

PAQUET, DUTIL ET ASSOCIÉS LTÉE

DFO - Library / MPO - Bibliothèque



14006647



ETUDE DE PREFAISABILITE
SUR L'UTILISATION DES MICRO-ONDES
COMME PROCEDE DE SECHAGE DE FINITION DE
LA MORUE "GASPE CURE"

SH
336
D7
E88

GROUPE CONSEIL

197079

PAQUET, DUTIL ET ASSOCIES LTEE,
Division Agro-alimentaire et
Biotechnologie,
2700, Boul. Laurier,
Tour Champlain, suite 3100,
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4K5



RAPPORT
PRESENTÉ À
PÊCHES ET OCÉANS CANADA

No de projet: OSD85-00270

ETUDE DE PREFAISABILITE
SUR L'UTILISATION DES MICRO-ONDES
COMME PROCÉDÉ DE SÉCHAGE DE FINITION DE
LA MORUE "GASPE CURE"

Mars 1986

Danielle RIVARD, M.Sc.
Chargé de projet

SH
336
D7
E88

TABLE DES MATIERES

	Page
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 ASPECTS TECHNIQUES DU PROCEDE DE SECHAGE ACTUEL	3
2.1 PROCEDE, MANUTENTION ET TEMPS DE SECHAGE	3
2.2 QUANTITE D'EAU EXTRAITE	6
2.3 VOLUMES ACTUELLEMENT TRAITES AU QUEBEC	9
3.0 CARACTERISTIQUES DU PRODUIT ACTUEL "GASPE CURE"	10
3.1 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	10
3.2 BACTERIOLOGIE DU PROCEDE	11
3.2.1 Salage	11
3.2.2 Séchage	12
3.3 CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES	13
4.0 EVALUATION DES POSSIBILITES D'UTILISATION DES MICRO-ONDES POUR LE SECHAGE DU POISSON	14
4.1 PRINCIPES FONDAMENTAUX DES MICRO-ONDES	14
4.2 REGLEMENTATION ET REGIE	23
4.3 UTILISATION DE L'ENERGIE DES MICRO-ONDES POUR LE SECHAGE DES ALIMENTS	25
4.4 SECHAGE DU POISSON "GASPE CURE" A L'AIDE DE L'ENERGIE DES MICRO-ONDES	28
4.4.1 Constantes diélectriques et facteur de pertes de la morue "Gaspé Cure"	29
4.4.2 Profondeur de pénétration des ondes dans le produit	32
4.4.3 Transfert de chaleur	33

TABLE DES MATIERES (suite)

	Page
4.4.4 Température de séchage	34
4.4.5 Pourcentage d'humidité initiale et évaporation de l'eau	35
4.4.6 Croûtage	36
4.5 EFFETS ATTENDUS DU SECHAGE DE FINITION AUX MICRO-ONDES SUR LES QUALITES MICROBIOLOGIQUES ET ORGANOLEPTIQUES DU PRODUIT	37
4.5.1 Qualité microbiologique	37
4.5.2 Qualités organoleptiques	39
5.0 ASPECTS TECHNIQUES DU PROCEDE DE SECHAGE DU "GASPE CURE" A L'AIDE DES MICRO-ONDES	42
5.1 CAPACITE DU PROCEDE OU VOLUME DE PRODUIT A SECHER	42
5.2 TYPE D'EQUIPEMENTS PRECONISES ET PUISSANCE	42
5.2.1 Puissance du four	44
5.2.2 Dimensions du four	46
5.3 DISPOSITION DU PRODUIT DANS LE FOUR	46
5.4 CONDITIONNEMENT DU POISSON APRES LE SECHAGE AUX MICRO-ONDES	47
6.0 EVALUATION DES COUTS	49
6.1 COUT D'INVESTISSEMENT	49
6.2 COUTS D'OPERATION	50
6.2.1 Remplacement des tubes	50
6.2.2 Coûts d'entretien	51
6.2.3 Coût d'énergie	51

TABLE DE MATIERES (suite)

	Page
6.2.4 Main-d'oeuvre	53
6.3 PRIX DE REVIENT	54
7.0 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	58
8.0 BIBLIOGRAPHIE	61
9.0 ANNEXE: REGLEMENT SUR L'INSPECTION DU POISSON. GOUVERNEMENT DU CANADA, PECHES ET OCEANS	64

1.0 INTRODUCTION

Le poisson salé séché, de type "Gaspé Cure", produit actuellement au Québec, représente un marché annuel d'environ \$13,000,000. Le produit est commercialisé selon une teneur en eau maximale de 42 ou 48%. La production se vend surtout aux Etats-Unis et en Italie où le pourcentage requis d'humidité du produit fini est de 48%. La teneur en sel est en moyenne de 27 à 31% sur base sèche et il est de couleur ambrée et translucide.

A l'état vert, étant donné sa faible concentration de sel, la morue "Gaspé Cure" est un produit très périssable parce que l'effet préservatif à de faibles teneurs de sel est limité. Sa préparation est plus difficile que le poisson fortement salé parce que le procédé de séchage lutte de vitesse avec la décomposition. La bactériologie du "Gaspé Cure" est très particulière. Au début du procédé de préparation, l'action des bactéries a pour effet d'attendrir les chairs du poisson et d'en relever la saveur. Si toutefois l'action bactérienne n'est pas enrayer au bon moment, cette opération digestive peut aller trop loin et décomposer le poisson, d'où l'importance de la rapidité du séchage à une certaine étape du procédé. Les procédés de séchage actuellement utilisés (air libre ou séchoir) ont pour effet de former une croûte par évaporation de l'eau présente en surface du produit. Il est alors nécessaire d'alterner les périodes de séchage avec des empilements qui permettent à l'eau présente en profondeur de venir en surface réhydrater la croûte. Le temps de séchage est donc dépendant de ce processus de formation de croûte inhérent au procédé conventionnel.

La dernière phase de séchage du "Gaspé Cure" doit être effectuée assez rapidement pour enrayer la décomposition du poisson. C'est dans cette optique que l'application d'un séchage de finition aux micro-ondes a été envisagée. Cette technologie présente en fait l'avantage de ne pas être contrainte par la présence d'une croûte à la surface du produit.

L'objectif de cette étude de préfaisabilité technico-économique est d'évaluer le potentiel d'utilisation de la technologie du séchage de finition aux micro-ondes afin d'accélérer la préparation du "Gaspé Cure" et limiter ainsi les pertes dues à la décomposition. Afin de rencontrer cet objectif, nous analyserons dans un premier temps les aspects techniques du procédé de séchage actuel et nous définirons les caractéristiques recherchées du produit "Gaspé Cure". Dans un deuxième temps, nous évaluerons les possibilités d'utilisation des micro-ondes pour le séchage du poisson et nous définirons les caractéristiques du point de vue ingénierie du procédé que nous envisageons. Finalement, nous effectuerons une évaluation sommaire des coûts inhérents à l'utilisation d'un tel procédé pour le séchage de finition de la morue "Gaspé Cure".

2.0 ASPECTS TECHNIQUES DU PROCEDE DE SECHAGE ACTUEL

2.1 PROCEDE, MANUTENTION ET TEMPS DE SECHAGE

Pour bien visualiser les principaux aspects concernant le procédé actuellement utilisé pour produire la morue salée-séchée du type "Gaspé Cure", nous présentons un tableau à la page suivante (Tableau 1). Ce tableau traduit d'une manière générale les principales étapes menant à la production de ce type de poisson. C'est après avoir consulté des producteurs de morue du type "Gaspé Cure", dont M. Gaston Langlais de Gaspé, que nous avons élaboré ce tableau. M. Alphonse Gagnon de la Directeur du Développement industriel du MAPAQ, a corroboré ces données, en plus d'apporter certaines précisions au niveau de l'objectif visé à chaque étape du procédé. Des variantes peuvent être rencontrées d'un producteur à l'autre, mais le schéma directeur demeure toujours sensiblement le même.

La première étape du tableau débute après l'étaillage et la coupe du poisson en filet. Tous les chiffres fournis sont basés sur une unité de production de 5 tonnes métriques de poisson tranché, soit 4,2 tonnes de poisson salé vert ou 2,1 tonnes de poisson salé, séché à 48% de teneur en eau.

Tableau 1: Etapes menant à la production de la morue salée-séchée du type "Gaspé Cure" à partir de la phase du salage

Etape	Durée de l'étape (heures)	Durée de l'opération (heure-homme)	But visé par cette étape
Salage	72 - 96 petite: 72 h moyenne: 96 h grosse: 120 h	3 - 4	- Diminuer la teneur en eau du poisson de 10% - Retarder ou arrêter la décomposition du poisson
Egouttage	24 - 36 (dans une une chambre maintenue	3 - 4	- Enlever les résidus de sel lors du lavage- - Enlever le maximum d'eau par un empilage - uniformiser la répartition du sel à l'intérieur du produit

1er séchage

OPTION A

Séchage à l'extérieur	36 - 40 (basé sur 5 h d'ensoleillement efficace par jour)	8 - 10	- Evaporer l'eau en surface du poisson - On vise un abaissement additionnel de 20% de la teneur en eau du poisson
-----------------------	--	--------	--

OPTION B

Séchage à l'intérieur dans un séchoir	18 (dans un séchoir à une température vit. air de 24°C et une humidité relative environ 350 pi/min)	6 - 8	- Evaporer l'eau en surface du poisson - On vise un abaissement additionnel de 20% de la teneur en eau du poisson
---------------------------------------	--	-------	--

Tableau 1: (suite)

Etape	Durée de l'étape (heures)	Durée de l'opération (heure-homme)	But visé par cette étape
1er empilage	24 - 36 (dans une chambre à 2°C)	3 - 4	- Permettre la migration de l'eau de l'intérieur du poisson vers l'extérieur
2ème séchage			
OPTION A			
Séchage à l'extérieur	24 - 30 (basé sur 5 h d'ensoleillement efficace par jour)	8 - 10	- Evaporer l'eau qui se trouve en surface du poisson - On vise un abaissement additionnel de 6% de la teneur en eau du poisson
OPTION B			
Séchage à l'intérieur dans un séchoir (vit.air: environ 350 pi/min)	12 (dans un séchoir à une température de 24°C et une humidité relative de 60%)	4 - 6	- Evaporer l'eau qui se trouve en surface du poisson - On vise un abaissement additionnel de 6% de la teneur en eau du poisson
2ème empilage	192 - 240 (dans une chambre maintenue à 2°C)	* 3 - 4 (empilage) 3 - 4 (pour chaque réempilage)	- Permettre la migration de l'eau de l'intérieur vers l'extérieur

Tableau 1: (suite)

Etape	Durée de l'étape (heures)	Durée de l'opération (heure-homme)	But visé par cette étape
		*Durant ce deuxième empilage, il faut ré-empiler les filets à tous les 3 ou 4 jours	

A la fin du deuxième empilage, le poisson contient environ 48% d'eau et il est prêt à mettre en marché. D'autres phases de séchage et d'empilage peuvent succéder au dernier empilage pour réduire davantage la teneur en eau du poisson afin de satisfaire une demande du marché (42%). Ces dernières phases deviennent de plus en plus difficiles, longues et coûteuses. Si l'on veut poursuivre le processus et obtenir un produit contenant encore moins d'eau, il faut continuer en réduisant le temps de séchage et en augmentant le temps d'empilage (et la fréquence des ré-empilages) à chaque étape supplémentaire.

2.2 QUANTITE D'EAU EXTRAITE

Tel que mentionné précédemment, le premier séchage a pour but d'abaisser de 20% la teneur en eau du poisson après le salage. Le deuxième séchage doit pour sa part diminuer de 6% la teneur en eau du poisson après le premier séchage. Le tout dans le but d'obtenir un produit fini contenant environ 48% d'eau. Plus le poisson est sec, plus il est difficile d'abaisser sa teneur en eau, ce qui se traduit par des opérations plus longues et plus coûteuses.

A l'état vert, la teneur en sel de la morue est fonction de l'épaisseur du poisson, de la force de la saumure et du temps de saumurage. Par le procédé actuel de séchage (séchage et empilage), il faut obtenir un produit contenant 48% d'eau pour répondre à la demande du marché (voir section 2.3). Cette perte d'humidité se traduit par une perte en poids du produit qui se calcule selon la formule suivante (Beatty et Fougère, 1958):

$$\frac{A - B}{100 - B} \times 100 = \text{perte en poids (en \%)} \\$$

où A = teneur initiale en humidité

B = teneur requise en humidité

Afin de bien observer l'abaissement en poids du produit ainsi que la diminution de la teneur en eau à chaque étape du procédé de séchage, nous présentons le tableau suivant (Tableau 2):

Tableau 2: Variation du poids du poisson en fonction de la teneur en eau pour chaque étape du procédé de séchage (Basé sur 100 kg de produit au départ) (exemple)

Etape	Poids du produit (kg)		Perte de % d'eau	Teneur en eau du produit
	Initial	Final		
Salage	100	84	16	74
1er séchage	84	47	20	54
2ème séchage	47	42	6	48

2.3 VOLUMES ACTUELLEMENT TRAITES AU QUEBEC

Présentement au Québec, il y a huit (8) gros producteurs de morue du type "Gaspé Cure". Chacun traite annuellement entre 1,500 et 5,000 tonnes de morue ronde pour produire du "Gaspé Cure". Ceci représente environ 25% du volume total de morue pris annuellement par les pêcheurs québécois. Des 40,000 tonnes de morue prise à chaque année, il y en a environ 10,000 tonnes qui seront transformées pour en faire de la "Gaspé Cure".

Le Québec vend sa production surtout aux Etats-Unis et en Italie. Ces pays, lorsqu'ils achètent le type "Gaspé Cure" demandent que le produit leur soit livré à environ 48% d'humidité. Selon les régions, certains acheteurs peuvent exiger un produit à 42% ou 44% d'humidité, mais la majorité du "Gaspé Cure" exportée par le Québec est à 48% d'humidité en réfrigération.

Il faut 165 kg de morue fraîche pour faire 100 kg de filet qui, une fois salé et séché à 48% d'humidité, pèseront 42 kg. A partir de 10,000 tonnes de morue pêchée, le Québec met sur le marché 2,550 tonnes de morue "Gaspé Cure" à 48% d'humidité.

3.0 CARACTERISTIQUES DU PRODUIT ACTUEL "GASPE CURE"

L'un des objectifs de la présente étude consiste à évaluer l'application du séchage par micro-ondes, en tenant compte des contraintes inhérentes reliées aux caractéristiques recherchées du produit fini. Le poisson salé séché, de type "Gaspé Cure" devra donc présenter les mêmes propriétés et sa qualité devra être égale ou supérieure à celle obtenue avec le procédé actuel existant. Cette section vise donc, dans un premier temps, à définir les caractéristiques du "Gaspé Cure" et à identifier les contraintes et conditions dans lesquelles elles peuvent être atteintes. Dans une section ultérieure, ces caractéristiques qualitatives seront reprises et discutées en fonction de l'application d'un procédé de séchage de finition par micro-ondes.

3.1 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Suite à nos rencontres et discussions avec un producteur et d'autres personnes ressources mentionnées précédemment, il nous est apparu que très peu de paramètres physico-chimiques caractérisent spécifiquement le poisson salé, séché, "Gaspé Cure". Les deux principaux paramètres sont la teneur en sel et le pourcentage d'humidité. A l'état fini, le "Gaspé Cure" a une teneur en sel moyenne allant jusqu'à 33% sur base sèche, selon les producteurs. En ce qui concerne le pourcentage d'humidité, la majorité du "Gaspé Cure" exporté par le Québec est à 48% d'humidité (section 2.3).

3.2 BACTERIOLOGIE DU PROCEDE

3.2.1 Salage

Un des aspects importants à considérer au niveau des caractéristiques propres au "Gaspé Cure" est d'ordre bactériologique. En effet, une activité bactérienne est désirable afin d'obtenir certaines qualités particulières du produit (attendrissement des chairs et saveur). La préparation du poisson légèrement salé dure environ 2 jours à 18°C (65°F), mais peut varier en fonction de la grosseur du poisson. Après le salage, la morue a une teneur en humidité d'environ 74% et une teneur en sel de 4% à 6%. En raison de ces conditions, cette période qui précède le séchage permet l'action de certaines bactéries de la flore normale du poisson (bactéries halophiles, psychrotrophes et autres).

Outre la température et le sel, l'un des facteurs limitant cette action est l'absence d'air pendant cette phase du procédé. En effet, la plupart des bactéries qui provoquent les humeurs visqueuses à la surface du poisson légèrement salé sont de type aérobies i.e. que les surfaces exposées à l'air sont le terrain où elles se développent le mieux. Par contre, si pendant la préparation (salage), la température est trop élevée ou si avant le séchage, on garde le poisson trop longtemps dans le sel, les conditions mêmes qui donnent au "Gaspé Cure" ses caractéristiques spéciales, provoqueront sa décomposition. C'est pour cette raison que de tous les salages, c'est la préparation du "Gaspé Cure" qui exige le plus de soins puisque le temps, la température et l'absence d'air sont les paramètres servant à contrôler l'action digestive des bactéries. Dès que les transformations désirées ont été opérées sous l'action combinée des

bactéries et du sel, on doit faire sécher le poisson immédiatement pour enrayer l'action digestive en cours.

3.2.2 Séchage

Du point de vue microbiologique, la problématique de la phase de séchage au "Gaspé Cure" peut se définir par rapport au temps requis, au contact avec l'air et aux manutentions (empilage) requises à cause de la croûte qui se forme à la surface. Les temps de séchage sont critiques puisque dans le procédé du "Gaspé Cure", il s'agit d'abaisser le pourcentage d'humidité assez rapidement pour que l'activité bactérienne soit contrôlée avant que la biodégradation soit trop avancée. Les temps de séchage selon les étapes ont été définis à la section 2.1. Lorsque le poisson a été séché adéquatement, l'activité bactérienne cesse et le poisson séché ne peut plus se décomposer à moins qu'il n'absorbe de nouveau de l'humidité.

Au début du séchage, lorsque la surface du poisson est exposée à l'air, la croissance des bactéries qui provoquent des humeurs visqueuses est favorisée. Par le fait même, il se produit une augmentation du processus de décomposition qui ne sera arrêté que lorsque la surface sera sèche.

En ce qui concerne les manipulations dues aux empilages, elles peuvent diminuer la salubrité du poisson. En effet, une contamination peut survenir entre les poissons de même que des contaminations d'origine humaine. Lorsque la croûte redevient humide, le milieu redevient favorable à la croissance bactérienne, donc à la décomposition.

3.3 CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

Le plus grand nombre de critères caractérisant la qualité du "Gaspé Cure" sont d'ordre organoleptiques et ce sont plus particulièrement des observations visuelles (Règlement sur l'inspection du poisson, 1978):

- raisonnablement épais;
- face lisse;
- bien fendu, à dos et à face bien nettoyée;
- aspect quelque peu translucide;
- exempt de tache ou de caillot de sang, de foie, de viscère et de sel à la surface;
- coloration ambrée.

La classification doit être effectuée suivant les qualités décrites à l'article 114 présentée à l'annexe 1. Selon Monsieur Alphonse Gagnon du MAPAQ, les deux premières catégories, soit de luxe ou de choix, ne représentent qu'un maximum de 30% de la production au Québec. A la section 4.5, seront discutés les effets attendus du séchage de finition au micro-ondes sur les caractéristiques qualitatives du poisson "Gaspé Cure".

4.0 EVALUATION DES POSSIBILITES D'UTILISATION DES MICRO-ONDES POUR LE SECHAGE DU POISSON

4.1 PRINCIPES FONDAMENTAUX DES MICRO-ONDES

Les ondes électromagnétiques sont formées par un champ électrique et un champ magnétique perpendiculaire à la direction de propagation. Les amplitudes de ces champs varient sinusoïdalement, en phase, à la fréquence de l'onde. La fréquence (f) s'exprime en Hertz (cycle par seconde). Toutes les ondes voyagent à la vitesse de la lumière ($C = 300,000 \text{ km/sec.}$). La longueur de l'onde (λ) est liée à la fréquence (f) selon la formule suivante:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1) \quad (\text{Nelkon, 1965})$$

Les ondes comportent un spectre qui regroupe;

- les ondes radio-électriques (radiofréquences et hyperfréquences);
- les rayons infra-rouges;
- la lumière visible;
- les rayons ultra-violets;
- les rayons gamma;
- les rayons cosmiques.

Les micro-ondes, que l'on appelle aussi les hyperfré-

quences se situent entre 300 et 300,000 Mega Hertz (Mega = 10^6), soit entre les radiofréquences et les rayons infra-rouges. La figure 1 montre la gamme des micro-ondes dans le spectre électromagnétique.

Les ondes produisent de la chaleur en pénétrant dans le matériau; traversant la matière, l'onde perd son énergie. D'autre part, la profondeur de pénétration est directement liée à la longueur de l'onde (λ). Alors que les émissions dans le spectre des ondes lumineuses chauffent simplement en surface, étant arrêtées par une pellicule de matière de quelque centièmes de millimètre d'épaisseur, les ondes radioélectriques dont les micro-ondes, pénètrent plus profondément dans le matériau d'autant plus, lorsqu'il s'agit d'un mauvais conducteur (Thueury J., 1983).

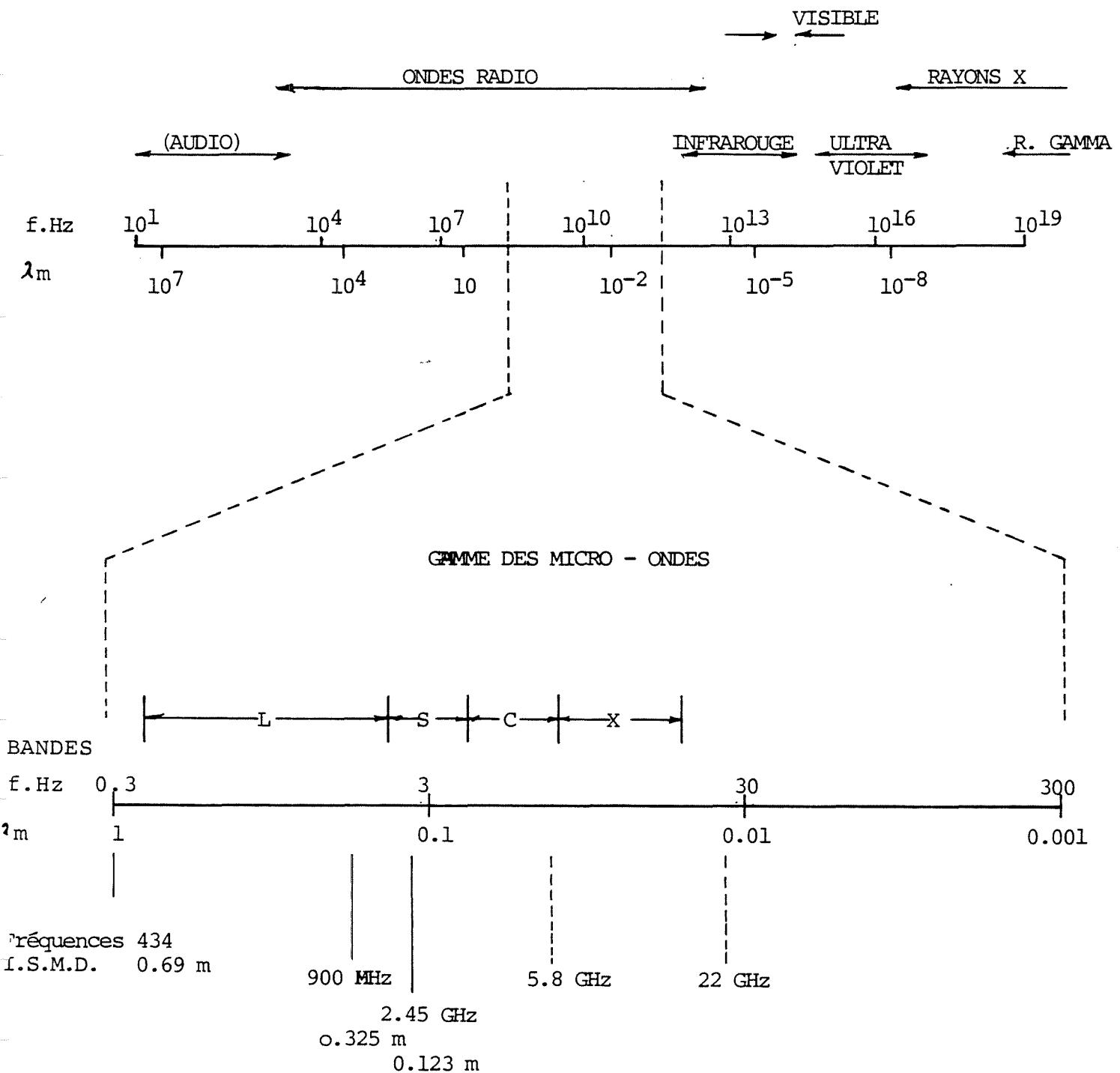
Selon Archieri C. (1977), les mécanismes transformant l'énergie électromagnétique en chaleur sont multiples, dont, entre autres:

- . la conduction ionique;
- . la rotation dipolaire;
- . la piezoélectricité;
- . la résonnance ferri et ferromagnétique.

Les deux premiers sont d'un intérêt potentiel, car ils interviennent chaque fois qu'il s'agit d'utiliser les micro-ondes comme moyen de chauffage. L'effet de la rotation dipolaire est toutefois de loin le plus important.

Pour la plupart des molécules complexes, les atomes peuvent être polarisés. La molécule peut donc être chargée posi-

FIGURE 1: LE SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE
ET LA GAMME DES MICRO-ONDES



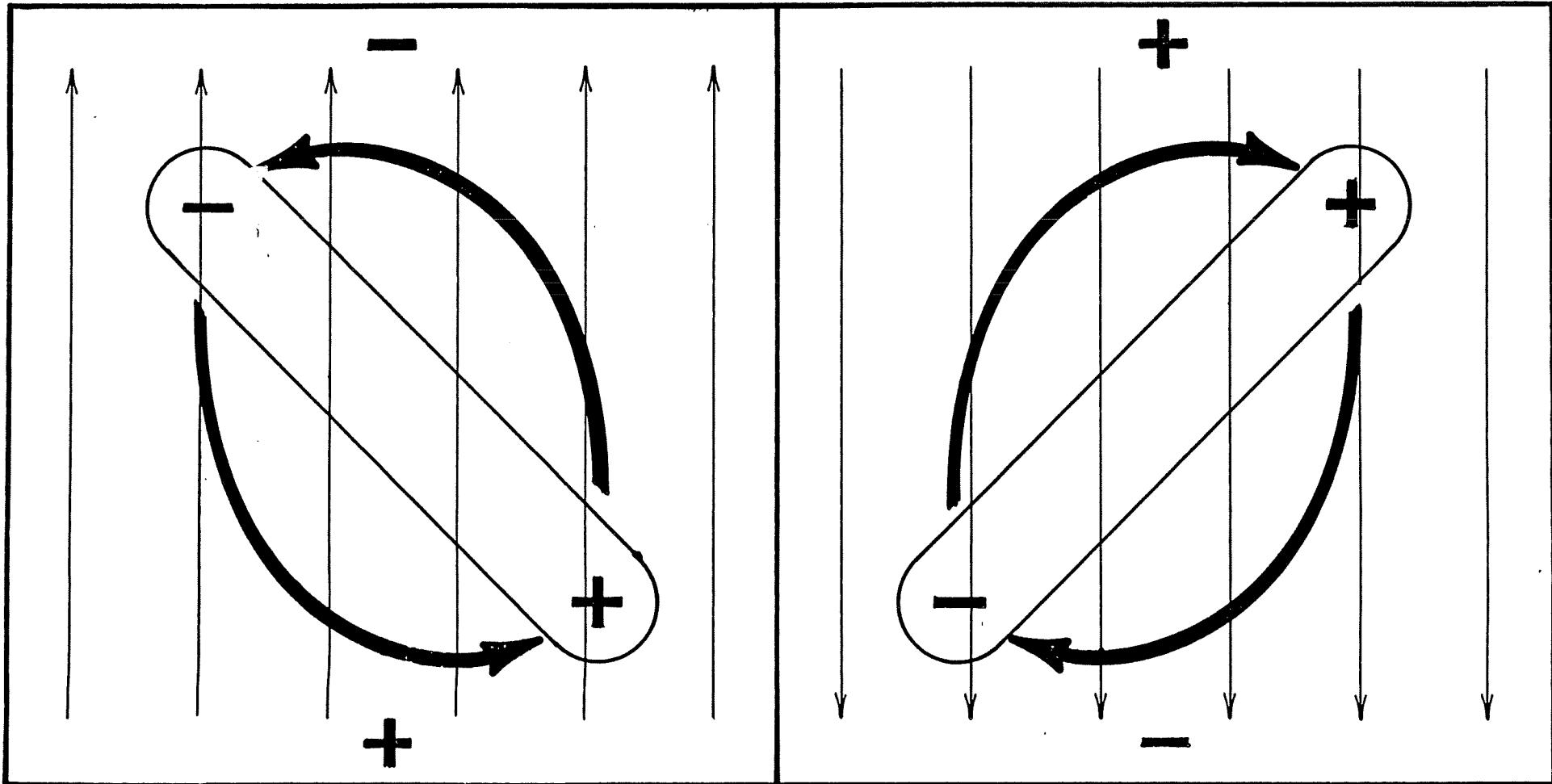
(Meisel, N. 1984)

tivement d'un côté et négativement de l'autre. L'approbation d'une charge électrique continue dans une matière électriquement susceptible, aligne les molécules de celle-ci parallèlement au champ comme s'il s'agissait de micro-aimants.

Dans un champ électrique alternatif (ondes sinusoïdales) à grande fréquence (plusieurs milliers de cycles par seconde) comme dans le cas des micro-ondes de plusieurs centaines de MHz, les molécules ne peuvent suivre les lignes de champ électrique du fait des forces d'inertie (fig. 2). C'est donc, en se heurtant à ces forces d'inertie qu'une grande partie de l'énergie des micro-ondes se transforme en chaleur. Par contre, lorsque le matériau est électriquement neutre (matière isolante), l'énergie micro-ondes traverse celui-ci pratiquement comme s'il n'existe pas.

D'après Schiffmann R.F. (1975), les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques haute fréquence qui transportent l'énergie sans fil conducteur, comme les ondes radio et ultraviolet. Cependant, les micro-ondes ont l'unique habileté de pénétrer plusieurs matériaux et de les réchauffer. Le métal réfléchit les micro-ondes comme les miroirs réfléchissent la lumière. Le papier, le verre et plusieurs matières plastiques sont transparents aux micro-ondes, tel que le verre l'est à la lumière. Les matières telles que les aliments et l'eau réagissent à l'effet des micro-ondes et sont, par le fait même, chauffés par le processus décrit précédemment. Ce qui est d'autant plus important c'est l'uniformité de chauffage qui se produit à travers toute la matière. L'absorption de l'énergie par la matière soumise aux micro-ondes est reliée à deux paramètres importants, soit la permittivité (ϵ') et le facteur de perte (ϵ'') qui forme la constante diélectrique complexe ou permittivité

FIGURE 2: COMMENT LES MICRO-ONDES CHAUFFENT LA MATIÈRE



Cette figure explique le principe de chauffage par micro-ondes. Dans un champ électrique oscillant, les molécules dipolaires telles que l'eau, essaient de s'orienter à l'intérieur de ce champ. Avec les générateurs commerciaux de micro-ondes, les molécules d'eau vibrent sur place (attraction et répulsion des charges électriques) et l'énergie libérée par ces vibrations est convertie en chaleur.

$$\text{absolue: } \epsilon = \epsilon' - j\epsilon'' \quad (2) \quad (\text{Copson, 1975}).$$

La permittivité absolue (ϵ) est le rapport du déplacement du flux électrique dans un medium, sur les champs (E) électriques produits. Donc la ϵ est inversement proportionnelle à E (champ électrique) (Hugues L.E.C. et Coll., 1970).

Selon Thourel (1979), les matières ou corps existants se classent en deux catégories:

- . les conducteurs , qui laissent facilement passer le courant électrique;
- . les isolants ou diélectriques, qui laissent peu ou pas passer le courant électrique.

Les conducteurs sont essentiellement les métaux caractérisés par leur conductivité. Quand un tel métal est placé dans un champ électromagnétique, celui-ci induit des courants à la surface du métal et aucune énergie électromagnétique n'apparaît à l'intérieur des corps. Une partie de l'énergie incidente est dégradée en chaleur dans une mince pellicule à la surface de la pièce. Quand la résistance électrique (inverse de la conductivité) de cette surface est assez grande, toute l'énergie incidente s'y dégrade. C'est le principe du chauffage par induction.

Ce qu'il faut retenir, c'est que les ondes ne pénètrent pratiquement pas dans un métal et qu'une feuille de métal de quelque dixièmes de millimètre d'épaisseur suffit pour les arrêter.

Les diélectriques ont un comportement différent. Ils ne sont jamais parfaits, donc leur conductivité électrique n'est

pas nulle, mais présente une valeur faible qui varie avec la température. Dans le cas où l'isolant est presque parfait (l'air par exemple) l'onde peut s'y propager sans atténuation, puisqu'aucune dégradation ne s'y manifeste. Cependant, sous l'action d'un champ électrique (E) de l'onde, des charges électriques se développent sur les faces opposées des molécules (fig.2) selon le principe énoncé précédemment. Cet effet dipolaire crée des champs électriques internes (E_i) qui s'additionnent au champ appliqué (E). Nous avons alors:

$$E_{\text{total}} = \epsilon E \quad (3) \quad (\text{Thuery, 1983})$$

où ϵ est la permittivité absolue ou constante électrique complexe du milieu. Cette permittivité varie avec la nature du corps.

Sous l'effet d'un champ électromagnétique alternatif (créé par les micro-ondes), une force électrostatique se développe sur la molécule-aimant, tendant à la faire osciller. L'énergie empruntée à l'onde incidente va finalement se dégrader en chaleur dans le matériau. On dira alors que celui-ci présente des pertes diélectriques. Elles sont pratiquement nulles pour un bon isolant et augmentent d'autant plus que le corps est un mauvais diélectrique (Thourel, 1979). Les aliments avec un contenu en eau élevé, comme le poisson, possèdent donc un facteur de perte diélectrique élevé.

Selon les principes fondamentaux qui régissent un condensateur (capacitance), les pertes sont représentées par ϵ'' , tandis que la permittivité elle-même sera représentée par ϵ' , ce qui confirme la formule (2). D'autre part, dans un condensateur idéal, ayant des pertes par polarisation, l'angle δ , entre le vecteur représentant le courant de charge et celui du courant

total, est appelé l'angle de perte. La tangente de l'angle δ est donc:

$$\tan \delta = \frac{\text{courant perdu}}{\text{courant de charge}} = \frac{\epsilon'}{\epsilon} \quad (4) \quad (\text{Copson, 1975})$$

En pratique, la conductivité du milieu crée également des pertes, de telle sorte que l'énergie dégradée en chaleur dans un diélectrique, est la somme des pertes de conduction et des pertes dues aux vibrations des molécules.

En appliquant la loi d'Ohm pour les matériaux diélectriques, nous pouvons alors obtenir les formules qui régissent l'utilisation des micro-ondes pour le chauffage d'un matériau, soit la puissance absorbée (P) et la profondeur de pénétration (D).

Puissance absorbée (P):

$$\frac{P}{V} = E^2 \sigma \quad (5) \quad (\text{Nelkon, 1965})$$

ou $\frac{P}{V}$ = la puissance dissipée par unité de volume en Watt/cm³

E = champ en volt/cm

σ = la conductivité diélectrique

par laquelle on déduit la relation suivante:

$$\frac{P}{V} = E^2 2\pi f \epsilon' \tan \delta \quad (6) \quad (\text{Archieri, 1977})$$

Nous savons également que la constante diélectrique relative (constant sans unités) est égale à:

$$\epsilon' r = \frac{\epsilon'}{\epsilon_0} = \frac{\text{constante diélectrique du milieu}}{\text{constante diélectrique dans le vide}}$$

(7) (Copson, 1975)

ou $\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12}$ Farads/m

la formule (7) devient alors:

$$\frac{P}{V} = 0.0556 \times 10^{-12} f \epsilon_r' \tan \delta E^2$$

(8) (Copson, 1975)

où selon la formule (4)

$$\epsilon'' = \epsilon' r \tan \delta$$

On constate ainsi l'importance des paramètres diélectriques dans la détermination de la puissance dissipée. Ces derniers varient de plus en fonction de la fréquence (λ) et de la température du milieu (corps). Ainsi pour un aliment à forte teneur en eau, les pertes diélectriques sont relativement grandes, il y a donc forte absorption d'énergie.

D'autre part, selon Copson (1975), le chauffage diélectrique par électromagnétisme est aussi appelé chauffage de volume par contraste au chauffage conventionnel qui applique la chaleur en surface. Cependant, que le chauffage de volume d'une substance soit indépendant de la conductivité thermique, dépend de la profondeur de pénétration de l'énergie des micro-ondes. Généralement la pénétration augmente avec la diminution de la fréquence des ondes.

Nous avons alors D, la profondeur de pénétration égale à:

$$D = \frac{\lambda_0}{2\pi \sqrt{\epsilon'_n \tan \delta}} \quad (9) \quad (\text{Copson, 1975})$$

qui est la profondeur de pénétration de l'onde dans la matière, qui s'est atténuée à 1/e ou 0.368 fois l'intensité du champ E, aussi appelée la profondeur à la demi-puissance de l'onde. Dans la fraction e représente la base des logarithmes népériens. Inversement à la puissance absorbée, la profondeur diminue lorsque la matière possède un facteur de perte ou des pertes diélectriques élevées.

Pour terminer, selon Thourel (1979), mentionnons que l'eau libre présente une grande permittivité ϵ' et des pertes très importantes ϵ'' , en fait l'eau est un excellent absorbant pour les micro-ondes, d'où l'intérêt pour celles-ci pour déshydrater ou sécher des denrées.

4.2 REGLEMENTATION ET REGIE

Sans entrer dans tous les détails de la réglementation régissant l'utilisation des radiofréquences et plus particulièrement les micro-ondes, il est important de mentionner que l'Union Internationale des Télécommunications a réservé aux applications industrielles scientifiques et médicales (ISM) les fréquences telles que montrées au tableau 3.

Nous pouvons ainsi remarquer la dominance à l'échelle internationale de la fréquence de 2450 MHz, bien que la fréquence de 915 MHz soit utilisée et acceptée en Amérique du Nord.

Tableau 3: Fréquences utilisées pour le chauffage aux micro-ondes dans le monde

Fréquence (MHz)	Longueur d'onde (cm)	Pays d'utilisation
433,92	69	Plusieurs pays d'Europe
896	33,4	Angleterre
915	32,8	Etats-Unis. Défendu à plusieurs endroits en Europe
2450	12,25	Partout sauf en Pologne, Hongrie, Roumanie, Bulgarie et Albanie
5850	5,13	En développement. Aucune législation
18000	1,67	En développement. Aucune législation
22125	1,4	En développement. Aucune législation

(Copson, 1975).

Le Conseil National de recherches du Canada a formé un comité qui a étudié toute la question de l'utilisation des micro-ondes. Le rapport produit par ce comité met en évidence les normes relatives à l'utilisation des micro-ondes et résume les effets qu'elles provoquent sur les systèmes biologiques (degré d'exposition, temps d'exposition, etc...).

4.3 UTILISATION DE L'ENERGIE DES MICRO-ONDES POUR LE SECHAGE DES ALIMENTS

La plupart des produits alimentaires subissent des traitements divers avant d'être consommés. Les traitements sont appliqués dans le but d'éviter des pertes; d'assurer la conservation, le stockage, le transport, l'amélioration gustative et digestive des denrées. Ces traitements font appel à des méthodes physiques, chimiques, physico-chimiques et biologiques.

Parmi les méthodes physiques de traitement des produits, les micro-ondes ont été largement expérimentés pour le séchage, la cuisson, la décongélation (Staron et Coll., 1980). Plusieurs utilisations industrielles sont en opération aux Etats-Unis, en Europe et au Japon, entre autres, pour le séchage des pâtes alimentaires, la pré-cuisson du "bacon", la cuisson de la volaille et la décongélation de viandes (Decareau R.V., 1984; Shiffmann R., 1975).

Entre autres, le séchage des pâtes alimentaires est l'une des applications industrielles des plus réussies aux Etats-Unis et est un excellent exemple d'application des micro ondes pour le séchage. Auparavant, selon Decareau (1984) et Shiffmann (1975), le procédé nécessitait de nombreuses heures (6 heures et plus) pour sécher à faible température pour éviter le durcissement et le craquage lorsque l'humidité tente de traverser

la couche durcie. De plus, les séchoirs à air chaud et humide formaient un excellent environnement pour l'incubation microbienne.

Le chauffage interne par micro-ondes conduit l'eau à la surface du produit de manière très efficace, tout en évitant le durcissement. De plus, ce mouvement de masse s'effectue dans le même sens que le transfert d'énergie après un temps (*t*) où l'intérieur du produit est plus chaud que près des parois (Thourel, 1979). Ce phénomène contribue à accélérer grandement l'évacuation de l'eau lorsque celle-ci est évaporée rapidement à la surface.

Avec les fours à micro-ondes, le temps total du procédé de séchage des pâtes est d'environ 1.5 heure. Les pâtes fraîches à 30% d'humidité sont d'abord séchées jusqu'à 23% à l'air chaud en quelques minutes, le séchage continue pour environ 20 minutes pour abaisser l'humidité à 20%. A ce point, le produit entre dans la section micro-ondes à 915 MHz combiné avec de l'air chaud pour évaporer l'eau, l'humidité est abaissée jusqu'à 13% en 10 minutes. Le produit demeure dans la dernière section du procédé pour environ une heure avec un courant d'air à 75% H.R. Les pâtes refroidissent alors de 74°C à une température suffisamment basse pour éviter le choc thermique et le craquage. Un autre 0.5-1.0% d'humidité est perdu.

Les principaux avantages du procédé sont:

- Espace réduit: Le four micro-ondes occupe un espace cinq fois moins important que le four conventionnel;
- Temps de procédé réduit. Le temps passe de 8 heures à 1.5 heure environ;

- Qualité: amélioration de la couleur. Les infestations microbiennes sont réduites, par exemple, le compte est passé de 32,000 colonies/g à 2,500/g pour les pâtes séchées au micro-ondes;
- Sanitation. Les nettoyages d'équipement nécessitent 6 personnes-heure au lieu de 24;
- Coûts d'opération: 25% de réduction par rapport au procédé conventionnel. L'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est passée de 927 kj/kg à 747 kj/kg;
- La capacité de production est d'environ 1,800 kg/h pour une unité de 30 kW.

D'autres exemples d'utilisation démontrent les nets avantages du séchage aux micro-ondes par rapport au procédé conventionnel. Ceci tant au niveau économique qu'au niveau qualité de produit et rapidité des opérations. Thourel (1979), Staron et Al. (1980), Smith F.J. (1979), donnent des exemples d'utilisation de principes similaires (four combiné air chaud/micro-ondes) pour le séchage de certaines céréales, des oignons, de la luzerne et du café.

L'élément qui se dégage de ces procédés est l'utilisation des micro-ondes au stade où l'humidité est la plus difficile à enlever. De ce fait, à première vue, beaucoup de travaux semblent démontrer que l'utilisation des micro-ondes est rentable pour le séchage à des niveaux d'humidité variant entre 20 et 5% de teneur en eau, soit près de la teneur en eau d'équilibre (aw) nécessaire à la conservation du produit à température ambiante. Le même principe s'applique au poisson salé, mais toutefois à un niveau de teneur en eau plus élevé.

Les spécialistes consultés et rencontrés, dont M. Decreau et Shiffmann des Etats-Unis, M. Meisel de France et le Dr Akyel de l'Université de Montréal, mentionnent que lors des études pour l'application des micro-ondes, les premières questions à répondre pour vérifier l'applicabilité des micro-ondes à un procédé, sont:

- . Quelle est l'étape critique du procédé;
- . Quel temps peut être sauvé par l'utilisation de l'énergie micro-ondes;
- . Quel pourra être l'effet sur la qualité du produit.

C'est à quoi nous tenterons de répondre dans les prochains chapitres.

4.4 SECHAGE DU POISSON "GASPE CURE" A L'AIDE DE L'ENERGIE DES MICRO-ONDDES

Le but du séchage de la morue à l'aide des micro-ondes est d'épargner temps et argent aux producteurs, tout en assurant un produit de qualité supérieure. En même temps il faut s'assurer qu'un tel procédé n'altérera pas le goût caractéristique du "Gaspé Cure". Ce goût vient de l'activité bactérienne ou enzymatique qui se produit durant la période de salage et le début du séchage où les paramètres de température et d'humidité interviennent. L'activité bactérienne se poursuit jusqu'à ce que le aw devienne limitatif et provoque une inhibition du développement bactérien.

Sécher le poisson immédiatement aux micro-ondes après l'étape du salage provoquerait une diminution prononcée de l'activité bactérienne, donc une différence au niveau du goût caractéristique de la morue "Gaspé Cure". Pour cette raison, il semble

nécessaire que la morue soit séchée partiellement par un procédé conventionnel (extérieur ou intérieur) avant de subir une phase subséquente de séchage aux micro-ondes. Le procédé de séchage aux micro-ondes s'appliquerait alors pour la finition du séchage là où justement les procédés conventionnels sont très lents et parfois coûteux.

4.4.1 Constantes diélectriques et facteur de pertes de la morue "Gaspé Cure"

D'après Thuery (1983), il est primordial de connaître la valeur des constantes diélectriques relatives (ϵ' r et ϵ'' r) d'un produit à chauffer, puisque de celles-ci dépend le rendement que l'on peut espérer obtenir par le chauffage au micro-ondes et à fortiori la faisabilité du procédé. Dans le présent chapitre, le facteur de pertes est considéré comme une des constantes diélectriques d'un produit.

Plusieurs travaux ont été effectués afin de déterminer les constantes diélectriques de différentes denrées alimentaires depuis 1950, mentionnons, entre autres, les plus récentes qui sont aussi les plus complètes, soit De Loor G.P. (1968), Bengtsson N.E. (1972), Mudgett et Coll. (1977) et Meyer et W. Shilz (1982), qui comprennent bien souvent les résultats des travaux antérieurs.

Ces travaux ont été réalisés pour des denrées qui ont fait l'objet d'application de la technologie des micro-ondes pour la cuisson, le séchage ou la décongélation au cours des trente dernières années.

Etant donné que la plupart des denrées alimentaires contiennent une importante quantité d'eau, les constantes di-

électriques de l'eau sont souvent utilisées comme comparaison avec une denrée donnée qui du point de vue diélectrique est considérée comme hétérogène, c'est-à-dire comprenant des matières différentes. Elles peuvent contenir des fibres, des protéines, des lipides, des sucres, etc.. en pourcentage variés, qui affecteront la valeur des constantes diélectriques du produit.

Nous retrouvons, entre autres, plusieurs valeurs pour les constantes diélectriques de la viande de boeuf crue et cuite, du porc, du jambon légèrement salé, du bacon, des pommes de terre, de bouillon de viandes, etc.. De plus, des travaux ont été effectués sur différentes solutions d'eau et de sels (Lentz R.R. 1980), ainsi que les effets du contenu en sel d'une denrée sur les constantes diélectriques, principalement le facteur de perte.

Concernant la morue, seules des données sur la morue cuite sont disponibles.

Toutefois en considérant l'effet de la cuisson sur les variations des constantes diélectriques relatives nous pouvons établir des valeurs pour ϵ' r et ϵ'' r pour la morue crue, qui sont suffisamment précises pour les besoins de nos travaux. Nous avons pu effectuer un travail similaire pour tenir compte du niveau de sels en solution.

Les valeurs ϵ' r et ϵ'' r varient en fonction de la température et la fréquence des ondes pour une teneur en eau donnée. En effet, selon Bengtsson et Risman (1971), pour le boeuf cru ou cuit, un abaissement de 6% de l'humidité à des niveaux de 72-75% est suivi d'un abaissement de ϵ' r et ϵ'' r de 20 à 30%. On remarque le même comportement pour les autres produits. D'autre

part, la présence de sel dans une denrée modifie complètement la relation entre la température et $\mathcal{E}'r$ et $\mathcal{E}''r$. En effet, celles-ci au lieu de décroître à mesure que la température s'élève entre 0°C et 60°C, les valeurs de $\mathcal{E}'r$ et $\mathcal{E}''r$ augmentent significativement. Plus particulièrement le facteur de perte $\mathcal{E}''r$, qui peut augmenter de 100% et plus entre 0°C et 60°C (Bengtsson et Risman 1971).

En définitive, le comportement des denrées ayant une teneur en sel de 1 à 8% est très différent de celles contenant peu ou pas de sel. L'augmentation de facteur de perte de plus de 100% (de 1 à 4% de teneur en sel) augmente d'autant l'efficacité d'extraction de l'humidité de cette denrée par l'application des micro-ondes. Ce phénomène n'est pas aussi évident avec des modes de séchage conventionnels alors que la conductivité thermique est réduite dans le cas des denrées salées par rapport aux denrées ne contenant peu ou pas de sel.

D'un autre côté, dans les viandes, l'eau possède une liaison plus complexe avec les structures internes des viandes par rapport aux denrées végétales et est par le fait même, plus difficile à extraire. Ces constatations permettent donc de croire que les avantages d'utiliser les micro-ondes pour extraire l'eau des viandes à des teneurs variant entre 60 et 40%, seraient comparables à ceux démontrés pour les denrées végétales et les pâtes, dont la teneur en eau est de 20% à 10%. Indirectement, ceci expliquerait aussi les avantages considérables de la pré-cuisson industrielle du "bacon" à l'aide de fours micro-ondes aux Etats-Unis (Decareau, 1984).

4.4.2 Profondeur de pénétration des ondes dans le produit

La profondeur de pénétration (D) des ondes dans la matière est entièrement reliée aux constantes diélectriques ϵ'_r et ϵ''_r . La formule (9) de la section 4.1 peut être modifiée en fonction de la relation entre ϵ'_r et ϵ''_r , selon l'angle de perte δ pour donner:

$$D = \frac{\lambda_0}{2\pi} \frac{\sqrt{\epsilon'_r}}{\epsilon''_r} \quad (10) \quad (\text{Bengtsson et Risman, 1971})$$

où λ_0 est la longueur de l'onde dans l'air.

Ce paramètre devient déterminant dans le choix de la fréquence ou longueur d'onde qui sera utilisée en fonction du procédé à appliquer. Nous avons vu dans les principes fondamentaux que plus la fréquence est élevée, la profondeur de pénétration est faible. Ainsi l'absorption de l'énergie de l'onde se fera théoriquement dans une couche plus mince du produit. Dépendant aussi des constantes diélectriques ϵ'_r et ϵ''_r , (D) pourra aussi varier. De façon générale à une fréquence de 2450 MHz, on obtiendra une température plus élevée dans le produit par rapport à une fréquence de 915 MHz, d'où l'intérêt pour la première dans les procédés de cuisson ou pour la déshydratation de produit en couche mince. Pour les procédés de séchage ou de décongélation, il est préférable d'avoir une profondeur de pénétration maximum afin d'obtenir une distribution uniforme de la température et de l'énergie dans toute la matière. Cette approche permet alors d'éviter les points chauds et les débuts de cuisson localisée.

Considérant les variations de ϵ'_r et ϵ''_r selon la fréquence, le facteur de perte étant près de 50% plus élevé à une

température de 50°C, la profondeur de pénétration (D) est d'environ 1.06 cm à 2450 MHz et 1.75 cm à 915 MHz pour de la morue crue à 60% H.R. Lorsque l'on considère le pourcentage de sel normalement rencontré dans la morue "Gaspé Cure", les profondeurs de pénétration diminuent de 65% à cause de l'augmentation drastique du facteur de perte $\epsilon''r$ qui fait près du triple alors que $\epsilon''r$ augmente d'environ 10% (Bengtsson et Risman, 1971).

4.4.3 Transfert de chaleur

Selon la littérature consultée, les facteurs décisifs influençant les propriétés diélectriques d'un mélange hétérogène comme les denrées alimentaires et, entre autres, le poisson, contenant de l'eau, sont le contenu en eau, la façon dont l'eau est liée à l'intérieur du produit et le contenu en sel ou la conductivité électrique.

Une solution saline de 5 à 10% NaCl possède une plus faible conductivité thermique que l'eau (entre 10 et 12%), donc une résistance plus grande au chauffage conventionnel (matériau plus isolant). D'autre part, sa conductivité électrique est plus élevée que l'eau et selon Lentz R.R. (1980), les pertes par évaporation en surface d'une solution saline sont plus grandes que celles de l'eau lorsque chauffée aux micro-ondes.

Les particularités du poisson salé "Gaspé Cure" favorisent donc l'utilisation de l'énergie des ondes électromagnétiques pour le chauffage et le séchage de ce produit pour les dernières phases.

Le temps requis pour évaporer une certaine quantité d'eau par le procédé de micro-ondes (effet diélectrique) pour

une même puissance installée, est plusieurs fois plus rapide qu'avec un procédé conventionnel. Des travaux, Meisel (1984), Archieri (1977) et Decareau (1984) ont démontré que cette différence pouvait être de 7 à 10 fois inférieure.

4.4.4 Température de séchage

Le séchage conventionnel des denrées s'effectue généralement à des températures atteignant 80-90°C et parfois plus, dépendant du produit et de sa teneur en eau. Pour des produits sensibles à la chaleur, il est préférable d'utiliser des températures aussi basses que possible afin d'éviter la cuisson et par le fait même la dénaturation des protéines et les changements organoleptiques.

Pour le séchage mécanique du poisson "Gaspé Cure" à air pulsé, la température moyenne de l'air est généralement de 27°C alors que l'humidité est de 50% et 60%, selon le stade de séchage (Beatty et Coll., 1958). Pour le séchage aux micro-ondes, nous avons posé comme hypothèse que la température doit être inférieure à 50°C. Pour vérifier cette dernière, nous avons utilisé des échantillons de poisson salé fortement de 450 g, que nous avons placés dans un four micro-ondes domestique. L'intensité du four a été ajustée à 100 W et 200 W. Les résultats obtenus ont été très favorables. La température interne du poisson n'a pas dépassé 50°C et les pertes de poids étaient de l'ordre de 17 à 20% pour une période de 20 minutes. Aucun signe évident de cuisson n'a été observé; il semble qu'un contrôle de l'apport en énergie puisse prévenir les effets indésirables.

4.4.5 Pourcentage d'humidité initiale et évaporation de l'eau

Tel que mentionné au chapitre 2.2 du présent rapport, la première étape de séchage, qu'elle soit faite à l'extérieur ou l'intérieur, vise à abaisser la teneur en eau du poisson de 20%. Théoriquement le pourcentage d'humidité initiale du produit avant l'étape de séchage aux micro-ondes serait de 54%.

Comme le séchage à l'extérieur est souvent influencé par les conditions climatiques, il pourrait être envisagé de prévoir un abaissement initial moins de la teneur en eau, tout en permettant au poisson de demeurer suffisamment longtemps pour subir les transformations biologiques qui donnent à ce produit ses qualités organoleptiques. A ce stade-ci de l'étude, nous posons comme hypothèse que le pourcentage d'humidité initial pour la deuxième phase pourrait être de 57%, lorsque les conditions climatiques sont favorables et seulement 60% dans des conditions adverses.

Dans le cas de l'option B, la même hypothèse s'applique, mais il pourrait être envisagé de conserver la même période de temps, soit 18 ou 20 heures, en abaissant l'humidité à seulement 60% pour une réduction du volume d'air de séchage. Il pourrait, d'autre part, être envisagé de recréer les conditions d'ensoleillement dans le séchoir par l'utilisation de lampes haute pression au sodium. Cette dernière suggestion nécessiterait toutefois une analyse plus poussée dans une étape ultérieure du développement du projet.

Après la première étape de séchage, le poisson pourrait être acheminé directement au four micro-ondes sans subir l'emballage afin de faire suinter l'humidité vers la surface. Comme

l'absorption des ondes par un produit est fonction de ϵ' r et ϵ'' r, qui sont entièrement reliés aux niveaux d'humidité, les ondes s'atténueront plus directement au centre de la masse pour en expulser l'humidité.

Comme il est mentionné en 4.3, le séchage aux micro-ondes possède l'avantage de chauffer l'intérieur du produit. Ceci est d'autant plus vrai si l'humidité est plus élevée au centre qu'à proximité des parois.

Au niveau de température prévu pour le séchage aux micro-ondes, l'eau migrant à la surface du produit ne s'évapore pas par la chaleur (ébullition). L'eau doit donc être captée par un mouvement d'air relativement sec pour être évaporée. A cette fin, nous préconisons le même principe que celui utilisé pour les pâtes alimentaires de l'exemple décrit à l'item 4.3, soit une combinaison d'air sec et micro-ondes pour le séchage.

Enfin, à la sortie du four, il faudra prévoir un conditionnement du produit afin de le refroidir jusqu'à la température ambiante. Le poisson pourra par la suite être entreposé selon les méthodes conventionnelles.

4.4.6 Croûtage

Le phénomène de croûtage dans le procédé de séchage du poisson "Gaspé Cure" présente une problématique particulière. Dans la première phase, il est nécessaire de sécher la surface afin de rendre les conditions du milieu bactériostatiques. Par contre la formation de croûte empêche l'évacuation subséquente d'humidité par la surface du poisson. Il devient alors nécessaire d'alterner les périodes de séchage par des périodes d'empilages.

Les nombreuses manutentions d'empilage peuvent, entre autres, causer des fendilllements de cette croûte d'où une réduction de la qualité du produit.

Le procédé de séchage aux micro-ondes n'est pas constraint par le croûtage. Même en présence d'une croûte, les micro-ondes font continuellement migrer l'humidité vers la surface. Il suffit alors d'un simple mouvement d'air sec pour évaporer cette eau.

En toute fin de procédé, avant l'entreposage, un léger croûtage est toutefois désiré. Dans le procédé de séchage par micro-ondes, le produit devrait subir un conditionnement afin de permettre l'abaissement de la température interne. C'est alors qu'il sera possible d'intervenir afin de créer les conditions favorables au croûtage final.

4.5 EFFETS ATTENDUS DU SECHAGE DE FINITION AUX MICRO-ONDES SUR LES QUALITES MICROBIOLOGIQUES ET ORGANOLEPTIQUES DU PRODUIT

4.5.1 Qualité microbiologique

A la section 3.2.2, nous avons discuté de la problématique du point de vue microbiologique du procédé de séchage. Nous l'avons défini par rapport au temps requis, aux contacts avec l'air et aux manipulations (empilages) requises. Le sel tout comme le séchage est un paramètre favorisant la préservation du "Gaspé Cure". Toutefois, de par sa concentration, l'effet inhibiteur du sel est limité et doit être complété par le séchage. Pendant la période qui précède le séchage, les transformations qui s'opèrent dans le poisson légèrement salé sous l'action des bactéries sont tout à fait normales et lui donnent ses quali-

tés particulières. Cette action se poursuit au début du séchage et elle est enrayée lorsque la surface atteint un pourcentage d'humidité inhibiteur de la croissance bactérienne. Il est donc clair que cette période est essentielle et doit être maintenue. En conséquence, il est recommandable d'effectuer la première phase du séchage par un procédé conventionnel (air libre ou séchoir) qui sèche graduellement la surface tout en permettant pendant un certain temps l'activité bactérienne nécessaire. C'est dans l'optique de la phase de finition du séchage que le procédé aux micro-ondes devient intéressant.

A la fin de la première phase de séchage (section 2.1), la morue "Gaspé Cure" est séchée en surface et il y a formation d'une croûte qui retient l'eau à l'intérieur des chairs. Le procédé conventionnel prévoit donc des empilages qui permettent à l'eau de revenir en surface et de réhydrater cette croûte. Ces manipulations, en plus d'augmenter considérablement les sources de contaminations, favorisent la réactivation du processus de dégradation microbiologique. De cette forte prolifération des bactéries peut résulter le problème de "graissage" (apparence visqueuse du produit). En effet, les bactéries se retrouvent dans des conditions favorisant leur croissance (% d'humidité, exposition à l'air, compaction des chairs du poisson). Si l'action bactérienne n'est pas enrayée assez rapidement, cette opération digestive peut aller trop loin et décomposer le poisson. Un des effets attendus du séchage de finition aux micro-ondes est donc une amélioration de la qualité microbiologique de la morue "Gaspé Cure" principalement à cause de la rapidité du traitement et de la diminution du nombre d'empilements nécessaires. En ce qui concerne l'effet bactéricide des micro-ondes, aucun effet non thermique n'a été démontré jusqu'à ce jour (Thoms, 1980). On peut considérer que l'effet thermique est

prédominant au niveau de l'action bactéricide des micro-ondes et en ce sens il est important de connaître les prédominances de la flore de l'aliment soumis au traitement (Fung et Cunningham, 1980). La flore normale de la morue est constituée en majeure partie de psychrotrophes. Les bactéries holophiles qui se développent sur le poisson légèrement salé, sont aussi en général des psychrotrophes. Selon Cunningham (1980), la majeure partie des psychrotrophes est facilement détruite après des traitements thermiques relativement faibles. Il a obtenu une destruction complète après un traitement aux micro-ondes (915 MHz) de 15 secondes pendant lequel la température du milieu a augmenté entre 40 et 45°C. La température que nous proposons pour le procédé de séchage de la morue, devra être au maximum de 50°C. On devrait donc s'attendre à une bonne diminution de la population bactérienne, ce qui devrait permettre d'améliorer le temps de conservation même si le pourcentage d'humidité du produit augmente légèrement en cours de transport.

4.5.2 Qualité organoleptiques

En ce qui concerne les effets attendus sur les qualités organoleptiques, l'argumentation est basée principalement sur la théorie des micro-ondes. Par contre, nous avons effectué quelques essais de séchage sur de la morue fortement salée (il n'y avait pas de morue "Gaspé Cure" disponible) dans un four micro-ondes domestique (2450 MHz).

L'un des critères organoleptiques de la morue "Gaspé Cure" est l'épaisseur. Au niveau des normes, le poisson est qualifié de "raisonnablement épais" (annexe 1). L'un des facteurs affectant défavorablement l'épaisseur, est le nombre d'empilements que requiert actuellement le procédé standard. Au niveau

du procédé que nous suggérons, le nombre d'empilements est réduit, donc ce critère qualitatif devrait être avantagé. Le "Gaspé Cure" ne doit pas présenter d'apparence visqueuse qui est due à une prolifération microbienne en surface. Pour les raisons discutées à la section 4.5.1, le procédé de séchage par micro-ondes devrait améliorer la qualité microbiologique et le pourcentage de déclassement du produit dû à l'apparence visqueuse devrait diminuer.

Deux autres paramètres qualitatifs sont importants à considérer si l'on envisage l'application des micro-ondes pour le séchage. Il s'agit de l'aspect translucide et de la coloration ambrée recherchée. Les quelques essais qui ont été effectués sur de la morue salée fortement et ayant une épaisseur de 15 mm, ont démontré un très léger brunissement. Par contre, avec la morue de 30 mm d'épaisseur, aucune variation n'a été observée. L'épaisseur du produit par son effet sur la masse réchauffée devient importante au niveau de la coloration. Par contre, les essais ont été effectués sur du poisson fortement salé et les micro-ondes utilisées étaient de 2450 MHz. Lorsque les concentrations de sel sont plus élevées, la conductivité électrique est plus élevée et les risques de surchauffe sont accrus. Etant donné que le pourcentage de sel du "Gaspé Cure" est moins élevé, ce phénomène est moins problématique. De plus, les micro-ondes de 915 Mhz sont plus pénétrantes, donc mieux distribuées et ainsi mieux appropriées pour le séchage (section 4.4.3). Suite à ces observations et à la revue littéraire, nous devrions conserver les propriétés de translucidité et de coloration du produit conventionnel actuel en tenant compte de l'épaisseur, de l'énergie absorbée, du temps du procédé et de la chaleur interne du produit (<50°C). Les données optimales pour chacun de ces paramètres ne peuvent être définies que par

expérimentation.

5.0 ASPECTS TECHNIQUES DU PROCEDE DE SECHAGE DU "GASPE CURE" A L'AIDE DES MICRO-ONDES

5.1 CAPACITE DU PROCEDE OU VOLUME DE PRODUIT A SECHER

Les données recueillies auprès de certains producteurs ont permis d'établir le volume global de production de poisson salé séché "Gaspé Cure" à 2550 tonnes métriques, sur une base d'environ 48% de teneur en eau.

Parmi les plus importants producteurs de "Gaspé Cure", la moyenne de production peut être de 250 tonnes métriques/an. En supposant que la production s'étend sur une période de cinq mois, nous avons établi le niveau de production de poisson "Gaspé Cure" à 3 tonnes métriques/jour à 48% de teneur en eau, soit l'équivalent de 12 tonnes métriques de morue fratche débarquées et classées par jour.

En supposant que le procédé sera en opération de 14 à 15 heures par jour de travail et que la teneur en eau du poisson, après la première étape de séchage, sera d'un maximum de 60%, la quantité de matière première à sécher sera de 260 kg/h à 60% de teneur en eau ou 200 kg/h de produit fini. Lorsque les conditions sont favorables, le poisson pourra avoir une teneur en eau inférieure après le premier séchage. Le produit final pourrait alors avoir une teneur en eau plus faible et être vendu pour le marché du semi-sec (40-44%) ou sec (36 à 40%).

5.2 TYPE D'EQUIPEMENTS PRECONISES ET PUISSANCE

Qu'ils soient statiques ou continus, les fours micro-ondes sont composés de trois ensembles:

- Les générateurs proprement dits;
- Les applicateurs;
- les moyens de remplissage ou convoyeurs d'alimentation.

Les générateurs sont composés du ou des tubes émetteurs d'ondes que l'on appelle magnétrons et klystrons, et de leurs alimentations qui transforment le courant de ligne en courant stabilisé, redressé et à tensions élevées.

Des magnétrons de 600 W jusqu'à 6000 W sont actuellement fabriqués en série pour répondre aux besoins croissants de l'industrie pour des fréquences de 2450 MHz. Leur rendement de transformation de l'énergie de ligne en énergie micro-ondes est de l'ordre de 60 à 65%. Leur durée de vie est généralement 4,000 heures. Depuis quelques années, des tubes magnétrons de 30 à 50 kW sont aussi fabriqués en série, pour des fréquences de 915 MHz, leur durée de vie est de 10,000 heures.

Les klystrons sont également des tubes à modulation de vitesse. Ils sont composés de plusieurs étages et les électrons émis par la cathode sont successivement accélérées par des électro-aimants lorsqu'ils passent à travers les cavités résonnantes. Leur fabrication est généralement plus coûteuse que celle des magnétrons et nécessite des tensions plus élevées (30,000 V et plus). Actuellement, des klystrons de 30 kW à 100 kW sont fabriqués en série. Leur durée de vie est équivalente à celles des magnétrons de grande puissance (10,000 heures) et ont la possibilité d'être regénérés. Les klystrons sont moins utilisés dans l'industrie, toutefois ils sont avantageux pour des très grandes puissances et une demande en continu (300 kW).

Pour que les ondes émises par le générateur soient

absorbées par la matière à traiter, il faut les diriger par l'intermédiaire d'un guide ondes dans une enceinte adéquate appelée "applicateur". Ce dernier utilise le principe de la cavité résonnante, multi-modale dans laquelle la puissance disponible est distribuée selon le nombre. Ce système permet une bonne répartition de l'énergie dans le produit à traiter.

Dans le domaine du séchage, un applicateur à cavité en métal non magnétique, acier inoxydable de préférence est utilisé. Les tolérances de fabrication sont faibles afin d'éviter les fuites d'ondes au niveau des hublots et fermetures des extrémités.

Enfin la troisième composante est constituée du système d'alimentation du four, qui est généralement un convoyeur qui passe dans la cavité ou l'applicateur.

Les convoyeurs sont généralement des courroies de composition ne réfléchissant pas les ondes, comme certains plastiques et le teflon.

5.2.1 Puissance du four

Pour sécher le volume de poisson établi à l'item précédent, soit 260 kg/h de poisson à 60% de teneur en eau, en l'abaissant à 48%, il faudra évaporer 60 kg d'eau par heure.

Pour calculer la puissance absorbée (P) selon la formule développée dans le chapitre précédent:

$$\frac{P}{V} = 0.556 \times 10^{-12} \int \epsilon r'' E^2$$

il faut d'abord définir la fréquence qui sera produite par les magnétrons.

Comme nous l'avons mentionné à l'item 4.4.2, pour le séchage il est préférable d'utiliser une fréquence permettant une profondeur de pénétration maximale. Nous optons donc pour la fréquence de 915 MHz. A l'aide du facteur de perte ϵ''_r pour le poisson salé, la fréquence en MHz, la constante diélectrique ϵ_r' et la profondeur de pénétration (D), nous pouvons calculer l'intensité du champ E, qui nous permet ensuite d'obtenir la puissance absorbée en fonction du volume P/cm³ ou m³.

Etant donné que le procédé de séchage est un procédé dynamique, soit que les paramètres changent en fonction de la température et de l'humidité du produit, il est alors nécessaire de procéder à de nombreux calculs ou pour plus de précision à une simulation par ordinateur ou encore, faire un essai dans un four avec un échantillon représentatif du produit.

Pour vérifier nos calculs, nous avons donc procédé à des essais dans un four micro-ondes domestique sur trois (3) échantillons. Les résultats nous ont permis de dégager l'énergie nécessaire pour évaporer 1 kg d'eau dans du poisson salé pour des teneurs en eau représentatives du produit à traiter. Nous avons obtenu des valeurs variant entre 0.75 kWh et .900 kWh par kg d'eau évaporée. Considérant l'efficacité de magnétrons comme étant d'environ 65%, la puissance installée serait de:

$$60 \frac{\text{kg d'eau}}{\text{h}} \times \frac{0.82 \text{ kWh}}{\text{kg d'eau}} \times \frac{1}{0.65} = 75 \text{ kW}$$

La puissance des magnétrons serait alors de 48.75 kW donc la puissance effectivement émise dans l'applicateur.

Un fournisseur consulté a pu confirmer nos calculs et nous proposer un four pouvant répondre aux besoins établis.

5.2.2 Dimensions du four

Un four type aurait une longueur de 10 mètres, incluant les sections d'atténuation des ondes pour prévenir les émissions dans l'air aux ouvertures d'entrée et de sortie du produit.

La largeur de la courroie ou du convoyeur serait de 1.4 à 1.55 m et une hauteur de 2 m.

Le four possèderait aussi un système de contrôle afin d'ajuster l'intensité de la puissance pour chaque magnétron ainsi que la vitesse du convoyeur. Ces contrôles s'avèreront utiles pour ajuster le four en fonction des caractéristiques du produit; les morues de plus petites dimensions exigent une puissance moins élevée que les plus grosses.

5.3 DISPOSITION DU PRODUIT DANS LE FOUR

La largeur du four ne fut pas établie seulement en fonction de la manière dont nous préconisons placer le poisson sur le convoyeur. La largeur du four est un des paramètres de conception de la cavité ou de l'applicateur pour assurer une bonne distribution des ondes. Un four utilisant la fréquence 915 MHz sera généralement plus large qu'un four utilisant la fréquence de 2450 MHz. Donc avec une courroie d'une largeur de 1.4 m, nous suggérons de placer la morue sur deux rangées en position tête-queue (même rangée), pour assurer le plus d'uniformité possible du produit. Les morues ne devront pas être superposées ou croisées afin d'éviter les accumulations d'eau

entre celles-ci.

Même si les flancs (oreilles) et la queue sont plus minces que le cœur (centre) de la morue, ces parties ne seront pas surséchées à cause du phénomène d'équilibre. En effet, les ondes sont absorbées en premier par les parties plus humides et à mesure que l'humidité diminue, la profondeur de pénétration (D) augmente. Donc, à un temps (t) donné, les flancs absorberont moins d'énergie des ondes, alors que celles-ci seront absorbées par la partie centrale (encore humide en profondeur).

Enfin, il sera important de traiter les morues selon leur classification de dimensions et d'épaisseur.

5.4 CONDITIONNEMENT DU POISSON APRES LE SECHAGE AUX MICRO-ONDES

A la sortie du micro-ondes, la température du poisson sera d'environ 45°C, si le refroidissement n'est pas fait dans la dernière partie du four. Il est possible, selon les fabricants de fours, d'effectuer un premier conditionnement avant la sortie. Cependant, la température sera encore relativement élevée, soit 40°C. Il est alors essentiel de prévoir un conditionnement supplémentaire afin de diminuer la température du poisson à 15°C avant de l'empiler pour l'entreposage.

Le conditionnement, en plus d'abaisser la température du produit, permettra d'assécher la surface du poisson en formant un croûtage et assurer ainsi des conditions bactériostatiques.

D'autre part, le conditionnement aura certainement un effet sur la coloration. Cette dernière étant reliée en partie à un phénomène de déssication favorisant la réaction de brunisse-

ment non enzymatique. Le conditionnement après séchage au micro-ondes est donc essentiel pour recréer les conditions obtenues par le système conventionnel et assurer la conservation du produit à l'entreposage.

Cette étape du procédé pourra s'effectuer en continu à l'aide d'un séchoir modifié, à air pulsé ou un séchoir en fournée ("batch"). Pour réduire le nombre de manutentions, ce système continu serait à notre avis à privilégier. A ce stade de l'étude, nous assumons que le processus de conditionnement aura une durée d'environ 4 heures. L'air pulsé pourrrait avoir une température de 12-15°C. On pourra aussi s'attendre à une perte d'humidité du produit de 1 à 2%. Il sera possible d'ajuster le séchage aux micro-ondes afin de ne pas diminuer l'humidité à un niveau inférieur à celui désiré.

6.0 EVALUATION DES COUTS

Dans cette section, nous traiterons de l'impact économique de l'utilisation des micro-ondes pour le séchage du poisson "Gaspé Cure" à des teneurs en eau de 60 à 48%. Les coûts du système avec micro-ondes seront comparés au système actuel sur la base de budget partiel en faisant ressortir les différences au niveau des prix de revient.

Afin d'utiliser la puissance du four micro-ondes de façon optimale au lieu de 14-15 heures d'opération par jour, nous suggérons d'opérer 24 heures par jour, soit l'équivalent de 22.5 heures effectives. Dans cette optique, nous proposons des deux options soit:

- 1) Un four de 30 kW avec 1 magnétron de 30 kW, évaporant 39 kg d'eau par heure, utilisé pendant 22.5 heures/jour et produisant 130 kg/h de poisson à 48% ou 3 t./jour et 250 t./saison;
- 2) Un four de 60 kW avec 2 magnétrons de 30 kW, évaporant 72 kg d'eau par heure, utilisé pendant 22.5 heures/jour et produisant 240 kg/h de poisson à 48% ou 5.5 t./jour et 468 t./saison.

Le nombre de jours d'utilisation est de 85 jours ouvrables.

Les coûts des fours et des composantes ont été obtenus de fabricants américains. Nous considérons d'autre part que l'espace nécessaire pour le four pourrait être aménagé à même l'espace économisé dans l'entrepôt par l'élimination des empilages successifs nécessaires avec le système conventionnel.

6.1 COUTS D'INVESTISSEMENT

Les coûts d'investissement comprennent l'achat du four,

l'installation, les modifications à apporter pour son installation, la mise en route et la formation technique des opérateurs. Nous assumons que le conditionnement sera effectué dans un séchoir à air pulsé existant chez l'industriel. Les coûts en capital sont évalués à partir d'un taux de 12.5% par an d'intérêt.

1) Four de 30 kW = \$195,000

$$\text{coût/h} = \frac{\$195,000 \times 12.5\%}{85 \text{ jr} \times 22.5 \text{ h/jr}} = \$12.74/\text{h}$$

2) Four de 60 kW = \$325,000

$$\text{coût/h} = \frac{\$325,000 \times 12.5\%}{85 \text{ jr} \times 22.5 \text{ h/jr}} = \$22.88/\text{h}$$

Ces coûts représentent une addition nette par rapport au système existant.

6.2 COUT D'OPERATION

Les coûts d'opération sont divisés en quatre (4) catégories:

- le coût de remplacement des tubes;
- les coûts d'entretien;
- les coûts de l'énergie;
- le coût de main-d'œuvre.

6.2.1 Remplacement des tubes

Selon les études consultées (Jolly J.A. 1976), le coût de remplacement par heure des tubes, est le suivant:

$$\frac{\text{coût du nouveau tubes}}{\text{vie utile en heure}}$$

$$\text{soit: } \frac{14000}{10000} = \$1.40 \quad (\$2.80 \text{ pour four } 60 \text{ kW})$$

6.6.2. Coûts d'entretien

L'industrie des équipements micro-ondes est similaire aux autres industries d'équipement moderne (Jolly, J.A., 1976). On peut alors utiliser pour nos calculs, l'indice de 2% du prix d'achat pour l'évaluation des coûts généraux d'entretien.

Nous aurons donc des coûts par heure d'opération de:

$$1) \frac{\$195,000 \times 0.02}{22.5 \times 85} = \$2.04$$

$$2) \frac{\$325,000 \times 0.02}{22.5 \times 85} = \$3.40$$

La réduction des coûts d'entretien du séchoir mécanique n'a pas été considérée.

6.2.3 Coûts de l'énergie

L'énergie utilisée pour le séchage aux micro-ondes, comprend la consommation des tubes selon leurs taux d'utilisation (90% pour le four de 60 kW et 97% pour le four de 30 kW) et la consommation des ventilateurs d'air et éléments du four (combiné air/micro-ondes). La consommation électrique des ventilateurs du séchoir-conditionneur serait de 20 à 25% de l'énergie consommée par le procédé conventionnel dans les dernières phases du séchage, lorsque l'on utilise un séchoir mécanique. Selon les renseignements recueillis, les coûts de séchage seraient de l'ordre de \$0.055/kg de poisson.

Le prix du kWh pour les besoins de l'étude est calculé sur la base du tarif commercial, moyenne puissance, soit

Puissance = \$6.22/kW x nombre de kW x nombre de mois supplémentaires.

Consommation: \$0.0211/kWh x nombre de kWh x nombre d'heures.

Nous supposons que l'installation industrielle typique aura une puissance totale installée de plus de 100 kW.

Un four combiné de 30 kW est muni d'un élément chauffant et ventilateurs d'une capacité de 15 kW pour chauffer et pulser dans la cavité, alors que le four de 60 kW est muni d'un élément et ventilateurs d'une capacité de 30 kW.

Le nombre de kW et de kWh est ajusté pour prendre en considération le niveau d'efficacité du système (ex.: 1 magnétron de 30 kW consomme 50 kW par heure d'utilisation et exige une puissance de ligne de 50 kW).

Nous avons alors des coûts d'énergie de:

- 1) pour le four de 30 kW : \$2.39
- 2) pour le four de 60 kW : \$4.58

A ces coûts, il faut soustraire \$5.58 et \$10.46 pour l'économie d'énergie, en remplaçant le séchoir mécanique par le four de 30 kW et 60 kW respectivement, avec le système de conditionnement.

6.2.4 Main-d'oeuvre

A partir du tableau (1) du chapitre 2.0, nous pouvons considérer une économie de 15.23 heures-personne/t.m. de poisson séché, en éliminant les manipulations nécessaires à l'empilage et au séchage à des teneurs en eau inférieures à 60%.

Pour obtenir 3 t.m. de poisson à 48%, il faut opérer le four de 30 kW durant 22.5 heures. Comme le procédé est continu, il faut au moins une personne à chaque extrémité du procédé, donc, 45 heures-personne, soit 15 heures-personne/t.m. La charge de travail des personnes sera beaucoup moins intensive que dans le procédé conventionnel puisque chaque personne manutentionne une seule fois une tonne, sur un quart de 8 heures. Dans le premier cas, les manutentions sont beaucoup plus nombreuses.

Avec le four de 60 kW, l'efficacité de la main-d'œuvre est presque doublée, soit 5.4 t.m. de produit sur une période de 22.5 heures ou 8.3 heures-personne/t.m.

Pour le four de 30 kW, il n'y a donc pas d'économie de main-d'œuvre appréciable en temps normal. Si les conditions climatiques sont mauvaises, le procédé exigera cependant plus de travail ou de temps de séchage.

Dans le cas du four de 60 kW, l'économie de main-d'œuvre sera de l'ordre de 45%. Ceci représente un coût d'opération moindre de \$5.67/h, si le salaire de base est de 5.25/h et une majoration de 20% pour les bénéfices marginaux et les frais administratifs directs.

6.3 COUT D'OPERATION

Le tableau 4 représente la différence de coût d'opération avec l'utilisation d'un four micro-ondes pour le séchage de la morue "Gaspé Cure" de 60% à 48% de teneur en eau.

Les références consultées (Thourel 1979 et Jolly, 1976) pour l'évaluation économique du séchage au micro-ondes à l'aide de budget partiel, ne considèrent que l'intérêt sur capital (coût du capital) dans la partie des coûts d'opération reliée à l'investissement. La dépréciation ou amortissement ne semble pas être considérée comme un coût direct.

L'ajout de l'amortissement aux coûts du tableau 4 augmenterait le coût total par kg de poisson séché de 0.10\$ à 0.139\$/kg dans le premier cas et de 0.073\$ dans le second. Etant donné le faible taux d'utilisation annuel des équipements ceux-ci sont dépréciés sur 20 ans, ce qui représente la vie utile de beaucoup d'équipements industriels dans les usines alimentaires.

Au tableau 5 nous retrouvons la structure de prix en vigueur en 1985. Considérant un prix moyen de \$2.21/lb ou \$4.85/kg, l'augmentation des coûts d'opération pour une entreprise possédant un séchoir mécanique et produisant 250 t.m. de morue "Gaspé Cure" par an, serait d'environ 2% du prix de vente. En supposant que l'augmentation de la qualité du produit permette un prix de vente de \$2.29/lb ou \$5.05/kg, l'augmentation des coûts serait complètement absorbée, en plus de dégager \$20,000 de profit supplémentaire. Pour une entreprise produisant 468 t.m. par année avec un four de 60 kW, le profit serait de \$54,000 ou permettrait d'amortir l'équipement trois fois plus rapidement que prévu.

TABLEAU 4: RESUME DES COUTS HORAIRES SUPPLEMENTAIRES POUR LE
SECHAGE PAR MICRO-ONDES

	Four 30 kW	Four 60 kW
	1 magnétron de 30 kW	2 magnétrons de 30 kW
Capacité	130 kg/h	240 kg/h
Coût du capital ou investissement	\$12.74	\$22.88
Remplacement des tubes	\$ 1.40	\$ 2.80
Entretien	\$ 2.04	\$ 3.40
Energie	- (\$ 3.19)	- (\$ 5.88)
Main-d'œuvre	--	- (\$ 5.67)
Total	\$12.99	\$17.53
Coût \$/kg	\$ 0.10	\$ 0.073

TABLEAU 5: STRUCTURE DE PRIX SELON LA CLASSIFICATION DU PRODUIT
(SAISON 1985)

	XL	L	M	S	XS
Sél.	2.60	2.50	2.45	2.05	1.55
Ch.	2.55	2.45	2.40	2.00	1.45
Stan.	2.45	2.35	2.30	1.90	1.35
Com.	2.25	2.15	2.10	1.70	1.25
Ut.	1.90	1.80	1.75	1.35	1.00

Légende:

XL = extra-large
 L = large
 M = medium
 S = small
 XS = extra-small

Sel = select.
 Ch. = choice
 Stan = standard
 com = commercial
 Ut = utility

Le nouveau procédé contribuerait de plus à réduire les pertes, par une accélération du procédé et une réduction notable des manutentions du produit avant l'entreposage ou la vente.

Pour une entreprise ne possédant pas de séchoir mécanique. L'installation d'un four micro-ondes et d'un système de conditionnement augmenterait les coûts en capital d'environ 10%. Les coûts d'énergie (séchage) seraient de \$2.39/h et il pourrait résulter une économie de main-d'œuvre d'environ \$2.00/h. Les coûts d'opération seraient donc d'environ \$0.137/kg. Pour ce genre d'entreprise l'augmentation de la qualité serait certainement plus importante ainsi que la réduction des pertes. Malgré un coût de production plus élevé, il en résulterait des bénéfices nets plus substantiels par l'augmentation du prix de vente moyen du produit.

7.0 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Techniquement, l'utilisation de l'énergie micro-ondes pour le séchage du poisson "Gaspé Cure" pourrait s'appliquer à la dernière phase du séchage, soit pour la réduction des teneurs en eau de 60 à 48%. Le temps requis pour ce séchage serait inférieur à une heure. Si des taux inférieurs étaient désirés, les micro-ondes possèdent le net avantage de pouvoir être ajustés rapidement aux besoins.

Les caractéristiques diélectriques de la morue légèrement salée favorisent le transfert de chaleur et l'évacuation de l'eau par le procédé micro-ondes. En effet, la teneur en sel et le contenu en eau relativement élevé contribuent à augmenter le facteur de perte (ϵ') qui joue un rôle primordial dans l'absorption de l'énergie des ondes. L'énergie et le temps requis pour évaporer 1 kg d'eau sont nettement inférieurs à ceux requis avec le séchage conventionnel. Afin de vérifier si de fortes concentrations de sel pouvaient être limitantes pour un séchage aux micro-ondes, nous avons effectué quelques essais à partir de la morue fortement salée. Les résultats obtenus ont été favorables, le pourcentage d'humidité a été abaissé de 15% en 20 minutes. De plus, aucun fendillement de la peau n'a été observé.

D'autre part, l'effet d'équilibre dans l'absorption des ondes par le produit, favorise théoriquement un séchage uniforme dans toute la masse de la morue.

Pour le séchage à l'aide de micro-ondes, il est préférable d'utiliser une fréquence qui permet la plus grande profondeur de pénétration. L'énergie sera donc dissipée dans un plus grand volume de produit et la température de ce dernier pourra être conservée à son plus bas niveau possible.

En ce qui concerne les effets sur la qualité microbiologique et organoleptique du produit "Gaspé Cure", les pronostics sont plutôt avantageux. En effet, on peut s'attendre à une amélioration de la qualité microbiologique, principalement à cause de la rapidité du séchage de finition et de la diminution du nombre d'empilements nécessaires. De plus, étant donné que certaines composantes de la flore normale de la morue (psychrotrophes) sont facilement détruits après des traitements thermiques relativement faibles, il devrait en résulter une diminution de la population bactérienne après le séchage aux micro-ondes. Suite à nos observations lors d'essais préliminaires, les objectifs de qualité organoleptique du produit devraient être atteints en tenant compte de l'épaisseur, de l'énergie absorbée, du temps du procédé et de la chaleur interne du produit. En conclusion, il nous semble probable que nous devrions atteindre une meilleure classification de la morue "Gaspé Cure" dont le séchage final aura été effectué par micro-ondes.

Du point de vue économique, l'utilisation d'un four micro-ondes combiné (air pulsé et micro-ondes) de 30 kW pour le séchage de la morue salée, peut générer des profits nets supplémentaires de \$20,000/an pour un volume de vente de 250 t.m. Pour une entreprise plus importante (468 t.m.) et avec l'utilisation d'un four de 60 kW, le profit net supplémentaire serait de \$54,000.

Les coûts en capital représentent la part la plus importante des coûts d'utilisation. Lorsque l'on considère les économies de main-d'œuvre et d'énergie, le coût total par heure d'utilisation devient inférieur au coût en capital initial.

Pour une entreprise ayant un volume de production de 250 t.m. et possédant un séchoir mécanique (séchage mécanique pour la dernière phase), l'économie de main-d'œuvre est pratiquement nulle. Le séchage

se faisant en continu exige au moins deux personnes permanentes durant l'opération, une personne pour l'alimentation et une autre à la sortie.

C'est au niveau de la consommation d'énergie que le séchage aux micro-ondes tire un net avantage sur le procédé conventionnel. Ceux-ci seraient de près de 50% inférieurs, incluant l'énergie nécessaire au conditionnement final.

En résumé, l'application d'un procédé de séchage de finition par micro-ondes pour la morue "Gaspé Cure" nous apparaît présenter des perspectives intéressantes tant du point de vue qualitatif qu'économique . Une étude de faisabilité comportant des essais pilote nous semblerait par contre essentielle avant de procéder à une application industrielle. Une telle étude permettrait d'obtenir des données particulières (constante diélectrique, qualité microbiologique et organoleptique, etc...) au produit "Gaspé Cure" qui n'ont pas encore été rapportées dans la littérature pertinente à la technologie des micro-ondes.

8.0 BIBLIOGRAPHIE

- 1 Archieri, C. (1977). Déshydratation par micro-ondes. Evaporation sous vide - Sublimation sous vide. Bios, Vo. 8, No 1, p. 10 à 21.
- 2 Assenheim H.M. et Coll. (!980). Effets biologiques des radiofréquences et des micro-ondes. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement. Conseil national de recherches du Canada. 244 p.
- 3 Beatty, S.A., Fougère, H. (1958). La préparation du poisson salé séché. L'office de la Recherche en Pêcheries du Canada. Bulletin No 112, 57 p.
- 4 Bengtsson, N.E. (1976). Dielectric Heating as a Unit Operation in Food Processing - Heating Fundamentals and Application of Radio Frequency and Microwaves. Confructa, Vol. 21, No 1/2, P.7 à 23.
- 5 Bengtsson, N.E. et Risman, P.O. (1971). Dielectric Properties of Foods at 3 GHz as Determined by a Cavity Perturbation Technique. The Journal of Microwave Power, Vol. 6, No 2, P. 33 à 50.
- 6 Copson, D.A. (1975). Microwave Heating. Second Edition. The AVI Publishing Company Inc. Westport, Connecticut, 615 p.
- 7 Cunningham, F.E. (1980). Influence of Microwave Radiation on Psychrotropic Bacteria. Journal of Food Protection, Vo. 43, No 8, P. 651 à 655.
- 8 Darnis, J. (1977). Microondes: des applications industrielles. Industries et Techniques. Paris, No 345, p. 49 à 55.
- 9 Decareau, R.V. (1984). Microwaves in Food Processing. Food Technology in Australia, Vol. 36, No 2, p. 81 à 86.
- 10 Fung, D.Y.C., Cunningham, F.E. (1980). Effect of Microwaves on Microorganisms in Food. Journal of Food Protection, Vo. 43, No 8, p. 641 à 650.
- 11 Gouvernement du Canada, Pêches et Océans (1978). Règlement sur l'inspection du poisson. Modifié en 1981.

- 12 Hughes, L.C.E. et Coll. (1970). Dictionary of Electronics and Nucleonics. Barnes and Noble, New-York, 443 p.
- 13 Jolly, J.A. (1976). Economics and Energy Aspects of the Application of Microwaves: A Tutorial Review. The Journal of Microwave Power, Vol. 11, No. 3, P. 11 à 23.
- 14 Lentz, R.R. (1980). Heating of Saline Solutions. The Journal of Microwave Power, Vol. 15, No 2, p. 11 à 15.
- 15 Loor de, G.P. (1968). Dielectric Properties of Heterogeneous Mixtures Containing Water. The Journal of Microwave Power. Vol. 3, p. 67 à 73.
- 16 Meisel, N. (1984). Les micro-ondes, savoiret....bien faire. Industries alimentaires et agricoles. France, Vol. 101, No 4, p. 259 à 264.
- 17 Meyer, W., Schilz, W. (1982). High Frequency Dielectric Data on Selected Moist Materials. The Journal of Microwave Power, Vol. 17, No. 1, p. 8 à 18.
- 18 Mudgett, R.E. et Coll. (1977). Prediction of Dielectric Properties in Solid Foods of High Moisture Content at Ultrahigh and Microwave Frequencies. Journal of Food Processing and Preservation. Food and Nutrition Press. Westport, Connecticut, p. 119 à 151.
- 19 Nelkon, M. (1965). Electric and Magnetism. Second Edition. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London, 471 p.
- 20 Schiffmann, R.F. (1975). Microwaves Challenge Today's Heat Processing. Food Engineering. Philadelphia, Vol. 47, No 11, p. 72 à 76.
- 21 Smith, F.J. (1979). Microwave-Hot Air Drying of Pasta, Onions and Bacon. Microwave Energy Applications Newsletter, Vol. 12, No 6, p. 6 à 19.
- 22 Staron, T. et Coll. (1980). Le traitement des produits biologiques alimentaires par les microondes. Industries alimentaires et agricoles. France, Vol. 97, No 12, p. 1305 à 1312.
- 23 Thoms, S.J. (1980). Bacteria Survival. Microwave World (Minneapolis). Vol. 1, No 6, p. 19.

- 24 Thourel, L. (1979). Utilisations des ondes électromagnétiques dans l'industrie agro-alimentaire. Revue Générale de l'Electricité. Paris, tome 88, No 11, p. 23 à 29.
- 25 Thuery, J. (1983). Les micro-ondes et leurs effets sur la matière; applications industrielles, agro-alimentaires et médicales. Actualités scientifiques et techniques en industrie agro-alimentaire. Technique et documentation. Paris, No 32, 365 p.

**9.0 ANNEXE: REGLEMENT SUR L'INSPECTION DU POISSON. GOUVERNEMENT
DU CANADA, PECHES ET OCEANS**



Government of Canada
Fishes and Oceans

Gouvernement du Canada
Pêches et Océans

FISH INSPECTION REGULATIONS

**RÈGLEMENT SUR L'INSPECTION
DU POISSON**

made under the

**FISH INSPECTION
ACT**

en vertu de la

**LOI SUR L'INSPECTION
DU POISSON**

C.R.C., 1978 c. 802

C.R.C., 1978 c. 802

as amended by/modifié par

- P.C./C.P. 1980-134 (SOR/DORS/80-65, p. 274, 23/1/80)
- P.C./C.P. 1980-1295 (SOR/DORS/80-360, p. 1886, 28/5/80)
- P.C./C.P. 1980-2752 (SOR/DORS/80-802, p. 3375, 12/11/80)
- P.C./C.P. 1981-1284 (SOR/DORS/81-374, p. 1426, 27/5/81)

Published under the authority of the Minister/Publication autorisée par le Ministre

PART VIII

SALTED FISH

General

103. Salted fish from which "pink" or "red" has been removed may be packed in accordance with the classes and grades established by this Part if, at the time of inspection or packing, whichever last occurs, no "pink" or "red" is showing and the fish has a moisture content not exceeding 38 per cent.

104. Salted fish for export from Canada shall be inspected within 30 days prior to the date of export from Canada and, where such fish meet the requirements of these Regulations, the containers thereof shall be marked with an inspection stamp.

105. The moisture content of boneless or semi-boneless salted fish shall not exceed 54 per cent.

106. No container of boneless or semi-boneless salted fish shall contain more than one species of fish.

107. Boneless or semi-boneless salted fish shall be packed in new, clean containers that are completely lined with parchment or wax paper or are impervious to moisture.

108. (1) Boneless salted fish may be prepared as fibred fish by separating the fibres and shredding the fish.

(2) Fibred fish shall be prepared from Fancy or Choice grade as described in paragraph 118(a) or (b) and may be designated by any name acceptable to the Minister.

(3) Containers of boneless salted fish shall not be marked or labelled "middle cuts" unless they contain only pieces of fish taken from the thickest part of boneless salted fish of Fancy or Choice grade.

(4) Pieces or cuttings of clean fish resulting from the preparation of boneless salted fish shall be designated by any name acceptable to the Minister.

109. (1) Boneless salted fish shall have all bones removed.

(2) Semi-boneless salted fish shall have all bones except the pin bones removed.

Classes, Grades, Sizes and Moisture Content for Salted Fish

110. Salted fish for export from Canada shall be kench or pickle cured and shall be packed according to class, grade, size and moisture content as determined in accordance with sections 112 to 120.

111. The classes of salted fish are "light salted", "heavy salted" and "Gaspe Cure".

PARTIE VIII

POISSON SALÉ

Dispositions générales

103. Le poisson dont la coloration «rose» ou «rouge» a été enlevée peut être emballé d'après les classes et les qualités prévues à la présente partie si, au moment de l'inspection ou de l'emballage, suivant celle de ces opérations qui se produit la dernière, aucune trace de coloration «rose» ou «rouge» n'est visible et si la teneur en eau du poisson n'est pas supérieure à 38 pour cent.

104. Le poisson salé qui doit être exporté à l'étranger doit être inspecté dans les 30 jours qui précèdent la date d'exportation, et, si ce poisson répond aux exigences du présent règlement, les récipients dans lesquels il est emballé doivent être marqués d'une estampille d'inspection.

105. La teneur en eau du poisson salé désossé ou semi-désossé ne doit pas être supérieure à 54 pour cent.

106. Aucun récipient de poisson salé désossé ou semi-désossé ne doit contenir plus d'une espèce de ce poisson.

107. Le poisson salé désossé ou semi-désossé doit être emballé dans des récipients neufs et propres, imperméables à l'humidité ou entièrement doublés de papier sulfurisé ou de papier ciré.

108. (1) Le poisson salé désossé peut être préparé sous forme de poisson déchiqueté en séparant les fibres et en déchiquetant le poisson.

(2) Le poisson déchiqueté doit être préparé à partir de poisson de la qualité «de luxe» ou de la qualité «de choix», telles qu'elles sont définies à l'alinéa 118(a) ou b), et il peut être désigné sous n'importe quel nom qui agrée au Ministre.

(3) Les récipients qui contiennent du poisson salé désossé ne doivent pas être marqués ni étiquetés «partie du milieu» à moins qu'ils contiennent seulement des morceaux prélevés dans la partie la plus épaisse du poisson salé désossé, de la qualité «de luxe» ou «de choix».

(4) Les morceaux ou les parures de poisson bien nettoyé recueillis au cours de la préparation de poisson salé désossé doivent être désignés sous un nom qui agrée au Ministre.

109. (1) Le poisson salé désossé doit être débarrassé de toutes ses arêtes.

(2) Le poisson salé semi-désossé doit être débarrassé de toutes ses arêtes, sauf les apophyses.

Classes, qualités, taille et teneur en eau du poisson salé

110. Le poisson salé qui doit être exporté à l'étranger doit être salé en arrimes ou en saumure, et emballé selon la qualité et la taille ainsi qu'il est établi aux articles 112 à 120.

111. Les classes de poisson salé comprennent le poisson «légèrement salé», le poisson «fortement salé» et le poisson «salé à la gaspésienne».

Light Salted Cod

112. A light salted cod shall be graded as

- (a) "Choice", if it is a reasonably thick, smooth-faced, well split fish that is clean on back and face, has a slightly yellowish cast, is free from liver, gut and salt on the face, is reasonably free from blood stains and clots, and excludes round or lap tails;
- (b) "Prime", if it is a reasonably thick, smooth-faced, well split fish, excluding round or lap tails, whether or not it shows slight traces of salt;
- (c) "Madeira", if it is a fairly well split fish that is not over-salted, sunburned, broken, slimy, dun or sour, whether or not it is fairly thin and slightly rough in appearance;
- (d) "Thirds", if it is a fish that is excessively thin, badly split, slightly cracked on the face, slightly sunburned or skin-heated, slightly dun or a fish from which dun has been removed or that shows excess salt;
- (e) "West India", if it is a fish that is not broken or excessively dun, whether or not it is cracked, sunburned or skin-heated or shows slight slime, slight sourness or excess salt; or
- (f) "Tomcod", if it is a fish under 305 mm in length that meets the requirements of paragraph (a), (b) or (c).

Morue légèrement salée

112. La morue légèrement salée doit être classée suivant les qualités ci-après.

- a) «de choix», lorsqu'il s'agit de morue raisonnablement épaisse, à surface lisse, bien fendue, à dos et à face bien nettoyés, à teinte légèrement jaunâtre, exempte de foie, de viscères et de sel à la face, raisonnablement exempte de taches ou de caillots de sang, non comprise la morue jambonnée (*round tail*) ou dont un côté de la queue est rabattu (*lap tail*);
- b) «supérieure», lorsqu'il s'agit de morue raisonnablement épaisse, bien fendue, à face lisse, non comprise la morue jambonnée ou dont un côté de la queue est rabattu, qu'elle fasse voir ou non de légères traces de sel;
- c) «madère», lorsqu'il s'agit de morue assez bien fendue, qui n'est ni trop salée, ni brûlée par le soleil, ni brisée, ni visqueuse, ni aigre, ni attaquée par la moisissure brune, que la morue soit ou non passablement mince et d'apparence légèrement rugueuse;
- d) «troisième», lorsqu'il s'agit de morue excessivement mince, mal fendue, à face légèrement fendillée, légèrement brûlée par le soleil ou à peau chauffée, légèrement attaquée par la moisissure brune ou dont la moisissure brune a été enlevée, ou fait voir un excès de sel;
- e) «West India», lorsqu'il s'agit de morue qui n'est ni brisée, ni trop attaquée par la moisissure brune, qu'elle soit ou non fendillée, brûlée par le soleil ou à peau chauffée, ou légèrement visqueuse ou aigre, ou trop salée; ou
- f) «petite morues», lorsqu'il s'agit de morue de moins de 305 mm de taille qui répond aux exigences des alinéas a), b) ou c).

a)

Light Salted Haddock, Hake, Cusk or Pollock

113. A light salted haddock, hake, cusk or pollock shall be graded as

- (a) "Prime", if it is a fish that meets the requirements of paragraph 112(a), (b) or (c); or
- (b) "West India", if it is a fish that meets the requirements of paragraph 112(d) or (e).

Gaspe Cure Slack Salted Fish

114. A Gaspe Cure slack salted fish shall be graded as

- (a) "Selected", if it is a reasonably thick, smooth-faced, well split fish, that is clean on back and face, has a somewhat translucent appearance, is free from liver, gut and salt on the surface, is free from blood stains and clots and, where it is hard dried, has an amber cast;
- (b) "Choice", if it is a fairly well split fish that is not sunburned, broken, slimy or otherwise defective, whether or not it is slightly rough in appearance or shows slight blood stains and traces of salt on the surface;
- (c) "Standard", if it is a fish that is not a slink, whether or not that fish is rough-faced or poorly split, shows salt, blood stains, clots or liver stains or is slightly sunburned; or
- (d) "Commercial", if it is a fish that does not meet the requirements of paragraph (a), (b) or (c) but that is free

Aiglefin, merluche, brosme ou goberge légèrement salés

113. L'aiglefin, la merluche, le brosme ou la goberge légèrement salés doivent être classés suivant les qualités ci-après:

- a) «supérieure», lorsqu'il s'agit de poisson qui répond aux exigences de l'alinéa 112a), b) ou c); ou
- b) «West India», lorsqu'il s'agit de poisson qui répond aux exigences de l'alinéa 112d) ou e).

Poisson légèrement salé à la gaspésienne

114. Le poisson légèrement salé à la gaspésienne doit être classé suivant les qualités ci-après:

- a) «de luxe», lorsqu'il s'agit de poisson raisonnablement épais, à face lisse, bien fendu, à dos et à face bien nettoyés, d'aspect quelque peu translucide, exempt de taches ou de caillots de sang, de foie, de viscères et de sel à la surface et qui doit avoir, dans le cas du poisson séché à cœur, une coloration ambrée;
- b) «de choix», lorsqu'il s'agit de poisson assez bien fendu, qui n'est ni brisé, ni brûlé par le soleil, ni visqueux, ni autrement défectueux, que son apparence soit ou non légèrement rugueuse ou que le poisson fasse voir ou non de légères taches de sang ou des traces de sel à la surface;
- c) «normale», lorsqu'il s'agit d'autre poisson que du poisson très mince, que ce poisson soit ou non à face rugueuse, ou

from mould and slime and is not sour, heavily mutilated, heavily sunburned or heavily skin-heated.

Heavy Salted Cod

115. A heavy salted cod shall be graded as

- (a) "Selected", if it is a firm, reasonably thick, smooth-faced, well split fish that is clean on back and face, is white in appearance and is free from slime, blood, liver and other stains;
- (b) "Choice", if it is a firm, somewhat rough-faced, fairly well split fish that is clean on back and face and is free from slime, whether or not it shows slight blood or other stains on the surface;
- (c) "Standard", if it is a fish that is not a slink, whether or not that fish is rough-faced or poorly split, shows blood, clots and other stains, is slightly sunburned or skin-heated, or is slightly dun or a fish from which dun has been removed; or
- (d) "Commercial", if it is a fish that does not meet the requirements of paragraph (a), (b) or (c) but that does not show heavy dun or heavy slime and is not heavily sunburned or heavily skin-heated.

Heavy Salted Haddock, Hake, Cusk or Pollock

116. A heavy salted haddock, hake, cusk or pollock shall be graded as

- (a) "Choice", if it is a firm, reasonably thick, somewhat rough-faced, clean, fairly well split fish that is clean on back and face and free from slime, whether or not it shows slight blood or other stains;
- (b) "Standard", if it is a fish that is not a slink, whether or not that fish is rough-faced or poorly split, shows blood clots and other stains, is slightly sunburned or skin-heated, or is slightly dun or a fish from which dun has been removed; or
- (c) "Commercial", if it is a fish that does not meet the requirements of paragraph (a) or (b) but that does not show heavy dun or heavy slime and is not heavily sunburned or heavily skin-heated.

Heavy Salted Saltbulk and Green Salted Fish

117. A heavy salted saltbulk and green salted fish shall be graded as

médiocrement fendu ou qu'il fasse voir ou non du sel, des taches ou des caillots de sang, ou des taches de foie, ou qu'il soit ou non légèrement brûlé par le soleil; ou

d) «commerciale», lorsqu'il s'agit de poisson qui ne répond pas aux exigences des alinéas a), b) ou c), mais qui est exempt de moisissure et de viscosité et qui n'est ni aigre, ni fortement mutilé, ni fortement brûlé par le soleil ou dont la peau n'a pas été fortement chauffée.

Morue fortement salée

115. La morue fortement salée doit être classée suivant les qualités ci-après:

a) «de luxe», lorsqu'il s'agit de morue bien fendue, raisonnablement épaisse, à chair ferme, à face lisse, et blanche, à dos et à face bien nettoyés, exempt de viscosité, de taches de sang, de foie ou d'autres taches;

b) «de choix», lorsqu'il s'agit de morue assez bien fendue, à chair ferme, à face quelque peu rugueuse, à dos et à face bien nettoyés, exempt de viscosité, qu'elle fasse voir ou non de légères taches de sang ou d'autres taches en surface;

c) «normale», lorsqu'il s'agit d'autre morue que de la morue très mince, qu'elle soit ou non à face rugueuse ou médiocrement fendue, ou qu'elle fasse voir ou non des caillots de sang ou d'autres taches, ou qu'elle soit ou non légèrement brûlée par le soleil ou à peau légèrement chauffée ou qu'elle soit ou non légèrement attaquée par la moisissure brune ou dont la moisissure brune a été enlevée; ou

d) «commerciale», lorsqu'il s'agit de poisson qui ne répond pas aux exigences des alinéas a), b) ou c) mais qui n'est pas fortement atteint de moisissure brune, qui n'est pas fortement visqueux et qui n'est pas fortement brûlé par le soleil ou dont la peau n'est pas fortement chauffée.

Aiglefin, merluche, brosme ou goberge fortement salés

116. L'aiglefin, la merluche, le brosme et la goberge fortement salés doivent être classés suivant les qualités ci-après:

a) «de choix», lorsqu'il s'agit de poisson bien nettoyé à chair ferme, raisonnablement épais, à face quelque peu rugueuse, assez bien fendu, à dos et à face bien nettoyés, qui est exempt de viscosité, que le poisson fasse voir ou non de légères taches de sang ou d'autres taches;

b) «normale», lorsqu'il s'agit d'autre poisson que du poisson très mince, que ce poisson soit ou non à face rugueuse ou médiocrement fendu, qu'il fasse voir ou non des caillots de sang ou d'autres taches, qu'il soit ou non légèrement brûlé par le soleil ou à peau chauffée, ou qu'il soit attaqué légèrement par la moisissure brune ou dont la moisissure brune a été enlevée; ou

c) «commerciale», lorsqu'il s'agit de poisson qui ne répond pas aux exigences des alinéas a) ou b), mais qui n'est pas attaqué fortement par la moisissure brune ou qui n'est pas fortement visqueux ni fortement brûlé par le soleil ou dont la peau n'est pas fortement chauffée.

Poisson fortement salé en arrimes et poisson salé en vert

117. Le poisson fortement salé en arrimes et le poisson salé en vert doivent être classés suivant les qualités ci-après:

(a) "Fancy", if it is a firm, reasonably thick, smooth-faced, well split fish that is clean on back and face, white-naped, is free from blood clots, stains and other discolorations and shows whiteness similar to bled fish;

(b) "Choice", if it is a firm, reasonably thick, smooth-faced, well split fish that is clean on back and face, is near-white in colour and is free from blood clots, stains and other discolorations;

(c) "Standard", if it is a firm, fairly well split fish, whether or not that fish shows slight discolouration as long as the discolouration is not "pink" and does not have jigger-marks or a heavy lap or round tail; or

(d) "Commercial", if it is a fish that is free from "pink" discolouration and that does not meet the requirements of paragraph (a), (b) or (c).

a) «de luxe», lorsqu'il s'agit de poisson bien fendu, raisonnablement épais, à chair ferme, à face lisse, à dos et à face bien nettoyés, à parois abdominales blanches, et exempt de caillots de sang, de taches ou d'autres colorations et dont la blancheur est semblable à celle du poisson qui a été saigné.

b) «de choix», lorsqu'il s'agit de poisson bien fendu, raisonnablement épais, à chair ferme et presque blanche, à face lisse, à dos et à face bien nettoyés et exempt de caillots de sang, de taches ou d'autres colorations;

c) «normale», lorsqu'il s'agit de poisson assez bien fendu, à chair ferme, faisant voir ou non de légères colorations, sauf la coloration «rose», non compris le poisson portant des marques de turlutte ni le poisson trop jambonné ou ayant un côté de la queue trop rabattu (*lap tail*); ou

d) «comme ciale», lorsqu'il s'agit de poisson exempt de coloration «rose» et qui ne répond pas aux exigences des alinéas a), b) ou c).

Boneless or Semi-boneless Salted Fish

118. Boneless or semi-boneless salted fish shall be graded as
(a) "Fancy", if the fillets are thoroughly cured, clean, firm, neatly trimmed whole fillets of the same whiteness as bled fish, are free from excessive salt and other defects, and not more than 10 per cent by count of the fillets in any container have ragged edges, tears or holes;

(b) "Choice", if the fillets are thoroughly cured, clean, firm, fairly well trimmed whole fillets that are free from excessive salt and other defects, and not more than 20 per cent by count of the fillets in any container have ragged edges, tears or holes or show slight discolouration;

(c) "Standard", if the fillets are thoroughly cured, clean fillets and not more than 50 per cent by count of the fillets in any container have ragged edges, tears or holes or show discolouration; or

(d) "Substandard", if the fillets do not meet the requirements of paragraph (a), (b) or (c).

Poisson salé désossé ou semi-désossé

118. Le poisson salé désossé ou semi-désossé doit être classé suivant les qualités ci-après:

a) «de luxe», lorsqu'il s'agit de filets entiers parfaitement préparés, bien nettoyés, fermes, bien parés, de la même blancheur que le poisson saigné, exempts d'un excès de sel ou d'autres défauts et qu'au plus 10 pour cent du nombre de filets contenus dans un récipient ont des bords déchiquetés, des déchirures ou des trous;

b) «de choix», lorsqu'il s'agit de filets entiers parfaitement préparés, bien nettoyés, fermes, assez bien parés, exempts d'un excès de sel ou d'autres défauts et qu'au plus 20 pour cent des filets contenus dans un récipient ont des bords déchiquetés, des déchirures ou des trous, ou font voir une légère coloration;

c) «normale», lorsqu'il s'agit de filets parfaitement préparés, bien nettoyés et qu'au plus 50 pour cent des filets contenus dans un récipient ont des bords déchiquetés, des déchirures ou des trous, ou font voir une certaine coloration; ou

d) «sous-normale», si les filets ne répondent pas aux exigences des alinéas a), b) ou c).

Sizes for Salted Fish

119. (1) Containers of salted fish for export from Canada shall be packed according to class and length in accordance with Table I or II to this subsection, as appropriate.

TABLE I

Gaspe Cure

Description	Length in millimetres
Extra small	under 330
Small	330 but under 430
Medium	430 but under 535
Large	535 but under 635
Extra large	635 and over

Taille du poisson salé

119. (1) Le poisson salé qui doit être exporté à l'étranger doit être emballé selon la classe et la taille conformément au tableau I ou II du présent paragraphe, selon le cas

TABLEAU I

Poisson salé à la gaspéenne

Description	Taille en millimètres
Très petit	moins de 330
Petit	330 mais moins de 430
Moyen	430 mais moins de 535
Grand	535 mais moins de 635
Très grand	635 et plus

a)

TABLE II
Heavy Salted or Light Salted Fish

Description	Length in millimetres			
	Cod	Pollack	Hake or Cusk	Haddock
Extra small	under 290	—	under 305	—
Small	290 but under 420	under 305	305 but under 405	under 330
Medium	420 but under 533	305 but under 405	405 but under 510	330 and over
Large	533 but under 635	over 405	over 510	—
Extra large	635 and over	—	—	—

(a)

TABLEAU II
Poisson fortement salé ou légèrement salé

Description	Longueur en millimètres			
	Morue	Gobérge	Merluche ou Brosme	Aiglefin
Très petit	moins de 290	—	moins de 305	—
Petit	290 mais moins de 420	moins de 305	305 mais moins de 405	moins de 330
Moyen	420 mais moins de 533	305 mais moins de 405	405 mais moins de 510	330 et plus
Grand	533 mais moins de 635	plus de 405	plus de 510	—
Très grand	635 et plus	—	—	—

a)

(2) The length of a fish is determined by measuring along the centre of the fish in a straight line from the end of the backbone at the round of the tail to the end of the flesh at the neck but not including the flap of the neck.

(2) La taille d'un poisson en est la longueur mesurée sur l'axe du poisson, à partir de l'extrémité de la colonne vertébrale, c'est-à-dire la nageoire caudale non comprise, jusqu'à l'extrémité du collet, le volet du collet non compris.

Moisture Content for Salted Fish

120. Salted fish for export from Canada shall be designated on the basis of its moisture content in accordance with the table to this section.

Teneur en eau du poisson salé

120. Le poisson salé qui doit être exporté à l'étranger doit être classé selon sa teneur en eau, conformément au tableau du présent article.

TABLE

Class	Percentage	Designation
1 Heavy Salted	not over 32 per cent	Extra Hard Dried
	over 32 per cent but not over 38 per cent	Hard Dried
	over 38 per cent but not over 40 per cent	Dry
	over 40 per cent but not over 44 per cent	Semi-dry
	over 44 per cent but not over 50 per cent	Ordinary cure
	over 50 per cent but not over 54 per cent	Soft Dried
	not over 36 per cent	Italian Hard Dried
	not over 38 per cent	Hard Dried
	not over 40 per cent	Dried
	not over 48 per cent	Soft Dried
3 Gaspé Cure	not over 38 per cent	Hard Dried
	not over 48 per cent	Dried

121. The Minister may exempt salted fish from any or all of the requirements of this Part other than sections 103 and 109.

TABLEAU

Classe	Pourcentage	Désignation
1. Fortement salé	au plus 32 pour cent	Extra sec
	plus de 32 pour cent mais au plus 38 pour cent	Très sec
	plus de 38 pour cent mais au plus 40 pour cent	Sec
	plus de 40 pour cent mais au plus 44 pour cent	Semi-sec
	plus de 44 pour cent mais au plus 50 pour cent	Ordinaire
	plus de 50 pour cent mais au plus 54 pour cent	Peu sec
	au plus 36 pour cent	Très sec, à l'italienne
	au plus 38 pour cent	Très sec
	au plus 40 pour cent	Sec
	au plus 48 pour cent	Peu sec
2. Légèrement salé	au plus 38 pour cent	Très sec
	au plus 40 pour cent	Sec
	au plus 48 pour cent	Peu sec
3. Salé à la gaspésienne	au plus 38 pour cent	Très sec
	au plus 48 pour cent	Sec

121. Le Ministre peut soustraire le poisson salé à l'une quelconque ou à toutes les prescriptions de la présente partie sauf à celles des articles 103 et 109.

PART IX**Dried Squid**

122. Dried squid for export shall be dried to a moisture content not exceeding 22 per cent and shall be graded as

- (a) "Grade A", if it is whole, properly split, clean, uniformly shaped and free from all entrails, physical damage, foreign matter, slime, dun, mold and pink, but excluding squid from which pink or dun has been removed;
- (b) "Grade B", if it is split, reasonably clean, free from entrails, foreign matter, slime, dun, mold and pink and whether or not it is irregularly shaped with slight physical damage, but excluding squid from which pink or dun has been removed;
- (c) "Grade C", if it shows pink discoloration, including squid from which pink or dun has been removed and otherwise meets the requirements of paragraph (a) or (b).

PARTIE IX**Calmar séché**

122. Le calmar séché destiné à l'exportation doit être séché de sorte que la teneur en humidité ne dépasse pas 22 pour cent et doit être classé de la façon suivante:

- a) «catégorie A», s'il s'agit de calmar entier, convenablement fendu, bien nettoyé, de forme régulière, éviscéré, sans aucune détérioration, exempt de corps étrangers, de viscosité, de moisissure brune, de moisissure et de coloration rose, à l'exception du calmar dont la coloration rose ou la moisissure brune a été enlevée;
- b) «catégorie B», s'il s'agit de calmar fendu, assez bien nettoyé, dont la forme peut être irrégulière, avec des signes de légère détérioration, éviscéré, exempt de corps étrangers, de viscosité, de moisissure brune, de moisissure et de coloration rose, à l'exception du calmar dont la coloration rose ou la moisissure brune a été enlevée;
- c) «catégorie C», si le calmar montre des signes de coloration rose ou s'il s'agit de calmar dont la coloration rose ou la moisissure brune a été enlevée et qui répond par ailleurs aux exigences de l'alinéa a) ou b).