristiques des denrées de base. Selon toute vraisemblance, un niveau similaire de recherche et de développement permettrait d'établir comment le CPP pourrait apporter des avantages aux consommateurs, notamment un accroissement de la valeur nutritive, lorsqu'il est convenablement utilisé dans la préparation d'aliments acceptables.

Pour que se généralise l'introduction d'aliments protéiques peu coûteux et d'origine locale dans les régimes alimentaires des pays en voie de développement, il faut d'abord que ces produits soient acceptés par le consommateur ; or c'est là le principal obstacle à vaincre. Beaucoup plus que par le passé, des études sur les habitudes et le comportement alimentaire, des enquêtes de marché systématiques et l'application des enseignements tirés de l'expérience commerciale à de nouveaux produits alimentaires sont nécessaires pour la promotion de nouveaux aliments protéiques. Si des denrées alimentaires acceptables enrichies de CPP sont bien accueillies par les consommateurs, il devra être possible de trouver suffisamment de capitaux privés pour aider à mettre sur pied une industrie du CPP.

17. UTILISATION DES CPP: ANALYSE EN VUE D'AIDER A DEFINIR DES POLITIQUES NATIONALES EN MATIERE DE NUTRITION*

COÛTS COMPARÉS DE LA PROTÉINE DE RÉFÉRENCE

Les principes directeurs pouvant aider les gouvernements à fixer les objectifs de leurs programmes nationaux en matière de nutrition sont rares. Il est donc nécessaire d'effectuer une analyse scientifique portant non seulement sur les concentrés de protéines de poisson et les autres produits utilisables pour enrichir des aliments, mais également sur les incidences, en matière de nutrition, des politiques nationales agricoles et autres influençant les investissements dans le domaine de l'alimentation.

Pour les besoins de la discussion, les auteurs ont utilisé le modèle établi par Sidney M. Cantor Associates qui tient compte des prix, de la protéine de référence³ et d'autres paramètres dans un pays en voie de développement imaginaire souffrant d'un déficit protéique. Dans ce modèle sont comparés divers aliments de base traditionnels et certains produits enrichis en protéines. Les auteurs ont calculé le prix de la protéine de référence [2] dans divers aliments courants et dans des produits enrichis en protéines par rapport au prix de cette protéine dans une denrée de base, à savoir le riz. Ces calculs peuvent être modifiés de façon à permettre des comparaisons tenant compte, par exemple, de la demande des consommateurs, de l'acceptabilité, de l'efficacité d'utilisation calorico-protéique et des possibilités d'investissement.

Ces calculs s'efforcent de répondre à la question suivante: quel produit devrait choisir un gouvernement et/ou un investisseur privé intéressé par un produit: 1) qui procure aux groupes à faible revenu le maximum de protéine de référence; 2) dont le prix, à teneur égale en protéine de référence, soit nettement inférieur à celui d'une céréale de base, le riz

* Communication présentée par MM. Gerald D. Bernstein, Idmon, Inc. (était auparavant avec General Oceanology, Inc.); Sidney M. Cantor, Sidney M. Cantor Associates, Inc.; et Solomon H. Chafkin, American Technical Assistance Corp.

³ Protéine de référence: protéine de haute valeur biologique qui contient une combinaison déterminée d'acides aminés susceptible d'être complètement assimilée quand la consommation correspond à la ration d'entretien. Voir FAO/OMS (1965), *Besoins en protéines*, Rome, page 72.

dans ce cas ; et 3) qui soit très demandé par les consommateurs ayant un faible revenu et dont la demande soit susceptible d'augmenter en même temps que les revenus.

Les calculs montrent l'incidence d'une structure particulière des prix à un moment donné. Leurs résultats peuvent être très différents si les rapports entre les prix se modifient. Leur sensibilité a été illustrée par un test sur les résultats d'une analyse de la consommation des produits à base de soja dans un pays échantillon. Dans ce pays, le soja est consommé essentiellement sous forme de fromage de pois dont le prix est sensiblement plus élevé que celui des autres produits comestibles à base de soja. Si l'on ajuste le prix afin de tenir compte du prix du fromage de pois, l'utilisation de ce produit apparaîtra moins avantageuse que l'enrichissement par concentré de soja ou de protéines de poisson.

Cette analyse ne donne pas à l'investisseur privé tous les renseignements détaillés qui lui sont nécessaires pour des projets précis — besoins en capitaux, coût de production, volume des ventes et bénéfices virtuels, conditions financières, rendement des investissements, etc. Elle ne fournit pas non plus de réponse aux fonctionnaires chargés de la planification

TABLEAU I. PRIX DE LA PROTÉINE DE RÉFÉRENCE DANS DIVERS PRODUITS ALIMENTAIRES COURANTS

	<i>Prix de la protéine de référence aux Etats-Unis (dollars/kg)</i>	<i>Prix relatif de la protéine de référence (riz = 1,00)</i>
<i>Céréales</i>		
Riz	4,26	1,00
Orge-H	2,61	1,62
Orge-N	2,30	1,86
Blé	2,78	1,53
Autre céréale	3,41	1,25
<i>Légumes</i>		
Soja	0,61	7,05
Soja (sous forme de fromage de pois)	1,60	2,66
Autre légumineuse	0,73	5,80
Patate	10,19	0,42
Pomme de terre	4,78	0,89
Autre légume	18,52	0,23
<i>Produits animaux</i>		
Bœuf	2,98	1,43
Porc	1,85	2,30
Poulet	1,85	2,30
Poisson (séché)	0,86	5,00
Poisson (frais)	0,84	5,40
Crustacés	1,89	2,25
Lait	9,44	0,45

en ce qui concerne les investissements publics et la nécessité ou non d'encourager les investissements privés. Toutefois, les calculs peuvent être élargis en vue de déterminer les conséquences que le choix d'un moyen, plutôt que d'un autre, pour atteindre les objectifs fixés en matière de nutrition aurait sur la balance des paiements, ou sur la situation de l'emploi, ou sur le coût de ce choix pour l'économie.

Pour les besoins de cette étude, le prix du kilogramme de protéine de référence a été choisi comme base de comparaison. Un résumé de ces calculs est fourni au tableau 1, dans lequel le "prix relatif de la protéine de référence" se définit comme le prix de la protéine de référence dans le riz divisé par le prix de cette même protéine dans les aliments considérés.

Ce tableau permet de se rendre compte des avantages qu'offrent le soja et les autres légumineuses comme sources de protéines végétales, et le poisson frais ou séché comme source de protéines animales. Les conséquences des différences de prix en ce qui concerne la politique économique seront étudiées plus loin.

Une comparaison semblable est établie dans le tableau 2 pour divers aliments enrichis en protéines.

TABLEAU 2. PRIX DE LA PROTÉINE DE RÉFÉRENCE DANS DIVERSES SUBSTANCES ENRICHISSANTES

<i>Aliments enrichis en protéines^a</i>	<i>Prix de la protéine de référence dans la substance enrichissante aux États-Unis (dollars/kg)</i>	<i>Prix relatif de la protéine de référence (riz = 1,00)</i>
Lysine, 0,2% dans le blé	0,14	31,5
Concentré de soja, 6% dans le blé	0,54	7,8
CPP, 5% dans le blé	0,36	11,7

^a La lysine, l'extrait de soja et le CPP coûtent respectivement 1,00, 0,27 et 0,25 dollar la livre.

Il est à noter que l'avantage d'un enrichissement avec de la lysine par rapport à un enrichissement avec du concentré de soja ou du CPP provient du fait que l'on a calculé uniquement le prix du kilogramme de protéine supplémentaire fournie par la substance enrichissante. Les résultats ne correspondent pas à ceux de D. M. Hegsted qui a comparé l'enrichissement de la farine de blé avec de la lysine et avec des CPP en partant d'hypothèses précises pour les coûts. Ces calculs, qui sont résumés dans le tableau 3, portent sur le "coût global" — le coût par unité de protéine totale contenue dans une unité de farine de blé enrichie; c'est-à-dire la protéine normale du blé plus la protéine fournie par la substance enrichissante.

TABLEAU 3. VALEUR NUTRITIVE DE LA FARINE DE BLÉ ENRICHIE EN PROTÉINES ET COÛT COMPARATIF DES PROTÉINES UTILISABLES

	Teneur en protéines ^a (%)	Valeur nutritive ^b (%)	Protéines utilisables ^c (%)	Coût pour 100 livres ^d (dollars)	Coût d'une livre de protéines utilisables (dollars)
Farine de blé	13,75	24	3,20	8,00	2,50
Farine de blé + 0,2% de lysine. HCl	13,94	38	5,30	8,20	1,55
Farine de blé + 0,5% de lysine. HCl	14,25	46	6,55	8,50	1,30
Farine de blé + 0,5% de lysine. HCl + 0,3% de thréonine	14,55	56	8,14	8,95	1,09
Farine de blé + 5% de CPP	16,66	42	7,00	8,85	1,26
Farine de blé + 10% de CPP	21,26	50	10,68	9,70	0,91

Source: D. M. Hegsted, professeur de nutrition, Université de Harvard.

^a N x 6,25 (tous les tests sont basés sur la teneur en azote).

^b Valeur nutritive par rapport à celle de la lactalbumine.

^c Teneur en protéines x VNR (valeur nutritive relative) = protéines utilisables.

^d Les estimations ont été faites sur la base des prix suivants: farine panifiable ordinaire: 5,50 dollars les 100 livres à New York et frais de transport jusqu'en Inde (par exemple), soit 2,50 dollars environ pour 100 livres (chiffres indiqués par Bernard Rothwell, Itay State Milling Company, Boston). Lysine, thréonine et CPP: 1,00, 1,50 et 0,25 dollar la livre, respectivement.

Coût de la protéine totale et coût de la protéine supplémentaire

Le coût "additionnel" de l'enrichissement avec la lysine est inférieur à celui de l'enrichissement avec du CPP. Toutefois, le coût total des protéines contenues dans un aliment enrichi avec du CPP est inférieur à celui de l'ensemble des protéines d'un aliment enrichi avec de la lysine. (Voir tableau 4.)

TABLEAU 4. COÛT DE LA PROTÉINE TOTALE PAR RAPPORT À CELUI DE LA PROTÉINE SUPPLÉMENTAIRE

	Coût (dollars/kg)	Teneur en protéines (%)	Efficacité protéique	Protéine de référence (g/kg)	Coût de la protéine de référence (dollars/kg)
Enrichissement avec de la lysine (0,2%)					
Blé	0,10	13,0		42,2	2,37
Lysine (protéine supplémentaire)	2,22	0,2		35,0	0,13
Mélange (protéine totale)	0,10	13,2	0,585	77,2	1,35
Enrichissement avec des CPP (5%)					
Blé	0,10	12,35		40,0	2,37
CPP (protéine supplémentaire)	0,56	4,25		61,0	0,46
Mélange (protéine totale)	0,12	16,60	0,608	101,0	1,21

Il est important de tenir compte du coût global par rapport au coût additionnel lorsque sont fixés les objectifs en matière de nutrition. Si le gouvernement décide d'importer des protéines sous forme de farine de blé enrichie, il doit se référer à l'analyse d'Hegsted sur le coût global des protéines, et l'utilisation de CPP sera plus économique que celle de la lysine. Si le gouvernement décide d'enrichir toute la production de blé du pays, qui fournit déjà à la population une certaine quantité de protéines, il lui faudra connaître le coût des protéines supplémentaires apportées par les diverses substances enrichissantes. Il devra, dans ce cas, tenir compte de l'analyse relative au coût des protéines supplémentaires, et la lysine constituera le moyen le plus avantageux d'accroître la quantité de protéines fournies. L'hypothèse selon laquelle le prix de la lysine est de 1 dollar la livre revêt une grande importance. En effet, si le prix de la lysine était de 2,68 dollars la livre, le coût des protéines supplémentaires fournies par cette substance serait égal à celui des protéines provenant des CPP, à condition que le prix des CPP reste inchangé à 0,25 dollar la livre.

L'enrichissement de la farine avec 0,2% de lysine-L revient à 0,13 dollar par kg de protéine de référence, contre 0,46 dollar si cette farine est enrichie avec 5% de CPP. Toutefois, si l'on se base sur le coût de l'unité de protéine totale, le CPP est plus avantageux que la lysine; en effet, le coût de la protéine totale avec le CPP est de 1,21 dollar le kg contre 1,35 dollar avec la lysine. Cette différence serait encore plus marquée pour de plus fortes proportions de CPP.

Les planificateurs se préoccupent particulièrement du coût des protéines provenant de nouvelles sources. Ils considèrent les protéines fournies par la récolte de blé comme une ressource déjà disponible et s'intéressent davantage au coût net de nouvelles protéines fournies par d'autres substances enrichissantes. S'ils choisissent la solution consistant à développer la production locale de blé et à enrichir ensuite ce blé, le coût de la protéine totale contenue dans l'aliment enrichi revêtira une importance capitale. Dans ce cas, il sera plus avantageux d'enrichir la farine de blé avec des CPP, comme le montre l'analyse d'Hegsted.

Coût-efficacité

On peut effectuer une analyse préliminaire de coût-efficacité en comparant le coût de la protéine totale à celui de la protéine supplémentaire, en fonction d'un objectif national pour l'amélioration de la nutrition. Si le gouvernement désire atteindre cet objectif en évitant de trop grandes dépenses de devises, il pourrait renoncer à importer du blé, quel que soit son prix sur les marchés internationaux. Lorsque l'objectif est d'améliorer l'alimentation des jeunes enfants pendant et après le sevrage, l'avantage sera donné au CPP car ces enfants ne peuvent absorber la quantité de céréale nécessaire dans les aliments enrichis avec de la lysine pour que leur ration protéique soit suffisante. Mais cet objectif soulève

le nouveau problème de la mise au point de produits convenant aux enfants en bas âge.

Un autre élément important dont il faut tenir compte est le coût des protéines "livrées". Là encore, l'analyse sera fonction de l'objectif que s'est fixé le gouvernement. S'il souhaite que les familles à faible revenu puissent disposer d'une plus grande quantité de protéines, au prix le plus bas, il aura intérêt à choisir la solution qui consiste à enrichir en lysine des nouilles et d'autres produits courants à base de blé, vendus dans le commerce. Si le gouvernement souhaite uniquement améliorer l'alimentation des enfants, il devra vraisemblablement mettre en œuvre un programme approprié de distribution de lait enrichi avec des CPP, ou d'aliments spéciaux contenant des CPP, des céréales et des acides aminés, par l'intermédiaire des services de protection maternelle et infantile. Dans ce cas, les frais de distribution par tête pourraient être beaucoup plus élevés que pour un programme général, mais le coût total du projet sera bien inférieur. En outre, si le gouvernement vise aussi à accroître le taux de survie des enfants avant d'accélérer la planification de la famille, les avantages offerts par les programmes d'alimentation des enfants s'en trouveront augmentés.

Ce qu'il en coûtera pour éliminer le déficit protéique

Le déficit en protéine de référence dans le pays étudié a été évalué à 31 000 tonnes. Les dépenses nécessaires pour combler ce déficit à l'aide de sources classiques (tableau 5) vont d'un maximum de 140,7 millions de dollars pour le riz à un minimum de 27,6 millions de dollars pour le poisson frais. L'utilisation de substances enrichissantes coûte moins cher, mais, dans chaque cas, un accroissement important de la production intérieure de blé est nécessaire pour fournir la quantité voulue des protéines par enrichissement.

Le coût total d'un programme visant à éliminer le déficit protéique par l'enrichissement à la lysine du blé actuellement disponible et du blé supplémentaire nécessaire dépasserait sensiblement le coût total (substance enrichissante plus blé supplémentaire) d'un programme d'enrichissement avec des CPP ou du soja, et celui d'une augmentation des approvisionnements en poisson. L'utilisation de tourteaux de soja serait également plus économique. L'augmentation de production de blé nécessaire pour un programme d'enrichissement avec de la lysine exigerait la mise en culture de terres peu fertiles afin d'éviter de supprimer d'autres sources de protéines, tandis que le recours aux importations poserait des problèmes de devises.

Objectifs en matière de nutrition et allocation des ressources

Les gouvernements résolus à développer l'économie nationale devront inévitablement définir une politique pour l'amélioration du niveau de vie de la population et plus particulièrement des groupes à

TABLEAU 5. DÉPENSES NÉCESSAIRES POUR COMBLER UN DÉFICIT DE 31 000 TONNES DE PROTÉINE DE RÉFÉRENCE EN ACCROISSANT LA PRODUCTION DE CERTAINES SOURCES DE PROTÉINES

	Coût (millions de dollars)	Accroissement des disponibilités actuelles nécessaires pour combler le déficit protéique (%)
Riz	140,7	21
Orgo	81,4	35
Blé	91,8	300
Soja (fromage de pois)	59,2	63
Bœuf	98,5	308
Porc	61,1	458
Poulet	61,1	465
Poisson (frais et traité)	27,6	33
Lysine (0,2% dans le blé)	4,4 (plus 30,3 millions de dollars pour le blé supplémentaire)	(Accroissement de 100% de la production intérieure ou importations équivalentes)
CPP (5,0% dans le blé)	12,0 (plus 7,4 millions de dollars pour le blé supplémentaire)	(Accroissement de la production intérieure de 24% ou importations équivalentes)

faible revenu. Ils devront également définir des objectifs nationaux dans le domaine de la nutrition en tenant compte, dès le départ, des conséquences que les politiques économiques pourraient avoir sur la nutrition et rechercher les moyens d'harmoniser les objectifs de nutrition avec les autres buts qu'ils se proposent.

Le gouvernement peut, s'il le désire, définir des objectifs et des politiques en faveur des groupes à faible revenu ou de groupes spéciaux, tels que les enfants en sevrage et les femmes enceintes et/ou allaitantes. Avant de prendre une décision à ce sujet il devra examiner si le but qu'il se propose d'atteindre dans le domaine de la nutrition est compatible avec les autres objectifs qu'il s'est fixés, et étudier les réallocations de ressources nécessaires pour réaliser son programme nutritionnel et assurer notamment un équilibre calories-protéines optimal. Des mesures importantes visant à améliorer le régime alimentaire nécessiteront une réévaluation immédiate et directe des politiques et des ressources agricoles et halieutiques, des politiques en matière de balance des paiements, des subventions et des autres stimulants à la production de certaines catégories de produits alimentaires, ainsi que de diverses mesures qui ont influé sur la répartition actuelle des ressources publiques et privées.

Il est peut-être impossible, à court terme, de donner une haute priorité aux objectifs concernant la nutrition si les mesures nécessaires devaient avoir des effets défavorables dans d'autres domaines importants

comme la balance des paiements du pays. Il est peu probable, par exemple, qu'un gouvernement encourage une augmentation massive des disponibilités en poisson frais sur le marché intérieur si une telle action devait être préjudiciable à l'expansion des exportations de poisson. Même s'il était possible d'augmenter les quantités de poisson offertes sur le marché intérieur sans nuire aux exportations, il serait malgré tout nécessaire d'étudier les répercussions que l'intensification de la pêche, le stockage, le traitement et la distribution du poisson exerceraient sur les investissements.

La question se posera certainement de savoir si l'on accorde une attention et des ressources suffisantes à l'accroissement des disponibilités intérieures en poisson par rapport à celles dont bénéficie actuellement, par exemple, l'expansion de l'industrie avicole. Le coût et les avantages de programmes nutritionnels basés sur le développement de la pêche et de l'aviculture devront être comparés afin de déterminer l'importance relative à accorder à chaque industrie.

Le rôle des CPP dans la planification de la nutrition

Les avantages évidents que présente le poisson frais ou séché pour l'amélioration du régime alimentaire justifient une intensification des efforts visant à accroître les approvisionnements intérieurs en poisson et à abaisser les prix au consommateur. Même si ces efforts portaient leurs fruits, il n'est pas certain qu'ils permettraient de résoudre les problèmes que posent les groupes vulnérables comme par exemple les enfants en sevrage. Le gouvernement pourrait, dans ce cas, éprouver de grandes difficultés dans le choix des solutions. Par exemple, des disponibilités plus abondantes de lait à un prix plus bas pourraient fournir une solution efficace, mais le développement de l'industrie laitière locale serait coûteux et l'importation de lait en poudre dégraissé, en provenance de pays dont la production de lait est excédentaire, entraînerait des dépenses en devises, bien que ce produit soit relativement bon marché.

Une autre solution consisterait à enrichir des céréales. Les supports les plus pratiques pour les produits devant être vendus dans le commerce sont les aliments à base de farine de blé (nouilles, biscuits, soupes et certaines boissons). Le prix de ces produits et celui des nouveaux aliments pour bébés augmenteront s'ils sont enrichis, et le gouvernement devra décider s'il subventionnera ou non les entreprises fabriquant ces produits afin de les mettre à la portée des groupes à faible revenu. Le gouvernement devra également étudier si un système de distribution gratuite, par l'intermédiaire des centres de protection maternelle et infantile existants, ne serait pas plus efficace pour atteindre ces groupes qu'un programme généralisé d'enrichissement de produits vendus dans le commerce.

Il serait vraisemblablement plus économique d'importer des CPP de pays comme le Chili où les matières premières sont abondantes et bon marché, que de les fabriquer dans le pays. Pour obtenir chaque année les 31 000 tonnes supplémentaires de protéine de référence, il faudrait importer de grandes quantités de CPP. Des programmes spéciaux en faveur des enfants en sevrage diminueraient les importations annuelles, mais entraîneraient probablement des dépenses supérieures pour la mise en place des circuits de distribution nécessaires pour atteindre le groupe considéré.

Il est fort peu probable que, dans les conditions actuelles, des investisseurs privés s'intéressent à la création d'une usine de CPP dans le pays considéré. Les fabricants de nouilles utiliseraient volontiers du CPP comme substance enrichissante, mais il faudrait que son prix soit beaucoup plus bas, étant donné le prix actuel du poisson frais dans le pays, ce qui n'est pas possible. Pour intéresser des groupes privés à la fabrication de CPP, il faudrait que le gouvernement leur accorde des subventions et leur donne des garanties en ce qui concerne les ventes.

L'usine subventionnée par le gouvernement et utilisant des matières premières locales pour la fabrication de CPP destinés aux groupes à faible revenu permettrait d'assurer une meilleure répartition des protéines dans le pays. Ceux qui ne peuvent se permettre de manger beaucoup de poisson obtiendraient plus de protéines dans les nouilles ou les autres produits à base de blé. Toutefois, l'apparition d'un nouvel acheteur sur le marché risquerait d'entraîner une hausse du prix du poisson frais dont pâtiraient les groupes à revenu moyen. S'il n'est pas possible de produire des CPP sans diminuer les quantités de poisson frais actuellement disponibles pour l'alimentation, les subventions gouvernementales visant à améliorer la situation de la nutrition seront sans effet.

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre librairie ou adressez-vous à: Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.

Printed in Austria

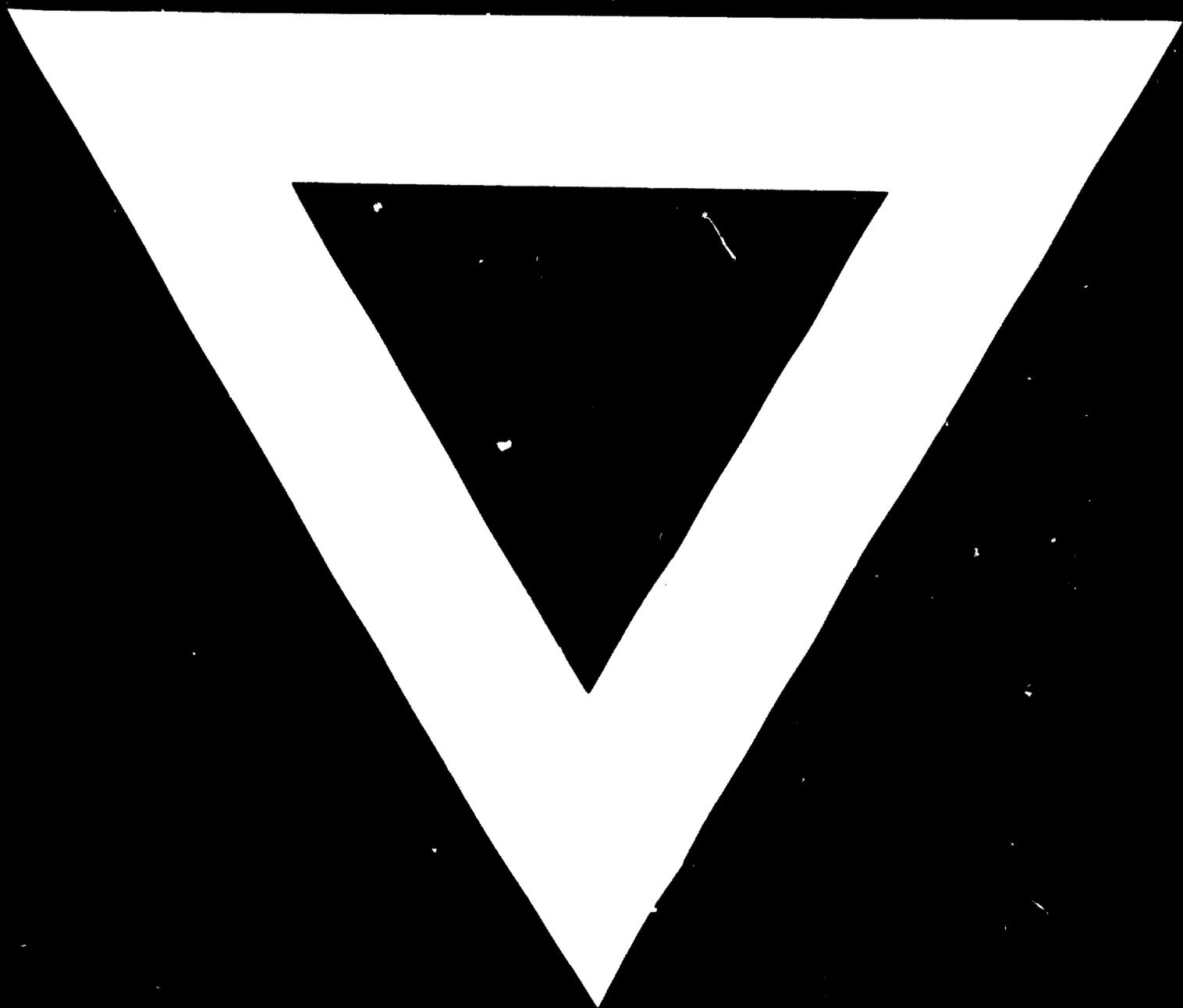
Price: \$U.S. 3.00
(or equivalent in other currencies)

United Nations publication

71-8161—September 1973—1,100

Sales No.: F. 72. II. B. 1

ID/60 Vol. II



27-12-74